



COUNTDOWN

newsletter

Aktuelles aus dem
DLR Raumfahrtmanagement

Topics from
DLR Space Administration

3/2018 · Nr. 37



Auf zum Unsteten –
BepiColombos Reise zum
Merkur hat begonnen

The unstable one –
BepiColombo's journey to
Mercury has just begun

COUNTDOWN

newsletter



Convaja/ESA

6



Hunter, Medley/US Coast Guard

22



NASA

34



UNOOSA

48

DER SONNE SO NAH
BepiColombos Reise zum Merkur hat begonnen
THE SUN, SO CLOSE
BepiColombo's journey to Mercury has just begun 6

HILFE VON HÖCHSTER STELLE
Satelliten liefern Daten für den Katastrophenfall
HELP FROM UP HIGH
Satellites supply data for dealing with disasters 22

DIE RÜCKKEHR DES KAPITÄNS
Alexander Gerst ist von seiner horizons-Mission zurück
THE RETURN OF THE CAPTAIN
Alexander Gerst is back from his horizons mission. 32

DIE ISS WIRD 20
Die „unwahrscheinlichste Maschine der Welt“ feiert Geburtstag
THE ISS TURNS 20
The 'unlikeliest machine of the world' celebrates its birthday 34

VEREINT IM WELTRAUM
Die UN setzt sich für eine nachhaltige Raumfahrt ein
UNITED IN SPACE
UN promotes sustainable space activities..... 48

WELTRAUM-ORIGAMI IN PERFEKTION
Große entfaltbare Antennen für hochfrequente Datenübertragung
A PERFECT SPACE ORIGAMI
Space-deployable antennas in high-frequency data communication 60

DER IAC DER REKORDE
Rückblick auf den 69. IAC in Bremen
A RECORD IAC
69th IAC in Bremen – a review 70

BUSINESS LAUNCH
Die Raumfahrtszene in Fakten und Bildern
BUSINESS LAUNCH
The space sector in facts and pictures 76

RAUMFAHRTKALENDER
Alle wichtigen Starts auf einen Blick
SPACE CALENDAR
All important launch dates at a glance 78



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,

ein turbulentes Jahr 2018 liegt hinter uns: Ende Mai haben wir eine ereignisreiche ILA in Berlin erlebt. Im Juli wuchs die Galileo-Flotte auf 26 Satelliten an, das Navigationssystem ist damit einsatzbereit. Ende September glückte der 100. Start einer Ariane-5-Rakete. Anfang Oktober tagte der International Astronautical Congress (IAC) in Bremen. 6.500 Gäste aus aller Welt strömten in die Hansestadt. Damit war es der größte IAC aller Zeiten. Besonders gefreut haben wir uns, dass die DLR-Vorstandsvorsitzende Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund hier zur neuen Präsidentin der International Astronautical Federation (IAF) gewählt wurde.

Am 20. Dezember ist Alexander Gerst als erster deutscher Kommandant auf der Internationalen Raumstation ISS gesund von seiner horizons-Mission zur Erde zurückgekehrt. Er hat dort oben 40 deutsche Experimente durchgeführt und auch ein besonderes Jubiläum im Weltraum gefeiert: den 20. Geburtstag der ISS, auf den wir in dieser Ausgabe der COUNTDOWN mit einem großen Artikel eingehen werden. Bei der Zwischentagung der europäischen Weltraumorganisation ESA auf Ministerebene (IMM18) im Oktober in Madrid gab es zwei Schwerpunktthemen: die Beziehung zwischen der ESA und der EU sowie strategische Richtlinien für die künftige Ausgestaltung der großen ESA-Programme. Unter anderem soll die Industriepolitik der ESA schnellere und schlankere Beschaffungs- und Vergabeverfahren ermöglichen. Gemeinsam sollen – mit Blick auf künftige Märkte – Prioritäten für den Schutz und die Sicherheit im und aus dem Weltraum festgelegt werden. Damit haben wir die Vorbereitung auf die Ministerterratskonferenz im November 2019 in Sevilla eingeleitet. Aus dem Bereich der Wissenschaft möchte ich an dieser Stelle drei beispielhafte Missionen erwähnen, die uns 2018 nicht nur in Deutschland in Atem gehalten haben: Am 3. Oktober kam der DLR-Lander MASCOT an Bord der japanischen Sonde Hayabusa2 auf dem Asteroiden Ryugu an. Die europäisch-japanische Mission BepiColombo – ebenfalls als großes Special in dieser Ausgabe – startete am 20. Oktober zum Merkur und die NASA-Sonde InSight mit dem DLR-„Maulwurf“ an Bord, der etwa fünf Meter tief in die Mars-Oberfläche bohren soll, erreichte am 26. November den Roten Planeten.

Weiterhin in unserem Fokus stehen Raumfahrtanwendungen: Das europäische Erdbeobachtungsprogramm Copernicus ist längst in unserem Arbeitsalltag angekommen und auch die Kommerzialisierung der Raumfahrt schreitet voran. Die branchenübergreifende Tagung zu „Landwirtschaft und Raumfahrt“ im November in Potsdam war ein voller Erfolg. Ich freue mich schon jetzt auf die Fortsetzung zu „Raumfahrt und Medizin“ im Jahr 2019. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen allen ein glückliches und erfolgreiches Jahr 2019 und jetzt erst einmal viel Spaß beim Lesen dieser COUNTDOWN-Ausgabe.

Ihr Walther Pelzer

Dear reader,

2018 has been a turbulent year: at the end of May, Berlin hosted an eventful ILA. In July, the Galileo fleet increased to 26 satellites, so that the navigation system is now ready to go live. The end of September saw the 100th successful launch of an Ariane 5 rocket. Early in October, the International Astronautical Congress (IAC) met in Bremen. 6500 guests from all over the world poured into the Hanseatic City – it was the biggest IAC of all time. We were particularly pleased that DLR Chair Professor Dr Pascale Ehrenfreund was elected Incoming President of the International Astronautical Federation (IAF).

On December 20, Alexander Gerst, the first German commander of the International Space Station ISS, returned to Earth from his horizons mission in good health. While in orbit, he conducted 40 German experiments and also took part in a special space jubilee celebration, the 20th birthday of the ISS, to which we dedicate a major article in this edition of COUNTDOWN. The Intermediate Ministerial Meeting (IMM18) of the European Space Agency, held in October in Madrid, focussed on two issues: relations between ESA and the EU, and strategic guidelines for the future design of major ESA programmes. Amongst other things, ESA's industrial policy is to permit speedier and smoother procurement and contract-awarding processes. With a view to future markets, priorities for the protection and safety of and from objects in space are to be jointly defined. The meeting marked the start of preparations for the conference of the Ministerial Council in Seville in 2019. Regarding space exploration I would like to mention three key missions which had us all hold our breath, not only in Germany: On October 3, DLR's MASCOT lander arrived on the asteroid Ryugu on board the Japanese Hayabusa2 probe. The European-Japanese BepiColombo mission – the subject of another special article in this edition - took off for Mercury on October 20, and NASA's Insight probe, which carries on board DLR's 'mole' that will drill its way five metres below the Martian surface reached the Red Planet on November 26.

Space technology applications continue to be in our focus. Europe's Copernicus programme has long since made its way in our working day, and the commercialisation of space is proceeding apace. I am happy to say that the cross-sectoral meeting on 'Agriculture and Space' that was held in November in Potsdam has been a success, and I do hope that the next meeting focussing on 'Space and Medicine' in 2019 will be a successful follow-up. In that spirit I wish you all a happy and successful 2019. And for the moment, enjoy reading this edition of COUNTDOWN.

Yours, Walther Pelzer

SPACE FACTS

+++ NASA-Sonde InSight auf Rotem Planeten gelandet

Am 26. November 2018 ist um 20:52:59 Uhr Mitteleuropäischer Zeit die NASA-Sonde InSight auf dem Mars in der Ebene Elysium Planitia sicher gelandet. Mit an Bord sind auch der Marsmaulwurf HP3 des DLR und das internationale Projekt Seismic Experiment for Interior Structure (SEIS), an dem das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Göttingen gefördert durch das DLR Raumfahrtmanagement mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beteiligt ist. Bereits Ende Dezember wurde mit SEIS das erste in Europa entwickelte Seismometer auf einem anderen Planeten ausgesetzt. Es kann winzigste Bodenbewegungen, zum Beispiel von Marsbeben, Meteoriteneinschlägen oder lokalen Ereignissen an der Oberfläche aufzeichnen. Im Januar 2019 soll ein Roboterarm den Marsmaulwurf HP3 absetzen. Danach wird HP3 neue Erkenntnisse liefern, wie das Marsinnere und allgemein Gesteinsplaneten wie die Erde aufgebaut sind und sich entwickelt haben.

+ + + NASA probe InSight has landed on the Red Planet

On November 26, 2018, at 20:52:59 CET, NASA's InSight probe made a safe landing in the Elysium Planitia plain on Mars. On board, it carried DLR's Martian mole HP3 and the international Seismic Experiment for Interior Structure (SEIS) in which the Max Planck Institute for Solar System Research in Göttingen is participating with funds from the DLR Space Administration. At the end of December, SEIS was the first seismometer developed in Europe to be set down on an alien planet. It is designed to record infinitesimal ground movements caused, for example, by marsquakes, meteorite impacts, or local events on the surface. Early in January, the HP3 mole will be set down on the surface of Mars by a robotic arm. From then on, HP3 will discover new facts about the inner structure and the development of Mars and of rocky planets in general.

+++ Dawn schweigt: das Ende einer erfolgreichen Mission

Eine historische Mission ist beendet: Die NASA-Raumsonde Dawn ist seit dem 31. Oktober 2018 verstummt. Am 27. September 2007 war Dawn gestartet, um den Asteroiden Vesta und den Zwergplaneten Ceres zu erforschen, die sich im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter befinden. Mit an Bord befand sich ein deutsches Kamerasystem, an dessen Entwicklung und Bau das DLR beteiligt war. Seit Erreichen der Asteroiden im Jahr 2015 hatte die Sonde atemberaubende Bilder und beeindruckende Informationen geliefert. Die Mission war bereits mehrmals verlängert worden und hatte die Erwartungen der Wissenschaftler bei der Erforschung der beiden Planetenkörper Ceres und Vesta weit übertroffen. Die Mission Dawn wird vom Jet Propulsion Laboratory (JPL) der amerikanischen Weltraumbehörde NASA geleitet. Die University of California in Los Angeles ist für den wissenschaftlichen Teil der Mission verantwortlich.

+ + + Dawn falls silent: a successful mission comes to an end

An extraordinary mission has drawn to an end after the NASA space probe Dawn fell silent on October 31. On September 27, 2007, Dawn set off to explore the asteroid Vesta and the dwarf planet Ceres, which are located in the asteroid belt between Mars and Jupiter. On board was a German camera system that the German Aerospace Center (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR) helped to develop and build. Since reaching the asteroids in 2015, the space probe has beamed back breathtaking images and fascinating information. The mission had already been extended several times, exceeding by far the expectations of the scientists researching the two planetary bodies, Ceres and Vesta. The Dawn mission is managed by NASA's Jet Propulsion Laboratory (JPL) in Pasadena, which is a division of the California Institute of Technology. The University of California, Los Angeles, is responsible for overall Dawn mission science.



NASA/JPL-Caltech

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



NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA

<http://s.dlr.de/3u4p>

+++ Erster deutscher ISS-Kommandant

Ein unvergesslicher „Tag der Deutschen Einheit“ 2018 für Alexander Gerst: Am 3. Oktober hatte der NASA-Astronaut Andrew „Drew“ Feustel, Kommandant der Expedition 56-Crew, offiziell den „Chefposten“ auf der Internationalen Raumstation ISS an Alexander Gerst übergeben. Damit wurde Gerst als erster Deutscher und zweiter Europäer zum ISS-Kommandanten ernannt. Der deutsche ESA-Astronaut hatte danach bis zum Ende seiner Mission und seiner Rückkehr zur Erde am 20. Dezember 2018 sowohl die Gesamtverantwortung für die Crew der Expedition 57 als auch für alle Module der Raumstation – also den amerikanischen, russischen, japanischen und europäischen Teil.

+ + + Alexander Gerst appointed commander of the ISS

An unforgettable 2018 Day of German Unity for Alexander Gerst: on October 3, NASA astronaut Andrew „Drew“ Feustel, the commander of the crew of Expedition 56, officially handed over the „top job“ on the International Space Station to Alexander Gerst, appointing the 42-year-old geophysicist and astronaut commander of the ISS as the first German and the second European in that position. From then on until the end of his mission and his return to Earth on December 20, 2018, the German ESA astronaut was wholly responsible for the crew of Expedition 57 as well as for all modules of the space station, i.e. the American, Russian, Japanese, and European segments.



<http://s.dlr.de/531n>



Porter/ESA

<http://s.dlr.de/oh06>

+++ Wettervorhersage wird noch genauer

Der europäische Wettersatellit „Metop-C“ ist am 7. November 2018 um 01:47 Uhr Mitteleuropäischer Zeit (6. November, 21:47 Uhr Ortszeit) an Bord einer Sojus-Rakete vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou (Französisch-Guayana) gestartet. Metop-C ergänzt die beiden baugleichen Satelliten Metop-A und Metop-B, die im Oktober 2006 beziehungsweise im September 2012 gestartet sind. Deutschland ist über das Raumfahrtmanagement im DLR mit rund 21 Prozent an der Satellitenentwicklung beteiligt. Mit Hilfe der Metop-Daten konnten die Vorhersagemodelle 2017 um 27 Prozent genauer werden. Die Qualität der mehr-tägigen Wetterprognosen hat sich dadurch erheblich verbessert. Insbesondere der Zeitraum für Kurzfristprognosen hat sich um einen Tag verlängert. Mit Metop-C soll die Wettervorhersage noch präziser werden.

+ + + Even more accurate weather forecasts

On November 7, 2018, at 01:47h Central European Time (21:47h local time), the European Metop-C weather satellite took off from the European spaceport at Kourou (French Guiana) on board a Soyuz rocket. Metop-C complements two satellites of identical construction, Metop-A and Metop-B that were launched in October 2006 and September 2012, respectively. Germany contributed around 21 per cent to the development of the satellites through the DLR Space Administration. The Metop data were instrumental in raising the accuracy of the forecast models by 27 per cent in 2017, which considerably improved the quality of weather forecasts that cover several days and lengthened the space of short-term forecasts by one day. Now, Metop-C is expected to improve the precision of weather forecasts even further.

+++ Raumfahrttechnologien und -dienstleistungen für die Landwirtschaft

Am 8. November 2018 fand in Potsdam die branchenübergreifende Konferenz „Raumfahrttechnologien und -dienstleistungen für die Landwirtschaft – Landtechnik, Digitalisierung, Klimawandel und Biodiversität“ statt. Das Raumfahrtmanagement im DLR veranstaltete die Konferenz als Teil der Initiative INNOspace. Ziel war es, die Anwendungspotenziale der satellitengestützten Erdbeobachtung, Navigation und Kommunikation sowie Technologietransferpotenziale für die Themenschwerpunkte Landtechnik, nachhaltige Landwirtschaft, Klimawandel und Biodiversität aufzuzeigen.

+ + + Space technologies and services for agriculture

On November 8, 2018, a cross-sectoral conference entitled 'Space Technologies and Services for Agriculture – Farming Technology, Digitalisation, Climate Change and Biodiversity' took place in Potsdam. The DLR Space Administration hosted the conference as part of its INNOspace initiative. The aim was to identify potential applications of satellite-based Earth observation, navigation, and communication in the general fields of agrotechnology, sustainable agriculture, climate change, and biodiversity.



<http://s.dlr.de/7h9h>



DER SONNE SO NAH

BepiColombos Reise zum Merkur ins Herz unseres Sonnensystems

Von Martin Fleischmann und Heiner Witte

Es ist sternklar in Kourou – Bilderbuchwetter. Genau richtig für einen spannenden Start in Richtung Merkur. Und es ist spannend, denn das Startfenster ist eng – unglaublich eng. Eigentlich ist es kein Zeitfenster, sondern nur ein Zeitpunkt: 22:45:28 Uhr Ortszeit. Genau eine Sekunde beträgt der Startkorridor an diesem 19. Oktober 2018 in Französisch-Guayana. Alles muss stimmen. Wenn nicht, verschiebt sich der Start. Doch genau pünktlich zünden die Triebwerke der Ariane-5-Trägerrakete und lösen Erleichterung aus – im spätabendlichen Kourou und im nächtlichen Darmstadt, wo das Europäische Kontrollzentrum (European Space Operations Centre, ESOC) steht. Richtiges Aufatmen macht sich in Südhessen aber erst breit, als 36 Minuten später eine völlig unscheinbare Zickzack-Linie auf den Monitoren auf einmal richtig ausschlägt – „acquisition of signal“. BepiColombo funktioniert und hat sein erstes Lebenszeichen über eine große Antenne im australischen New Norcia nach Darmstadt gesendet. Die Reise zum Merkur im Herzen unseres Sonnensystems hat begonnen. Die Mission besteht aus zwei Wissenschaftssonden, die den Merkur umkreisen werden: dem europäischen Mercury Planetary Orbiter (MPO) und dem japanischen Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO). Während MPO darauf ausgelegt ist, Oberfläche und Zusammensetzung des Planeten zu erforschen, erkundet MMO dessen Magnetosphäre. Weitere Ziele der Mission sind die Erforschung des Sonnenwinds, des inneren Aufbaus und des planetaren Umfelds von Merkur sowie dessen Wechselwirkungen mit der sonnennahen Umgebung. Die Wissenschaftler erhoffen sich darüber hinaus neue Erkenntnisse zur Entstehung des gesamten Sonnensystems. Koordiniert und überwiegend finanziert wird der deutsche Beitrag zu BepiColombo vom DLR Raumfahrtmanagement. Hauptauftragnehmer von BepiColombo – eine der technisch umfangreichsten und schwierigsten europäischen Missionen überhaupt – ist Airbus in Friedrichshafen.

THE SUN, SO CLOSE

BepiColombo's journey to Mercury at the heart of our solar system

By Martin Fleischmann and Heiner Witte

It is a bright starlit night at Kourou – picture-perfect weather. Just right for an exciting take-off towards Mercury. And exciting it is, for the launch window is narrow – incredibly narrow. Properly speaking, it is not a window at all but a moment: 22:45:28h local time. On this 19th of October 2018, the launch corridor in French Guiana is exactly one second wide. Everything must be exactly right. If not, the take-off will have to be postponed. But the engines of the Ariane 5 launcher fire exactly on time, spreading relief both in Kourou, where it is late evening, and in Darmstadt, where it is night, and where the European Space Operations Centre (ESOC) is located. However, general relief does not set in until 36 minutes later, when a completely inconspicuous jagged line on the monitors suddenly acquires a proper peak – ‘acquisition of signal’. BepiColombo is working and it has sent its first sign of life to Darmstadt via a large antenna in Australian New Norcia. The journey to Mercury at the heart of our solar system has begun. The mission comprises two scientific probes that will circle around Mercury: the European Mercury Planetary Orbiter (MPO) and the Japanese Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO). While MPO is designed to explore the surface and composition of the planet, MMO will investigate its magnetosphere. Other goals of the mission include exploring the solar wind and the inner structure and planetary environment of Mercury as well as its interactions with the circumsolar environment. Beyond that, scientists hope to make new discoveries regarding the origin of the entire solar system. Germany's contribution to BepiColombo has been co-ordinated and largely financed by the DLR Space Administration. The prime contractor of BepiColombo, one of the technically most complex and difficult European missions ever, is Airbus of Friedrichshafen.

Seltenes Suchspiel: Merkur stellt sich zwischen Erde und Sonne und wird so als winzig kleine Kugel sichtbar. Diese Bilder hat der US-Fotograf David Cortner am 8. November 2006 in North Carolina aufgenommen. Der nächste Merkurtransit steht am 11. November 2019 an.

A rare hidden-object game, with Mercury located between the Earth and the Sun and thus visible as a tiny little sphere. These pictures were taken by US-photographer David Cortner in North Carolina on November 8, 2006. Mercury's next transit will be on November 1, 2019.

BepiColombo – 25 Jahre Raumfahrtgeschichte

Als am 20. Oktober 2018 um 3:45 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit die europäisch-japanische Planetenmission BepiColombo an Bord einer Ariane-5-Rakete vom Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guayana ins Weltall gestartet ist, hat zum einen eine unglaubliche Reise ins Herz unseres Sonnensystems begonnen. Zum anderen markiert der Start aber auch das Ende einer spannenden Entwicklungsgeschichte. Dass BepiColombo das bisher umfangreichste europäische Projekt zur Erforschung eines Planeten unseres Sonnensystems werden würde, stand bereits vor mehr als 25 Jahren fest. Damals, im Mai 1993, wurde zum ersten Mal über eine Mission zum Merkur nachgedacht. Die europäische Weltraumorganisation ESA verschob die Auswahl dann aber um ein Jahr. Diese Reise zum Merkur war zu komplex für eine sogenannte Medium (M-)Mission. Erst als im Jahr 1994 das Horizon2000-Programm zu Horizon2000+ ausgeweitet wurde, passten fünf solcher Cornerstone genannten Großmissionen ins neue Wissenschaftsprogramm. Die Gaia-Mission wetteiferte damals gemeinsam mit BepiColombo um diesen fünften Platz. Erst im Oktober 2000 wurden beide Großprojekte aufgenommen und die Reise zum Merkur war scheinbar gesichert. Im Februar 2007 ging BepiColombo in das sogenannte Cosmic Vision Programme über. Im selben Jahr wurde auch Airbus (damals noch EADS Astrium) in Friedrichshafen industrieller Hauptauftragnehmer für die gesamte Mission. Da sich während der Missionsplanung die Masse der Sonde noch einmal vergrößerte, musste im Jahr 2008 die Trägerrakete gewechselt werden: Statt einer ursprünglich geplanten Sojus-Fregat sollte nun eine Ariane 5 zum Zuge kommen. Seine letzte Zustimmung bekam das neue Missionskonzept dann im November 2009. Auch der Start wurde mehrmals verschoben: von Juli 2014 auf August 2015 und dann auf 2016 und wieder auf 2017, bis dann am 20. Oktober 2018 endlich die Reise von BepiColombo begann.



NASA

BepiColombo ist erst die dritte Sonde, die zum Merkur aufbricht. Zuvor untersuchten die NASA-Sonden Mariner 10 im Jahr 1975 und Messenger von 2011 bis 2015 den kleinsten Planeten unseres Sonnensystems. Doch was kann BepiColombo, was die beiden anderen nicht konnten? Die Sonde wird durchgehend hochauflösende Karten erstellen und den Planeten komplett kartieren. Messenger schaffte nur ein Viertel der Oberfläche in dieser hohen Qualität. Zudem wird ein Höhenprofil mit einer Genauigkeit von etwa einem Meter erstellt und so die Topografie hochpräzise vermessen. BepiColombo untersucht zudem gezielt Merkurs Wechselwirkung mit dem Sonnenwind und vermisst sein Magnetfeld präziser als je zuvor. Durch Mehrfachüberflüge wird erstmals die Existenz von Gezeiten überprüft.

BepiColombo is only the third probe to set out for Mercury. Before, the smallest planet in our solar system was investigated by the NASA space probes Mariner 10 in 1975 and by Messenger from 2011 to 2015. But what is it that BepiColombo can do and the two others could not? The probe will generate maps that show the entire planet in high resolution. Messenger only succeeded in mapping a quarter of the surface in such high quality. In addition, it will generate an elevation profile with a resolution of about one metre, producing a high-precision survey of the topography. Moreover, BepiColombo will study Mercury's interaction with the solar wind and survey its magnetic field more thoroughly than ever before. Repeated fly-overs will for the first time help verify the existence of tides.

BepiColombo – 25 years of space history

When the European-Japanese interplanetary mission BepiColombo took off from the spaceport of Kourou in French Guiana on board an Ariane 5 rocket at 3.45 central European summer time on October 20, 2018, the event marked the beginning of an incredible journey to the heart of our solar system as well as the end of an exciting development history. That BepiColombo would become the most extensive European project to explore a planet in our solar system was already certain more than 25 years ago. It was then, in May 1993, that the idea of sending a mission to Mercury was elaborated for the first time. However, the European Space Agency postponed the selection for a year. The journey to Mercury was too complex for a so-called medium (M) mission. Only when the Horizon2000 programme was expanded to Horizon2000+ did five of these large so-called cornerstone missions fit into the new science programme. At the time, the Gaia mission competed with BepiColombo for the fifth place. It was only in October 2000 that both large-scale projects were adopted, so that the journey to Mercury appeared secure. In February 2007, BepiColombo migrated to the so-called Cosmic Vision programme, and in the same year, Airbus (then EADS Astrium) of Friedrichshafen became the prime industrial contractor for the entire mission. Because the mass of the probe increased again while the mission was being planned, it had to be switched to a different launcher in 2008: instead of the Soyuz-Fregat that had been envisaged originally, the job was now to be taken over by an Ariane 5. The new mission concept was finally approved in November 2009. The launch itself was re-scheduled several times, too, from July 2014 to August 2015 and again to 2016 and yet again to 2017 until BepiColombo at last set out on its journey on October 20, 2018.

Daten und Fakten:

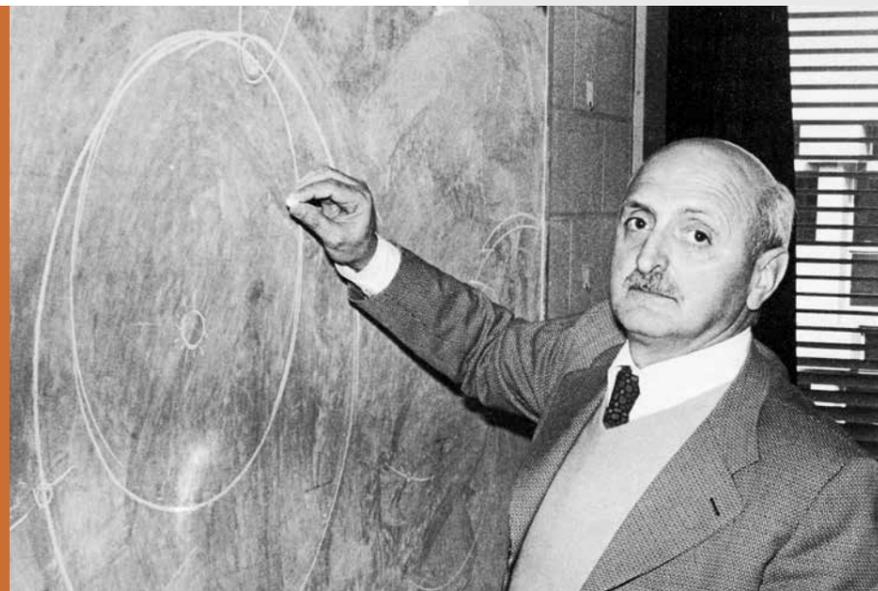
Kosten der Mission:	1.391,9 Mio. Euro
Deutscher Anteil:	285,1 Mio. Euro + 62 Mio. Euro für Instrumente während der Mission
Industrieller Hauptauftragnehmer:	Airbus in Friedrichshafen
Start der Entwicklung:	2000
Start der Mission:	20. Oktober 2018, 03:45 MESZ (= 19. Oktober, 22:45 Ortszeit) von Kourou (Französisch-Guayana)
Trägerrakete:	Ariane 5
Ankunft am Merkur:	Dezember 2025
Missionsdauer:	1 Erdjahr (= 4 Merkur-Jahre) + Verlängerung um ein weiteres Erdjahr
Masse der Sonde:	4.100 Kilogramm beim Start

Facts and figures:

Costs of mission:	1391.9 m euros
German share:	285.1 m euros + 62 m euros for instruments during the mission
Industrial prime contractor:	Airbus in Friedrichshafen
Start of development:	2000
Start of mission:	October 20, 2018, 03.45 CEST (= October 19, 22.45 local time) from Kourou (French-Guiana)
Launcher:	Ariane 5
Arrival at Mercury:	December 2025
Mission duration:	1 terrestrial year (= 4 mercury years) + prolongation by one more terrestrial year
Mass of probe:	4100 kilogrammes at launch

Großvater der Swing-bys

Giuseppe (Bepi) Colombo (1920-1984) war ein äußerst erfolgreicher italienischer Mathematiker und Ingenieur, der sowohl für die ESA als auch für die NASA gearbeitet hat. Er gehörte zu den Initiatoren der Giotto-Mission zum Kometen Halley und schlug auch ihren Namen vor. Anerkennung erhielt Colombo aber vor allem wegen seiner Berechnung der Flugbahn von Mariner 10 zum Merkur. Daher beschloss das Science Programme Committee der ESA während eines Treffens vom 20. bis 23. September 1999 in Neapel, die Leistungen Giuseppe Colombos an der Universität von Padua zu würdigen und die Raumfahrtmission zum Merkur nach ihm zu benennen. Immerhin stammt der überwiegende Teil unseres heutigen Wissens über Merkur von der NASA-Sonde Mariner 10 aus den Jahren 1974 und 1975, deren komplizierte Flugbahn von Colombo vorgeschlagen wurde. Er berechnete einen Orbit für das Raumfahrzeug, der einen mehrmaligen Vorbeiflug am Merkur ermöglichte. Er konnte außerdem erklären, wie die außergewöhnliche Rotationsperiode Merkurs funktioniert – ein würdiger Namensgeber, dessen Enkel gleichen Namens beim Start im Europäischen Raumfahrtkontrollzentrum in Darmstadt mit dabei war.



The grandfather of swing-bys

Giuseppe (Bepi) Colombo (1920–1984) was an extremely successful Italian mathematician and engineer who worked for both ESA and NASA. He was one of the initiators of the Giotto mission to the Comet Halley, and he suggested its name. However, he received the greatest credit for his computation of the flight path of Mariner 10 to Mercury. For this reason, ESA's Science Programme Committee meeting in Naples on 20–23 September 1999 decided to acknowledge Giuseppe Colombo's achievements at Padua University by naming the space mission to Mercury after him. After all, most of what we know about Mercury today was discovered in 1974 and 1975 by NASA's Mariner 10 probe, whose complicated trajectory was suggested by Colombo. He calculated an orbit for the space vehicle which enabled it to fly by Mercury several times. Moreover, he was able to explain how the planet's extraordinary rotational period works – a worthy namesake whose grandson of the same name was present at the launch in the European Space Operations Control Centre in Darmstadt.



	Merkur Mercury	Venus	Erde Earth	Mars
Durchmesser Diameter	4879,4 km	12103,6 km	12756,3 km	6792,4 km
Masse Mass	3,301 x 10 ²³ kg	4,869 x 10 ²⁴ kg	5,974 x 10 ²⁴ kg	6,419 x 10 ²³ kg
Dichte Density	5427 kg/m ³	5243 kg/m ³	5515 kg/m ³	3933 kg/cm ³
Kernbestandteile Core components	Eisen-Nickel Iron-nickel	Eisen-Nickel Iron-nickel	Eisen-Nickel Iron-nickel	Eisen-Schwefel Iron-sulphur
Vulkanische Aktivität Volcanic activity	In der Vergangenheit kein Nachweis auf Plattentektonik In the past, no indication of plate tectonics	Möglicherweise noch vulkanisch aktiv, keine Plattentektonik Residual volcanic activity possible, no plate tectonics	Vulkanisch aktiv, Plattentektonik vorhanden Volcanically active, plate tectonics exists	Möglicherweise noch vulkanisch aktiv, Plattentektonik vorhanden Residual volcanic activity possible, plate tectonics exists
Atmosphäre Atmosphere	Extrem dünn/Bestandteile: Sauerstoff (42 %), Natrium (29 %), Wasserstoff (22 %), Helium (6 %), Kalium (1 %) Extremely thin/components: oxygen (42%), sodium (29%), hydrogen (22%), helium (6%), potassium (1%)	Extrem dicht/Bestandteile: Kohlenstoffdioxid (96,5 %), Stickstoff (3,5 %), Schwefeldioxid (0,02 %) Extremely dense/components: carbon dioxide (96.5%), nitrogen (3.5%), sulphur dioxide (0.02%)	Dynamisches System/Bestandteile: Stickstoff (78,08 %), Sauerstoff (20,95 %), Argon (0,93 %), Kohlenstoffdioxid (0,04 %), Neon (0,002 %) Dynamic system/components: nitrogen(78.08%), oxygen (20.95%), argon (0.93%), carbon dioxide (0.04%), neon (0.002%)	Sehr dünn/Bestandteile: Kohlenstoffdioxid (95,97 %), Stickstoff (1,89 %), Argon (1,93 %), Sauerstoff (0,15 %), Kohlenstoffmonoxid (0,06 %), Wasser (0,02 %) Very thin/components: carbon dioxide (95.97%), nitrogen (1.89%), argon (1.93%), oxygen (0.15%), carbon monoxide (0.06%), water (0.02%)
Magnetfeld Magnetic field	450 Nanotesla	3 bis to 6 Nanotesla	60.000 Nanotesla	0,5 Nanotesla
Durchschnittliche Temperatur Average temperature	+167 °C	+464 °C	+15 °C	-60 °C
Temperaturminimum Minimum temperature	-173 °C	+437 °C	-89 °C	-133 °C
Temperaturmaximum Maximum temperature	+427 °C	+497 °C	+58 °C	+27 °C
Monde Moons	-	-	Mond Moon	Phobos, Deimos
Achsneigung Axial tilt	0,01°	177,36°	23,44°	25,19°
Sonnenlauf (Tage) Solar orbit (days)	88	225	365	687
Geschwindigkeit Velocity	47,36 km/s	35,02 km/s	29,78 km/s	24,13 km/s
Drehung um die eigene Achse (Tage/Stunden/Minuten) Axial rotation (days/hours/minutes)	58:15:36	243:00:27	00:23:56	01:00:37
Durchschnittlicher Sonnenabstand Average distance to the Sun	60,4 Mio. km 60.4 m km	108,2 Mio. km 108.2 m km	149,6 Mio. km 149.6 m km	228,0 Mio. km 228.0 m km
Minimaler Sonnenabstand Minimum distance to the Sun	46,0 Mio. km 46.0 m km	107,4 Mio. km 107.4 m km	147,1 Mio. km 147.1 m km	206,6 Mio. km 206.6 m km
Maximaler Sonnenabstand Maximum distance to the Sun	69,8 Mio. km 69.8 m km	108,9 Mio. km 108.9 m km	152,1 Mio. km 152.1 m km	249,2 Mio. km 249.2 m km
Minimaler Erdbabstand Minimum distance to Earth	77,3 Mio. km 77.3 m km	38,3 Mio. km 38.3 m km	-	55,7 Mio. km 55.7 m km
Maximaler Erdbabstand Maximum distance to Earth	221,9 Mio. km 221.9 m km	260,9 Mio. km 260.9 m km	-	401,4 Mio. km 401.4 m km

Warum zum Merkur?

