



# COUNTDOWN

newsletter

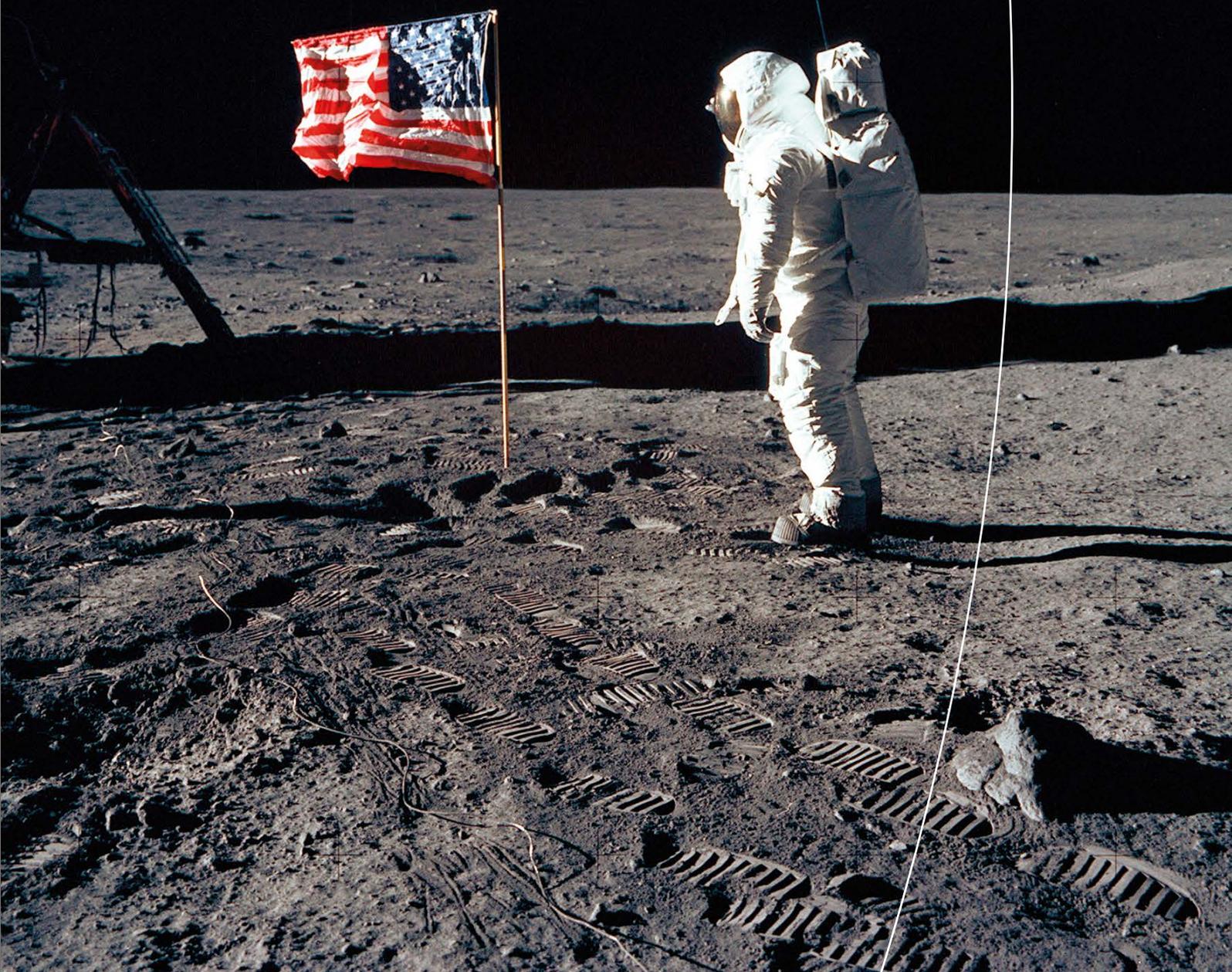
Aktuelles aus dem  
DLR Raumfahrtmanagement

Topics from  
DLR Space Administration

Mondträume  
50 Jahre nach Apollo 11 wollen  
Raumfahrer wieder zum Mond

Moon dreams  
50 years after Apollo 11, the focus of the  
space sector turns again to the Moon