Gott des Handels, der Reisenden und der Diebe – dafür steht Merkur in der Römischen Mythologie. Eine dieser göttlichen Eigenschaften ist auf jeden Fall auf den kleinsten und sonnennächsten Planeten in unserem Sonnensystem übertragbar. Denn der Merkur ist ein sehr flotter Reisender. Mit 47 Kilometern pro Sekunde kreist er am schnellsten um unsere Sonne und umrundet sie in gerade einmal 88 Erdtagen. Zum Vergleich: Unser Heimatplanet bewegt sich mit 30 Kilometern pro Sekunde in 365 Tagen um unseren Stern. Dementsprechend ist ein Merkurjahr nur ein Viertel so lang wie bei uns auf der Erde. Dafür dauert ein Merkursonnentag von einem Sonnenaufgang bis zum nächsten zwei Merkurjahre – also 176 Erdentage. Warum ist das so? Das fragen sich die Astronomen und führen diese merkwürdigen Umstände auf die sonderbaren Bahn- und Rotationseigenschaften des Planeten zurück. Sein Weg um die Sonne weicht stärker als bei allen anderen Planeten von einer Kreisbahn ab. Am sonnenfernsten Punkt liegen 70 Millionen Kilometer zwischen Merkur und Sonnenzentrum, auf der gegenüberliegenden Seite der Bahn nur 46 Millionen Kilometer. Während der Merkur in 88 Erdtagen um die Sonne sprintet, dreht er sich aber in Zeitlupe um seine eigene Achse. Denn dafür braucht er 58 Erdentage, 15 Stunden und 36 Minuten. Dementsprechend steht die Länge eines Merkurtages in einem ungewöhnlichen Verhältnis zu seiner Umlaufzeit: Während zweier Merkurjahre dreht sich der Planet

dreimal um seine eigene Achse. Warum sich der Merkur – laut Astronomen – „in dieser gebrochen gebundenen Rotation“ befindet soll BepiColombo herausfinden

Doch für viele Astronomen hütet die „Wundertüte“ Merkur noch ein viel spannenderes Geheimnis: Der kleine Gesteinsplanet ist für seine geringe Größe ungewöhnlich schwer. Im Verhältnis zu anderen seiner Art hat er dementsprechend eine viel zu hohe mittlere Dichte von 5.427 Kilogramm pro Kubikmeter, die der Dichte der Erde – 5.500 Kilogramm pro Kubikmeter – ziemlich nahekommt. Irgendetwas scheint im Aufbau also anders zu sein. Denn bei ähnlicher Struktur mit Kern, Mantel und Kruste müssten seine Proportionen an Metallen und Gesteinen eine viel geringere Dichte ergeben. Wissenschaftler gehen von einem sehr hohen Metallanteil aus. Laut Modellrechnungen besteht Merkur aus etwas mehr als zwei Drittel einer Eisen-Nickel-Mischung mit unbekanntem Schwefelanteil und nur knapp einem Drittel Gestein. Vermutlich ist das Metall in einem überproportional großen Kern konzentriert, der fast zwei Drittel des Volumens des Planeten und mehr als zwei Drittel seiner Gesamtmasse ausmacht. Entsprechend dünn, nämlich nur 600 Kilometer mächtig, ist der silikatische Gesteinsmantel, der den großen Eisenkern umgibt. Dieses innere Geheimnis soll nun die BepiColombo-Mission lüften.

Why go to Mercury?

The god of traders, travellers, and thieves – these are Mercury's attributes in Roman mythology. At least one of these characteristics may certainly be applied to the smallest planet nearest to the Sun in our solar system. For Mercury travels at speed: moving at 47 kilometres per second, it orbits the Sun in no more than 88 terrestrial days. To put that in perspective: our home planet moves around our star at 30 kilometres per second, completing an orbit within 365 days. Therefore, a year on Mercury is only a quarter as long as one on Earth. Then again, a solar day on Mercury lasts two mercurial years or 176 terrestrial days from one sunrise to the next. Why is that? This is what astronomers ask themselves, ascribing these odd circumstances to the planet's weird orbital and rotational properties. Its path around the Sun deviates from a circle more than that of any other planet. At the point farthest from the Sun, 70 million kilometres separate Mercury from the Sun's centre, while on the opposite side the distance is only 46 million kilometres. While Mercury races around the Sun in 88 terrestrial days, it rotates around its own axis in slow motion, taking 58 terrestrial days, 15 hours, and 36 minutes. Accordingly, the ratio between the length of a Mercury day and its orbital period is unusual: the planet rotates three times around its axis in two mercurial years.

The question of why Mercury moves in this – in astronomerspeak – 'non-synchronous rotation' is for BepiColombo to answer.

However, many astronomers think that wondrous Mercury is guarding a much more exciting secret: the little rocky planet is unusually heavy for its small size. Compared to others of its kind, its mean density at 5,427 kilogrammes per cubic metre comes rather close to that of Earth, which is 5,500 kilogrammes per cubic metre, indicating that there is something odd about its structure. If it were like Earth, consisting of core, mantle, and crust, its density would have to be much smaller, given its proportions of metals and rocks. Scientists assume a very high metal content. According to model computations, somewhat more than two thirds of Mercury consist of an iron-nickel mix with an unknown admixture of sulphur, while rock accounts for somewhat less than one third. Probably the metal is concentrated in a disproportionately large core that occupies nearly two thirds of the planet's volume and more than two thirds of its total mass. Consequently, the mantle of siliceous rock surrounding the large iron core is rather thin, being only 600 kilometres thick. This internal mystery is now to be resolved by the BepiColombo mission.

Lange Reise

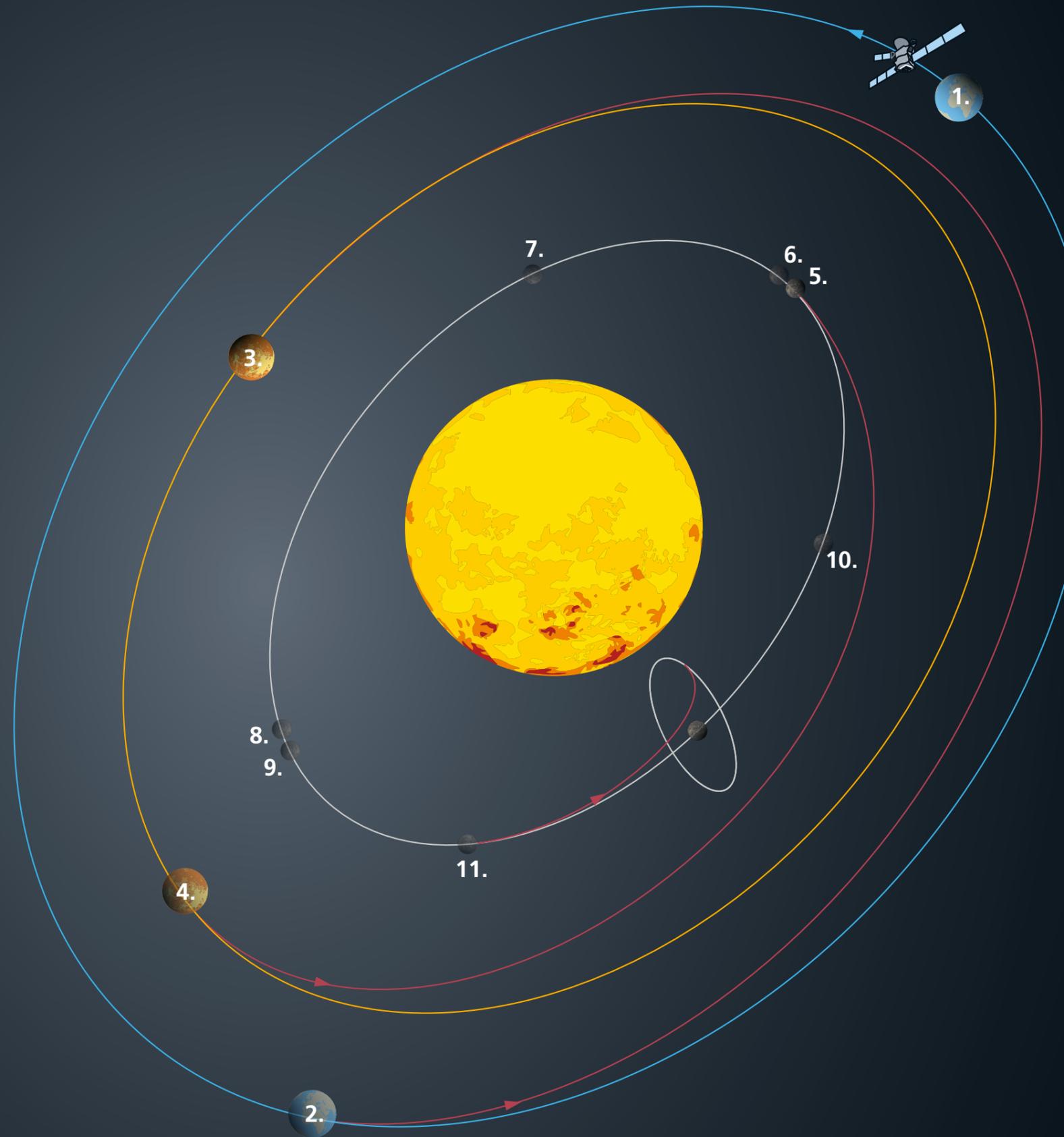
Achteinhalb Milliarden Kilometer in mehr als sieben Jahren – so weit und so lange ist BepiColombo unterwegs zum Merkur. Doch warum nimmt die Sonde eine so lange Reise in Kauf? Im Idealfall liegen gerade einmal 77 Millionen Kilometer zwischen Erde und Merkur. Die Antwort ist so simpel wie fatal: BepiColombo würde einen Direktflug nicht überleben. Der Grund dafür ist unsere Sonne – besser gesagt die Mischung aus ihrer irrsinnig hohen Anziehungskraft und ihrem geringen Abstand zum Merkur. Bei einem Direktflug wäre die Sonde viel zu schnell und würde einfach in die Sonne stürzen. Daher muss sie gegen die Anziehungskraft der Sonne abgebremst, für den Flug zum Merkur aber auch beschleunigt werden. Dieses Paradoxon kostet unglaublich viel Energie – viel mehr als ein Flug zum Pluto, dem Zwergplaneten am äußersten Rand unseres Sonnensystems. Doch woher nimmt die Raumsonde diese ganze Energie? Alleine schafft sie diesen Kraftakt nicht und bekommt daher Hilfe von anderen Planeten. Nahe Vorbeiflüge – die sogenannten Swing-by-Manöver – beschleunigen Raumsonden nicht nur, sie können sie auch abbremsen. Insgesamt neun dieser Manöver wird BepiColombo auf seinem Weg zum Merkur fliegen, an dem die Sonde am 2. Oktober 2021 zum ersten Mal noch viel zu schnell vorbeirast. Erst vier Jahre später – am 5. Dezember 2025 – ist BepiColombo dann langsam genug, um sicher in die entsprechende Umlaufbahn einzuschwenken – das schwierigste Manöver, das die europäische Raumfahrt jemals geflogen ist

A long journey

Eight and a half billion kilometres in more than seven years – this is how far and for how long BepiColombo will be on its way to Mercury. But why is the probe submitted to such a long journey? Under ideal circumstances, Earth and Mercury are separated by no more than 77 million kilometres. The answer is equally simple and ominous: BepiColombo would not survive a direct flight. The reason is our Sun, or rather the combination of its insanely high gravity and its small distance to Mercury. On a direct flight, the probe would be much too fast and would simply plunge into the Sun. Consequently, it must be decelerated to counteract the Sun's gravity and at the same time accelerated for its flight to Mercury. This paradox consumes an incredible amount of energy, much more energy than a flight to Pluto, the dwarf planet at the outermost edge of our solar system. But where could the probe get all this energy from? Since it does not have the necessary muscle on its own, it obtains help from other planets. Near fly-bys or swing-by manoeuvres may serve not only to accelerate a space probe but also to decelerate it. BepiColombo will fly a total of nine such manoeuvres on its way to Mercury, which it will pass much too quickly on its first swing-by on October 2, 2021. Only four years later, on December 5, 2025, will BepiColombo be slow enough to swing safely into its target orbit – the trickiest manoeuvre ever flown by an European spacecraft.

	1. Launch	20.10.2018
	2. Swing-by around Earth	13.04.2020
	3. 1st swing-by around Venus	16.10.2020
	4. 2nd swing-by around Venus	11.08.2021
	5. 1st swing-by around Mercury	02.10.2021
	6. 2nd swing-by around Mercury	23.06.2022
	7. 3rd swing-by around Mercury	20.06.2023
	8. 4th swing-by around Mercury	05.09.2024
	9. 5th swing-by around Mercury	02.12.2024
	10. 6th swing-by around Mercury	09.01.2025
	11. Arrival at Mercury	05.12.2025
	Begin of MPO measurements:	14.03.2026
	End of nominal mission:	01.05.2027
	End of extension:	01.05.2028

Orbits sind nicht maßstabsgetreu | Orbits are not to scale



Zuverlässiger Transporter

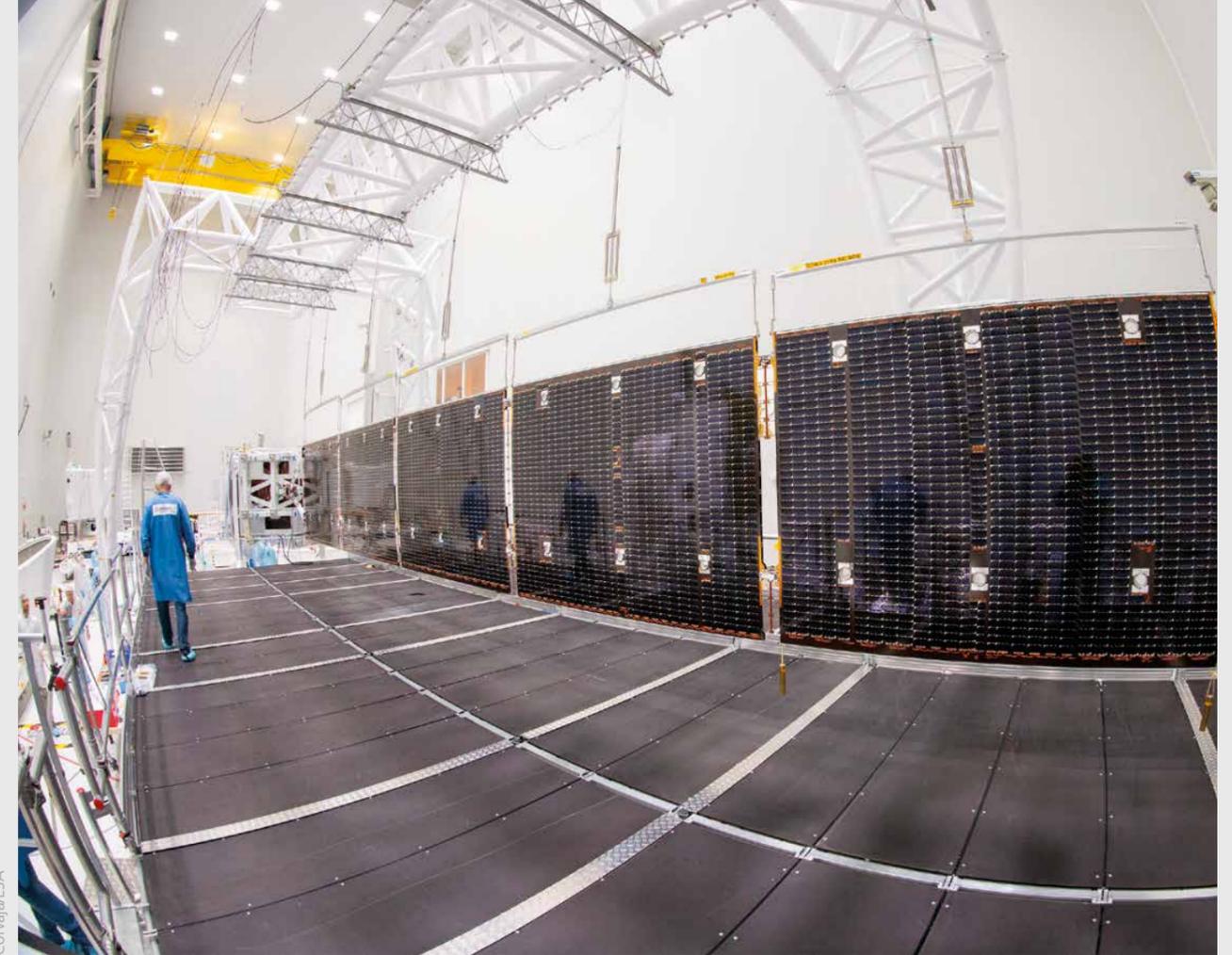
BepiColombo hat einen weiten Weg bis zum Merkur vor sich. Damit die beiden Wissenschaftsmodule Mercury Planetary Orbiter (MPO) und Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO) sicher an ihrem Ziel ankommen, brauchen sie einen zuverlässigen und leistungsstarken Transporter. Diesen Job übernimmt das Mercury Transfer Module (MTM). Dafür ist dieser Transporter – zum ersten Mal auf einer europäischen interplanetaren Mission überhaupt – mit einem Ionenantrieb ausgestattet. Ergänzt werden diese vier mit Xenongas betriebenen Ionenantriebe durch 24 chemische Triebwerke – das komplexeste Antriebssystem, das die europäische Raumfahrt jemals eingesetzt hat. Doch wofür dieser Aufwand? Chemische Triebwerke brauchen mehr Treibstoff in kurzer Zeit und sind dadurch erheblich schwerer, liefern aber mehr Schub. Dafür sind Ionenantriebe viel effizienter als chemische. Nur die Mischung aus beiden führt zum Erfolg. Von den vier redundant elektrisch betriebenen T6-Ionenantrieben sind immer bis zu zwei gleichzeitig aktiv. Mit einer Schubkraft von je 75 bis 145 Millinewton bringen sie BepiColombo während der Vorbeiflüge an der Erde auf Kurs in Richtung Venus und von dort dann auf Kurs in Richtung Merkurbahn. Um diese Leistung zu erzeugen, brauchen die Ionenantriebe sehr viel elektrische Energie. Die notwendigen 7 bis 14 Kilowatt beziehen sie von zwei riesigen Sonnensegeln mit einer Fläche von 42 Quadratmetern. Die eingesetzten Solarzellen sind zwar extrem effizient, dürfen aber in Sonnennähe nicht direkt zur Sonne ausgerichtet werden, weil die große Hitze die Zellen sonst beschädigen würde. Die 24 chemischen Triebwerke mit je zehn Newton Schub sorgen für die Lage- und Orbitalkontrolle des Gespanns. Etwa zwei Monate vor dem Eintritt in die Merkurumlaufbahn heißt es Abschied nehmen: Nun werden die beiden Wissenschaftsmodule MPO und MMO vom Transfermodul MTM abgetrennt. Sein Job wird dann am 25. Oktober 2025 erledigt sein. Der Transporter wird dann seine letzte Kursänderung machen, damit er weiterfliegen kann, ohne mit MPO, mit MMO oder gar dem Merkur zu kollidieren.

MTM – Daten und Fakten

Maße: 3,5 x 3,7 x 2,3 m
 Gewicht: 2.700 kg
 Spannweite: 30 m inklusive der entfalteten Solarpanels
 Solarpanelfläche 42 m²
 Energie: 14 kW
 Antrieb: 4 Ionenantriebe, 24 chemische Antriebe

MTM – facts and figures

Dimensions: 3.5 x 3.7 x 2.3 m
 Weight: 2,700 kg
 Panel span: 30 m, the solar panels unfolded
 Solar panel area: 42 m²
 Energy: 14 kW
 Drive: 4 ion drives, 24 chemical engines



Corvajal/ESA

A reliable carrier

BepiColombo has a long way to go to Mercury. If the two science modules Mercury Planetary Orbiter (MPO) and Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO) are to reach their destination safely, they will need a reliable and powerful carrier. This job will be handled by the Mercury Transfer Module (MTM). For this purpose, the carrier is equipped with four ion thrusters that run on xenon gas, the first ever to be employed on a European interplanetary mission. To complement these thrusters, there are 24 chemical engines – the most complex thruster system ever used in a European space vehicle. But why all this effort? Chemical engines consume much fuel in a relatively short time, which is why they are heavier; yet they also deliver more thrust. For their part, ion thrusters are much more fuel-efficient. Only a mixture of both can be successful. Of the four electrically powered ion drives, as many as two are always active simultaneously. Providing a thrust of 75 to 145 millinewtons each, they will set BepiColombo on a course for Venus during its flight past Earth and on from there towards the orbit of Mercury. To supply this power, the ion drives need a great deal of electric energy. The 7 to 14 kilowatts they require will be drawn from two giant solar panels measuring 42 square metres in total. While the solar cells used are extremely efficient, they may not be allowed to face the Sun directly from up close, for they would otherwise be damaged by its great heat. The 24 chemical drives, which provide a thrust of ten newtons each, serve to control the attitude and the orbit of the spacecraft cruise. About two months before BepiColombo's entry into its orbit around Mercury, it will be time to say good-bye to the MTM. The two science modules, MMO and MPO, will be separated from the transfer module whose job will be finished on October 25, 2025. The carrier will then change course for the last time so that it can fly on without colliding with the MPO, the MMO, or even Mercury itself.

Großer Strombedarf: Um die achteinhalb Milliarden Kilometer zum Merkur zurückzulegen und dabei vor allem ihre starken Ionenantriebe zu betreiben, braucht die Transportsonde MTM sehr viel Strom. Den gewinnt sie aus zwei riesigen Sonnensegeln.

A great appetite for electricity: to cover the eight-and-a-half billion kilometres to Mercury, the MTM transport probe needs a high amount of electricity, mostly to operate its powerful ion drives. That electricity will be generated by two enormous solar panels.



2.500 Tage
Ionenantrieb in Betrieb

2,500 days
using ion thrusters

1.400 kg Treibstoff
für 8,5 Mrd. km

1,400 kg fuel
for 8.5 bn km

MPO – Daten und Fakten

Maße: 2,4 x 2,2 x 1,7 m
 Gewicht: 1.200 kg (davon 85 kg wissenschaftliche Nutzlast)
 Spannweite: 7,5 m inklusive der entfalteten Solarpanels
 Solarpanelfläche: 8,2 m²
 Antrieb: 16 chemische Antriebe
 Orbit: polar, 480 x 1.500 km
 Umlaufzeit: 2,3 Stunden
 Orientierung: Nadir
 Datenrate: 50 kbits/s
 Antenne: 1,0 m Durchmesser

Nah dran am Merkur

Warum ist die Dichte Merkurs deutlich höher als bei anderen Gesteinsplaneten? Ist der Kern flüssig oder fest? Ist Merkur heute tektonisch aktiv? Diesen wichtigen Fragen geht die europäische Wissenschaftsonde der BepiColombo-Mission – der Mercury Planetary Orbiter (MPO) – nach. Dafür wird er in eine niedrige polare Umlaufbahn mit 480 bis 1.500 Kilometern über dem Merkur mit einer Umlaufzeit von zwei Stunden und 20 Minuten einschwenken und von dort aus die Planetenoberfläche kartografieren und dessen innere Zusammensetzung erforschen. An Bord sind elf Instrumente – drei davon unter deutscher Federführung: BELA (BepiColombo Laser Altimeter), MPO-MAG (MPO Magnetometer) und MERTIS (Mercury Radiometer and Thermal Imaging Spectrometer). BELA liefert Informationen über die globale Form, Rotation und Topografie des sonnennächsten Planeten. Aus der Laufzeit von Millionen von Laserpulsen wird im Missionsverlauf ein 3D-Modell der gesamten Oberfläche entstehen. Anhand der Oberflächenrauigkeit werden außerdem physikalische und geologische Prozesse untersucht. Entwickelt und gebaut wurde BELA vom DLR in Zusammenarbeit mit der Universität Bern, dem Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, dem Instituto de Astrofísica de Andalucía und der Industrie. Der Betrieb und die wissenschaftliche Auswertung der Daten erfolgt unter Leitung des DLR-Instituts für Planetenforschung in Berlin – genauso wie beim MERTIS-Instrument, dort allerdings in Zusammenarbeit mit der Universität Münster. Das Management des Experiments liegt beim DLR-Institut für Optische Sensorsysteme, das MERTIS entwickelt hat. Dieses bildgebende Infrarot-Spektrometer und Radiometer mit zwei ungekühlten Strahlungssensoren wird die Oberfläche und das Planeteninnere des Merkur untersuchen. Mit einer räumlichen Auflösung von 500 Metern bestimmt es im mittleren Infrarotbereich gesteinsbildende Mineralien auf der Oberfläche. Zusätzlich liefert es Daten zur Oberflächentemperatur und der thermischen Leitfähigkeit des Merkur. Das Experiment MPO-MAG ist ein hochauflösendes digitales Magnetometer. Wie bereits die Sonde Mariner 10 entdeckt hat, umgibt den Merkur ein Magnetfeld mit einer Stärke, die einem Prozent der Stärke des Erdmagnetfelds entspricht. Bei MPO-MAG werden auf einem Ausleger des MPO zwei Sensoren eingesetzt, die das Eigenmagnetfeld des Merkur erforschen. Auch seine innere Struktur soll untersucht werden. Wissenschaftlich verantwortlich ist die Technische Universität Braunschweig.



BELA: Laser-Höhenmesser zur Erstellung eines 3D-Höhenmodells | laser altimeter for generating a 3D elevation model



ISA: Accelerometer zur Vermessung des Schwerefelds | accelerometer for measuring the gravity field



MPO-MAG: Digitales Magnetometer zur Untersuchung des Magnetfelds | digital magnetometer for investigating the magnetic field



MERTIS: Thermal-Infrarot-Spektrometer zur Untersuchung der Oberfläche und des Inneren | thermal infrared spectrometer for examining the surface and the interior



MGNS: Gamma- und Neutronen-Spektrometer zur Untersuchung der elementaren Bestandteile direkt über dem Boden | gamma and neutron spectrometer for analysing elementary components immediately above the ground



MIXS: Röntgenbildspektrometer zur Bestimmung der globalen Elementhäufigkeiten der gesteinsbildenden Elemente | imaging X-ray spectrometer for determining the global abundance of the rock-forming elements



MORE: Radiowellen-Instrument zur Vermessung des Gravitationsfeldes sowie zur Bestimmung der Kerngröße und -zusammensetzung | radio-wave instrument for surveying the gravitational field and determining the size and composition of the core



PHEBUS: Ultraviolett-Spektrometer zur Untersuchung der Exosphäre | ultra-violet spectrometer for investigating Mercury's exosphere



SERENA: Analysator für Neutral- und ionisierte Teilchen zur Untersuchung des Systems bestehend aus Oberfläche, Exosphäre und Magnetosphäre sowie der Interaktion zwischen energetischen Partikeln, dem Sonnenwind und Mikrometeoriten | analyser for neutral and ionised particles for examining the system of surface, exosphere, and magnetosphere as well as the interaction between energetic particles, the solar wind, and micrometeorites



SIMBO-SYS: Spektrometer und bildgebendes Observatorium zur Untersuchung der Oberflächengeologie, der vulkanischen Aktivität und der Plattentektonik | spectrometer and imaging observatory for studying surface geology, volcanic activity, and plate tectonics



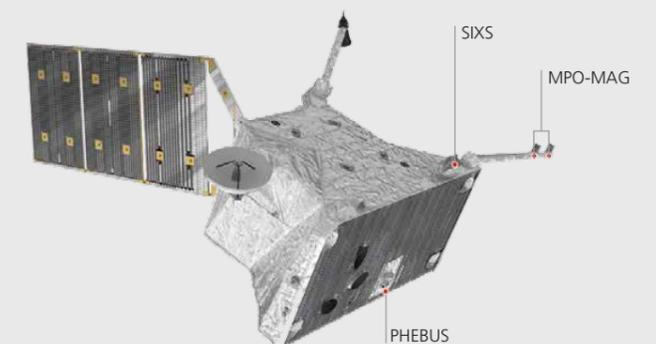
SIXS: Röntgenpartikel-Spektrometer zur Untersuchung der Strahlung auf der Oberfläche | wide-angle X-ray particle spectrometer for investigating radiation at the surface

Getting close to Mercury

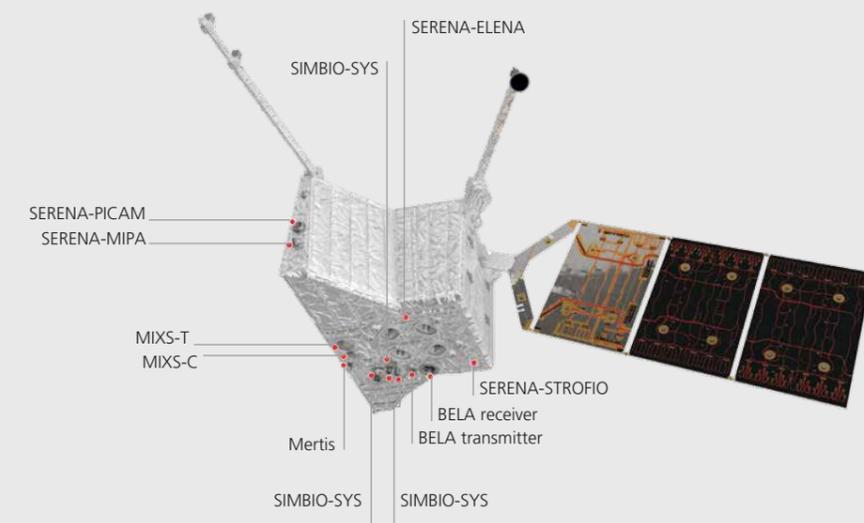
Why is Mercury's density considerably higher than that of other rocky planets? Is its core liquid or solid? Is there any current tectonic activity on Mercury? These important questions will be pursued by the European science probe of the BepiColombo mission, the Mercury Planetary Orbiter (MPO). For this purpose, the probe will enter into a low polar orbit with an altitude of 480 to 1,500 kilometres above the surface and an orbital period of two hours and 20 minutes. From there, it will map the surface and explore the inner composition of the planet. There are eleven instruments on board, three of them developed under German lead: BELA (BepiColombo Laser Altimeter), MPO-MAG (MPO Magnetometer), and MERTIS (Mercury Radiometer and Thermal Imaging Spectrometer). BELA provides information about the global shape, rotation, and topography of the planet that is nearest to the Sun. As the mission progresses, a 3D model of the entire surface will be generated from the run time of millions of laser pulses. Moreover, surface roughness data will be used to investigate physical and geological processes. BELA was developed and built by DLR in collaboration with Bern university, the Max Planck Institute for Solar System Research in Goettingen, the Instituto de Astrofísica de Andalucía, and the industry. The operation of the system and the scientific evaluation of the data will be managed by the DLR Institute of Planetary System Research in Berlin, which will do the same in conjunction with the MERTIS instrument, although this time in collaboration with Muenster University. The DLR Institute of Optical Systems, which developed MERTIS, will manage the experiment. This imaging infrared spectrometer and radiometer featuring two uncooled radiation sensors will examine the surface and the interior of the planet. It detects rock-forming minerals on the surface with a resolution of 500 metres. In addition, it delivers data on the surface temperature and the thermal conductivity of Mercury. The MPO-MAG experiment is a high-resolution magnetometer. As already discovered by the Mariner 10 probe, Mercury is surrounded by a magnetic field whose strength is equivalent to one percent of Earth's. MPO-MAG features two sensors mounted on a boom with which to explore Mercury's own magnetic field together with its internal structure. The scientific responsibility rests with Braunschweig Technical University.