1/2019 · Nr. 38



# COUNTDOWN

## newsletter



16

### ZEIT DES AUFBRUCHS

Gespräch mit dem Koordinator für die Luft- und Raumfahrt

#### GENERAL SENSE OF DEPARTURE

Interview with the Coordinator of German aerospace policy ..... 6

### MONDTRÄUME

50 Jahre nach Apollo 11 wollen Raumfahrer wieder zum Mond

#### MOON DREAMS

50 years after Apollo 11, the focus turns again to the Moon..... 16

### INS ALL – OHNE ABZUHEBEN

Sechs „Kosmonauten“ gehen auf eine ganz besondere Reise

#### INTO SPACE – WITHOUT TAKING OFF

Six 'cosmonauts' set out on a very special journey ..... 38

### BLICK IN DIE ZUKUNFT

Europäische Minister verhandeln das ESA-Raumfahrtbudget

#### LOOKING AHEAD

European ministers to negotiate ESA's space budget ..... 46

### LÜCKEN IM NETZ SCHLIESSEN

Hohe Verpflichtungen machen Satelliten für 5G attraktiv

#### STOPPING GAPS IN THE NETWORK

Provider commitments make satellites attractive for 5G ..... 56

### DUNKLE GESCHÄFTE AUF HOHER SEE

Satelliten helfen beim Aufdecken von illegaler Fischerei

#### SHADY BUSINESS ON THE HIGH SEAS

Satellites help expose illegal fishing ..... 66

### KLEINES PROGRAMM, GROSSE WIRKUNG

Deutsche Technologien lassen Europas Trägerraketen abheben

#### SMALL PROGRAMME WITH A LONG REACH

German Technologies give a boost to European launchers..... 78

### BUSINESS LAUNCH

Die Raumfahrtszene in Fakten und Bildern

#### BUSINESS LAUNCH

The space sector in facts and pictures ..... 86

### RAUMFAHRTKALENDER

Alle wichtigen Starts auf einen Blick

#### SPACE CALENDAR

All important launch dates at a glance ..... 88



46



56



66



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 fantastisches Ereignis jährt sich in diesem Jahr: Vor 50 Jahren – am 21. Juli 1969 um 3:56 Uhr MEZ – betrat Neil Armstrong als erster Mensch den Mond. Die erste Mondlande-Mission der Apollo-11-Helden Neil Armstrong, Edwin „Buzz“ Aldrin und Michael Collins hat die Welt verändert und neue Maßstäbe in der bemannten Raumfahrt gesetzt. 500 bis 600 Millionen Menschen haben damals bei der 28 (!)-Stunden-Liveübertragung mitgefiebert. 50 Prozent aller Fernsehsender waren zugeschaltet, als Armstrong und Aldrin als erste Menschen überhaupt die ersten Fußabdrücke auf einem anderen Himmelskörper hinterließen. Dieses bis heute beispiellose Ereignis der Weltgeschichte wollen wir in dieser COUNTDOWN-Ausgabe mit einer ausführlichen Reportage über die internationalen Mondmissionen würdigen.

Doch nicht nur mit der historischen Mondlandung beschäftigen wir uns in dieser Ausgabe. Schon jetzt blicken wir der ESA-Ministerratskonferenz am 27. und 28. November 2019 im spanischen Sevilla entgegen. Dort wird über die Zukunft der europäischen Raumfahrt entschieden. Die Vorbereitungen dazu sind in vollem Gange. Mond und Mars sind in aller Munde. Im Fokus der deutschen Delegation stehen aber entsprechend der deutschen Raumfahrtstrategie die Anwendungsprogramme in der Erdbeobachtung und der Satellitenkommunikation sowie innovative Raumfahrttechnologien. Für die Bundesregierung leitet der Koordinator für die Luft- und Raumfahrt, Thomas Jarzombek, die Verhandlungen. Wir freuen uns sehr, ihn bei den Vorbereitungen tatkräftig zu unterstützen und ihn für ein persönliches Interview gewonnen zu haben.

Eine weitere wichtige Entscheidung mit Auswirkungen auf die Raumfahrt ist im Mai in Mainz gefallen. Hier wurden in einem Auktionsmarathon die 5G-Frequenzen an vier Mobilfunkanbieter versteigert. Die Bundesregierung hat zum ersten Mal hohe Auflagen an die Vergabe geknüpft. Wie die Satellitenkommunikation helfen kann, diese Hürde zu nehmen, lesen Sie ebenfalls in dieser Ausgabe.

Illegale Fischerei ist ein Milliardenbusiness und eine wesentliche Fluchtursache in Entwicklungsländern. Wir zeigen Ihnen, wie Satellitendienste helfen, diesem Problem beizukommen.

Viel Spaß bei der Lektüre wünscht Ihnen

Ihr Walther Pelzer

#### Dear reader,

The world is marking a fantastic anniversary this year: 50 years ago, on July 21, 1969, at 3.56 a.m. CET, Neil Armstrong was the first human being to set foot on the Moon. The first Moon landing mission of the heroes of Apollo 11, Neil Armstrong, Edwin 'Buzz' Aldrin, and