MPO – facts and figures

Dimensions: 2.4 x 2.2 x 1.7 m
 Weight: 1,200 kg (of which 85 kg scientific payload)
 Wingspan: 7.5 m including the unfolded solar panels
 Solar panel area: 8.2 m²
 Propulsion: 16 chemical drives
 Orbit: Polar, 480 x 1,500 km
 Orbital period: 2.3 hours
 Orientation: Nadir
 Data rate: 50 kbit/s
 Antenna: 1.0 m diameter



ESA/ATG medialab



ESA/ATG medialab

Blick aus nah und fern

Warum hat ein so kleiner Planet wie Merkur ein konstantes Magnetfeld, während Venus, Mars oder Mond praktisch keines besitzen? Wie interagiert dieses Magnetfeld mit dem Sonnenwind, während keine Ionosphäre existiert? Gibt es im Bereich dieses Magnetfelds Erscheinungen wie Polarlichter, Strahlungsgürtel oder magnetosphärische Stürme wie auf der Erde? Auf diese Fragen soll der Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO) eine Antwort finden, indem die japanische Sonde die Magnetosphäre – also die Region um den Planeten, die vom Magnetfeld des Merkur beeinflusst wird – und deren Wechselwirkung mit dem Sonnenwind untersucht. Dafür wird er auf einen stark elliptischen, polaren Orbit mit einer Entfernung zwischen 590 und 11.640 Kilometern und einer Umlaufzeit von neun Stunden und 20 Minuten einschwenken. Da auch der kleine MMO extremen Temperaturen und hoher Strahlung ausgesetzt ist, umgibt ihn zunächst ein spezielles Schutzschild – das Mercury Orbiter Sunshield and Interface Structure (MOSIF). Am Ziel angekommen, verlässt MMO diese schützende Hülle und wird in eine dauerhafte Rotation versetzt. Diese Drehung um die eigene Achse bewahrt MMO nun vor Hitze und Strahlung. So kann er sich dann mit seinen fünf Instrumenten direkt an die Arbeit machen. An dreien davon sind deutsche Forschungseinrichtungen beteiligt. Das Magnetometer MMO-MAG – ein baugleicher Bruder des MPO-MAG auf der europäischen Sonde – wird die Magnetosphäre des Merkur untersuchen, um mehr über das Zusammenspiel zwischen ihr und dem Sonnenwind zu erfahren. Dieser ist zwar gleich schnell wie auf der Erde, das Ausmaß des Interplanetaren Magnetischen Feldes (IMF) ist am Merkur aber fünfmal größer und das Feld zehnmal dichter als auf unserem Heimatplaneten – eine Beobachtung, die auch Forscher von der TU Braunschweig untersuchen wollen. Das Mercury Plasma Particle Experiment (MPPE) ist ein Instrumentenpaket aus sieben Sensoren, die Plasma, hochenergetische Partikel und energetisch neutrale Atome untersuchen sollen. Dabei geht es den Forschern ebenfalls darum, die Wechselwirkungen zwischen dem Sonnenwind und Merkurs Magnetosphäre zu verstehen. Warum ist bei der extremen Sonnennähe das intrinsische Magnetfeld so schwach? Teilweise kann der Sonnenwind sogar direkt auf die Oberfläche des Planeten einwirken. Was macht das mit der Magnetosphäre des Planeten? Forscher des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung wollen das herausfinden

MMO – Daten und Fakten

Maße: 1,8 x 1,8 x 1,1 m
 Gewicht: 275 kg (davon 45 kg wissenschaftliche Nutzlast)
 Strombedarf: 90 W
 Lageregelung: Kaltgas-Triebwerk, spinstabilisiert, 15 U/min
 Orbit: 590 x 11.600 km
 Umlaufzeit: 9,3 Stunden
 Orientierung: 90° zur Sonne
 Antenne: 0,8 m Durchmesser
 Datenrate: 5 kbits/s

MMO – facts and figures

Dimensions: 1.8 x 1.8 x 1.1 m
 Weight: 275 kg (of which 45 kg scientific payload)
 Power draw: 90 W
 Attitude control: Cold-gas engine, spin-stabilised, 15 rpm
 Orbit: 590 x 11,600 km
 Orbital period: 9.3 hours
 Orientation: 90° relative to the Sun
 Antenna: 0.8 m diameter
 Data rate: 5 kbit/s



MMO-MAG: Magnetometer zur Untersuchung des planetaren Magnetfelds, der Magnetosphäre und des Sonnenwinds | magnetometer for examining the planet's magnetic field, its magnetosphere, and the solar wind



MPPE-MSA: Instrumentenpaket aus sieben Sensoren zur Untersuchung des Plasmas, hochenergetischer Teilchen sowie ladungsneutraler Atome | instrument package of seven sensors for investigating plasma, high-energy particles, and charge-neutral atoms



MDM: Keramiksensoren zur Untersuchung des Staubgehalts des Merkur und der interplanetaren sowie der interstellaren Umgebung | ceramic sensors to examine the dust content of Mercury and its interplanetary and interstellar environment



PWI: Paket aus Instrumenten zur Untersuchung des elektrischen Feldes, der elektromagnetischen sowie der Radiowellen der Magnetosphäre und des Sonnenwinds | package of instruments for investigating the electric field as well as the electromagnetic and radio waves in the magnetosphere and the solar wind



MSASI: Spektalkamera zur Untersuchung der Natriumatmosphäre des Merkur | spectral camera for studying Mercury's sodium atmosphere



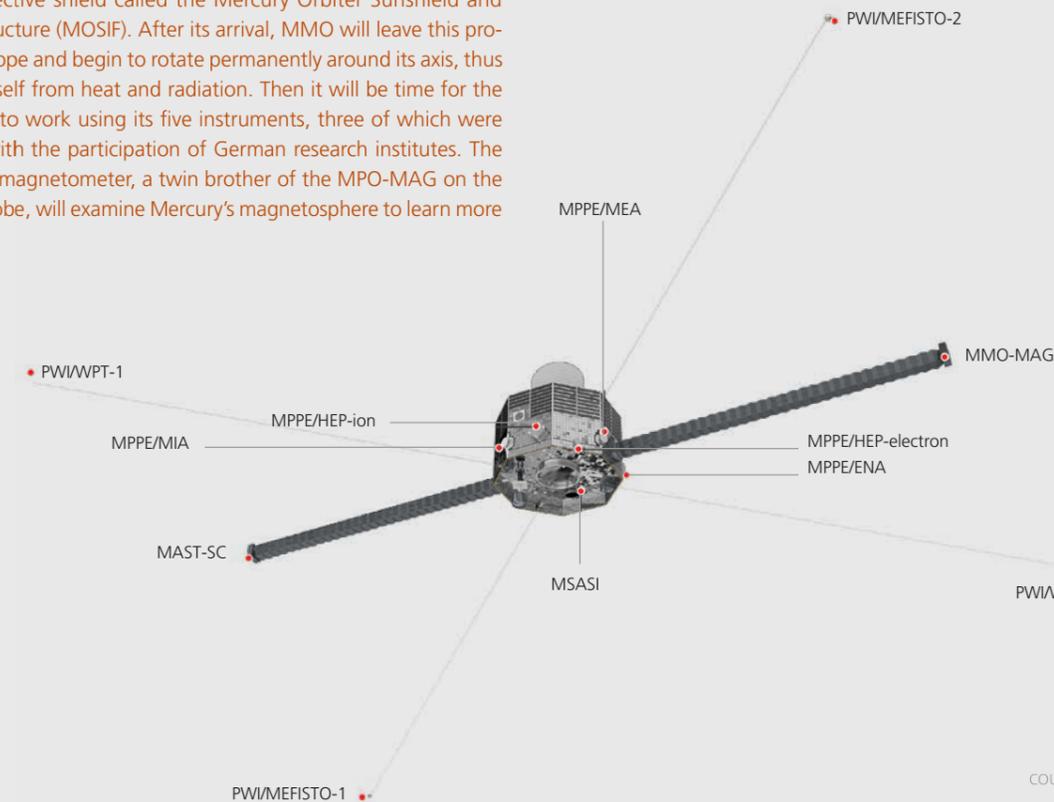
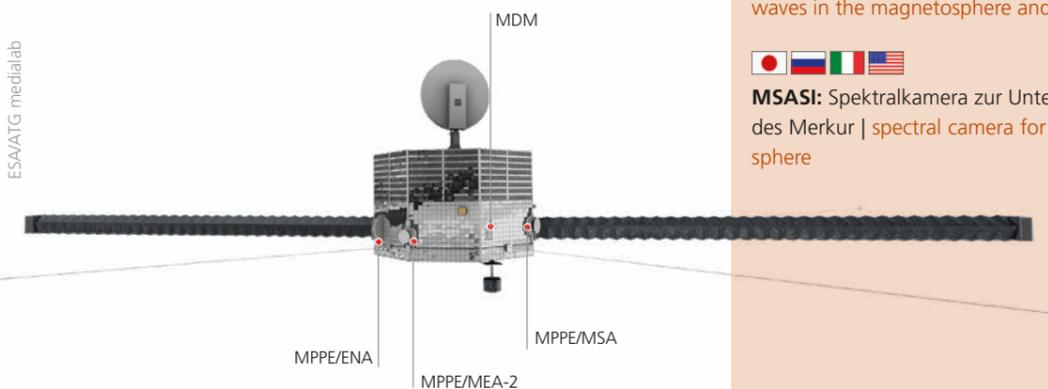
Gut verpackt: Kurz vor dem Start steckt das japanische MMO-Modul bereits in dem MOSIF-Schutzschild, um den hohen Temperaturen und dem extremen Teilchenbeschuss der Sonne zu trotzen.

Snugly wrapped: shortly before take-off, the Japanese MMO module is already packaged in its MOSIF shield to defy the Sun's extreme particle bombardment and high temperatures.

A look from close up and far away

Why does a planet as small as Mercury have a constant magnetic field while Venus, Mars, and the Moon practically have none at all? How does this magnetic field interact with the solar wind in the absence of an ionosphere? Are there phenomena within this magnetic field like the polar lights, radiation belts, or magnetospheric storms on Earth? The Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO) is designed to find answers to these questions by investigating Mercury's magnetosphere, i.e. the region around the planet that is influenced by its magnetic field, and its interaction with the solar wind. For that purpose, the Japanese probe will enter a markedly elliptical polar orbit at an altitude of 590 to 11,640 kilometres, with an orbital period of nine hours and 20 minutes. As the MMO, though small, is exposed to extreme temperatures and intense radiation, it will be surrounded at first by a special protective shield called the Mercury Orbiter Sunshield and Interface Structure (MOSIF). After its arrival, MMO will leave this protective envelope and begin to rotate permanently around its axis, thus protecting itself from heat and radiation. Then it will be time for the probe to go to work using its five instruments, three of which were developed with the participation of German research institutes. The MMO-MAG magnetometer, a twin brother of the MPO-MAG on the European probe, will examine Mercury's magnetosphere to learn more

about the interaction between it and the solar wind. Although the latter is as fast as on Earth, the interplanetary magnetic field (IMF) is five times larger and its density ten times greater than on our home planet – a finding which researchers of the Braunschweig TU wish to investigate. The Mercury Plasma Particle Experiment (MPPE) is an instrument package consisting of seven sensors that are designed to study plasma, high-energy particles, and energetically neutral atoms. Once again, researchers want to understand the interactions between the solar wind and Mercury's magnetosphere. Why is the intrinsic magnetic field so weak as close to the Sun as that? Here and there, the solar wind is even able to impact the planetary surface directly. What does that do to the planet's magnetosphere? Researchers of the Max Planck Institute for Solar System Research intend to find out



Die Reise zum Merkur – ein europäisch-japanisches Projekt

Europa ist bei seiner Reise zum Merkur nicht allein. Seit mehr als zehn Jahren steht der europäischen Weltraumorganisation ESA mit der japanischen Raumfahrtagentur JAXA ein starker und verlässlicher Partner zur Seite. Gemeinsam stemmen sie die BepiColombo-Mission strategisch, wissenschaftlich und finanziell. Warum Japan sich für den Merkur interessiert, erzählt Hajime Hayakawa als JAXAs Projektmanager für BepiColombo.

A voyage to Mercury – a joint European-Japanese project

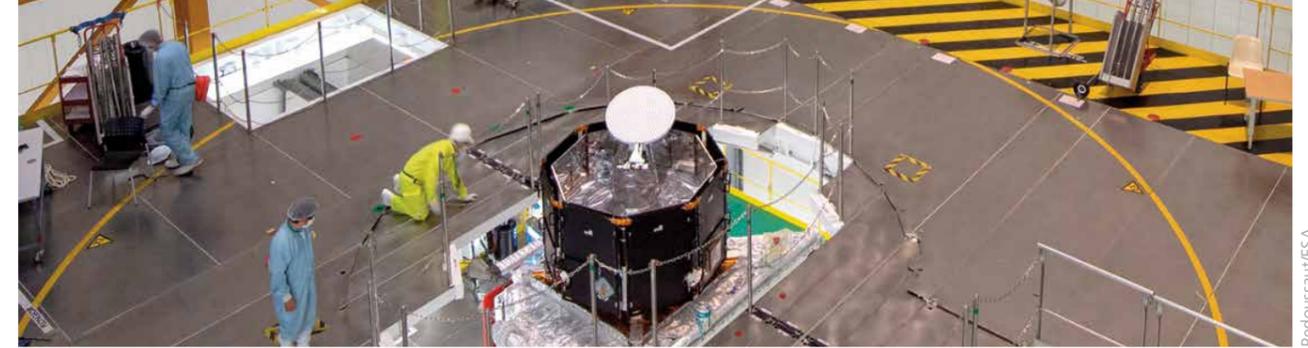
Europe is not travelling to Mercury alone. For more than ten years, the European Space Agency ESA has had a strong and reliable partner in Japan's space agency, JAXA. Together they tackle the BepiColombo mission in strategic as well as in scientific and financial terms. JAXA's BepiColombo project manager, Hajime Hayakawa, tells us why Japan is interested in planet Mercury.



Hajime Hayakawa ist JAXAs Projektmanager für BepiColombo
Hajime Hayakawa is JAXA's project manager for BepiColombo

Herr Hayakawa, was ist das Hauptziel von JAXAs Beitrag zu BepiColombo und wie passt er in JAXAs Gesamtstrategie der Weltraumforschung?

: Erstens wollen wir verstehen, wie das Magnetfeld im Inneren des Merkur erzeugt wird. Unser zweites Ziel ist die Erforschung des Plasmafeldes, das den Planeten Merkur umgibt. Außerdem wollen wir die Wechselwirkung zwischen dem Sonnenwind und dem Magnetfeld des Merkur erkunden. Schließlich interessieren uns auch die Quelle der hauchdünnen Atmosphäre des Planeten sowie deren Verlustmechanismus. Die Enträtselung der Geheimnisse des Merkur wird letztlich auch Erkenntnisse zur Entstehung unseres Sonnensystems liefern. Die JAXA hat bereits mehrere Erkundungsmissionen zur Erforschung seiner Entstehungsgeschichte unternommen. „Akatsuki“ zum Beispiel ist eine Sonde, die die Venus zur Erforschung ihres Klimas und ihrer Atmosphäre umkreist. Hayabusa2, eine derzeit laufende Mission zur Erkundung eines Asteroiden, wird Gesteinsproben zur Erde zurückbringen. Die Proben werden untersucht, um neue Erkenntnisse zur Entstehung von Planeten und zur Herkunft des Wassers in den Ozeanen und der Entstehung des Lebens auf der Erde zu gewinnen. BepiColombo ist außerdem das erste Raumfahrzeug, das mit einem Ionentriebwerk aus britischer Herstellung zu einem der inneren Planeten fliegt. „Hayabusa2“ ist an einem Asteroiden im äußeren Bereich des Sonnensystems angekommen und fliegt ebenfalls mit Ionentriebwerken. Der Fortschritt im Bereich der elektrischen Antriebstechnik wird dazu führen, dass größere Distanzen im Sonnensystem zurückgelegt werden können. Die JAXA plant den Einsatz von Weltraumsonden vom Merkur bis hin zum Jupiter. Unter all diesen japanischen Explorationsvorhaben spielt BepiColombo – insbesondere mit dem in Japan gebauten Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO), auch bekannt unter der Bezeichnung „MIO“ – eine herausragende Rolle in der japanischen Flotte zur Weltraumerkundung.



What is the main goal of JAXA's contribution to BepiColombo and how does it fit into JAXA's overall space science strategy?

: First of all, we will try to understand how the magnetic field is generated inside Mercury. Our second aim is to understand the plasma environment around Mercury. Then we will try to find out how the solar wind interacts with Mercury's magnetic field. In the end, we will learn more about the source and loss mechanism of the tenuous atmosphere. Unravelling Mercury's mysteries will ultimately lead to unravelling the origin of the solar system. To date, JAXA has realised multiple exploration missions to reveal its origin. For example, 'Akatsuki' is a Venus orbiter presently studying the planet's climate and atmosphere. 'Hayabusa2', the asteroid explorer currently in operation, will bring back samples of an asteroid to Earth. The samples will be analysed in detail to explore the origin of planets, the origin of sea water and the origin of life on Earth. In addition, BepiColombo is the first spacecraft powered by a British ion engine to travel to an inner planet. 'Hayabusa2' arrived at an asteroid in outer space using ion engines. The progress of electrically powered spacecraft propulsion technology will lead to greater advances in the solar system. JAXA aims to deploy deep space probes from Mercury to Jupiter. Regarding all these Japanese space exploration missions, BepiColombo – especially the Japanese Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO), also called 'MIO', plays a significant role in JAXA's deep space exploration fleet

Welche anderen Partner hat die JAXA in ihrer wissenschaftlichen Arbeit neben der ESA und der NASA?

: Im Zusammenhang mit der BepiColombo-Mission haben wir Kooperationsvereinbarungen mit den Weltraumorganisationen Deutschlands (DLR), Frankreichs (CNES), Schwedens (SNSA), Österreichs (FFG) und Russlands (Roskosmos). Kooperationen bestehen auch mit den Niederlanden (SRON), Kanada (CSA) und mit zahlreichen Hochschulen weltweit.

Who are JAXA's other partners in space science endeavours besides ESA and NASA?

: Regarding the BepiColombo mission, we have Letters of Agreement (LoA) with the space agencies of Germany (DLR), France (CNES), Sweden (SNSA), Austria (FFG), and Russia (Roscosmos). JAXA also has cooperative relationships with the Netherlands (SRON), Canada (CSA), and many universities all over the world.

In Europa ist der Name Merkur zurückzuführen auf den antiken Gott der Händler. Hat der Name des Planeten im Japanischen ebenfalls einen Bezug zur Kultur, Geschichte oder Mythologie Ihres Landes? Wie groß ist die Anerkennung der BepiColombo-Mission in der japanischen Öffentlichkeit und wie groß ist ihre Präsenz in den Medien?

: Die japanische Bezeichnung für den Planeten Merkur lautet „水星 (Wasserplanet)“. Sie hat ihren Ursprung im Konfuzianismus. Die Zuschreibung „Wasser“ rührt daher, dass der Planet sehr schnell über den Himmel zieht.

In Europe, the name of Mercury is associated with the ancient Roman god of the tradesmen. Does the name of Mercury have any specific significance within Japanese culture, history or mythology? What is the standing of the BepiColombo mission in the Japanese public with respect to its visibility in the media or with respect to the public interest?

: The Japanese name for Mercury '水星 (water planet)' comes from the idea of Gokyo-Sisou (Confucianism). The reason why it is said to be 'like water' is because the movement of this planet across the sky is very fast.

Deutschland ist vielfach mit Kameras, Spektrometern oder Magnetometern bei Planetenmissionen vertreten. Wo liegt die Stärke Japans, was ist das Spezialgebiet der JAXA im Bereich Weltrauminstrumente?

: Was Japan im Ausland anbietet, sind Ionen- und Elektronensensoren, UV-Detektoren für das EUV- und FUV-Spektrum, Wellendetektoren usw., etwa für solar-terrestrische Projekte (STP). Hierfür besteht bereits eine Nachfrage im Bereich Hardware-Kooperation. Wir bauen auch Magnetometer, die aber derzeit nicht international im Einsatz sind. Sie sind für unterschiedliche astronomische Anwendungen einsetzbar.

Germany often provides cameras, spectrometers or magnetometers for planetary missions. What is Japan's strength and JAXA's speciality in space instrumentation?

: What Japan is offering overseas, is ion / electron sensors, extreme ultraviolet (XUV) / far ultraviolet (FUV) detectors, wave detectors, etc., e.g. in the STP field. These are calls for hardware cooperation. We also build magnetometers, which, however, are presently not in use internationally. They are suitable for various astronomical applications.



Autoren: **Martin Fleischmann** (links) betreut als Chefredakteur die Inhalte und das Layout der COUNTDOWN. **Heiner Witte** ist der deutsche BepiColombo-Projektmanager im DLR Raumfahrtmanagement. Er begleitet die europäisch-japanische Mission seit 2015.

Authors: As editor-in-chief, **Martin Fleischmann** (left) is responsible for the content and layout of COUNTDOWN. **Heiner Witte** is the German BepiColombo project manager at the DLR Space Administration. He has been looking after the European-Japanese mission since 2015.



Hurrikan Florence, fotografiert von der ISS aus. Das Bild vermittelt einen Eindruck von der gewaltigen Zerstörungskraft dieser Naturserscheinung.
Hurricane Florence, photographed from the ISS. The picture conveys an impression of the enormous destructive force of this natural phenomenon.

HILFE AUS DEM ALL

Satelliten liefern Daten für den Katastrophenfall

Von Martin Schulz und Jens Danzeglocke

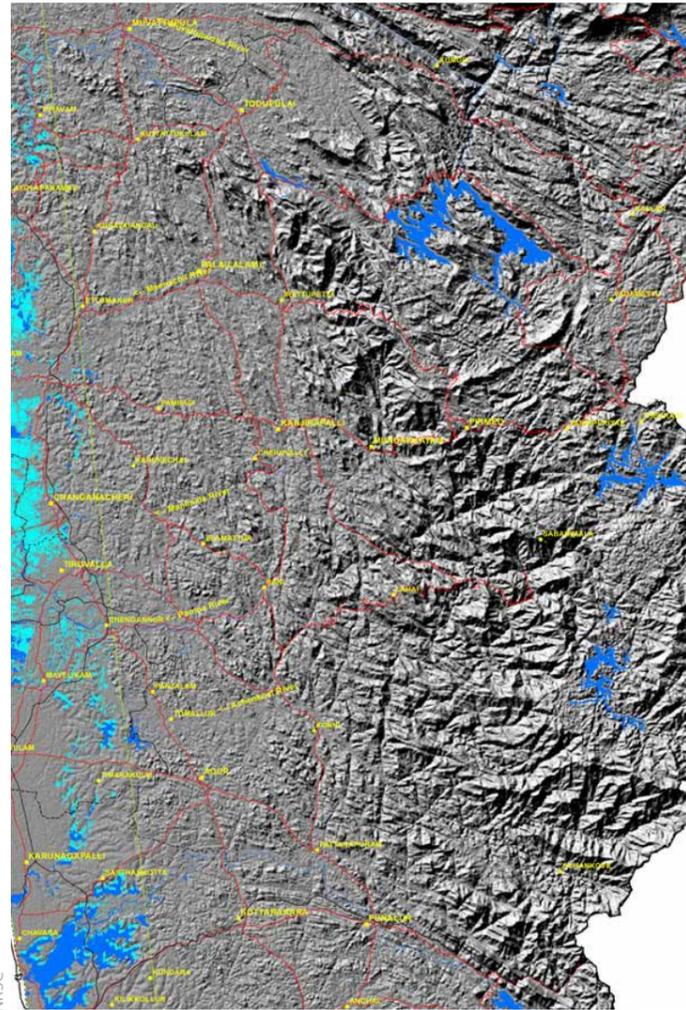
Es sind Bilder, wie wir sie aus den Nachrichten kennen: zerstörte Häuser, entwurzelte Bäume, überschwemmte Straßen, Rettungskräfte mit Schlauchbooten, Menschen in Notunterkünften. Größere Naturkatastrophen mit verheerenden Folgen für Menschen und Infrastruktur finden in vielen Fällen den Weg in die Berichterstattung. Sehr präsent waren etwa die Hurrikans, die im Herbst des vergangenen Jahres die USA heimsuchten: Zunächst wütete „Florence“ im September vor allem in den Bundesstaaten North und South Carolina sowie in Virginia. Im Oktober hinterließ „Michael“ in Florida eine Schneise der Verwüstung. Vielfach berichtet wurde auch über das Erdbeben Ende September auf der indonesischen Insel Sulawesi. Das Beben löste eine verheerende Flutwelle aus. Der doppelten Naturkatastrophe fielen mehr als zweitausend Menschen zum Opfer. Allen diesen Katastrophenfällen gemeinsam ist, dass sie der Anlass waren, um die Internationale Charter „Space and Major Disasters“ um Unterstützung zu bitten. Die Charter ist ein Verbund von Raumfahrtagenturen, dem auch das DLR angehört. Sie stellt nationalen Katastrophenschutzbehörden und Hilfsorganisationen bei Naturkatastrophen oder technischen Großunfällen Daten von Erdbeobachtungssatelliten zur Verfügung.

HELP FROM SPACE

Satellites supply data for dealing with disasters

By Martin Schulz and Jens Danzeglocke

Pictures we know from the news: wrecked houses, uprooted trees, flooded streets, rescue teams in rubber dinghies, people in emergency shelters. Major natural disasters with devastating consequences for the population and the infrastructure get broad news coverage. A prominent case in point was the hurricanes that visited the USA in the autumn of last year: the first was 'Florence', which raged mainly in North and South Carolina as well as in Virginia in September. In October, hurricane 'Michael' left behind a swathe of destruction in Florida. Another frequently covered event was the earthquake on the Indonesian island of Sulawesi late in September, which triggered a devastating tidal wave. This double disaster claimed more than two thousand lives. One thing all these events have in common is that they have led to requests for support under the International Charter 'Space and Major Disasters'. The Charter is an association of space agencies of which DLR is a member. In the event of natural disasters or major technical accidents it provides national disaster management authorities and relief organisations with data gathered by Earth observation satellites.



Die Charter kann rund um die Uhr an sieben Tagen in der Woche aktiviert werden. Denn die Katastrophenschutzbehörden vor Ort brauchen schnellstmöglich Antworten auf ihre dringendsten Fragen. Zum Beispiel: Welche Straßen, Brücken oder Bahnstrecken sind unpassierbar oder gefährdet? Wo sind Siedlungen zerstört oder unbewohnbar, wo müssen Menschen aus der Luft versorgt werden und wo sammeln sie sich? Die einzigartige Stärke der Charter besteht darin, dass sie sehr schnell auf Anfragen reagieren und auf eine Vielzahl von Satelliten der Mitgliedsagenturen zugreifen kann. Die große Zahl sehr unterschiedlicher Satelliten erhöht die Chance, ohne großen Zeitverzug hilfreiche Bilder von jedem neuen Katastrophengebiet liefern zu können. Ins Leben gerufen wurde die Charter im Jahr 2000 von der Europäischen Weltraumorganisation ESA und den Raumfahrtagenturen Frankreichs (CNES) und Kanadas (CSA). Jahr für Jahr wird sie etwa 40 Mal infolge von Notrufen aus aller Welt aktiv.

Seit ihrer Gründung wurde die Charter fast 600 Mal in insgesamt 125 Ländern in Anspruch genommen. Dabei bleibt die Aktivierung nur für die Phase der unmittelbaren Katastrophenhilfe bestehen, sie endet nach einer bis vier Wochen. Das „Executive Secretariat“ der Charter – ein virtuelles Gremium, dem alle Mitgliedsagenturen angehören – prüft die Zulässigkeit einer Anfrage nach bestimmten Kriterien. Bewaffnete Konflikte werden zum Beispiel nicht abgedeckt, ebenso wenig wie Dürren oder die routinemäßige Überwachung von Risiken. Viel-

Im August 2018 wurde der Bundesstaat Kerala im Südwesten Indiens von verheerenden Überschwemmungen heimgesucht. Die Karte wurde mit Hilfe von Radardaten des TerraSAR-X-Satelliten produziert. Überschwemmte Gebiete sind in Hellblau dargestellt. In August 2018, the state of Kerala in the south-west of India was hit by devastating floods. The map was generated from radar data delivered by the TerraSAR-X satellite. Flooded areas are shown in light blue.

NRSC

- Siedlungen
Settlements
- Kreisverwaltung
District HQ
- Eisenbahnstrecke
Railway
- Vorfahrtsstraßen
Major Roads
- Kreisgrenze
District boundary
- Staatsgrenze
State boundary
- Normale Flüsse/Gewässer
Normal River/Water bodies
- Überflutung
Flood Inundation
- Vom Satelliten abgedecktes Gebiet
Area covered by satellite

Die lokalen Behörden brauchen zuverlässige Lageeinschätzungen, um sich zum Beispiel – wie hier in North Carolina im September 2018 vor Eintreffen des Hurrikans Florence – auf Evakuierungen vorzubereiten. Auch dabei unterstützen die Satellitendaten. Local authorities need reliable assessments of the situation in order to prepare for evacuations, as in the case of North Carolina in September 2018, before the arrival of hurricane Florence.



Damaris Arias/DVIDS



Grace Simoneau/DVIDS

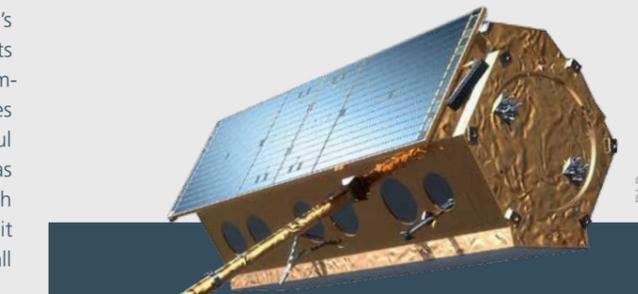
Eine Straße im Umfeld des Kilauea-Vulkans auf Hawaii nach dem Ausbruch im Mai 2018: Hochauflösende Radardaten, in Verbindung mit Kartenmaterial, lassen erkennen, welche Verkehrswege nach der Naturkatastrophe intakt oder unpassierbar sind.

A road in the vicinity of the Kilauea volcano in Hawaii after the eruption of May 2018. High-resolution radar data in conjunction with map material permit determining which transport routes are intact or impassable after the disaster.

The Charter may be activated round the clock, seven days a week, because local disaster management units need answers to their most urgent questions as soon as possible. Examples: Which roads, bridges, or railway lines are impassable or at risk? Which built-up areas have been destroyed or rendered uninhabitable, where do people need to be supplied from the air, and where are they gathering? The Charter's unique strength lies in the fact that it is able to respond to requests very quickly and access a multitude of satellites belonging to its member agencies. Thanks to this large number of very different satellites there is a good chance of the Charter being able to deliver helpful images of any new disaster area without great delay. The Charter was launched in 2000 by the European Space Agency (ESA) together with the space agencies of France (CNES) and Canada (CSA). Every year, it goes into action about 40 times, following emergency calls from all over the world.

Since its foundation, the Charter has been consulted nearly 600 times by a total of 125 countries. In each case, it remains active only during the phase of immediate disaster relief, which ends after one to four weeks. The Charter's Executive Secretariat, a virtual body to which all member agencies belong, reviews every request for admissibility in conformance with certain criteria. Armed conflicts, for example, are not covered, and neither are droughts or routine risk monitoring. Rather, the system is designed to supply satellite images quickly in acute emergencies after natural disasters. Very frequently, emergency missions of the satellites are triggered by floods. Tornadoes, earthquakes, volcanic eruptions, and large conflagrations also appear regularly on the Charter's activation lists, while the percentage of landslides and oil pollutions is small. In very rare cases, the Charter's support is requested in case of locally confined accidents like airplane crashes or a search for missing ships.

To make it easier to access the range of the Charter's support options, the member agencies have set up an access point that is continu-



DLR

TerraSAR-X (SAR: Synthetic Aperture Radar; „X“ für X-Frequenzband) ist seit 2007 im All. Er trägt eine Nutzlast von circa 400 Kilogramm. Der Satellit umrundet die Erde in einer Höhe von 514 Kilometern auf einer polaren Umlaufbahn. Er ist in der Lage, unabhängig von Wolkenbedeckung und Tageslicht Radardaten zu liefern. Der Satellit kann die Erdoberfläche in unterschiedlichen Betriebsmodi erfassen. Für Charter-Einsätze sind vor allem die Modi interessant, die größere Abdeckungen erlauben.

TerraSAR-X (SAR: Synthetic Aperture Radar; X stands for X frequency band) has been in space since 2007. Its payload weighs about 400 kilograms. The satellite circles around Earth in a polar orbit at an altitude of 514 kilometres. It is capable of supplying radar data independently of cloud cover or daylight. The satellite is equipped to scan the terrestrial surface in various operating modes. For Charter missions, the modes that are of the greatest interest are those that permit covering large areas.

TanDEM-X (DEM: Digital Elevation Model) ist im Juni 2010 seinem Zwilling TerraSAR-X ins All nachgefolgt. Die beiden nahezu baugleichen Satelliten umkreisen die Erde in sehr enger Formation. Im Rahmen der Satellitenmission TanDEM-X ist ein globales Höhenmodell entstanden, das im Vergleich zu anderen globalen Datensätzen unübertroffen genau ist. Die Höhengenaugigkeit der Geländekarte beträgt einen Meter. Sämtliche Landflächen wurden mehrfach aufgenommen und zu Höhenmodellen verarbeitet.

TanDEM-X (DEM: Digital Elevation Model) followed its twin into space in June 2010. The two nearly identical satellites orbit Earth in very close formation. The TanDEM-X satellite mission has produced a global elevation model whose precision is unequalled by any other global data record. Mapped elevation data are precise down to one metre. All land areas were photographed several times and processed into elevation models.

mehr ist das System dafür ausgelegt, im akuten Notfall nach einer Katastrophe schnell Satellitenaufnahmen zu liefern. Sehr häufig sind es Überschwemmungen, die einen Notfalleinsatz der Satelliten auslösen. Wirbelstürme, Erdbeben, Vulkanausbrüche und große Feuer erscheinen ebenfalls regelmäßig in den Aktivierungslisten der Charter. Einen nur kleinen Anteil haben Erdbeben und Ölverschmutzungen. In sehr seltenen Fällen wird das System bei lokal eng begrenzten Unglücksfällen wie etwa Flugzeugabstürzen oder der Suche nach vermissten Schiffen in Anspruch genommen.

Um den Zugang zu den Hilfsangeboten zu erleichtern, haben die Mitgliedsagenturen einen ständig verfügbaren Zugangspunkt eingerichtet. Über diesen erreicht das Hilfesuchende eines autorisierten Nutzers, in der Regel einer nationalen Katastrophenschutzbehörde, alle Mitglieder gleichzeitig. Im Laufe weniger Stunden werden dann durch den jeweils zum Dienst eingeteilten „Emergency On-Call Officer“ – einem speziell geschulten Mitarbeiter in einer der Charter-Mitgliedsagenturen – die für den jeweiligen Katastrophenfall geeigneten Erdbeobachtungssatelliten aller Partner angefragt. In der Folge werden nicht nur bereits verfügbare Aufnahmen aus den Archiven geliefert; den Satelliten wird auch schnellstmöglich der Befehl zu gezielten Neuaufnahmen übermittelt. Parallel zur Akquisition hilfreicher Satellitenbilder wird ein geeigneter Projektmanager gefunden, der im weiteren Verlauf die Koordination der Charter-Aktivierung übernimmt. Er sorgt dafür, dass Karten oder andere Informationsprodukte angefertigt werden, die den Bedürfnissen der jeweiligen Nutzer entsprechen.

DLR seit 2010 Vollmitglied

Die deutsche Beteiligung im Rahmen der Charter wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) durch das DLR Raumfahrtmanagement in Bonn und das Deutsche Fernerkundungszentrum des DLR in Oberpfaffenhofen in Arbeitsteilung umgesetzt. In Bonn sitzt mit Jens Danzeglocke auch der deutsche Vertreter im „Executive Secretariat“ der Charter. Von April bis Oktober 2018 hatte das DLR gemeinsam mit EUMETSAT den rotierenden Vorsitz der Charter inne. Das DLR ist in seiner Funktion als nationale Raumfahrtagentur Deutschlands seit 2010 Mitglied im Verbund der Charter.

Hurrikan Michael hat im Oktober 2018 in Florida eine Schneise der Verwüstung hinterlassen. Die US-amerikanische FEMA, die nationale Koordinationsstelle für Katastrophenhilfe, hat in der Folge die Charter um Unterstützung ersucht.

In October 2018, hurricane Michael left behind a swathe of destruction in Florida. In its wake, FEMA, the American national coordination centre for disaster relief, requested the support of the Charter.



Hunter Medley/DVIDS

ously available. Via this access point, a request for assistance made by an authorised user, generally a national disaster protection authority, will reach all members simultaneously. In the course of a few hours, the 'Emergency On-Call Officer', a specially trained employee of one of the member agencies of the Charter, will ask all partners about Earth observation satellites suitable for the disaster in question. Subsequently, not only will images be supplied that are already available from the archives; the satellites will also be commanded as quickly as possible to take specific new pictures. Simultaneously with the acquisition of helpful satellite images, a suitable project manager will be found who will coordinate the activation of the Charter from then on. The project manager will arrange the generation of maps or other information products that meet the needs of the current users.

DLR a full member since 2010

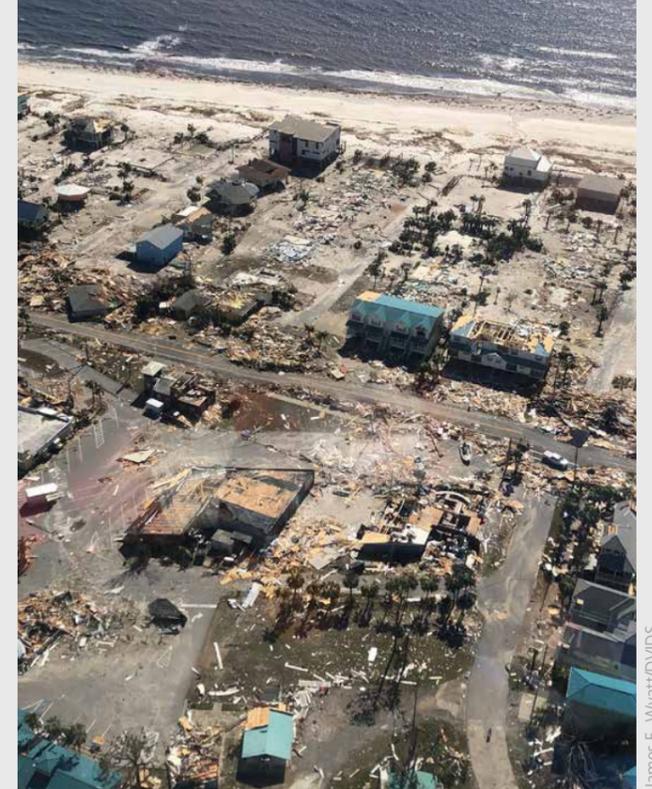
German participation in the Charter is handled by the DLR Space Administration in Bonn and DLR's Remote Sensing Data Centre at Oberpfaffenhofen, funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). Bonn is also the seat of the German representative on the Charter's Executive Secretariat, Jens Danzeglocke. From April to October 2018, DLR held the rotating chair of the Charter together with EUMETSAT. In its capacity as Germany's national space agency, DLR has been a member of the Charter since 2010. Its chief contribution consists of data gathered by the German radar satellites TerraSAR-X and TanDEM-X. These satellites are capable of rapidly taking detailed pictures independently of clouds or daylight. As smooth water and rough land surfaces can be very easily distinguished in radar images, they are particularly suitable for mapping large flooded tracts of land. In addition, DLR also provides optical data from the RapidEye satellites which are the property of Planet Labs Germany. Cases in which they were used include the conflagration in the Siberian region of Krasnoyarsk in May 2017 and the aftermath of the Kumamoto earthquake in Japan in 2016.

Needless to say, optical images make sense only if the area to be studied is not under a cloud cover. Whenever the Charter is activated, the problem that arises is that satellite data need to be turned into products that are useful to both the planning authorities and the relief workers on the spot. To make that possible, satellite data need to be

● Stadt City	■ Beobachtete Überflutung am 16.09.2018 Observed flood extent as of 16/09/2018
— Straße 1. Ordnung Primary road	■ Normale Wasserausdehnung (Vorbeugungsbild) Normal water extent (based on prevent image)
— Straße 2. Ordnung Secondary road	■ Wegen Wolken in den Radardaten nach dem Ereignis nicht analysiert Not analysed due to clouds in postevent radar data
— Eisenbahnstrecke Railway	

Wirbelstürme gehen nicht selten mit Überschwemmungen einher. Die Karte zeigt das südliche North Carolina nach Hurrikan Florence am 16. September 2018. Überschwemmte Gebiete sind hellblau markiert. Erstellt wurde die Karte vom DLR/ZKI unter Verwendung von TerraSAR-X-Daten.

Tornadoes are frequently accompanied by floods. The map shows southern North Carolina after the hurricane Florence on September 16, 2018. Flooded areas are coloured light blue. The map was generated by DLR/ZKI from TerraSAR-X data.



James E. Wyatt/DVIDS

Insbesondere bei großflächigen Katastrophen haben Satellitenaufnahmen in Kombination mit vorhandenen Karten einen entscheidenden Mehrwert.

Especially after disasters that cover large areas, satellite images are particularly helpful in combination with existing maps.

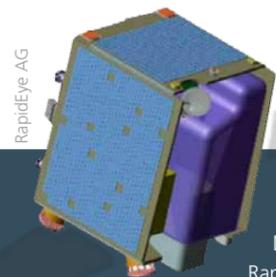


DLR/ZKI



Satellitenbilder erlauben es den Behörden, sich einen Überblick über die Folgen der Katastrophe zu verschaffen und Hilfsmaßnahmen zu koordinieren. Im Bild: Deutsche Helfer unterstützen im Oktober 2018 die lokale Bevölkerung auf Sulawesi nach den Erdbeben.

Satellite images provide authorities with an overview of the consequences of a disaster, enabling them to coordinate relief measures. The picture shows German relief workers assisting the local population of Sulawesi in October 2018 after a series of earthquakes.



RapidEye AG

Das Erdbeobachtungssystem RapidEye umfasst fünf Satelliten.

Die privat betriebene Konstellation umkreist seit 2008 die Erde. Das System ist mit optischen Kameras ausgestattet. Die Kameras und Sensoren wurden von dem deutschen Unternehmen Jena-Optronik entwickelt und gebaut. Das System ist in der Lage, Aufnahmen der Erdoberfläche mit kurzer Vorlaufzeit zu erstellen und damit eine hohe Aktualität der Informationsprodukte zu gewährleisten.

The RapidEye Earth observation system consists of five satellites. Operated privately, the constellation has been circling around Earth since 2008. The system is equipped with optical cameras. Its cameras and sensors were developed and built by the German Jena-Optronik company. The system is capable of taking pictures of the Earth's surface after a brief lead time, thus guaranteeing that its information products are highly up to date.

Sein Hauptbeitrag sind Daten der deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X. Diese Satelliten können zügig detaillierte Bilder aufnehmen, unabhängig von Wolken oder Tageslicht. Da in den Radaraufnahmen glatte Wasser- und raue Landflächen sehr gut voneinander zu unterscheiden sind, eignen sie sich besonders für die Kartierung großer Überflutungsgebiete. Daneben stellt das DLR auch optische Daten der RapidEye-Satelliten zur Verfügung. Diese sind im Besitz der Planet Labs Germany. Sie kamen beispielsweise bei dem Großbrand in der sibirischen Region Krasnojarsk im Mai 2017 oder nach dem Kumamoto-Erdbeben in Japan 2016 zum Einsatz.

Eine sinnvolle Anwendung optischer Satellitenbilder setzt allerdings voraus, dass das in den Blick zu nehmende Gebiet nicht unter einer Wolkendecke liegt. Bei jeder Aktivierung der Charter stellt sich die Aufgabe, aus den Daten der Satelliten Produkte herzustellen, die für die Planungsbehörden und Katastrophenhelfer vor Ort von Nutzen sind. Denn die Satellitendaten müssen zunächst analysiert werden. Im Idealfall sind die nationalen Behörden des betroffenen Landes selbst dazu in der Lage. Die Kombination verfügbarer digitaler Karten des Katastrophengebiets mit den neu aufgenommenen Satellitenbildern ist von größtem Wert für die Planung der Hilfseinsätze. Alternativ bieten sich auch Gegenüberstellungen von Satellitenbildern vor und nach der Katastrophe an, die das Ausmaß der Veränderungen zeigen.

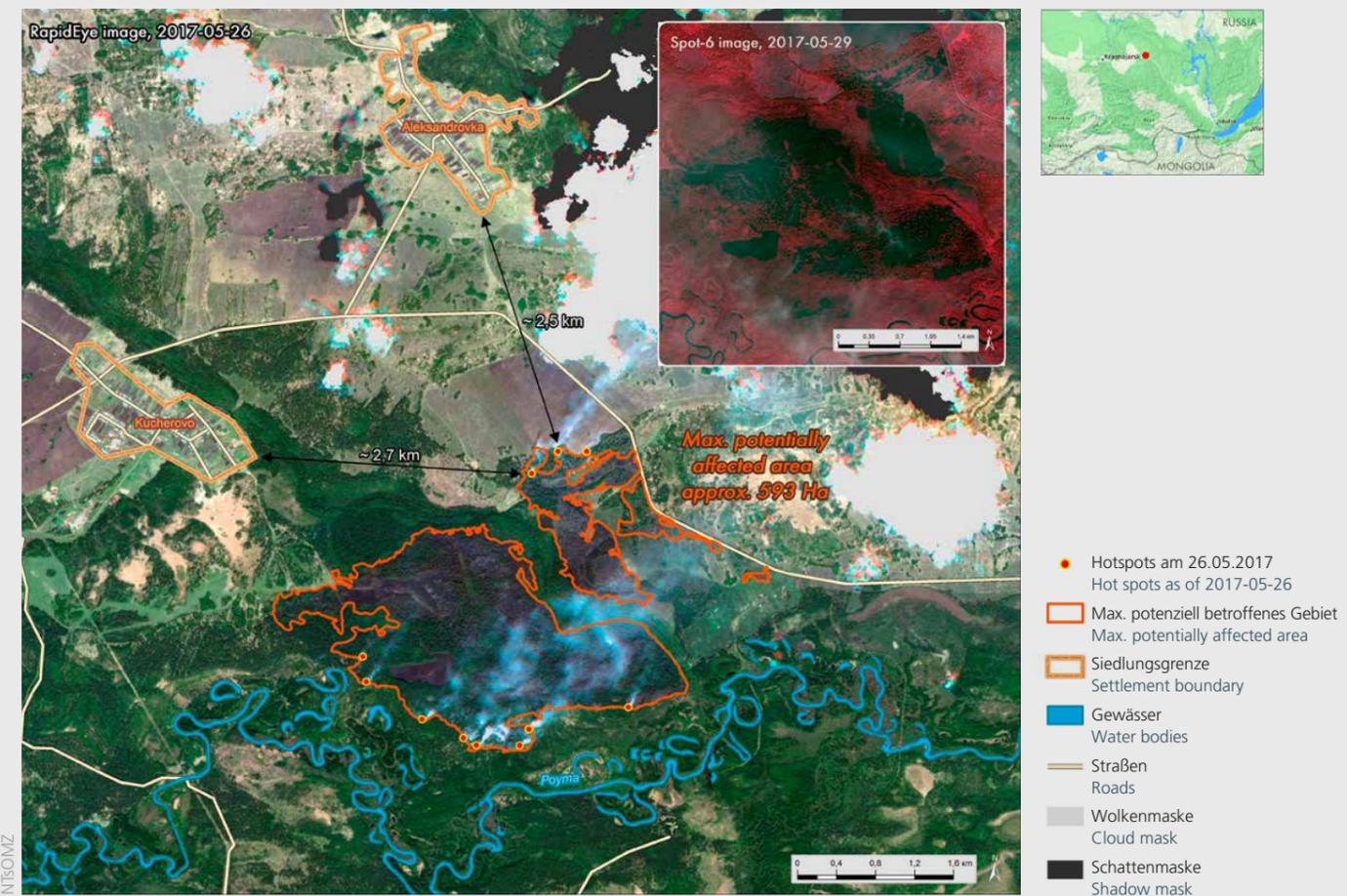
Die zahlreichen Aktivierungen aus allen Teilen der Welt dokumentieren den Wert der satellitengestützten Erdbeobachtung in Katastrophenfällen und die Bedeutung der internationalen Zusammenarbeit im Rahmen der Charter. Die beteiligten Raumfahrtagenturen haben sich mit ihrer Mitgliedschaft dazu bereit erklärt, ihre Satellitendaten kostenlos zur Verfügung zu stellen. Sie verfolgen damit das Ziel und die Verantwortung, die Hochtechnologie im Weltraum im Sinne der Menschlichkeit über politische Grenzen hinweg nutzbar zu machen.

analysed, a task which, in ideal circumstances, can be handled by the national authorities of the affected country themselves. Amalgamating available digital maps of the disaster area with newly generated satellite images is of great help in planning rescue missions. As an alternative, satellite images taken before and after the disaster can be compared to show the extent of any changes.

The numerous activations from all parts of the world document the value of satellite-based Earth observation in dealing with disasters as well as the importance of international collaboration under the Charter. By becoming members, the participating space agencies have declared their willingness to make their satellite data available free of charge. It is their intention and their responsibility to facilitate the use of space-based high technology across political borders in the service of humanity.

In der Region Krasnojarsk in Sibirien wüteten im Mai 2017 großflächige Brände. Die Karte wurde unter Verwendung von Bildern der RapidEye-Satelliten erstellt. Das eingekreiste Bild des französischen SPOT-Satelliten unterstreicht die internationale Kooperation.

In May 2017, extensive fires raged in the Siberian region of Krasnojarsk. The map was generated based on images from the RapidEye satellites. The inserted photo of the French SPOT satellite emphasizes the importance of international cooperation.



NISOMZ



Autoren: **Martin Schulz** (links) arbeitet als Redakteur für die COUNTDOWN. Diplom-Geograph **Jens Danzeglocke** arbeitet in der Abteilung Erdbeobachtung des DLR Raumfahrtmanagements und vertritt das DLR im „Executive Sekretariat“ der Internationalen Charter „Space and Major Disasters“.

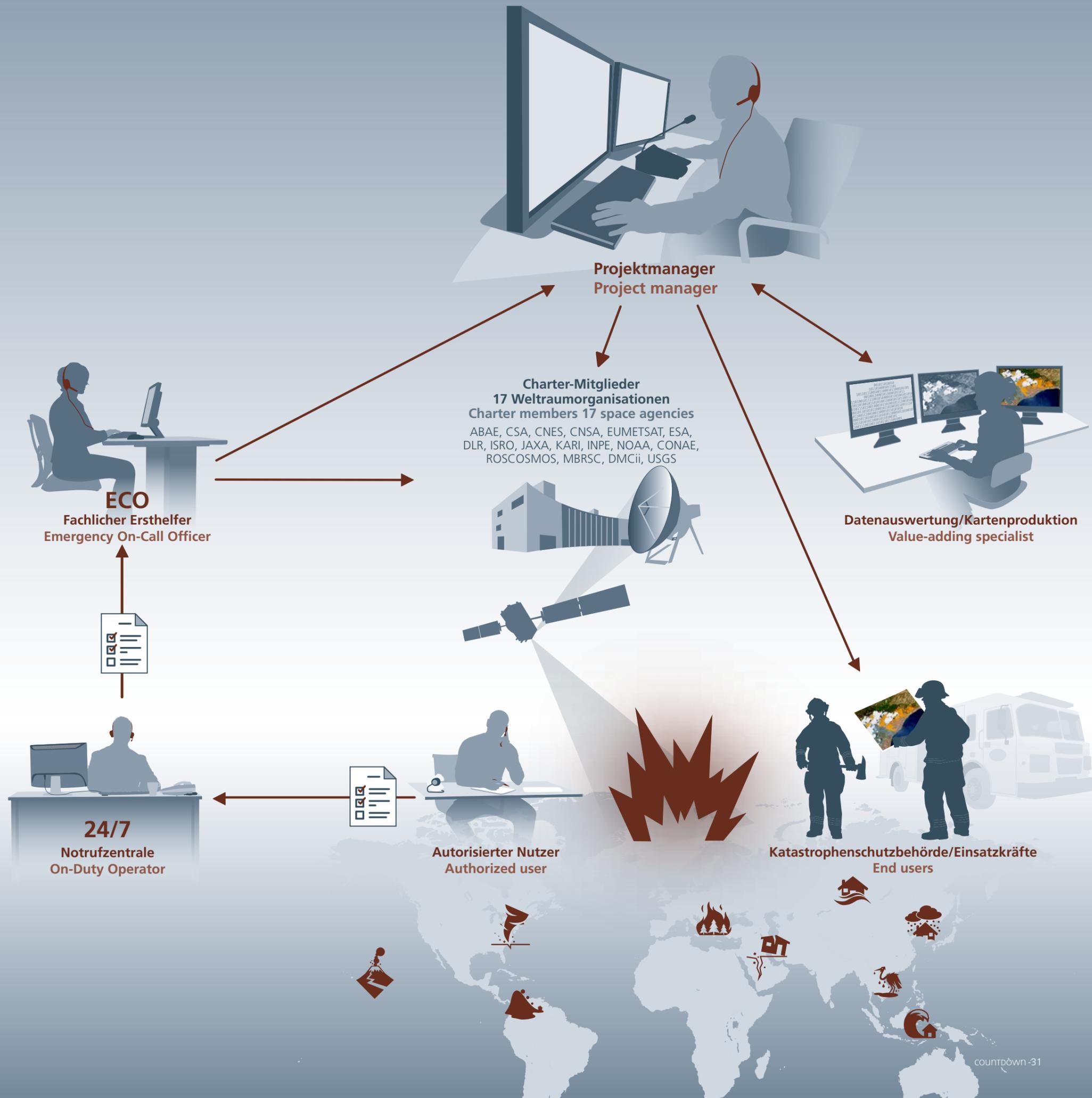
Authors: **Martin Schulz** (left) is a member of the COUNTDOWN editorial staff. Qualified geographer **Jens Danzeglocke** works in the Earth observation department at the DLR Space Administration and represents DLR on the Executive Secretariat of the International Charter 'Space and Major Disasters'.

Aktivierung des Satellitenverbundes

Jede Aktivierung der Charter beginnt damit, dass am Standort Frascati (Italien) der Europäischen Weltraumagentur (ESA) ein Notruf eingeht. Dort wird überprüft, ob es sich bei dem Hilfesuchenden um einen autorisierten Nutzer handelt und ob alle notwendigen Angaben vorliegen. Anschließend wird der „Emergency On-Call Officer“ (ECO) eingeschaltet. Dieser von den Charter-Mitgliedern im wöchentlichen Wechsel benannte fachliche Ersthelfer bestellt umgehend geeignete Satellitendaten bei den beteiligten Raumfahrtagenturen. Wenn der ECO seine Arbeit beendet, sind erst wenige Stunden nach dem Eingang des Notrufs vergangen. Anschließend wird das „Executive Sekretariat“ der Charter tätig. Hierbei handelt es sich um eine über den Globus verteilte Gruppe aus Mitarbeitern aller Charter-Organisationen. Dieses Sekretariat prüft, ob der jeweilige Notruf berechtigt und eine Aktivierung der Charter sinnvoll ist. Ist das der Fall, so wird ein Projektmanager bestimmt. Zu diesem Zeitpunkt wird auch auf der Charter-Website über die neue Aktivierung informiert. Der Projektmanager ist das Bindeglied zwischen Raumfahrtagenturen, welche die Daten bereitstellen, und den Hilfesuchenden mit ihren jeweiligen Bedürfnissen. Er stellt sicher, dass die Informationen den Nutzern so zur Verfügung gestellt werden, wie sie benötigt werden: Manche Katastrophenschutzbehörden können beispielsweise Satellitenbilder selbst analysieren, während andere nur fertige Karten verwenden können. Die Aufgabe des Projektmanagers endet im Normalfall nach rund zwei Wochen mit der Schließung der Charter-Aktivierung.

Activation of the satellite network

Every activation of the Charter begins with an emergency call being received at the Frascati facility of the European space organisation in Italy. There, a check is made to see whether the request for assistance comes from an authorised user, and whether all requisite data have been supplied. Next, the Emergency On-Call Officer (ECO) is informed. Appointed at weekly intervals by the members of the Charter, this 'first responder' orders suitable satellite data from the participating space agencies without delay. By the time the ECO has done his job, no more than a few hours have elapsed since the emergency call was received. Now, the Executive Secretariat of the Charter goes into action, a group of employees of all Charter organisations distributed around the globe. The Secretariat checks whether the emergency call in question is justified and whether activating the Charter makes sense. If so, a project manager will be appointed. At the same time, information about the recent activation will appear on the Charter's website. The project manager is the link between the space agencies which provide the data and those who seek assistance and their specific needs. He makes sure that information is provided to the users in the form in which it is needed, since there are some disaster protection authorities that are able to analyse satellite images themselves while others can only use completed maps. Normally, the duties of the project manager will end after about two weeks, when the Charter activation is closed.





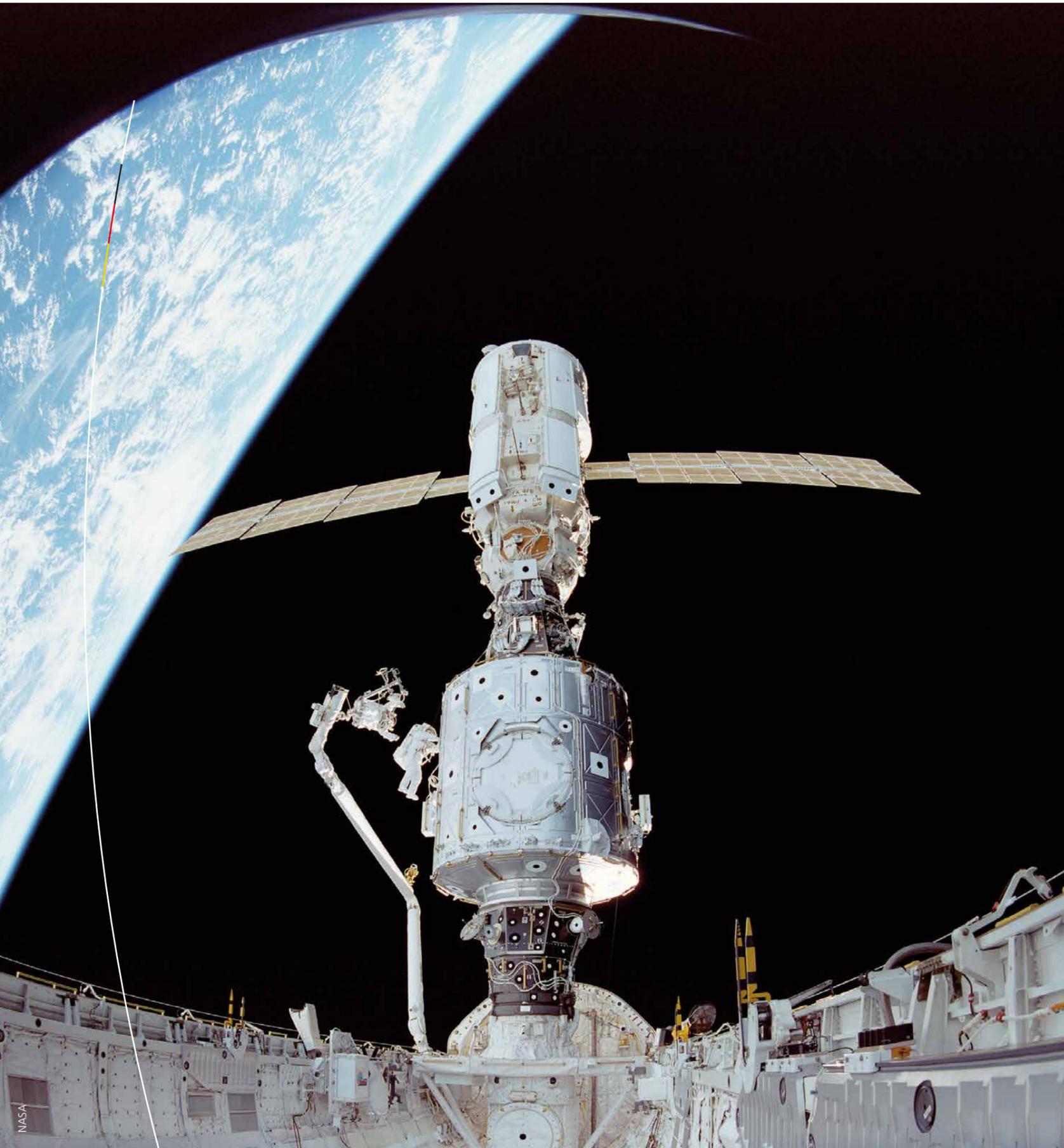
Die Rückkehr des Kapitäns

Kurz vor Weihnachten – am 20. Dezember 2018 um 06:02 Uhr morgens – ist der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst wohlauf zusammen mit seinen Crewmitgliedern Serena Auñón-Chancellor und Sergei Sergejewitsch Prokofjew mitten in der kasachischen Steppe gelandet. Damit endete seine sechsmontägige Mission horizons auf der Internationalen Raumstation ISS, wo er als erster deutscher und zweiter europäischer Kommandant überhaupt die Geschicke seiner Crew gelenkt hat. In dieser Zeit hatte er eine besondere Verantwortung und alle Hände voll zu tun – zum Beispiel, nachdem die Sojus-MS-10-Kapsel mit den beiden Crewmitgliedern Alexei Nikolajewitsch Owtshinin und Tyler Hague zur Erde zurückkehren musste. Trotz der Minimalbesetzung auf der ISS schaffte Alexander Gerst 40 der 41 deutschen Experimente und übernahm notwendige Wartungs- und Umbauarbeiten auf der ISS. Nach seiner Landung kehrte der 42-Jährige noch am selben Tag nach Deutschland zurück. Vom Flughafen Köln/Bonn ging es für einen medizinischen Check-up direkt zum :envihab des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln.

The return of the captain

Shortly before Christmas, on December 20, 2018 at 6:02 h in the morning, Germany's ESA astronaut Alexander Gerst landed in good health and high spirits in the middle of the Kazakhian grassland together with two other crew members, Serena Auñón-Chancellor and Sergey Sergeevich Prokofyev. Thus ended his horizons mission on the International Space Station, where he had led the crew as the first German and second European commander ever. During that time, he bore a great deal of responsibility and had his hands full when, for example, the Soyuz MS 10 capsule carrying two new crew members, Alexey Nikolayevich Owtchinin and Tyler Hague, had to return to Earth. Despite the fact that the ISS was now in the minimal setting, Alexander Gerst managed to finish 40 of 41 German experiments as well as many important ISS repair and maintenance operations on his mission schedule – a great achievement. Once returned, the 42 year-old commander came back home on the same day. From Cologne/Bonn airport he was driven directly afterwards to :envihab of the DLR-Institute of Aerospace Medicine in Cologne. There he was given a thorough medical check-up.

Ingalls/NASA



DIE ISS WIRD 20

Die „komplexeste Maschine der Welt“ feiert Geburtstag

Von COUNTDOWN-Redakteur Martin Schulz und ISS-Fachgruppenleiter Volker Schmid

Die Internationale Raumstation ISS umkreist seit 20 Jahren den Blauen Planeten. Als Geburtsstunde gilt der 20. November 1998, als eine russische Proton-Rakete vom Kosmodrom in Baikonur abhob und mit dem Sarja-Modul das erste Element in die Erdumlaufbahn brachte. 16 Tage später, am 6. Dezember 1998, verband die Besatzung des Space Shuttles Endeavour das russische Sarja- mit dem US-amerikanischen Unity-Modul. Alexander Gerst, deutscher Astronaut der europäischen Weltraumorganisation ESA und zeitweiliger Kommandant der ISS, hat die fliegende Forschungsstation die „komplexeste Maschine, die die Menschheit jemals gebaut hat“ genannt. Warum unwahrscheinlich? Weil sich einst rivalisierende Mächte zusammengetan haben, um gemeinsam dieses technisch hoch anspruchsvolle Bauwerk zu errichten? Oder weil die weit verzweigte Station vor Ort zusammengebaut wurde, in etwa 350 Kilometer Höhe? Erst 2010 galt die Bauphase als offiziell abgeschlossen. Die mit russischen Trägerraketen oder dem amerikanischen Space Shuttle transportierten Bauteile haben die ISS in 32 Ausbaustufen zu ihrer heutigen Größe anwachsen lassen. 42 Flüge waren notwendig, um die Module und großen Komponenten in die Umlaufbahn zu transportieren. Deutschland ist mit etwa 37 Prozent am Betrieb und mit rund 45 Prozent an der Wissenschaft auf der ISS beteiligt und damit der wichtigste ISS-Partner in Europa. Das DLR Raumfahrtmanagement in Bonn koordiniert und managt diese Beiträge an die ESA. Das DLR war und ist auch als Forschungszentrum an zahlreichen Experimenten auf der Raumstation beteiligt. Denn die ISS ist seit 20 Jahren auch eine ideale Testumgebung für neue Technologien und ein einzigartiges Labor für Experimente, die in keiner wissenschaftlichen Einrichtung auf der Erde durchgeführt werden können.

THE ISS TURNS 20

The 'most complex machine of the world' celebrates its birthday

By COUNTDOWN editor Martin Schulz and ISS division head Volker Schmid

The International Space Station has been circling around the Blue Planet for 20 years. Its nominal hour of birth is on November 20, 1998, when a Russian Proton rocket took off from the Baikonur cosmodrome and ferried the station's first element into its orbit. 16 days later, on December 6, 1998, the crew of the Endeavour space shuttle connected the Russian Zarya to the American Unity module. Alexander Gerst, German astronaut of the European Space Agency and, for a time, commander of the ISS, has called the flying research station 'the most complex machine ever built by mankind'. Why unlikely? Because powers that once were rivals joined forces to build this highly sophisticated technical structure together? Or because the sprawling station was assembled in situ, about 350 kilometres up? The construction phase was officially declared closed only in 2010. The components that were transported by Russian launchers or American space shuttles enabled the ISS to grow to its present size in 32 stages. 42 flights were needed to carry modules and large components into orbit. Holding a share of about 37 per cent in the operation of the ISS and around 45 per cent in its science, Germany is the most important ISS partner in Europe. Its contributions to ESA are coordinated and managed by the German Space Administration operated by DLR in Bonn. Moreover, DLR as a research centre was and still is involved in numerous experiments run on the space station. For 20 years, the ISS has provided an ideal environment for testing new technologies and a unique laboratory for experiments that cannot be run by any research facility on Earth.

6. Dezember 1998: Die Besatzung der Space-Shuttle-Mission STS-88 fügt den Unity-Verbindungsknoten und das russische Sarja-Modul zusammen

December 6, 1998: The crew of space shuttle mission STS-88 joining the Unity connecting node to the Russian Zarya module



NASA

Juni 1999: Ein Besatzungsmitglied der STS-96-Mission macht nach dem Abdocken des Space Shuttles Discovery mit einer Digitalkamera diese Aufnahme der Raumstation

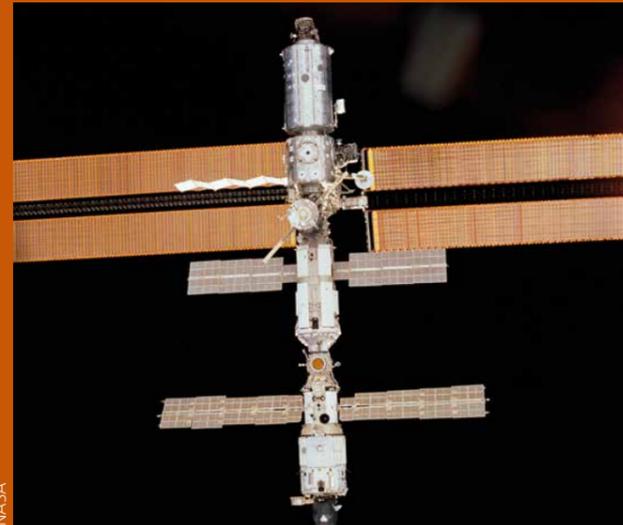
June 1999: Shortly after the undocking of the Discovery space shuttle, a crew member of the STS-96 mission took this picture of the space station with a digital camera.



NASA

September 2000: Neu hinzugekommen ist in der Zwischenzeit das Wohn- und Navigationsmodul Swesda. Die siebenköpfige Besatzung des Space Shuttles Atlantis bereitet die Raumstation auf die Ankunft von „Expedition 1“, der ersten Langzeitbesatzung, vor.

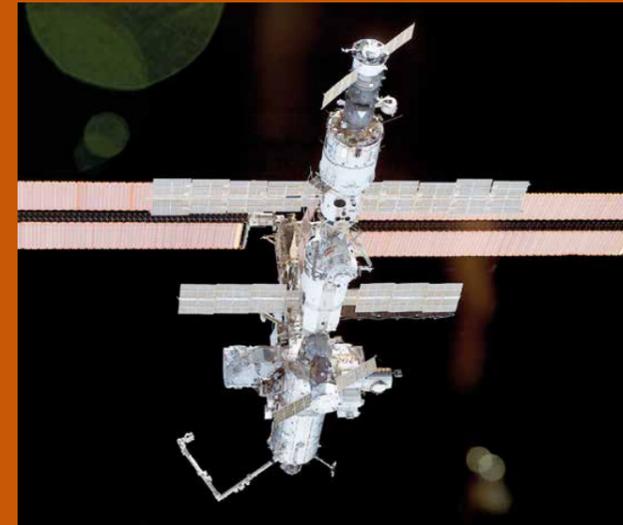
September 2000: Meanwhile, the Zvezda residential and navigation module has been added to the station. The seven-member crew of the Atlantis space shuttle prepares the space station for the arrival of 'Expedition 1', the first long-term crew.



NASA

März 2001: Shuttle-Flug STS-102 bringt „Expedition 1“ zurück zur Erde. Nach dem Abdocken hat ein Besatzungsmitglied dieses Foto aufgenommen. Es zeigt auch das im Februar angebaute Destiny-Labor (oben).

March 2001: Shuttle flight STS-102 carries 'Expedition 1' back to Earth. This photo was taken by a crew member after undocking. It also shows the Destiny laboratory (top) which was added in February.



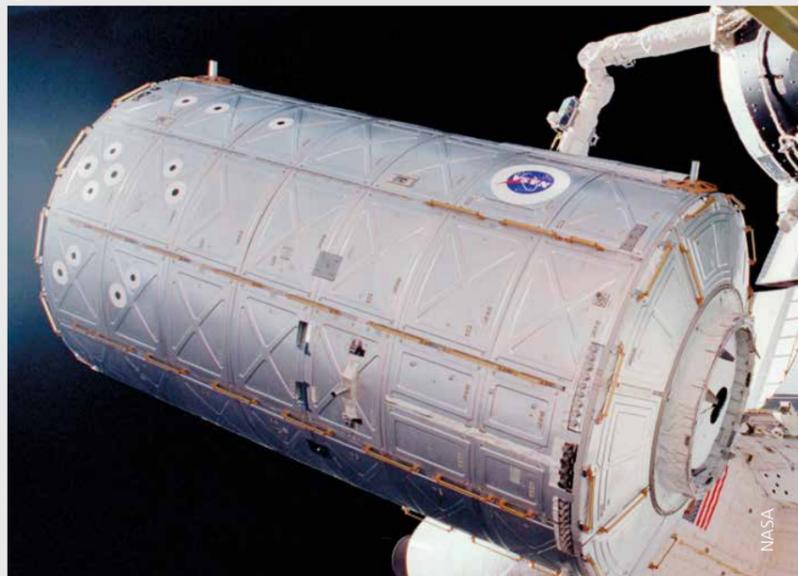
NASA

April 2002: Mit dem Shuttle-Flug STS-110 erreicht das erste Segment der zentralen Gitterstruktur, das Starboard Zero Truss (S0), die Raumstation. Die Besatzung hat für seine Montage vier Weltraumausstiege unternommen. Das Foto ist nach dem Abdocken entstanden.

April 2002: The first segment of the central grid structure, the Starboard Zero Truss (S0), reaches the space station on shuttle flight STS-110. The crew undertook four spacewalks to install it. The photo was taken after undocking.



1



2



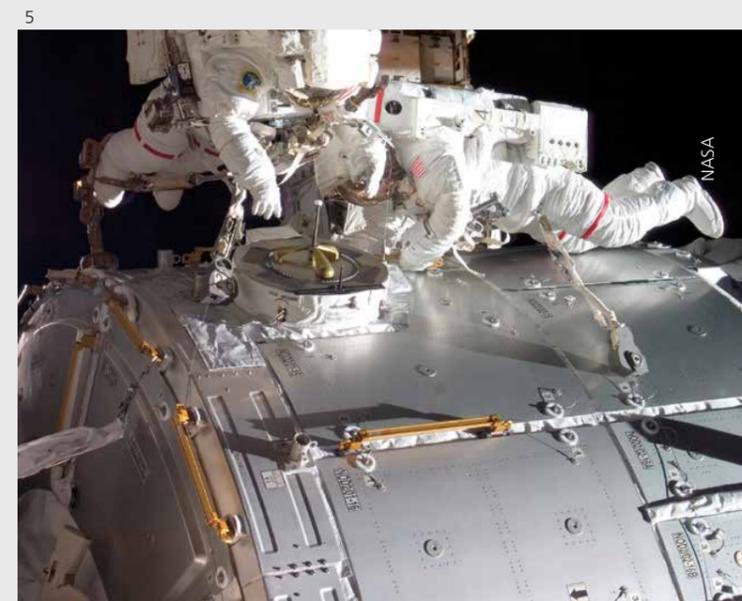
3



4

(3): Das russische Kopplungs- und Ausstiegsmodul Pirs. (4): Astronaut Michael E. Lopez-Alegria, Mitglied der Mission STS-113, arbeitet an der neuen Port-One-Gitterstruktur. (5): Daniel Tani und Scott Parazynski haben am 28. Oktober 2007 an dem Harmony-Verbindungsknoten alle Hände voll zu tun.

(3): The Russian coupling and exit module Pirs. (4): Astronaut Michael E. Lopez-Alegria, member of mission STS-113, working on the new port-one grid structure. (5): Daniel Tani and Scott Parazynski having their hands full working on the Harmony connecting node on October 28, 2007.



5



NASA

August 2005: Die Space-Shuttle-Mission STS-114 steht unter dem Motto „Return to Flight“. Es ist der erste Flug eines Space Shuttles nach dem Columbia-Unfall. Beim Rückflug ist dieses Foto entstanden. Zwischen 2003 und 2005 musste der Ausbau der ISS ruhen.

August 2005: The motto of the STS-114 shuttle mission was 'Return to Flight'. It was the first flight of a space shuttle after the Columbia accident. This photo was taken on the return flight. The completion of the ISS had to be suspended from 2003 to 2005.



NASA

Juli 2006: Diese Aufnahme ist aus dem Space Shuttle Discovery während der STS-121-Mission entstanden. Sie hat Ausrüstung, Güter und Experimente zur Raumstation gebracht. Mit dem Deutschen Thomas Reiter erreicht der erste ESA-Astronaut die ISS.

July 2006: This picture was taken from the Discovery space shuttle during the STS-121 flight, on which equipment, goods, and experiments were brought to the space station. The first ESA astronaut to reach the ISS was the German 'space traveller' Thomas Reiter.



NASA

Juni 2007: Die ISS ist weiter gewachsen. Zu sehen ist die neue Gitterstruktur S3/S4. Das Bauteil besteht aus der Gitterstruktur S3 und dem Solarzellenträger S4.

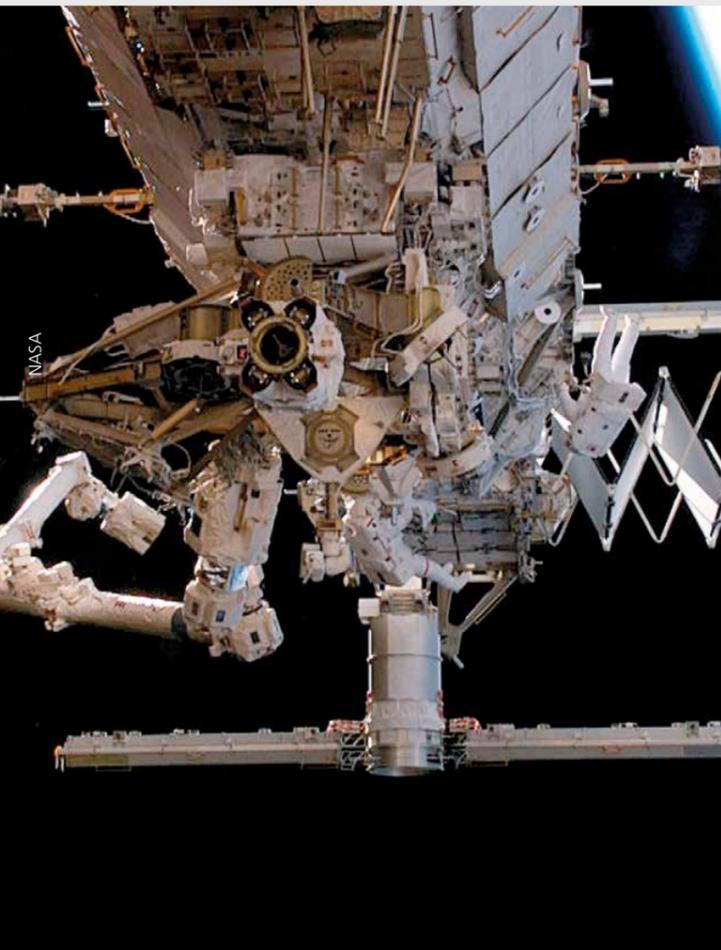
June 2007: The ISS has grown bigger. The picture shows the new S3/S4 truss structure. The component consists of the S3 truss and the S4 solar array wing.



NASA

Februar 2008: Gut zu erkennen ist das europäische Weltraumlabor Columbus, das während der Shuttle-Mission STS-122 an die ISS angebaut worden ist.

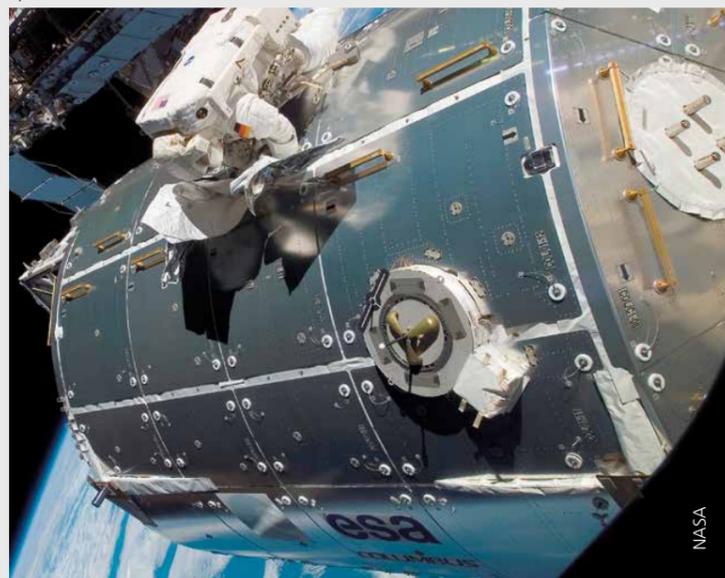
February 2008: The picture clearly shows the European space laboratory Columbus that was added to the ISS during the STS-122 shuttle mission.



6

(6): Die Gitterstruktur S3 und der Solarzellenträger S4 während des Aufbaus im Juni 2007. In der Mitte ist das SARJ-Gelenk (Solar Alpha Rotary Joint) des Solarzellenflügels zu sehen. (7): Der deutsche ESA-Astronaut Hans Schlegel hat am 13. Februar 2008 bei einem Außen-einsatz am frisch installierten europäischen Columbus-Labor zu tun.

(6): The S3 truss and the S4 solar array wing during their deployment in June 2007. The solar alpha rotary joint (SARJ) of the solar panel appears at the centre. (7): The German ESA astronaut Hans Schlegel working on the recently installed European Columbus laboratory during an EVA on February 13, 2008.



7

NASA



8

NASA



9

NASA



10

NASA

(8): NASA-Astronaut Randy Bresnik bringt am 21. November 2009 am Columbus-Labor eine Antenne an. (9): Das japanische Weltraumlabor Kibo. (10): Der Tranquility-Verbindungsknoten am 11. Februar 2010 bei seiner Entladung aus dem Space Shuttle Endeavour.

(8): NASA astronaut Randy Bresnik attaching an antenna to the Columbus laboratory on November 21, 2009. (9): The Japanese space laboratory Kibo. (10): The Tranquility connecting node being unloaded from the Endeavour space shuttle on February 11, 2010.



NASA

September 2009: Die Besatzung von STS-128 hat dieses Foto nach dem Abdocken gemacht. Das neue japanische Kibo-Labormodul mit der Experiment- und Logistikplattform und die neue S6-Gitterstruktur mit Solarzellenträger, die im März hinzugekommen ist, sind gut zu erkennen.

September 2009: This photo was taken by the crew of STS-128 after undocking. It clearly shows the new Japanese KIBO laboratory module with its experiment and logistics platform as well as the new S6 truss structure and solar array wing added in March.



NASA

Februar 2010: Neue Bestandteile der ISS sind der Verbindungsknoten Tranquility und die in Europa gefertigte Aussichtsplattform Cupola. Der Shuttle-Flug STS-130, bei dem diese Aufnahme entstanden ist, hat sie zur Raumstation gebracht.

February 2010: Elements recently added to the ISS include the Tranquility connecting node and the Cupola viewing platform that was built in Europe. Both were brought to the space station on shuttle flight STS-130, during which this picture was taken.



NASA

März 2011: Die Mission STS-133 bringt die vierte externe Logistikplattform (ELC4) und das Mehrzwecklogistikmodul Leonardo zur ISS. Leonardo wird ab jetzt an der Raumstation bleiben. Goldgelb strahlt der gut zu erkennende japanische HTV-Raumfrachter.

March 2011: Mission STS-133 brings the fourth external logistics platform (ELC4) and the multi-purpose logistics module Leonardo to the ISS. Leonardo is to remain permanently attached to the space station. Shining golden yellow, the Japanese HTV space freighter is in full view.

42

Ausbaufüge | expansion flight

32

Ausbaustufen | expansion stages

12



NASA

(11): Die Cupola-Beobachtungskuppel am 17. Februar 2010, wenige Tage nach ihrem Anbau am Verbindungsknoten Tranquility. (12): Das russische Fracht- und Kopplungsmodul MRM-1 während seines Anbaus. Das auch Rassvet genannte Modul verfügt über einen Kopplungsadapter für russische Raumschiffe.

(11): The Cupola observation dome on February 17, 2010, a few days after it was attached to the Tranquility connecting node. (12): The Russian freight and coupling module MRM-1 during installation. Also known as Rassvet, the module is equipped with a docking adapter for Russian spacecraft.

11



NASA

13



NASA

15

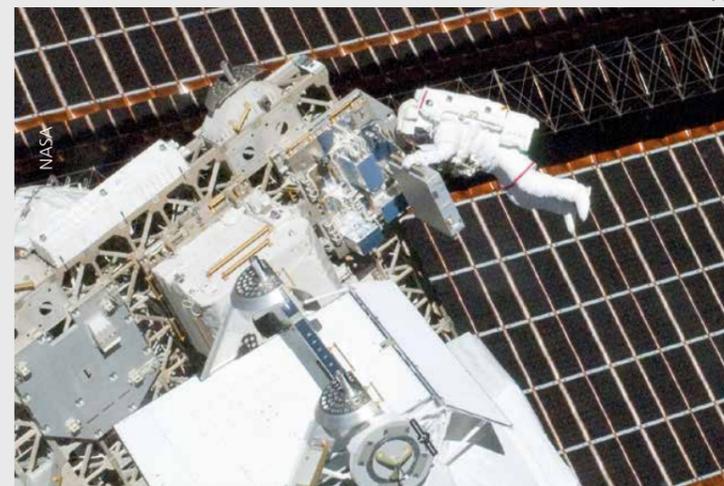


NASA

(13): Teile der Internationalen Raumstation und das angedockte Space Shuttle Endeavour am 27. Mai 2011. (14): Installation des AMS-02-Spektrometers am Truss-S3-Element. (15): Das aufblasbare BEAM-Modul ist seit April 2016 Teil der ISS.

(13): Partial view of the International Space Station and the docked space shuttle Endeavour on May 27, 2011. (14): Installation of the AMS-02 spectrometer on the S3 truss element. (15): The inflatable BEAM module has been part of the ISS since April 2016.

14



NASA



Roskosmos/NASA

Oktober 2018: Die Internationale Raumstation, fotografiert von einem Besatzungsmitglied der Expedition 56 aus einem Sojus-Raumerschiff auf dem Rückweg zur Erde am 4. Oktober. Nach dem Andocken von Sojus MS-08 hat der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst als erster Deutscher das Kommando übernommen.

October 2018: The International Space Station, photographed by a crew member of Expedition 56 from a Soyuz space capsule on the way back to Earth on October 4. After Soyuz MS-08 had undocked, Alexander Gerst took over as commander of the ISS as the first German astronaut.

Raumfahrzeuge zur ISS in 20 Jahren | Space vehicles to the ISS in 20 years



Sojus
 seit | since 2000
 55 Starts | launches
 3 Kosmonauten | cosmonauts
 0,05 t Fracht | payload



Space Shuttle
 2001–2011
 37 Starts | launches
 8 Astronauten | astronauts
 16,4 t Fracht | payload



Progress
 seit | since 2000
 70 Starts | launches
 2,3 t Fracht | payload



ATV
 2008–2015
 5 Starts | launches
 7,7 t Fracht | payload



HTV
 seit | since 2009
 7 Starts | launches
 6,5 t Fracht | payload



Dragon
 seit | since 2012
 15 Starts | launches
 6,0 t Fracht | payload



Cygnus
 seit | since 2013
 10 Starts | launches
 3,5 t Fracht | payload

Lorem don

212

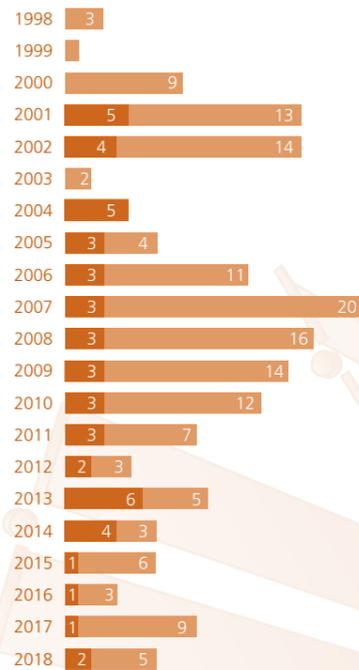
Außenbordeinsätze an der International Space Station in 20 Jahren Spacewalks at the International Space Station in 20 years



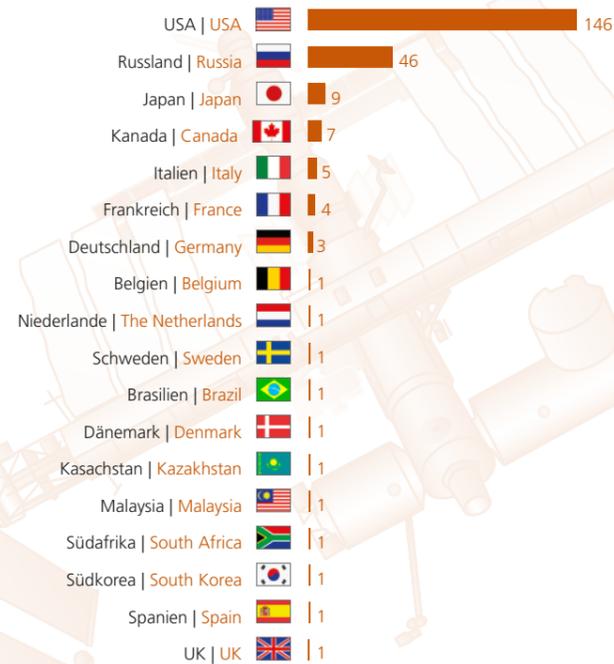
160
 Außenbordeinsätze
 in U.S.-Anzügen
 Spacewalks
 in U.S. spacesuits



52
 Außenbordeinsätze
 in russischen Anzügen
 Spacewalks
 in Russian spacesuits

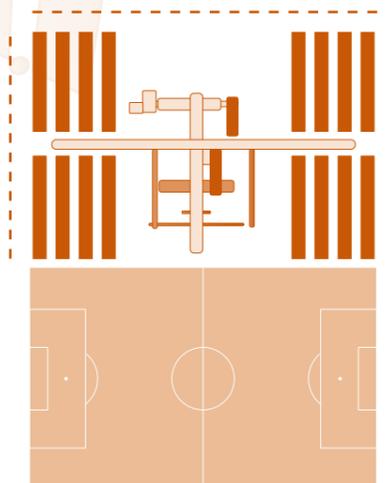


Die Bewohner der ISS in 20 Jahren Inhabitants of the ISS in 20 years

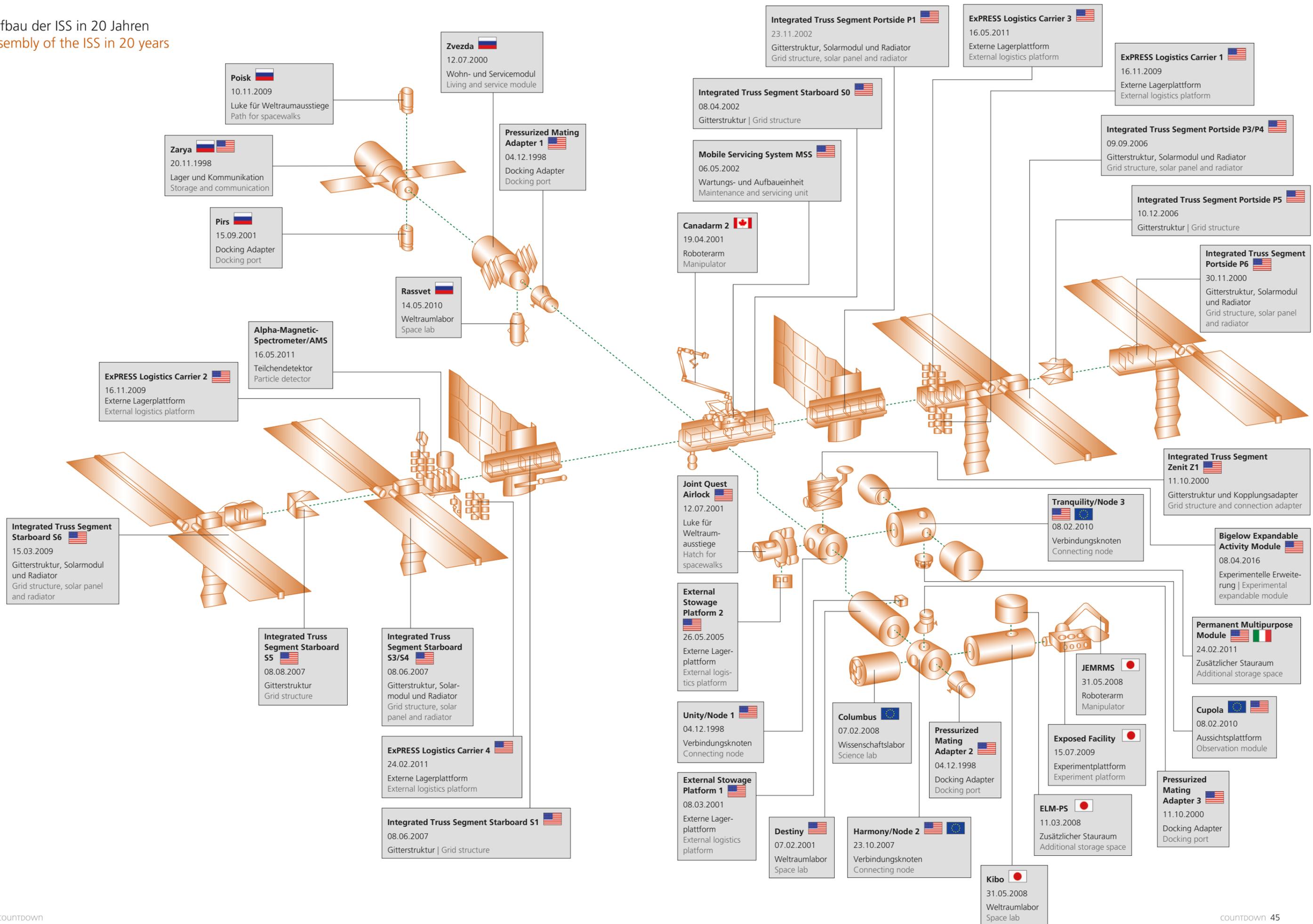


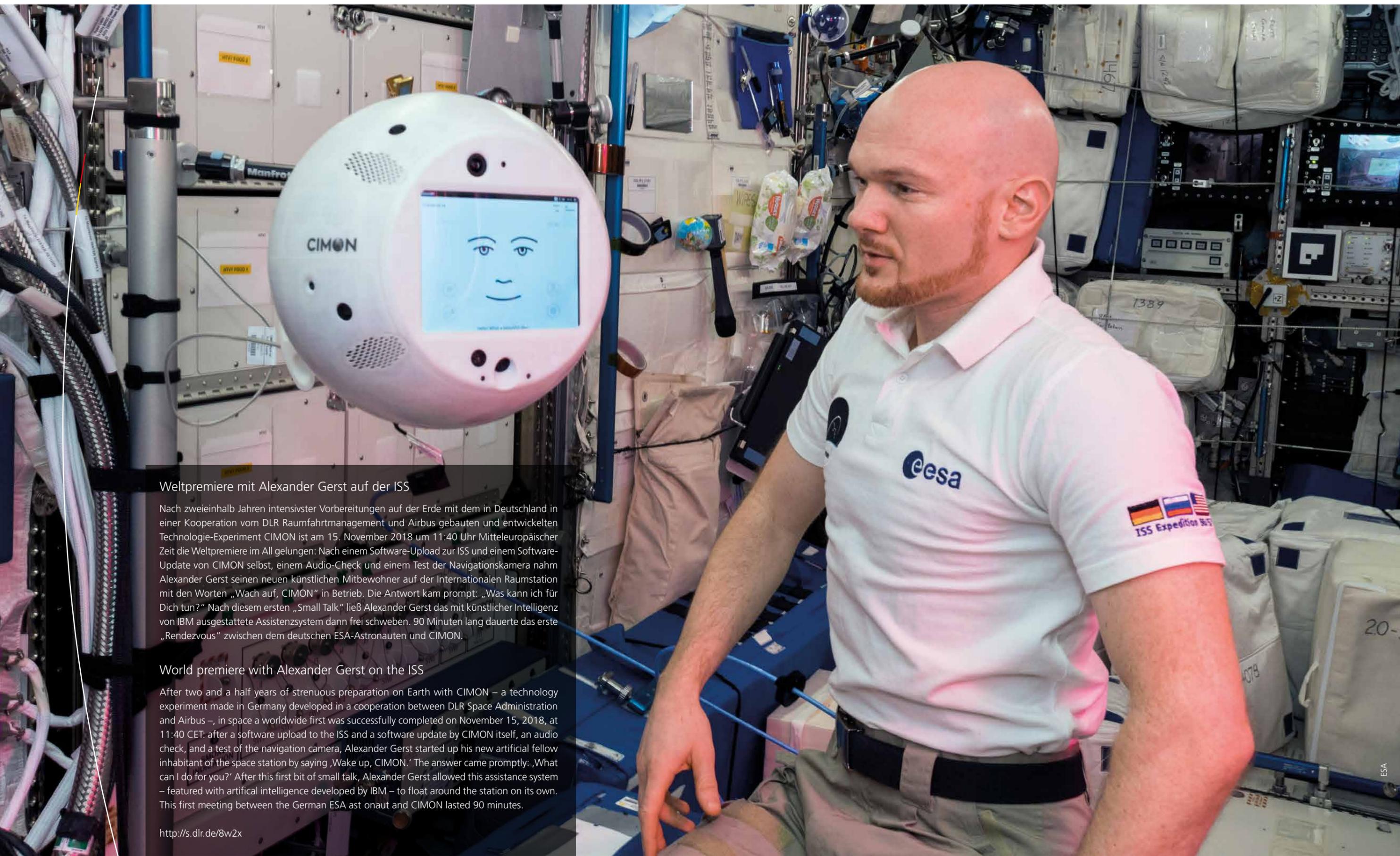
110 m

88 m



Aufbau der ISS in 20 Jahren
 Assembly of the ISS in 20 years





Weltpremiere mit Alexander Gerst auf der ISS

Nach zweieinhalb Jahren intensivster Vorbereitungen auf der Erde mit dem in Deutschland in einer Kooperation vom DLR Raumfahrtmanagement und Airbus gebauten und entwickelten Technologie-Experiment CIMON ist am 15. November 2018 um 11:40 Uhr Mitteleuropäischer Zeit die Weltpremiere im All gelungen: Nach einem Software-Upload zur ISS und einem Software-Update von CIMON selbst, einem Audio-Check und einem Test der Navigationskamera nahm Alexander Gerst seinen neuen künstlichen Mitbewohner auf der Internationalen Raumstation mit den Worten „Wach auf, CIMON“ in Betrieb. Die Antwort kam prompt: „Was kann ich für Dich tun?“ Nach diesem ersten „Small Talk“ ließ Alexander Gerst das mit Künstlicher Intelligenz von IBM ausgestattete Assistenzsystem dann frei schweben. 90 Minuten lang dauerte das erste „Rendezvous“ zwischen dem deutschen ESA-Astronauten und CIMON.

World premiere with Alexander Gerst on the ISS

After two and a half years of strenuous preparation on Earth with CIMON – a technology experiment made in Germany developed in a cooperation between DLR Space Administration and Airbus –, in space a worldwide first was successfully completed on November 15, 2018, at 11:40 CET: after a software upload to the ISS and a software update by CIMON itself, an audio check, and a test of the navigation camera, Alexander Gerst started up his new artificial fellow inhabitant of the space station by saying ‚Wake up, CIMON.‘ The answer came promptly: ‚What can I do for you?‘ After this first bit of small talk, Alexander Gerst allowed this assistance system – featured with artificial intelligence developed by IBM – to float around the station on its own. This first meeting between the German ESA astronaut and CIMON lasted 90 minutes.

<http://s.dlr.de/8w2x>



VEREINT IM WELTRAUM

Die UN setzen sich für eine nachhaltige Raumfahrt im Sinne der Weltgemeinschaft ein
Von Silke Hüttemann und Maximilian Betmann

Krisen auf der Krim, in Korea, in Syrien, im Sudan oder in Mali, Ebola in Afrika oder Flüchtlingsströme auf dem Mittelmeer – all das sind nur eine Handvoll Beispiele, zu denen sich die Vereinten Nationen (UN) zusammengefunden haben, um gemeinsam Entscheidungen im Sinne der Weltgemeinschaft zu treffen. Doch was hat die UN mit Raumfahrt zu tun? Eine ganze Menge. Denn auch der Weltraum ist ein wichtiger Ort, an dem internationale Spielregeln gelten sollten, an die sich die gesamte Weltgemeinschaft hält. Daher wurden im Rahmen der UN Übereinkommen getroffen, die seit dem Inkrafttreten des Weltraumvertrags im Jahr 1967 bis heute das Kernstück des internationalen Weltraumrechts bilden. Diese Regeln bilden ein wesentliches Fundament, bedürfen jedoch angesichts der sich wandelnden Art und Weise, wie Raumfahrt betrieben wird, einer Erweiterung und ergänzender Maßnahmen. Die Erarbeitung erfolgt innerhalb der Vereinten Nationen durch den Weltraumausschuss (Committee on the Peaceful Uses of Outer Space – COPUOS) und das Büro für Weltraumfragen (United Nations Office for Outer Space Affairs – UNOOSA). So hat der Ausschuss in jüngster Zeit weitere Richtlinien – zum Beispiel zum Umgang mit Weltraumschrott – und Regeln erarbeitet, die die gemeinsamen Raumfahrtaktivitäten im Sinne einer nachhaltigen Nutzung des Weltraums ausrichten sollen. Mit der UNISPACE+50 und der Space2030-Agenda wollen die Vereinten Nationen den Nachhaltigkeitsgedanken nun weiter vertiefen. Wie solche Regelwerke innerhalb der UN entstehen und wie die beiden Gremien arbeiten, erfahren Sie im folgenden Artikel der COUNTDOWN.

UNITED IN SPACE

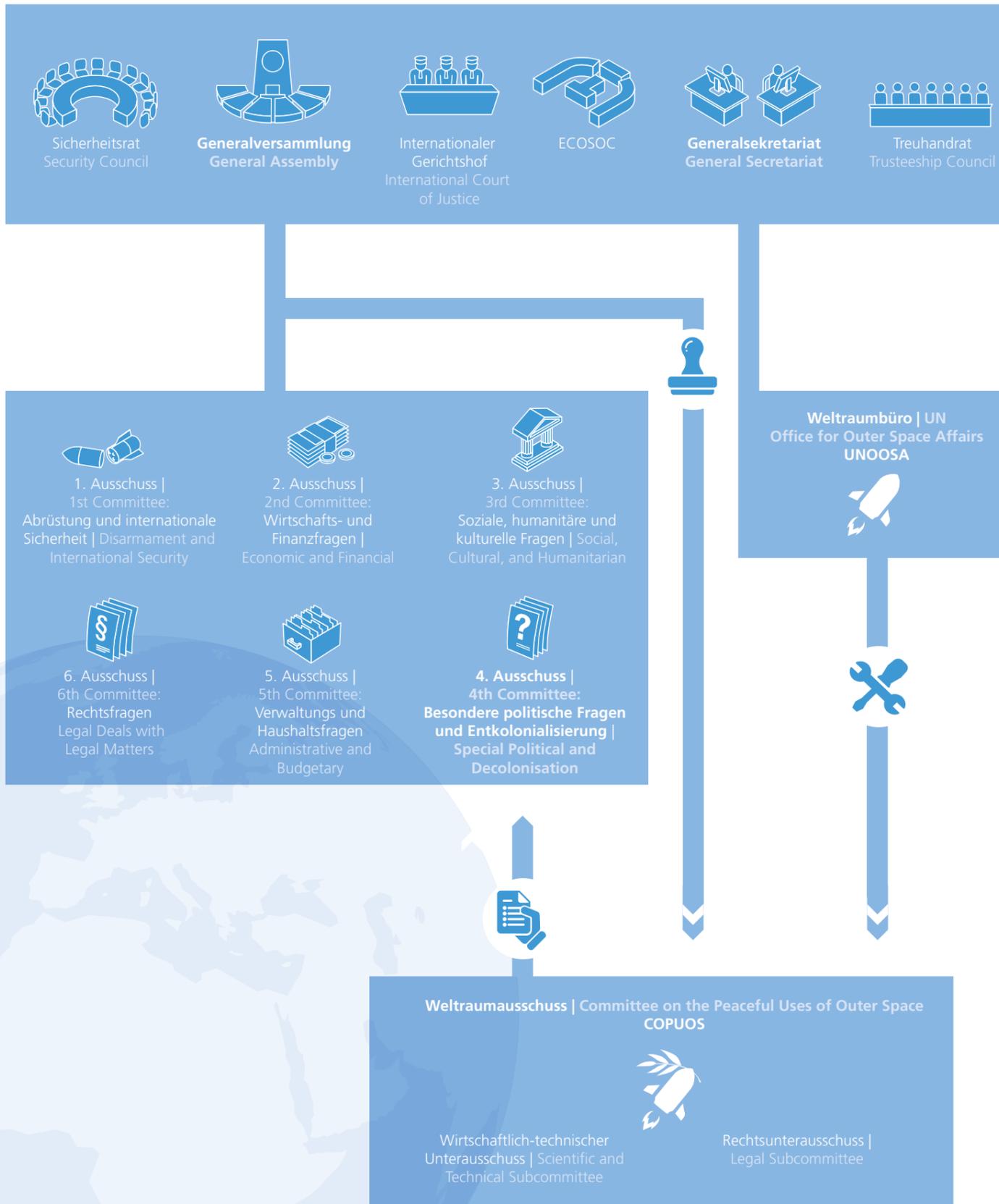
UN promotes sustainable space activities to benefit the international community

By Silke Hüttemann and Maximilian Betmann

Crisis in Crimea, Korea, Syria, Sudan or in Mali, Ebola outbreaks in Africa, refugees crossing the Mediterranean – these are just a handful of examples on which the United Nations (UN) is endeavouring to take joint decisions in the interest of the international community. But what does the UN have to do with space? A lot. Because outer space is an important place where the entire international community should be playing by the same set of international rules. This is why a series of treaties were adopted that have remained in place to this very day, and which have formed the bedrock of international space law ever since the Outer Space Treaty entered into force in 1967. These are the fundamental ground rules, but in view of the changes in the way in which space activities are conducted there is now a need for supplementary measures. At the UN, developing these additional rules falls within the remit of the UN Committee on the Peaceful Use of Outer Space (COPUOS) and the United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA). The Committee has recently developed a set of new guidelines relating to space debris, and rules to gear joint space activities towards a more sustainable use of outer space. Within 'UNISPACE+50' and the 'Space 2030' agenda, the United Nations is now intensifying its sustainability efforts. The following COUNTDOWN article sets out how these regulations are being created and how the two UN bodies operate.

Die Vereinten Nationen kümmern sich nicht nur um weltliche Belange: Mit dem Mondvertrag wurde 1979 der letzte von fünf großen Weltraumverträgen zur Unterzeichnung geöffnet.

The United Nations does not only deal with matters of this world. The Moon Agreement was the last in a series of five major outer space treaties. It was opened for signature in 1979.



Start in das Raumfahrtzeitalter – Gründung des COPUOS

Mit dem Start von Sputnik-1 begann am 4. Oktober 1957 das Raumfahrtzeitalter. Schnell wurde den politischen Akteuren bewusst, dass hier internationale Abstimmung nötig ist, um den Weltraum nicht zu einer weiteren Bühne des Kalten Krieges werden zu lassen. Aus diesem Grund wurde bereits im Dezember 1958 von der Generalversammlung der Vereinten Nationen (UN) der Ausschuss für die friedliche Nutzung des Weltraums geschaffen – die Geburtsstunde des COPUOS (Committee on the Peaceful Uses of Outer Space) als Nebenorgan der UN. Die Generalversammlung gab diesem Gremium zwei Aufgaben: Zum einen sollte es Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit in der Raumfahrtforschung finden und zum anderen rechtliche Herausforderungen studieren, die bei der Erforschung des Weltraums auftauchen könnten. Diese beiden Aufgaben wurden auf zwei Unterausschüsse verteilt, den wissenschaftlich-technischen Unterausschuss (Scientific and Technical Subcommittee – STSC) und den Rechtsunterausschuss (Legal Subcommittee – LSC), die – wie auch der Hauptausschuss – jährlich tagen. Zu Beginn waren lediglich 18 Länder im Ausschuss vertreten. Seitdem ist dieses UN-Weltraumgremium stark gewachsen. Mittlerweile sitzen 92 Staaten und zahlreiche Beobachterorganisationen im COPUOS, womit er der zunehmenden Vielfalt in der Raumfahrt gerecht wird. Entscheidungen werden im Konsens getroffen, damit kein einzelnes Mitglied übergangen werden kann.

Dawn of the space age – the foundation of COPUOS

The launch of Sputnik-1 on October 4, 1957, marked the beginning of the space age. Political leaders soon realised that space activities required a certain amount of international coordination if one wanted to protect space from becoming yet another arena of Cold War rivalry. This was why, as early as 1958, the United Nations (UN) General Assembly established a committee to ensure that use of space remained peaceful. It was the birth hour of COPUOS, the Committee on the Peaceful Use of Outer Space, a subsidiary organ of the UN. The General Assembly assigned the committee with two tasks. Firstly, it was to explore the possibilities of international collaboration in space research, and secondly to study the legal challenges that might emerge around the exploration of space. The two assignments were to be handled by two subcommittees, i.e. the Scientific and Technical Subcommittee (STSC) and the Legal Subcommittee (LSC), with the two of them meeting annually, like the main committee. Initially, only 18 countries were represented, but the COPUOS has since grown substantially. Meanwhile the committee has 92 member states and numerous organisations with observer status, reflecting the space

Wie arbeiten die Vereinten Nationen in Bezug auf Weltraumangelegenheiten? Zwei Einheiten innerhalb der UN sind für diese Belange zuständig: der Weltraumausschuss (COPUOS) unter dem vierten Ausschuss der Generalversammlung und das Weltraumbüro (UNOOSA) im Generalsekretariat der Vereinten Nationen.

How does the UN work in outer space affairs? Two entities are in charge of space: the Committee on the Peaceful Use of Outer Space (COPUOS) which reports to the Fourth Committee of the General Assembly, and the Office for Outer Space Affairs (UNOOSA) located at the UN Secretariat.

COUNTDOWN-Interview mit Simonetta Di Pippo, Leiterin des UN-Büros für Weltraumangelegenheiten (UNOOSA)

Frau Di Pippo, was waren bei Ihrer bisherigen Arbeit als Leiterin des UNOOSA Ihre Schwerpunkte, und in welche Richtung wollen Sie das Weltraumbüro in Zukunft führen?

: Schwerpunkt meiner Arbeit ist es, die Kompetenzlücke zwischen Raumfahrtnationen und Nicht-Raumfahrtnationen zu verkleinern. Unser Zugang zum Weltraum und die Nutzung der Raumfahrt sind von entscheidender Bedeutung für die Projekte zur nachhaltigen Entwicklung (SDG). Besonders wichtig ist auch unsere Initiative zur Förderung der Integration von Frauen und Mädchen in der Raumfahrt und in den MINT-Disziplinen. Der Aufbau von belastbaren Gesellschaften ist von grundlegender Bedeutung. Und unsere „UN-Plattform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response“, das sogenannte UN-SPIDER-Programm mit Sitz in Wien, Bonn und Peking, könnte als Modell auch für andere Aufgaben, wie etwa die Überwachung des Weltraumwetters und der Asteroidenabwehr, dienen. Der neue vom DLR unterstützte Fünfjahresplan schlägt für das Bonner Büro ein neues Kapitel auf. Gemeinsam mit dem Zentrum für Fernerkundung der Landoberfläche der Universität Bonn (ZFL) wird man sich hier insbesondere dem afrikanischen Kontinent widmen. Zum Thema Zugang zum Weltraum laufen ebenfalls erfolgreiche Partnerschaftsprojekte mit Deutschland. Hierzu gehört zum Beispiel das Fallturmexperiment am ZARM der Universität Bremen. Mit seinem Engagement in allen Dimensionen der Weltraumforschung, der Raumfahrttechnologie, des Weltraumrechts und der Weltraumpolitik will UNOOSA einen weitreichenden Beitrag zu einer globalen Ordnung (global governance) aller Weltraumaktivitäten leisten.

COUNTDOWN interview with Ms Simonetta Di Pippo, Director, United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA)

Ms Di Pippo, in the position as the Director of UNOOSA, what have been your main priorities, and where do you want to take the Office in the future?

: My priority is to reduce the gap in capabilities between space-faring and non-space-faring nations. Our access to space and space for SDGs projects are crucial. Our initiative to integrate women and girls in space activities and STEM fields is key. Building resilient societies is fundamental, and our UN Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response (UN-SPIDER), present in Vienna, Bonn and Beijing, could serve as a model for other challenges such as space weather and planetary defence. A new 5-year plan supported by DLR is opening a new chapter for the Bonn Office to work with ZFL of the University of Bonn with a focus on Africa. On access to space, we have also other successful partnerships with Germany, as for example with ZARM of the University of Bremen on the Drop Tower Experiment. UNOOSA, covering the full dimension of space science, technology, law and policy, aims to contribute extensively to the global governance of outer space activities.

Die Organisation und Durchführung der Sitzungen des COPUOS liegt beim UN-Büro für Weltraumfragen (United Nations Office for Outer Space Affairs – UNOOSA), das organisatorisch dem UN-Generalsekretariat angegliedert ist. Seit 1993 sitzt dieses Weltraumbüro in Wien und verwaltet unter der Leitung von Simonetta Di Pippo (Italien) ein Register aller „Gegenstände“, die in den Weltraum gestartet werden.

UN-Übereinkommen bilden das Kernstück des internationalen Weltraumrechts

In den ersten beiden Jahren nach Gründung des Weltraumausschusses gab es grundlegende Diskussionen über seine Ausrichtung. So beklagte die Sowjetunion die unausgeglichene Anzahl an westlichen und östlichen Mitgliedsstaaten. Nach Einigung auf das Konsensverfahren als Entscheidungsmodus, was der Sowjetunion de facto ein Vetorecht einräumte, konnte der Ausschuss im März 1962 seine Arbeit aufnehmen. Als erstes Ergebnis wurde bereits 1963 die im COPUOS erarbeitete „Erklärung über Rechtsgrundsätze der Raumfahrt“ von der UN-Generalversammlung einstimmig angenommen. Kaum mehr als drei Jahre später wurde der darauf basierende „Vertrag über die Grundsätze zur Regelung der Tätigkeiten von Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper“ von der UN-Generalversammlung verabschiedet und am 27. Januar 1967 zur Zeichnung aufgelegt. Dieses Dokument wurde unter dem Namen „Weltraumvertrag“ in der Öffentlichkeit bekannt und bis heute von 107 Staaten angenommen. Bis zum Ende der 1970er-Jahre hat COPUOS vier weitere Abkommen ausgehandelt: das Rettungs- und Rückführungsübereinkommen von 1968, das Haftungsübereinkommen von 1972, das Registrierungsübereinkommen von 1975 und den Mondvertrag von 1979. Mit Ausnahme des Mondvertrags sind sämtliche dieser Verträge von der Mehrzahl der Weltraumnationen unterzeichnet und ratifiziert worden. Gemeinsam bilden sie bis heute das Kernstück des internationalen Weltraumrechts.



Im Jahr 1968 tagte die UN während UNISPACE I in der Wiener Hofburg.

In 1968, a UN Conference was held in Vienna's Hofburg Palace during UNISPACE I.



Schon UNISPACE I war sehr gut besucht. Egal ob groß oder klein – alle interessierten sich für die Weltraumexponate bei dieser ersten UN-Weltraumkonferenz.

Even UNISPACE I pulled a large number of visitors: young or old, all visitors had a keen interest in the space exhibits shown at this first UN conference on outer space.

sector's growing diversity. Decisions are taken by consensus to ensure that no member's interests are ignored. COPUOS meetings are prepared by the United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA), which is organisationally located in the UN Secretariat General. Since 1993, the office has been located in Vienna. Led by Simonetta Di Pippo (Italy), it maintains the United Nations Register of Objects launched into space.

UN treaties are the source of international space law

The first two years following the creation of the COPUOS were marked by a fundamental debate about the overall direction of activities. The Soviet Union disapproved of the unequal representation of western and eastern member states. After introducing the consensus decision rule, which gave the Soviet Union a de facto veto right, the committee was able to take up its regular business in March 1962. As its first accomplishment, COPUOS produced a 'Declaration of Legal Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space' which it had unanimously adopted as early as 1963. A little over three years later, the UN General Assembly adopted a 'Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies', which was based on the earlier Declaration, and which was opened for signature on January 27, 1967. This document became known as the 'Outer Space Treaty' and has to date been ratified by 107 countries. Until the end of the 1970s, COPUOS negotiated four further agreements: the 1968 Rescue Agreement, the 1972 Liability Convention, the 1975 Registration Convention and the 1979 Moon Agreement. All these documents except the Moon Agreement have been signed and ratified by the majority of space nations. Combined, they constitute the basis of current space law.



Simonetta Di Pippo

Inwieweit können die vom COPUOS beschlossenen 21 Richtlinien zur nachhaltigen Raumfahrt (LTS) zu einer sinnvollen Nutzung des Weltraums beitragen und welche Themen müssen hier als nächstes angegangen werden?

: Für die Raumfahrt beginnt gerade eine neue Phase, da jedes Jahr immer mehr Satelliten in die Erdumlaufbahn gebracht werden und gleichzeitig immer mehr Staaten und vermehrt auch privatwirtschaftliche Akteure beteiligt sind. Wir müssen uns fragen: Leisten wir genug für eine Begrenzung des Weltraumschrott-Risikos? Sind wir bereit für eine robuste internationale Debatte zum Thema Verkehrsmanagement im Weltraum? Ist unser vorhandenes Rahmenkonzept für den Umweltschutz im Weltraum gut genug für die neuen Satelliten-Mega-Konstellationen? Dies sind nur einige der vielen wichtigen Themen, die eine globale Lösung erfordern. Die Menschheit muss den Weltraum als Gemeingut schützen. Es wird die Aufgabe unserer Generation sein, die langfristige gemeinschaftliche Nutzung des Weltraums zu sichern. COPUOS treibt diese Agenda voran und will die Beteiligten durch Transparenz und vertrauensbildende Maßnahmen für diese Themen sensibilisieren. Nach geltendem Weltraumrecht übernimmt UNOOSA hier die Aufgabe des Generalsekretariats und trägt somit zentrale Verantwortung für diese Bemühungen.

How can the 21 LTS guidelines – which COPUOS agreed upon – promote the sustainable use of outer space and which governance topics need to be addressed next?

: Space activities enter a new phase, with an unprecedented number of satellites launched into orbit every year, more countries entering the sector and increased participation of private actors. We must ask ourselves: are we doing enough to promote space debris mitigation? Are we prepared for a robust international debate on space traffic management? Is the current framework governing the space environment ready for mega-constellations? Are we making enough progress to expand global access to space? These are just some of the many priorities requiring global solutions. Humanity needs to protect outer space as a global common: it will be our generation's task to set in motion the long-term use of outer space. COPUOS is moving the agenda forward and raising awareness on transparency and confidence-building measures. UNOOSA is central in those efforts by discharging the responsibilities of the Secretary-General under the legal regime of outer space.



Mehr Akteure im Weltraum

Die geringe Beteiligung am legendären Mondübereinkommen machte deutlich, dass es am Ende der 1970er-Jahre zunehmend schwieriger wurde, eine breite Basis für den Abschluss internationaler Weltraumverträge zu finden. Denn mit der raschen Ausweitung der Raumfahrtaktivitäten trat zunehmend die wirtschaftliche Nutzung des Weltraums in den Vordergrund. Vor allem die Entwicklungsländer wollten Zugang zu den neuen Möglichkeiten bekommen. Aktuell hat sich der Schwerpunkt wiederum verlagert: Das Konzept der nachhaltigen Nutzung (sustainable use) des Weltraums rückt zusehends in den Mittelpunkt – und damit auch der Anspruch, in der Gegenwart und in Zukunft uneingeschränkt Zugang zu Weltraumanwendungen sicherzustellen. Ein Auslöser dieser Diskussion war das Anwachsen der Menge von Weltraummüll im Erdborbit. Im Jahr 2007 verabschiedete der Ausschuss die „COPUOS Space Debris Mitigation Guidelines“ mit dem Ziel, Weltraummüll drastisch zu reduzieren. Diese Leitlinien wurden in dreijähriger Arbeit in einer eigens dafür eingerichteten Arbeitsgruppe auf Basis von Empfehlungen des „Inter-Agency Space Debris Coordination Committee“ (IADC) entwickelt. Im Dezember 2007 nahm die Generalversammlung die Richtlinien an und forderte die Mitgliedsstaaten auf, sie im nationalen Rahmen anzuwenden. Im Jahr 2009 begann eine Arbeitsgruppe, zusätzlich freiwillige, nicht bindende Richtlinien für nachhaltige Weltraumaktivitäten auf Basis bestehender UN-Verträge zu entwickeln. Sie berücksichtigen gegenwärtige Praktiken, Betriebsverfahren und technische Standards in allen Phasen eines Missionszyklus. Im Jahr 2018 verabschiedete der wissenschaftlich-technische Unterausschuss des COPUOS insgesamt 21 Richtlinien – die sogenannten „Long-term Sustainability Guidelines“ (LTS). Sie können nun in nationalen Gesetzgebungen berücksichtigt werden.

Space Application Programme und UN-SPIDER

Neben der Ausschussarbeit verwaltet UNOOSA außerdem das „UN Programme on Space Applications“, in dessen Rahmen internationale Schulungen und Pilotprojekte zu Themen wie Fernerkundung, Satellitennavigation, Satellitenmeteorologie und Tele-Education angeboten werden. So soll Basiswissen über Weltraumanwendungen weltweit, und insbesondere in Entwicklungsstaaten zugänglich gemacht werden. 2006 beschloss die UN-Generalversammlung die Einrichtung der „United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response“. Das sogenannte UN-SPIDER-Programm unterstützt unter der Leitung des Weltraumbüros mit Zweigstellen in Bonn, Peking und Wien nationale Behörden bei Katastrophenvorbereitung und -management und erleichtert den Zugang zu weltraumgestützten Informationen für betroffene Staaten. 2018 schloss das DLR ein „Memorandum of Understanding“ mit UNOOSA ab, um die engere Kooperation mit deutschen Wissensträgern noch weiter zu vertiefen. Auch mit deutschem Fachwissen sowie deutschen und europäischen Satellitendaten sollen im Rahmen von technischen Beratungsmissionen Methoden entwickelt werden, die den Anforderungen potenzieller Nutzer vor Ort entsprechen.

UNISPACE+50-Resolution und Space2030-Agenda

Das UN-SPIDER-Programm unterstützt unter der Leitung des Weltraumbüros mit seiner Zweigstelle in Bonn nationale Behörden bei Katastrophenvorbereitung und -management.

Under the leadership of UNOOSA, the UN-SPIDER Bonn office assists national agencies in their disaster mitigation and management efforts.

More players in space

The fact that so few countries endorsed the legendary Moon Agreement illustrates how difficult it had become by the late 1970s to find common ground for international treaties on outer space. The rapid expansion of space activities led to a shift in focus more and more towards the use of outer space for commercial purposes. Also a number of developing nations aspired to the new opportunities. Today, that trend seems to have been reversed: the concept of sustainable use is clearly moving into the foreground – and with it comes the aspiration to ensure our access to space applications in the present and in the future. One factor that triggered the debate was the growing amount of space debris in the Earth's orbit. In 2007, the committee adopted the 'COPUOS Space Debris Mitigation Guidelines', aiming for a drastic reduction of orbiting wreckage. These guidelines were developed within three years by a specialist working group on the basis of recommendations by the Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC). The General Assembly adopted the document in 2007 and called on member states to implement them at a national level. In December 2009, a working group began to create a set of additional, non-binding space sustainability guidelines based on existing UN Treaties. They relate to current practice, operational procedures and technical standards in every phase of a mission cycle. In 2018, the STSC of COPUOS adopted a total of 21 new guidelines, called the 'Long-term Sustainability Guidelines' (LTS). These are now ready to be incorporated in bodies of national legislation.

Space Application Programme and UN-SPIDER

Beyond its work in the preparation of the committee, UNOOSA also oversees the 'UN Programme on Space Applications', under which various international pilot schemes and training courses are conducted in areas such as remote sensing, satellite navigation, satellite meteorology and tele-education. These are intended to make basic knowledge on space applications available to a wider global public, notably for developing nations. In 2006, the UN General Assembly decided



Günther/DLR

Ein „Memorandum of Understanding“ mit UNOOSA soll die engere Kooperation mit deutschen Wissensträgern noch weiter vertiefen: Dr.-Ing. Walther Pelzer, Vorstand des DLR Raumfahrtmanagements, Prof. Pascale Ehrenfreund, DLR-Vorstandsvorsitzende, und Simonetta Di Pippo, UNOOSA-Direktorin, unterzeichneten im Juni 2018 das Abkommen.

A Memorandum of Understanding between UNOOSA and German experts is to deepen an already close cooperation even further: Dr.-Ing. Walther Pelzer, Head of the DLR Space Administration, Professor Pascale Ehrenfreund, Chair of the DLR Executive Board, and Simonetta Di Pippo, Director of UNOOSA, signed the Memorandum in June 2018.

Welches waren im Rückblick auf die vergangenen 60 Jahre die größten Leistungen des COPUOS, und wie sehen Sie seine Rolle in der Zukunft?

: COPUOS wurde 1958 gegründet. Es ist die zuständige UN-Plattform für internationale Zusammenarbeit in der Erforschung und friedlichen Nutzung des Weltraums und arbeitet seit den 60er-Jahren an der Entwicklung eines umfassenden Weltraumrechts. 2018 feierte unsere Organisation den fünfzigsten Jahrestag der ersten UN-Konferenz zur Erforschung und friedlichen Nutzung des Weltraums (UNISPACE+50). Die Erarbeitung eines internationalen rechtlichen und politischen Rahmens für die Raumfahrt ist eine unserer zentralen Aufgaben, und unter dem Vorsitz von Dr. Bernhard Schmidt-Tedd aus Deutschland bemühen wir uns angesichts des ständigen Anwachsens der Sparte um eine verstärkte Umsetzung des Weltraumrechts. UNOOSA bietet hierzu Weiterbildungsmaßnahmen zum Thema Weltraumrecht speziell für neue Raumfahrtationen. Um hier unser Ziel zu erreichen, benötigen wir allerdings Unterstützung. Ein wichtiges politisches Ergebnis von UNISPACE+50 ist die Erarbeitung einer Weltraumagenda „Space 2030“. Das globale Rahmenwerk steht auf vier Säulen: Raumfahrt für die Wirtschaft, Raumfahrt für die Gesellschaft, Zugang zur Raumfahrt, und Raumfahrt-Diplomatie.

Looking back at a history of almost 60 years, what do you consider to be the biggest achievements of COPUOS in the past, and how do you see its role in the future?

: COPUOS, established in 1958, is the primary UN platform for international cooperation in the exploration and peaceful uses of outer space and has developed the legal regime of outer space since the 1960s. In 2018, we celebrated the 50th anniversary of the first UN Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space (UNISPACE+50). The legal regime of outer space and global space governance is a priority and under the chairmanship of Dr. Bernhard Schmidt-Tedd of Germany we endeavour to strengthen the application of space law when the space sector undergoes incremental evolution. UNOOSA is here launching targeted space law training for emerging space-faring nations, but assistance is needed to meet this objective. A key policy outcome of UNISPACE+50 is to establish a 'Space2030' agenda as a global framework under the four pillars: space economy, space society, space accessibility, and space diplomacy.



Bourry/DLR

Dr.-Ing. Walther Pelzer, beim UN/Germany High Level Forum, das vom 13. bis 16. November 2018 in Bonn stattfand

Dr.-Ing. Walther Pelzer, Head of the DLR Space Administration, at the UN/Germany High Level Forum held in Bonn from November 13, 2018, until November 16, 2018

2018 war ein besonders wichtiges Jahr für COPUOS. Im Juni wurde mit UNISPACE+50 das 50. Jubiläum der ersten Weltraumkonferenz der Vereinten Nationen in Wien gefeiert. Aus mehr als 100 Ländern kamen Politiker, Diplomaten, Wissenschaftler, Industrievertreter und Mitglieder der Zivilgesellschaft zusammen, um an die vergangenen Erfolge internationaler Zusammenarbeit in der Raumfahrt zu erinnern und gleichzeitig über die Zukunft zu diskutieren. Diese Sonderveranstaltung rückte unter Bekräftigung der Agenda 2030 die nachhaltige Entwicklung unseres Planeten und des Weltraums in den Mittelpunkt. Dafür verband sie die ständig wachsende Bedeutung von Weltraumanwendungen und -technologien für die Menschheit mit den globalen Bemühungen, Plänen und Zielen zur Bekämpfung der Armut, zum Schutz des Planeten und zur Sicherstellung des Wohlstands für alle. Höhepunkt der Veranstaltung war die Verabschiedung der UNISPACE+50-Resolution. Darin vereinbarten die Mitgliedsstaaten, bis 2020 eine „Space2030-Agenda“ zu erarbeiten. Sie soll sowohl die Beiträge von Weltraumanwendungen zu den UN-Nachhaltigkeitszielen als auch zukünftige Space Governance-Themen umfassen. Im November 2018 richtete Deutschland zusammen mit den Vereinten Nationen am UN-Campus in Bonn die erste Umsetzungskonferenz zu UNISPACE+50 aus. Das High Level Forum stellte die UNISPACE+50-Resolution und die ersten Beiträge zur Entwicklung einer Space2030-Agenda in den Mittelpunkt – eine große Gelegenheit für alle Mitgliedsstaaten, ihr nationales Engagement, ihre Raumfahrtaktivitäten und -anwendungen sowie ihre Beiträge und Vorstellungen zur „Space2030-Agenda“ vorzustellen. Mehr als 300 Teilnehmer aus rund 60 Ländern aus Politik, Wissenschaft und Industrie besuchten die Veranstaltung. Mit der Space2030-Agenda wird der Weg geebnet, die Raumfahrt noch stärker für gesellschaftliche Zwecke zu nutzen. Damit steht der UN-Weltrausschuss vor neuen Aufgaben. Seine lange und erfolgreiche Geschichte zeigt, dass er für diese Herausforderungen gewappnet ist.

Gruppenbild vom UN/Germany High Level Forum im November 2018 in Bonn

Group picture from UN/Germany High Level Forum on November 13–16, 2018



Bourry/DLR

to establish the ‘United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response’. Operating from its local branches in Bonn, Beijing and Vienna and overseen by UNOOSA, the programme, also known as UN-SPIDER, supports national agencies in the area of disaster prevention and management and helps affected states get access to space-system based data. In 2018, a Memorandum of Understanding was signed between DLR and UNOOSA to deepen cooperation with German experts. Aided by expertise from Germany and data from German and European satellites, technical advisory missions are to develop methods that meet the needs of potential local users.

UNISPACE+50 resolution and the Space2030 agenda

2018 was an important year for COPUOS in many ways. In June, the UNISPACE+50 event marked the 50th anniversary of the United Nations’ first space conference held in Vienna. It was attended by politicians, diplomats, scientists, manufacturers and members of civil society who all gathered to celebrate past successes and to discuss the future. Confirming the Space2030 agenda, this special event placed its focus on the sustainable development of our planet and of outer space. It linked the growing significance of space applications and technology for mankind with global efforts, plans and aspirations of combatting poverty, protecting the planet and securing well-being for all. The meeting culminated in the adoption of the UNISPACE+50 resolution, in which member states agreed to draft, by 2020, a ‘Space2030’ agenda. It is to cover the contributions of space applications to reaching UN sustainability goals as well as outlining future space governance frameworks. In November 2018, the first UNISPACE+50 implementation conference took place on the UN Campus in Bonn hosted by Germany together with the UN. The High Level Forum discussed ways of implementing the UNISPACE+50 resolution and on developing the first contributions to the ‘Space2030’ agenda. It offered a great opportunity for all member states to present their national policies, space activities and applications as well as putting forward their proposals for a ‘Space2030’ agenda. The meeting was attended by more than 300 delegates from some 60 countries, representing governments, academia and industry. The ‘Space2030’ agenda will pave the way for space flight to be aligned even more with the needs of civil society. This will pose new challenges to COPUOS. Yet, its long success story shows that it is ready to tackle them.



Bourry/DLR

Vom Weltraum aus zugeschaltet: Der deutsche ESA-Astronaut und Kommandant der Internationalen Raumstation Alexander Gerst hat während des UN/Germany High Level Forums in Bonn mit den Teilnehmern über die Bedeutung internationaler Kooperationen für die nachhaltige Raumfahrt und die Zukunft unseres Planeten gesprochen.

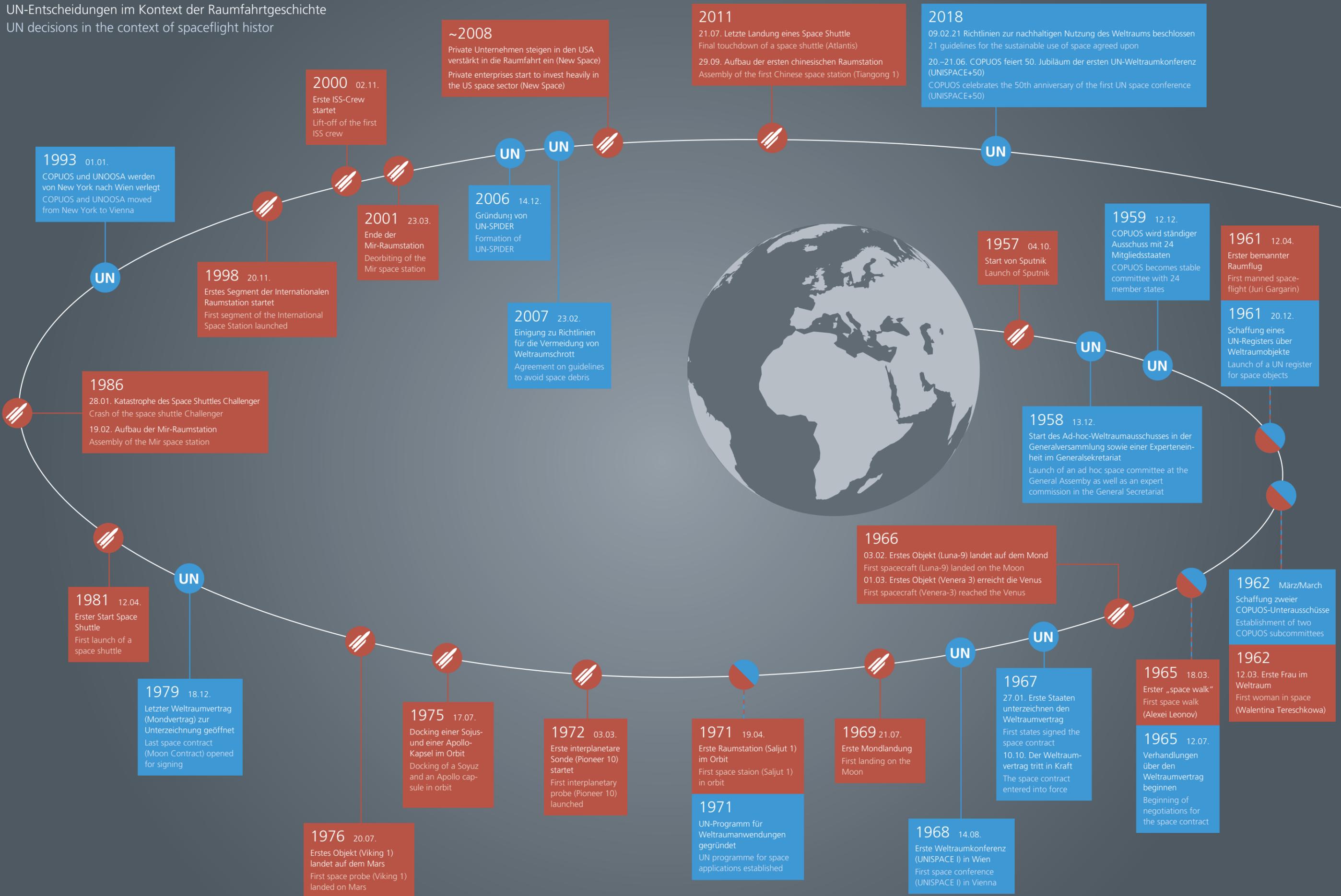
Joined the conference from space: Germany’s ESA astronaut and ISS Commander Alexander Gerst spoke to delegates of the UN/Germany High Level Forum about the significance of international cooperation for sustainable space activities and for the future of our planet.

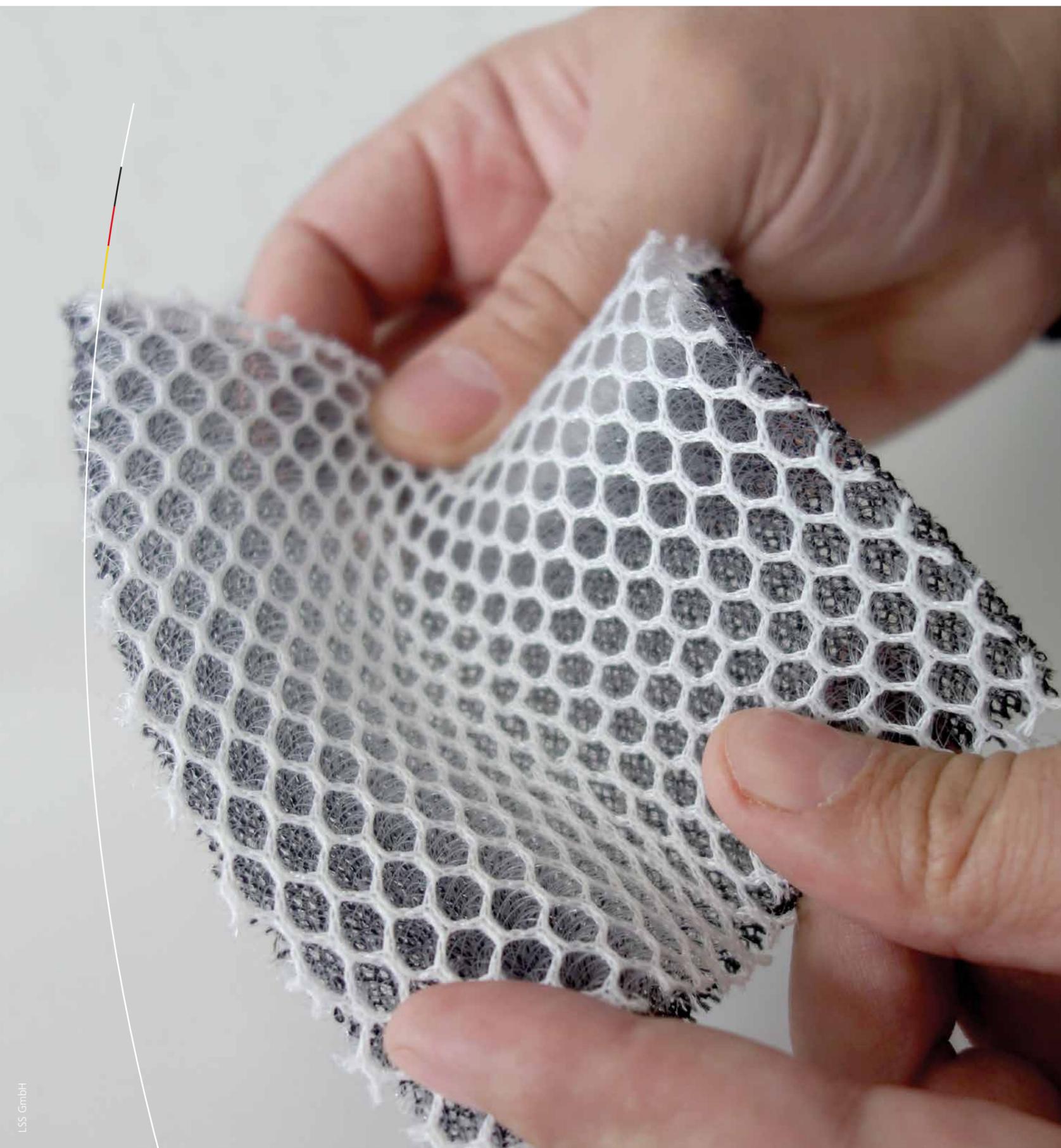


Autoren: **Silke Hüttemann** ist COPUOS-Abgesandte für das DLR Raumfahrtmanagement bei den UN. Hier vertritt sie die deutschen Raumfahrtbelange im Hauptausschuss und wissenschaftlich-technischen Unterausschuss. **Maximilian Betmann** ist in allen drei Ausschüssen als Experte in die Vorbereitung und Umsetzung der Entschlüsse und Stellungnahmen eingebunden.

Authors: **Silke Hüttemann** is the DLR Space Administration’s COPUOS envoy to the United Nations. She represents Germany’s interests at the main committee and at the Scientific and Technical Subcommittee. Her colleague Maximilian Betmann serves at DLR Space Administration as an expert on all three committees. He is involved in the preparation and implementation of resolutions and statements.

UN-Entscheidungen im Kontext der Raumfahrtgeschichte
UN decisions in the context of spaceflight histor





WELTRAUM-ORIGAMI IN PERFEKTION

Große entfaltbare Antennen als Baustein für eine hochfrequente Datenübertragung

Von Ines Richter und Dr. Siegfried Voigt

Was ist ein Abstandsgewirk? Mit dieser Frage könnte man nicht nur in einer Quizshow gewinnen, sondern auch in der Raumfahrt punkten. Denn mit dieser speziellen Technik aus der Textilindustrie lassen sich Reflektoren von großen entfaltbaren Antennen herstellen, die künftig ein Paradoxon der Weltraumtechnologie lösen sollen: Mit ihrer Hilfe kann der stetig wachsende „Datenhunger“ unserer Gesellschaft gestillt und zugleich die Forderung nach immer kleineren und leichteren Satelliten erfüllt werden. Denn in der Raumfahrt gilt bislang die unumstößliche Faustregel: größer und schwerer = teurer. Je „klobiger“ ein Satellit ist, desto höher sind auch seine Startkosten. Sollen Orbiter große Datenmengen übertragen, brauchen ihre Antennen riesige Reflektorflächen, die wiederum mehr Platz in Anspruch nehmen und so gleichzeitig das Gesamtgewicht des Satelliten erhöhen. Durch das Zusammenfalten dieser Reflektoren auf der Erde in kleine Pakete und das spätere Entfalten im Weltraum könnte sehr viel Platz und Gewicht eingespart werden. Genau an diesen entfaltbaren Riesenantennen und deren Reflektor-Oberflächen mit Durchmessern von mehr als 20 Metern tüfteln Raumfahrtingenieure aus Deutschland in nationalen und internationalen Projekten. Das DLR Raumfahrtmanagement unterstützt diese Technologieentwicklungen, die uns dabei helfen können, die Herausforderungen wie Big Data, Digitalisierung und Industrie 4.0 zu bewältigen. Welche Projekte hier gefördert werden und welche Anwendungen davon profitieren können, lesen Sie im folgenden Beitrag der COUNTDOWN.

A PERFECT SPACE ORIGAMI

Large space-deployable antennas in high-frequency data communication

By Ines Richter and Dr Siegfried Voigt

What is a 3D spacer knit? The correct answer to this question scores you points not only in a TV quiz show but also in space science. This special method originally developed in the textile industry can be used in the production of large deployable antennas and solve a paradox in space technology in the future: these antennas may serve to satisfy our society's continually growing hunger for data while at the same time meeting the demand for ever smaller and lighter satellites. For there is one irrefutable rule in the space industry: bigger and heavier = more expensive. The bulkier a satellite is, the more expensive it is to launch. But for a satellite to transmit large volumes of data its antenna must have an enormous reflecting surface which, in turn, requires considerable space and increases the overall weight of the satellite. A great deal of space and weight may be saved by folding up reflectors into small packets on Earth and unfolding them later in space. These deployable antennas with reflectors measuring more than 20 metres in diameter are what space engineers from Germany are poring over under national and international projects. The DLR Space Administration supports these technology developments which may help us cope with the challenges presented by Big Data, digitalisation, and Industry 4.0. What projects are being funded, and what applications will benefit thereby, will be described in the following COUNTDOWN article.

Im Projekt SpaceReflector wird eine Reflektor-Oberfläche mit einer sehr innovativen Technologie aus der Textilherstellung entwickelt
The SpaceReflector project: engineers develop a reflector surface using innovative technology derived from the textile industry

Ein Paradoxon wird gelöst

Heute müssen stetig wachsende Datenmengen in kürzester Zeit an immer mehr Nutzer übertragen werden. Gleichzeitig sollen Satelliten kleiner und leichter werden, damit mehrere von ihnen möglichst in einer Trägerrakete Platz haben. Das spart Startkosten ein – gerade bei kommerziellen Nutzern ein sehr wichtiges Anliegen. Dabei tragen diese modernen Satelliten immer komplexere Nutzlasten und Instrumente, die viel mehr Daten als jemals zuvor produzieren. Diese Datenmengen müssen alle ihren Weg zur Erde finden. Doch dafür braucht man sehr große Antennen – ein Paradoxon, denn die Satelliten sollen ja eigentlich kleiner und leichter werden. Die Lösung: Große Antennen werden aus bestimmten Fäden „gewirkt“, sodass sie sich zusammen- und später im Weltraum wieder entfalten lassen. Aus einem kleinen Paket wird dann eine Antenne mit einem Durchmesser von mehr als 20 Metern, die im Bereich von bis zu 60 Gigahertz (GHz) arbeiten kann – Weltraum-Origami in Perfektion.

Große Antennen für hohe Datenraten

Diese hohen Frequenzbereiche erlauben die Übertragung von sehr hohen Datenraten. Als Beispiel sei an dieser Stelle der Frequenzbereich zwischen 57 und 64 GHz genannt, der von der International Telecommunication Union (ITU) – der für die weltweite Frequenzregulierung zuständigen UN-Behörde – für Richtfunk, Mobilfunk, Verbindungen zwischen geostationären Satelliten, passive Erdbeobachtung und passive Weltraumforschung freigegeben wurde. Hier können im privaten WLAN Datenraten von sieben Gigabits pro Sekunde (Gbit/s) genutzt werden. Zum Vergleich: WirelessHD sieht Datenraten von vier Gigabits pro Sekunde vor und eignet sich damit für die Übertragung von unkomprimiertem HDTV. Doch entfaltbare Riesen-



Im ESA-Projekt SCALABLE wurde zwischen 2014 und 2016 ein Ingenieurmodell einer metallgestrickten Netzoberfläche mit fünf Metern Durchmesser entwickelt, aufgebaut und im November 2016 im Technologietestzentrum der ESA in Noordwijk (Holland) getestet. Dabei erreichte dieser Reflektor den Technologiereifegrad 5. An SCALABLE sind die deutschen KMU HPS GmbH als hauptverantwortliches Unternehmen und außerdem die LSS GmbH beteiligt.

Between 2014 and 2016, an engineering model of a machine-knitted metal mesh surface measuring five metres in diameter was developed and set up under ESA's SCALABLE project and tested by ESA/ESTEC in November 2016, increasing the project's technological maturity level to 5. Developers participating in SCALABLE include the German SME HPS GmbH as the leading partner as well as LSS GmbH.

A conundrum solved

The amount of data transmitted among a steadily growing number of users in the shortest possible time is growing. At the same time, satellites are expected to become smaller and lighter so that several of them fit into a single launcher to cut down launch costs, a very important requirement especially for commercial users. Conversely, the payloads and instruments carried by modern satellites have become increasingly complex and produce greater volumes of data than ever before. Masses of data need to make their way back to Earth, which requires ever larger antennas – this is in direct conflict with the overall aim for satellites to become smaller and lighter. The solution is a way of 'knitting' large antennas into a web made of special threads which can be folded and later unfolded in space. Once unfurled, a tiny little package opens up to form an antenna more than 20 metres in diameter that will accommodate frequencies of up to 60 Gigahertz (GHz) – an exercise in perfect space origami.

Large antennas for high data rates

Working at high frequencies permits transmitting data at very high rates. To illustrate this, let us take a look at the frequency range between 57 gigahertz and 64 gigahertz. This is the frequency band that has been allocated by the International Telecommunication Union (ITU), the UN agency in charge of global frequency regulation, for use in microwave communications, cellular networks, geostationary satellite links, passive Earth observation, and passive space research. Within that bandwidth, consumer WiFi systems will be able to offer a data rate of seven gigabits per second (Gbit/s). To put that in perspective: wirelessHD will use data rates of four gigabits per second, which is enough to provide uncompressed HDTV signal transmission.



Im ESA-Projekt LABUM wurde ein Fünf-Meter-Reflektor mit einer flexiblen Oberflächenstruktur aus kohlefaserverstärktem Silikon (CFRS) für Anwendungen im Ka-Band aufgebaut und erfolgreich getestet. Am Projekt LABUM sind neben der TU München als hauptverantwortlichem Partner aus Deutschland noch die LSS GmbH und die HPS GmbH beteiligt.

Under ESA's LABUM project, a five-metre reflector featuring a flexible surface structure of carbon-fibre reinforced silicone (CFRS) designed for applications in the Ka band was set up and successfully tested. Participants in LABUM include TU Munich as the leading partner from Germany together with LSS GmbH and HPS GmbH.

antennen können noch mehr: Angebracht an geostationären Kommunikationssatelliten – den sogenannten Ultra High Throughput Satellites (UHTS) und Very High Throughput Satellites (VHTS) – sind Datenraten im Terrabit-pro-Sekunde-Bereich möglich. Im Digitalisierungs- und Industrie-4.0-Zeitalter sind solche hohen Datenraten für den Ausbau der schnellen Breitbandkommunikation und der „vernetzten Fabrik“ ein unverzichtbarer Baustein. Diese Leistung macht diese Großantennen neben der Telekommunikationsbranche aber auch noch für andere Anwendungsbereiche interessant. Erdbeobachtungssatelliten haben immer hochauflösendere Instrumente an Bord und erzeugen damit immense Datenmengen. Um diese möglichst direkt und ohne Zwischenspeicherung bei einem Umlauf nach unten zu bekommen, sind diese Satelliten auf immer leistungsstärkere Großantennen angewiesen. So soll eine solche entfaltbare Antenne die Daten im Bereich zwischen 1,5 und 36 GHz zur Erde schicken, die das geplante Copernicus Imaging Radiometer (CIMR) des gleichnamigen europäischen Erdbeobachtungsprogramms erzeugen soll. Auch die vom DLR-Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme geplante TANDEM-L-Mission soll im L-Band im Bereich von 1,5 Gigahertz mit solchen Antennen arbeiten. Weitere mögliche Einsatzgebiete der Riesenantennen könnten zum Beispiel Wissenschaftsmissionen zu anderen Planeten und große Weltraumteleskope sein.

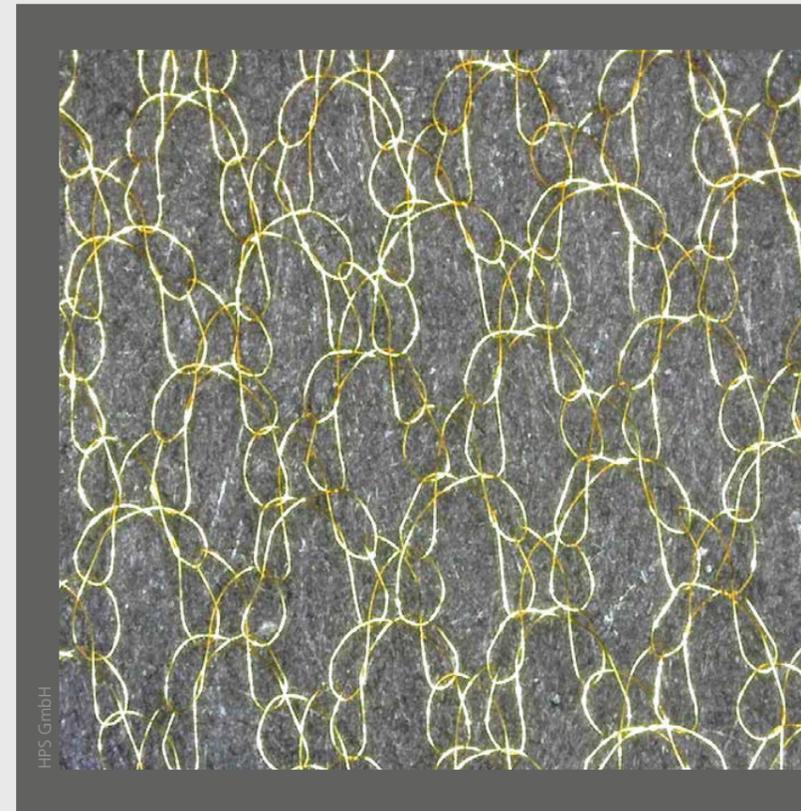
Große Antennen auch für Satellitenzwerge

Doch auch ganz kleine Satelliten können von entfaltbaren Großantennen profitieren. Denn diese zehn Kubikzentimeter kleinen Cubesats sind zu einer miniaturisierten und leichten Bauweise geradezu gezwungen. Da sie gemeinsam mit vielen ihrer „Artgenossen“ auf einer Trägerrakete gestartet werden, muss bis zu ihrem Einsatz im Weltraum alles an ihnen winzig sein – auch die Antennen. Was für die kleinen Satelliten gilt, zählt aber auch für die großen: Da der verfügbare Stauraum in der Trägerrakete begrenzt ist, können die Durchmesseranforderungen von großen Antennen nur durch im Weltraum entfaltbare Reflektoren erfüllt werden. Dementsprechend ist das „Packmaß“ eine der Herausforderungen für diese Art Großantennen. Dabei dürfen die Stabilität und Oberflächengenauigkeit des entfalteten Reflektors nicht ver-



Im ESA-Projekt ABDS wird seit 2016 ein hochgenauer Arm für große entfaltbare Reflektoren entwickelt, der bis auf Längen von über 20 Metern skalierbar sein soll. Ein sechs Meter durchmessendes Ingenieursmodell wurde mit Leichtgewichtmechanismen und Rohren aus Kohlefasern gebaut und im Oktober 2018 mit sehr guten Ergebnissen hinsichtlich Entfalt- und Wiederholbarkeit getestet. Im Projekt ABDS ist die HPS GmbH der hauptverantwortliche Partner. Daneben engagieren sich hier noch weitere deutsche Partner wie das DLR in Bremen, die INVENT GmbH, RUAG Deutschland, OHB sowie mit INEGI (Portugal) und VTT (Finnland) zwei europäische Firmen.

Since 2016, a high-precision arm for large deployable reflectors has been developed under ESA's ABDS project. The arm will be scalable for lengths of more than 20 metres. An engineering model measuring six metres in diameter and comprising lightweight mechanisms and tubes of carbon fibre was built and tested in October 2018 with excellent results with respect to deployability and repeatability. The leading partner of the ABDS project is HPS GmbH. Additional German-based facilities involved include DLR Bremen, INVENT GmbH, RUAG Deutschland, and OHB as well as two European companies, INEGI (Portugal) and VTT (Finland).



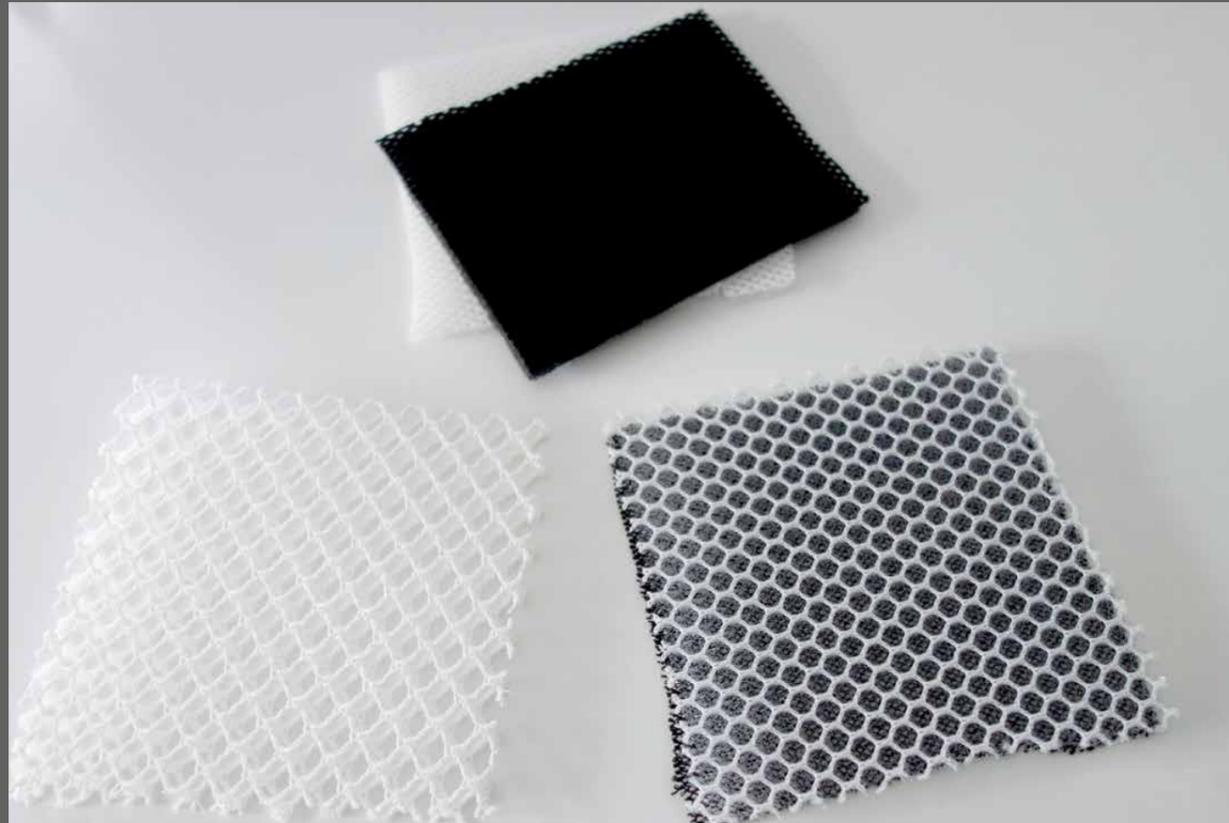
Das ESA-Projekt MESNET beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Netzes aus goldbedampften Wolframdrähten für Anwendungen im Frequenzbereich des X- und des Ku-Bands. Dabei wird eine maschinelle Hightech-Knüpfttechnik aus Deutschland in Zusammenarbeit mit der Textilbranche verwendet. Im Projekt MESNET ist die HPS GmbH das hauptverantwortliche Unternehmen. Daneben sind noch das Fraunhofer-Institut ISC, IPROTEX sowie HPS in Rumänien und ONERA in Frankreich beteiligt.

ESA's MESNET project addresses the development of meshes made of gold-metallised tungsten wire for applications in the X and Ku band frequency ranges. To make the meshes, German engineers in cooperation with the textile industry have developed a mechanical high-tech machine knotting technology. The lead company of the MESNET project is HPS GmbH. Further contributors include the ISC Fraunhofer Institute, IPROTEX, and HPS of Romania and ONERA of France.

But these giant mesh antennas have even more to offer: when attached to geostationary communication satellites – so-called Ultra High Throughput Satellites (UHTS) and Very High Throughput Satellites (VHTS) – they might achieve data rates in the terabit-per-second range. In the age of digitalisation and smart manufacturing, such high data rates are indispensable for building ever faster broadband communication and factory connectivity. Given their enormous capacity, large deployable antennas are of interest not only to the telecommunications industry but also to other applications. Earth observation satellites, for instance, carry high-resolution instruments that generate immense quantities of data (big data). To deliver these to the ground during a single orbit as promptly as possible and without caching, these satellites need large antennas of steadily increasing capacity. One such application will be the Copernicus Imaging Radiometer (CIMR) that is currently being built as part of the European Earth Observation Programme. One of its features is a mesh antenna that will transmit data at between 1.5 and 36 gigahertz. Similarly, the TANDEM-L mission, which is now being prepared by the DLR Microwaves and Radar Institute, will be using such antennas in the L-band range between 40 and 60 gigahertz. Moreover, mesh antennas might also play a part in major scientific missions or large space telescopes

Huge antennas for small satellites

Yet even very small satellites may benefit from large space-deployable antennas. Design constraints of Cubesats, which are no larger than a ten-centimetre cube, require everything about them to be miniaturised and lightweight. Until their eventual deployment in space, everything inside them must be tiny because entire families of them will go up into space on a single rocket. And what applies to small satellites holds true for big ones as well: because accommodation within a launcher is always limited, the dimensional requirements of large antennas may be met only by 'unfurlable' reflectors. This makes packing size one of the crucial challenges for large deployable antennas. However, the stability and surface precision of the reflector is equally crucial. This is not easy to achieve but very important since the quality of transmission is to a large extent governed by the physical and geometrical properties of the reflecting surface. To provide even greater operational flexibility, the reflector must be re-



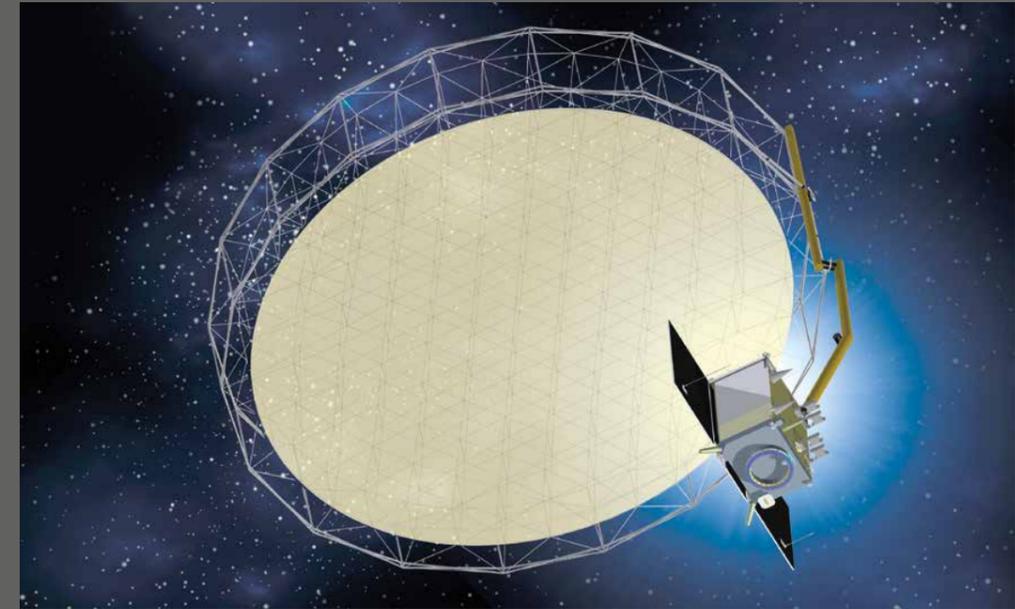
Für Anwendungen im höheren Frequenzbereich bis zum Q/V-Band ist im nationalen Raumfahrtprogramm gerade das Projekt SpaceReflector angelaufen. Hier wird eine Reflektor-Oberfläche mit einer sehr innovativen Technologie aus der Textilherstellung entwickelt. Dabei soll eine zweifach gekrümmte Oberfläche zum Einsatz kommen, deren Struktur sich besonders gut falten sowie mechanisch im Orbit rekonfigurieren lässt und dabei noch systematische Oberflächenfehler vermeidet. Im Projekt SpaceReflector ist die LSS GmbH der hauptverantwortliche Partner. Daneben ist noch das Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen beteiligt.

For applications in higher frequencies up to the Q/V band, the German national SpaceReflector project has just got underway. It aims to develop a reflector surface made with a highly innovative technology from textile manufacturing. The outcome will be a deployable structure with a double-curved surface that will be particularly easy to fold and reconfigure mechanically in orbit while also avoiding systematic surface defects. LSS GmbH is the leading partner in the SpaceReflector project. An additional contributor is the Textile Technology Institute (ITA) of RWTH Aachen.

nachlässigt werden. Das ist allerdings nicht so einfach, da die Übertragungsqualität stark durch physikalische und geometrische Eigenschaften der reflektierenden Oberfläche bestimmt wird. Um die Einsatzflexibilität zu erhöhen, muss der Reflektor sowohl elektrisch als auch mechanisch rekonfigurierbar sein. Vor allem in den höheren Frequenzbereichen ist die Genauigkeit der reflektierenden Oberfläche für die Leistungsfähigkeit der Antenne entscheidend. Weitere Herausforderungen sind der Ausklapp- beziehungsweise der Entfaltungsmechanismus sowie der Reflektorarm, der bei großen Antennen sechs bis zwölf Meter lang werden kann. Auch hier sind Stabilität und Genauigkeit für eine gute Antennenleistung unverzichtbar.

Gut „gewirkt“ ist halb gewonnen

Doch aus welchem Material bestehen eigentlich diese entfaltbaren Antennen? Derzeit werden die großen „Vertreter“ hauptsächlich aus Metallnetzen aus goldbedampftem Wolfram oder Molybdänium – ein Nebenprodukt der Kupferherstellung – „gewirkt“, die von Kabelnetzwerken oder Rippen gestützt und in Form gehalten werden. Auch Polyetheretherketon (PEEK) – ein hochtem-



Im EU-Projekt Large European Antenna (LEA), das im Rahmen von Horizon2020 von 2017 bis 2020 durchgeführt wird, soll eine Unabhängigkeit von amerikanischen Systemen in dieser wichtigen Technologie erreicht werden. Insgesamt entwickeln 15 europäische Konsortienpartner – darunter auch deutsche kleine und mittlere Unternehmen (KMU) wie die HPS GmbH und die LSS GmbH aus München sowie die INVENT GmbH aus Braunschweig und die von Hoerner & Sulger GmbH aus Schwetzingen – ein Modell einer Sechsmeter-Antenne für Erdbeobachtungsanwendungen im X-Band. Dieses Modell soll im Jahr 2021 im Orbit getestet werden und so Technologiereifegrad 9 erreichen. HPS hat dabei zum einen die technische Leitung über das Subsystem „Reflektor und Arm“. Zusätzlich ist das Unternehmen für die Montage des Arms und das Metallnetz der Reflektoroberfläche verantwortlich. LSS ist für die Montage des Reflektors zuständig. INVENT baut Elemente für den Arm. Neben diesen KMU sind auch große und in der Raumfahrt alteingesessene europäische Unternehmen wie RUAG, OHB, AIRBUS und THALES am Projekt LEA beteiligt. Die EU fördert dieses Projekt mit fünf Millionen Euro. Die beteiligten Unternehmen steuern insgesamt noch einmal zwei Millionen Euro bei.

The Large European Antenna (LEA) EU project which runs under Horizon2020 from 2017 until 2020 is designed to provide a certain independence from US-built systems in this important technology field. All in all, 15 European consortium partners including a number of German small and medium-sized enterprises (SMEs) such as HPS GmbH and LSS GmbH of Munich, INVENT GmbH of Braunschweig, and von Hoerner & Sulger GmbH of Schwetzingen are engaged in developing a model of a six-metre antenna for Earth observation applications in the X band. The model is to be tested in orbit in 2021, thus reaching a technology maturity level of 9. On the one hand, HPS acts as technology leader in the ‘reflector and arm’ subsystem. In addition, the company is responsible for the installation of the arm and the metal mesh of the reflector surface. LSS is in charge of the installation of the reflector. INVENT builds some of the components for the arm. Besides these SMEs, big enterprises long since established in the space sector such as RUAG, OHB, AIRBUS, and THALES also participate in the LEA project. The EU is contributing five million euros towards the funding of the project, while the participating companies provide another two million euros.

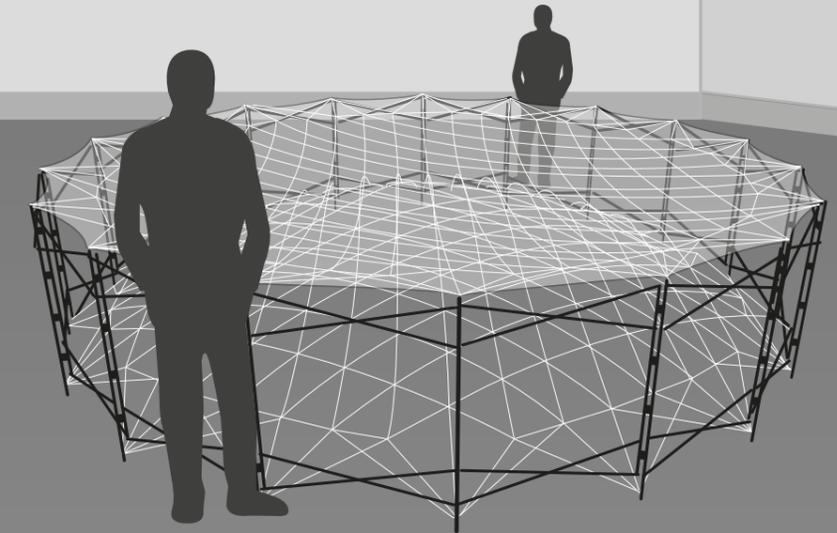
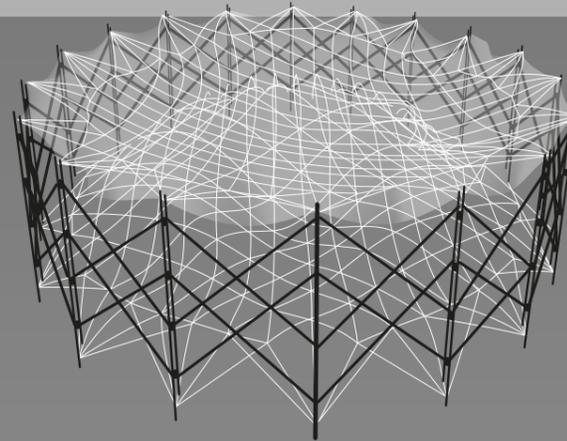
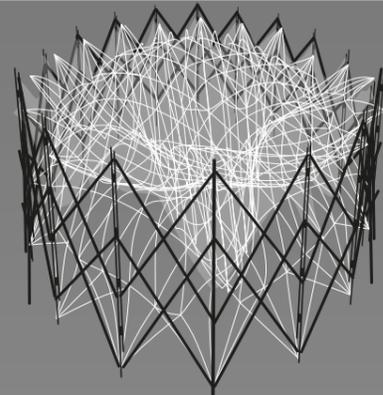
configurable both electrically and mechanically. The precision of the reflecting surface is crucial for the performance of the antenna especially in the higher frequencies. Further challenges include the mechanisms for swinging out or unfolding the antenna as well as the reflector boom, which in large antennas may measure six to twelve metres in length. Here as well as elsewhere, stability and precision are indispensable for good antenna performance.

It's the mesh that matters

But what material are deployable antennas made of? At present, the largest ones are mostly fabricated from gold-metallised threads of tungsten or molybdenum – a by-product of the extraction of copper – and supported by cable meshes or ribs that keep them in shape. Another option is polyetheretherketone (PEEK), a highly temperature-resistant thermoplastic material that can be used in large deployable antennas as well. The German national space programme of DLR Space Administration on behalf of the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy is currently exploring so-called 3D spacer knits made of a combination of tungsten

Aus klein wird riesig

Für die Übertragung immenser Datenmengen braucht man auch eine große Reflektorfläche. Damit der Satellit klein bleibt, um möglichst viel Platz und Gewicht – und damit vor allem Startkosten – einzusparen, kann der Reflektor sehr klein zusammengefaltet werden. Wie sich ein solcher netzartiger Reflektor dann wieder entfaltet, lässt sich in dieser Grafik gut erkennen.



A giant unfolds

Transmitting vast amounts of data requires a very large reflector surface. In order to keep satellites small and cut down volume and weight – and especially launch costs – this reflector can be compressed into a very small package. The picture demonstrates how a mesh-type reflector unfurls in space.

peraturbeständiger thermoplastischer Kunststoff – kann bei entfaltbaren Großantennen zum Einsatz kommen. Solche sogenannten „Abstandsgewirke“ aus den raumfahrtprobierten Materialien Wolfram und PEEK, bei denen die Reflektoroberfläche durch zwei Netzlagen mit dazwischenliegenden Abstandsfäden gebildet wird, werden gerade im nationalen Raumfahrtprogramm des DLR Raumfahrtmanagements mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie erforscht. Aber auch Entwicklungen von flexiblen Oberflächenstrukturen aus kohlefaserverstärkten Elastomeren wie zum Beispiel Silikon könnten zukünftig im Weltraum zum Einsatz kommen. Diese Strukturen sind steifer und gleichzeitig formtreuer. Doch ihre geringere elastische Dehnungsfähigkeit lässt die Reflektoren schnell an die Grenzen der Verformbarkeit stoßen. Eine große Herausforderung, denn die Antennen sollen ja möglichst klein gefaltet und die Oberfläche nach ihrer Entfaltung im Weltraum weiterhin verformbar bleiben, um die Leistungsfähigkeit zu erhöhen und den Einsatz der Antennen möglichst flexibel zu gestalten.

Deutsches und europäisches Know-how sichert Zugang zum Markt

In den letzten Jahren gab es zahlreiche Entwicklungen mit deutscher Beteiligung im Bereich großer entfaltbarer Reflektorantennen auf nationaler und europäischer Ebene. Diese Projekte legen den Grundstein für die Verfügbarkeit von Großantennen in Europa. Nur so können sich deutsche beziehungsweise europäische Hersteller auf Augenhöhe im internationalen Wettbewerb – insbesondere gegenüber der US-amerikanischen Konkurrenz – behaupten. Großprojekte und kleinere Technologieentwicklungen schaffen und bündeln gemeinsam Know-how bei der Entwicklung und der Fertigung von Flughardware. Für Tests unter realen Bedingungen im Weltraum müssen im nächsten Schritt Mitfluggelegenheiten für diese Entwicklungen geschaffen werden, um ihren Technologiereifegrad zu erhöhen, ihre Marktchancen zu steigern und mittelfristig auch ihren Einsatz bei nationalen und internationalen Missionen überhaupt zu ermöglichen.

and PEEK, two space-tested materials, whose reflecting surface is formed by two mesh layers held apart by spacer threads. Alternatively, flexible surface structures of carbon-reinforced elastomers like silicon might also be future candidates for space applications. However, while such structures are comparatively stiff and true to form, their comparatively low elasticity means that these reflectors will soon run into limits of deformability. A great challenge, since the antennas are required to be folded into very small packets and their surface is expected to remain sufficiently pliable after deployment in space so that their performance can be adjusted in operation as well as their overall flexibility increased.

German and European expertise to secure market access

In recent years, Germany has been involved in numerous developments in the field of large deployable reflector antennas both on a national and international level. These schemes are fundamental to the availability of large antennas in Europe, and the only way in which German and/or European manufacturers can hold their own vis-à-vis international and notably American competitors. A combination of large-scale projects as well as minor technological developments has created and brought together a body of essential know-how for the development and production of flight hardware. For these technologies to succeed, opportunities will have to be created for them to fly piggyback into space for testing and to enhance their level of technological maturity. Once they have established their spaceworthiness, they may be employed on future national and international missions and satellite projects, which will considerably improve the market opportunities of these technologies developed in Europe.



Autoren: **Ines Richter** kümmert sich in der Abteilung Satellitenkommunikation des DLR Raumfahrtmanagements um die Projekte zu großen entfaltbaren Antennen. Ihr Kollege **Dr. Siegfried Voigt** betreut in derselben Abteilung die Satellitenkommunikationsprojekte im nationalen Raumfahrtprogramm.

Authors: In her role at the satellite communications department of the DLR Space Administration, **Ines Richter** is responsible for projects involving large deployable antennas. In the same department, her colleague **Dr Siegfried Voigt** oversees satellite communications projects conducted under the national space programme.



DER IAC DER REKORDE

Rückblick auf den 69. Internationalen Astronautischen Kongress in Bremen

Von Elisabeth Mittelbach

Es war der größte IAC aller Zeiten: Unter dem Motto „Involving Everyone“ trafen sich mehr als 6.500 Teilnehmer aus 83 Ländern vom 1. bis 5. Oktober 2018 in Bremen. Damit war die Hansestadt, die sich selbst mit dem Beinamen „City of Space“ schmückt, Gastgeber des weltweit größten Raumfahrt-Kongresses. Dass der IAC sich neben „traditionellen“ Raumfahrtakteuren wie Agenturen und Wissenschaftlern auch zunehmend als Networking-Veranstaltung für die Entrepreneure und die Raumfahrtindustrie etabliert, erkannten die Besucher unter anderem an der vielfältigen Herkunft und thematischen Bandbreite der insgesamt 144 Aussteller aus aller Welt und allen Branchen. Zudem gab es am 3. Oktober einen „Public Day“ für die Öffentlichkeit mit mehr als 10.000 Besuchern und einem Live-Call mit dem deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst auf der Internationalen Raumstation. Das DLR gehörte als Teil des „Team Germany“ zum Organisationsteam des IAC, der erstmals seit 15 Jahren wieder in Deutschland stattfand. Auf einem weitläufigen eigenen Areal (Halle 5) präsentierte das DLR ausgesuchte Highlight-Themen wie die horizons-Mission von Alexander Gerst, den deutsch-japanisch-französischen Asteroiden-Lander MASCOT, Erdbeobachtungsmissionen wie MERLIN und EnMAP, die DLR-Beteiligung an der NASA-Sonde InSight und an der ESA-Mission BepiColombo und innovative Raumfahrtssysteme wie den SpaceLiner und das Gewächshaus EU:Cropis. Auch über die Themen „New Space und Kommerzialisierung“ konnten sich die Besucher vor Ort im persönlichen Gespräch informieren.

A RECORD IAC

69th International Astronautical Congress in Bremen – a review

By Elisabeth Mittelbach

It was the greatest IAC of all times: under its motto ‘Involving Everyone’, it brought together more than 6500 delegates from 83 countries. The event was held in Bremen on October 1 to 5, 2018, making the city of Bremen, which has for a long time professed itself as the ‘City of Space’, the host of the world’s premier space congress. IAC, in addition to attracting its ‘traditional’ community of agencies and scientists, has evolved into a major networking event for entrepreneurs and the entire space industry, a fact that was also demonstrated by the large variety of backgrounds and the bandwidth of content presented by the 144 exhibitors from all over the world and from every sector. The event was opened to the general public on October 3, ‘Public Day’, when a crowd of more than 10,000 came to see the exhibition and attend a live call with Germany’s ESA astronaut Alexander Gerst, speaking from the International Space Station. As ‘Team Germany’, DLR formed part of the IAC organising committee. It was the first time after 15 years for the event to be held in Germany. Located in its own large exhibition area in hall 5, DLR showcased a selection of its highlight activities such as Alexander Gerst’s horizons mission, the Japanese and Franco-German asteroid lander MASCOT, Earth observation missions like MERLIN and EnMAP, DLR’s input to NASA’s spacecraft InSight and to ESA’s BepiColombo mission as well as a number of innovative space flight systems such as the SpaceLiner and the greenhouse EU:Cropis. ‘New Space and Commercial Space Flight’ was another topic visitors could inform themselves about.

Vor der Messe Bremen wehten vom 1. bis 5. Oktober 2018 die IAC-Flaggen. 6.500 Teilnehmer aus aller Welt hatten sich für den Kongress angemeldet und verbrachten eine Woche in der Hansestadt.

In front of the Bremen exhibition grounds, the IAC flags were waving from October 1 to 5, 2018. 6500 delegates from all over the world had registered for the congress and spent a week in the Hanseatic City.



DLR

Auf dem Roten Teppich: Am 1. Oktober wurde der IAC offiziell mit einem symbolischen „Scheiterschnitt“ eröffnet, dabei unter anderem Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund, DLR-Vorstandsvorsitzende (2. v. l.), Jean-Yves Le Gall, IAF-Präsident (3. v. l.), Bremens Bürgermeister Carsten Sieling (4. v. l.), Marius-Ioan Piso, Präsident der rumänischen Raumfahrtagentur, ESA-Generaldirektor Prof. Jan Wörner (5. v. r.), Bremens Wirtschafts-senator Martin Günthner (4. v. r.) und Thomas Jarzombek, Koordinator der Bundesregierung für die Luft- und Raumfahrt (3. v. r.), Christian Hauglie-Hanssen, Generaldirektor der norwegischen Raumfahrtagentur (2. v. r.) und Geir Hovmork, kommissarischer Head of Delegation, Norwegen.

On the red carpet: on October 1, the IAC was officially opened with a symbolic tape-cutting ceremony attended by, among others, the chair of the DLR board, Professor Dr Pascale Ehrenfreund (2nd from left), IAF President Jean-Yves Le Gall (3rd from left), the Mayor of Bremen, Carsten Sieling (4th from left), the head of the Romanian space agency, Marius-Ioan Piso, ESA's director general, Professor Jan Wörner (5th from right), Bremen's Senator for Economics, Martin Günthner (4th from right), Thomas Jarzombek, aerospace coordinator of the Federal Government (3rd from right), Christian Hauglie-Hanssen, Director General of the Norwegian space agency (2nd from right), and Geir Hovmork, acting head of delegation, Norway.

Die Botschaft der International Astronautical Federation (IAF) als Veranstalter des jährlichen IAC war eindeutig: Unter dem Hashtag #InvolvingEveryone hatte man sich zum Ziel gesetzt, alle „Space People“ miteinander in Verbindung zu bringen – global, multidisziplinär und alle Raumfahrtbereiche und -themen umfassend. Der Fokus lag auf aktuellen Missionen und künftigen Kooperationen. Die IAF vertritt 320 Organisationen aus sechs Kontinenten und 68 Ländern. Sie wurde 1951 ins Leben gerufen. Heute ist sie die weltweit führende Interessenvertretung in der Raumfahrt, einschließlich aller wichtigen Raumfahrtagenturen, Unternehmen, Gesellschaften, Verbände und Institute. Unter dem Dach der IAF treiben Wissenschaft, Industrie, Weltraumagenturen, Verbände und NGOs Austausch und Kooperationen zu allen mit der Raumfahrt verbundenen Themen voran.

Zum Netzwerken und persönlichen Austausch hatten die mehr als 6.500 Teilnehmer in der ersten Oktoberwoche in Bremen rekordverdächtig viele Gelegenheiten und Anlässe – das Programm des IAC 2018 war umfangreicher als je zuvor, mit sieben Plenarversammlungen, drei Highlight-Präsentationen, dem „Global Networking Forum“ (GNF) mit allein 46 Vorträgen und neuen interaktiven Formaten, dem sogenannten technischen Programm mit der Rekordzahl von 17 Keynotes, 179 Fachvorträgen, 480 interaktiven Präsentationen und – ebenfalls neu – 31 Spezialvorträgen. DLR-Wissenschaftler und -Wissenschaftsmanager waren dabei nicht nur Zuhörer und Netzwerker, sondern hielten selbst auch Vorträge oder leiteten Diskussionsrunden. Die DLR-Vorstandsvorsitzende Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund und ihre für Raumfahrt zuständigen Vorstandskollegen Dr. Walther Pelzer (Raumfahrtmanagement) und Prof. Hansjörg Dittus (Raumfahrtforschung und -technologie) nutzten den IAC für zahlreiche bilaterale Gespräche mit internationalen Raumfahrtagenturen und Forschungseinrichtungen, unter anderem aus China, Russland, den USA, Israel, Indien und Neuseeland. Mit der europäischen Raumfahrtagentur ESA gab es ebenfalls einen engen Austausch, der Stand der ESA lag in unmittelbarer Nachbarschaft zum DLR.

Auf dem „Team-Germany-Boulevard“ war das DLR mit einem Haupt- und einem Sonderstand vertreten. Dort stellte es insgesamt 33 Exponate und Forschungsthemen vor. Außerdem waren bei der „German Night“ am 2. Oktober Vertreter aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft zu Gast. Bei der feierlichen Eröffnungszeremonie am 1. Oktober begrüßte auch Thomas Jarzombek, Luft- und Raumfahrtkoordinator der Bundesregierung, die internationalen Gäste. Er beton-

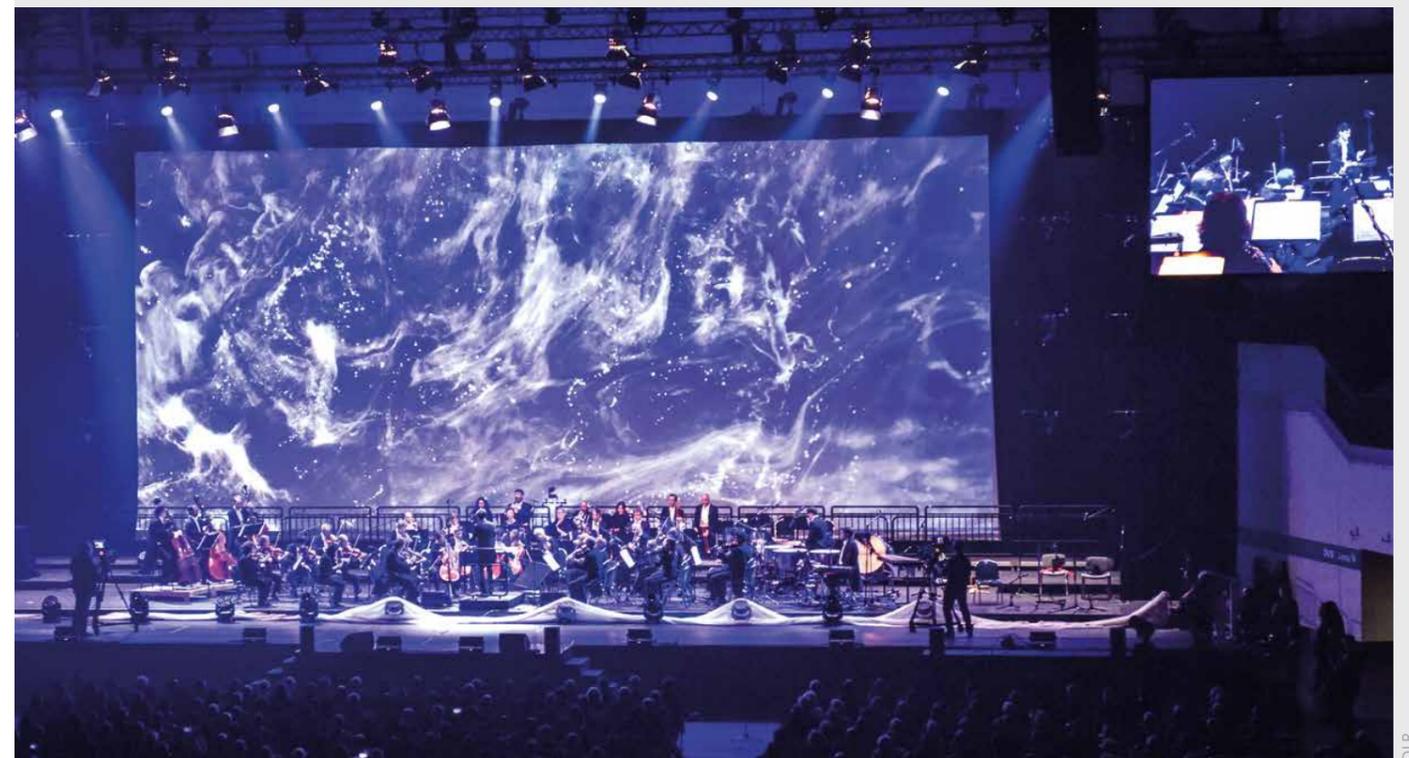
The organisers' message was clear: under the hashtag #InvolvingEveryone, the International Astronautical Federation (IAF) who hosts the annual IAC aimed to connect all 'space people' from across the world in a multi-disciplinary setting and to cover every aspect of space flight. The focus was both on present missions and on future cooperation. The IAF represents 320 organisations operating on six continents and in 68 countries. It was founded in 1951. Today, it is the leading space advocacy organisation and includes all major space agencies, companies, associations, technical societies and research institutes. Under its umbrella, scientists, manufacturers, space agencies, associations and NGOs share information and advance cooperation in all space-related activities.

More than 6500 attendees of the Bremen event in the first week of October were offered a record-breaking number of networking get-togethers and opportunities for personal conversations. The IAC 2018 schedule was busier than ever before, featuring seven plenary sessions, three highlight presentations, the Global Networking Forum (GNF) which in itself offered 46 presentations, some of them in a new interactive format, the Technology Programme featuring a record of 17 keynote speeches, 179 technical presentations, 480 interactive presentations and – another first – 31 special sessions. DLR scientists and science managers took part not only as listeners and networkers but also as speakers or workshop facilitators. The Chair of the DLR Executive Board, Professor Dr Pascale Ehrenfreund and her colleagues from the Board responsible for space affairs, Dr Walther Pelzer (Space Administration) and Professor Hansjörg Dittus (Space Research and Technology) used the opportunity for numerous bilateral meetings with international space agencies and research institutions from countries such as China, Russia, the USA, Israel, India, and New Zealand. There were also close contacts with the European Space Agency ESA, whose booth was located next to DLR.

On the 'Team Germany Boulevard', DLR was represented at its main booth and a special booth, displaying a total of 33 exhibits and research themes. This is where DLR also hosted eminent visitors from politics, academia and industry during the 'German Night' on October 2. In his speech at the IAC opening ceremony on October 1, the German government's aerospace coordinator Thomas Jarzombek welcomed international visitors, emphasising the importance of international collaboration in an area as global in nature as astronautics, adding that for Germany, space was not only a key driver of technology and innovation but also an essential component of our country's employment market.

Gänsehautfeeling: Die Bremer Philharmoniker gestalteten die Eröffnungsfeier des 69. IAC musikalisch – unter anderem mit einer extra arrangierten Klassikversion von Peter Schillings Superhit „Major Tom“.

Goose bumps: the Bremen philharmonic orchestra provided the musical accompaniment of the opening ceremony of the 69th IAC including, among other pieces, a specially arranged classic version of Peter Schilling's super-hit 'Major Tom'.



DLR



Kein Kabelsalat mehr: SKITH ist der erste drahtlose Satellit, entwickelt von der Universität Würzburg und Gewinner des vom DLR Raumfahrtmanagement ausgerichteten INNOspace Masters-Wettbewerbs.

No more tangled cables: the winner of the INNOspace Masters competition organised by the DLR Space Administration, SKITH, is the first wireless satellite. It was developed at Wuerzburg University.

Raum für Gespräche und Networking: Mit 33 Exponaten und einer Sonderausstellungsfläche gehörte das DLR zu den größten institutionellen Ausstellern des 69. IAC in Bremen.

Room for conversation and networking: 33 exhibits and a special display area made DLR one of the biggest institutional exhibitors at the 69th IAC in Bremen.



te, wie wichtig die internationale Zusammenarbeit bei einem so globalen Thema wie der Raumfahrt sei. Und für ganz Deutschland sei die Raumfahrt sowohl ein zentraler Technologie- und Innovationstreiber als auch wesentlicher Bestandteil des Arbeitsmarkts.

Brücke schlagen zwischen Grundlagenforschung und Anwendungen

„Der IAC ist eine tolle Plattform, um eine Brücke zu schlagen zwischen der Grundlagenforschung und Raumfahrt-Anwendungen, was mir besonders wichtig ist“, sagte Dr. Walther Pelzer, DLR-Vorstand für das Raumfahrtmanagement. Das Raumfahrtmanagement präsentierte auf dem IAC unter anderem Experimente der horizons-Mission wie FLUMIAS. Mit diesem 3D-Fluoreszenzmikroskop können erstmals Vorgänge in lebenden Zellen in Echtzeit unter Schwerelosigkeit beobachtet und Veränderungen direkt sichtbar gemacht werden. CIMON, der erste mobile und mit künstlicher Intelligenz ausgestattete Astronauten-Assistent auf der ISS, wurde ebenfalls vorgestellt – er war abwechselnd am DLR-Stand und bei Airbus zu sehen. Im November 2018 hat Alexander Gerst erstmals mit dem Original-CIMON auf der ISS erfolgreich zusammengearbeitet. Aus dem Bereich „Innovation und neue Märkte“ konnten die Besucher den drahtlosen Satelliten SKITH und das intelligente Baukastensystem für Satelliten iBOSS „kennenlernen“.

Am Rande des IAC fand auch das 9. IAF International Meeting for Members of Parliaments zum Thema „The Seamless Chain of Innovation – From Space Science to Business“ statt. Teilnehmer waren Abgeordnete aus der ganzen Welt, die sich in ihren Heimatparlamenten mit Luft- und Raumfahrt beschäftigen. Gastgeber in Bremen waren Klaus-Peter Willsch, Vorsitzender der Parlamentsgruppe Luft- und Raumfahrt im Deutschen Bundestag, und Christian Weber, Präsident der Bremischen Bürgerschaft. Zum Abschluss fand am 5. Oktober die jährliche Hauptversammlung der IAF statt, bei der die DLR-Vorstandsvorsitzende Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund als erste Frau an die Spitze der Weltraumorganisation gewählt wurde. Der nächste IAC findet vom 21. bis zum 25. Oktober 2019 in Washington D.C. statt.



Auf einem Sonderstand stellte das DLR auf dem IAC mit ARCHES (Autonomous Robotic Networks to Help Modern Societies) eine seiner Forschungsaktivitäten zur robotischen Exploration vor. In dem interdisziplinären Projekt forscht das DLR gemeinsam mit der Helmholtz-Gemeinschaft, dem Alfred-Wegener-Institut, GEOMAR sowie dem Karlsruhe Institute of Technology (KIT).

At a separate IAC exhibition booth, DLR presented ARCHES (Autonomous Robotic Networks to Help Modern Societies), one of its research activities around robotic exploration. Under this interdisciplinary project, DLR's research partners include the Helmholtz Association, the Alfred Wegener Institute, GEOMAR, and the Karlsruhe Institute of Technology (KIT).

Building a bridge between fundamental research and applications

“The IAC is a great platform on which to build a bridge between fundamental research and space applications, which is particularly important to me”, said Dr Walther Pelzer, DLR Board Member in charge of Space Administration. At the IAC, the DLR Space Administration presented, among others, experiments of the horizons mission such as FLUMIAS. This 3D fluorescence microscope is the first instrument of its kind to enable researchers to observe in real time what happens in living cells under microgravity conditions, with any changes becoming directly visible. Also introduced was CIMON, the first mobile astronaut assistant with artificial intelligence on the ISS, making alternating appearances at the booth of DLR and that of Airbus. In November 2018, CIMON had performed a first assignment with Alexander Gerst on board the ISS. Visitors of the section ‘Innovation and New Markets’ were able to ‘meet’ SKITH, the wireless satellite, and the smart satellite configuration box, iBOSS.

As an associated event, the 9th International Meeting for Members of Parliament revolved around the theme ‘The Seamless Chain of Innovation – From Space Science to Business’. Its participants were MPs from across the globe who work on space affairs in their home parliaments. The event in Bremen was hosted by Klaus-Peter Willsch, Chairman of the Aerospace Committee of the Bundestag, and the president of the Bremen State Parliament (Bremische Bürgerschaft) Christian Weber. The IAC ended on October 5 with the Annual General Meeting of the IAF, during which DLR Chair Professor Dr Pascale Ehrenfreund as the first woman was elected as Incoming President of the organisation. Next year's IAC will take place in Washington D.C. on October 21–25, 2019.



Autorin: **Elisabeth Mittelbach** ist Teamleiterin Kommunikation in der Abteilung Strategie und Kommunikation im DLR Raumfahrtmanagement und war als Delegierte beim IAC in Bremen.

Author: **Elisabeth Mittelbach** is Head of Communications within the Strategy and Communications department of the DLR Space Administration. She attended the IAC in Bremen as a delegate.

BUSINESS LAUNCH



Ende Oktober fand in Villanueva de la Cañada bei Madrid die Zwischentagung der europäischen Weltraumagentur ESA auf Ministerebene (IMM18) als Vorbereitung auf die nächste Ministerratskonferenz im November 2019 in Sevilla statt. Für Deutschland nahmen teil (von links): Klaus Steinberg, Leiter der ESA-Abteilung im DLR Raumfahrtmanagement, Dr.-Ing. Walther Pelzer, DLR-Vorstand zuständig für das Raumfahrtmanagement, Dr. Kathrin Specht, ESA-Abteilung im DLR Raumfahrtmanagement, Thomas Jarzombek, Koordinator der Bundesregierung für Luft- und Raumfahrt, Christine Klein, ESA-Haushälterin im DLR Raumfahrtmanagement, MR Dr. Karl-Friedrich Nagel, zuständiger Referatsleiter im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, und Dr. Gerd Kraft, ESA-Programmdirektor im DLR Raumfahrtmanagement.

Late in October, the Intermediate Ministerial Meeting of the European Space Agency (IMM18) took place in Villanueva de la Cañada near Madrid in preparation of the coming meeting of the Ministerial Council, which will be held in Seville in November 2019. Part of the German Delegation (from left) Klaus Steinberg, Head of ESA Affairs at the DLR Space Administration, Dr.-Ing. Walther Pelzer, Head of the German Space Administration, Dr Kathrin Specht from ESA Affairs at the DLR Space Administration, Thomas Jarzombek, Federal Government Aerospace Coordinator, Christine Klein, ESA Budget Administrator at the DLR Space Administration, Principal Dr Karl-Friedrich Nagel, Head of Unit at the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, and Dr Gerd Kraft, DLR Space Administration Programme Director.



Hoher NASA-Besuch in Bonn: Der Direktor für Erdbeobachtung, Dr. Michael Freilich (2. v. l.), und der stellvertretende Direktor für internationale Beziehungen Dennis McSweeney (3. v. l.) besuchten am 8. November 2018 das DLR Raumfahrtmanagement. Hier trafen sie unter anderem den Leiter der Abteilung Erdbeobachtung, Dr. Hans-Peter Lüttenberg (l.) sowie Klaus Schmidt, ESA-Delegationsleiter aus derselben Abteilung.

Distinguished visitors from NASA: during their stay in Bonn, NASA Director for Earth Observation Dr Michael Freilich (2nd from left) and Deputy Director Science Division at the Office of International and Interagency Relations Dennis McSweeney (3rd from left) paid a visit to the DLR Space Administration on November 8, 2018. Amongst others, they met with the head of Earth Observation Dr Hans-Peter Lüttenberg (left) and Klaus Schmidt, head of the ESA Delegation from the same unit.



Anlässlich des 20. Geburtstages der Internationalen Raumstation ISS fand in Moskau auf Einladung der russischen Raumfahrtagentur Roskosmos am 20. November 2018 eine internationale Konferenz statt. Deutschland ist in Europa der wichtigste wissenschaftliche Nutzer der ISS. Auf dem Podium (v. l.): Moderator Nikolai Sevastyanov (TsNII Mash), William Gerstenmaier (NASA), Koichi Wakata (JAXA), David Parker (ESA), Mohammed Al Ahabbi (UAE Space Agency), Dr.-Ing. Walther Pelzer (DLR-Vorstand für das Raumfahrtmanagement), Yang Liwei (CNSA, 1. Taikonaut) und Evgeny Mikrin (RSC Energia).

On November 20, 2018, exactly 20 years after the assembly of the International Space Station ISS had begun, the Russian space agency Roskosmos held an international conference in Moscow. In Europe, Germany is the most important scientific ISS-partner. On the stage (from left): Presenter Nikolai Sevastyanov (TsNII Mash), William Gerstenmaier (NASA), Koichi Wakata (JAXA), David Parker (ESA), Mohammed Al Ahabbi (UAE Space Agency), Dr.-Ing. Walther Pelzer (Head of the German Space Administration), Yang Liwei (CNSA, 1st Taikonaut) und Evgeny Mikrin (RSC Energia).



Mit einem symbolischen Spatenstich hat die IABG am 31. Oktober 2018 die Baumaßnahmen für ein Zentrum zur Qualifikation elektro-optischer Raumfahrtssysteme und -komponenten begonnen. Im Bild (v. l.): Engelbert Kupka, Aufsichtsratsvorsitzender IABG, Dr.-Ing. Walther Pelzer, DLR-Vorstand zuständig für das Raumfahrtmanagement, Prof. Dr. Rudolf F. Schwarz, Geschäftsführer IABG, Franz-Josef Pschierer, ehemaliger Bayerischer Staatsminister für Wirtschaft, Energie und Technologie, Christoph Göbel, Landrat Landkreis München, Florian Hahn, MdB.

IABG conducted a ground-breaking ceremony on October 31, 2018, to mark the beginning of construction work on a qualification centre for electro-optical space systems and components. The photo shows (from left): Engelbert Kupka, Chairman of the IABG Supervisory Board, Dr.-Ing. Walther Pelzer, head of the DLR Space Administration, Professor Dr Rudolf F. Schwarz, Managing Director IABG, Franz-Josef Pschierer, former Minister of Economic Affairs, Energy and Technology of the State of Bavaria, Christoph Göbel, Munich District Administrator, and Florian Hahn, Member of the German Bundestag.

SPACE CALENDAR

All the launch dates at a glance

2018	
December 20 th	Return of the German ESA astronaut Alexander Gerst
2019	
January	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral (Florida/USA); carrying Dragon 16 th ISS logistics flight (SpaceX CRS-16)
February 7 th	Launch of Progress 72P from Baikonur (Kazakhstan; ISS logistics)
February 17 th	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral; carrying Dragon 17 th ISS logistics flight (SpaceX CRS-17)
February/March	Student rocket double campaign REXUS 25/26 in Esrange (North of Sweden); carrying five experiments from German teams as well as launch of REXUS 23; carrying three German experiments
March 1 st	Begin of the 120-day isolation experiment SIRIUS at the former Mars500 habitat in Moscow (Russia) with six German scientific teams
March 4 th –15 th	33 rd DLR parabolic flight campaign in Bordeaux (France)
April 1 st	Launch of Proton from Baikonur; carrying the Russian-German X-ray space telescope SRG/eROSITA
2 nd quarter	Launch of Ariane 5 from Kourou (French-Guiana); carrying the communication satellite EDRS-C
April 5 th	Launch of Soyuz 58S from Baikonur (ISS expedition)
April 17 th	Launch of Antares from Wallops Island (USA); carrying Cygnus 11 th ISS logistics flight (NG-11)
May 7 th	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral; carrying Dragon 18 th ISS logistics flight (SpaceX CRS-18)
Mai 8 th	Launch of ESA sounding rocket MASER 14 from Esrange; carrying the German-Japanese experiment DUST from DLR and JAXA
June 17 th –23 rd	Paris Air Show Le Bourget
July 21 st	50-year anniversary of the 1 st Moon landing
August 27 th –September 1 st	Moscow Air Show MAKS
September 2 nd –13 th	34 th DLR parabolic flight campaign in Bordeaux
October	Student balloon double campaign BEXUS 28/29 in Esrange with four German experiments
October 21 st –25 th	International Astronautical Congress (IAC) in Washington (USA)
October 28 th –November 22 nd	Conference of the International Telecommunication Union in Sharm-el-Sheik (Egypt)
November/December	Stern II launch from Kiruna
4 th quarter	Finalisation of the earthbound telescope GESTRA next to Koblenz (Germany)

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)



Start der europäisch-japanischen Weltraummission BepiColombo zum Merkur vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou (Französisch-Guayana) am 19. Oktober 2018 um 22:45:28 Uhr Ortszeit.

Launch of the European-Japanese space mission BepiColombo to Mercury from the European space port Kourou (French Guiana) on October 19, 2018, at 22:45:28 local time.

Convaja/ESA



Das DLR im Überblick

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

In den 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

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

DLR has approximately 8,000 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.

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 (Redaktionsleitung) (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 Merkur ist als sonnennächster Planet noch weitestgehend unerforscht. Nur die beiden Raumsonden Mariner 10 und Messenger haben den kleinen Gesteinssonderling bislang untersucht. Die große europäisch-japanische Weltraummission BepiColombo soll uns nun mehr über Merkur verraten. (NASA) Mercury, the planet closest to the Sun, is still to a large extent unexplored. The only two missions to have visited the odd little rocky planet so far were NASA's Mariner 10 and Messenger. Soon, a major Japanese-European space mission, BepiColombo, will tell us more about Mercury. (NASA)

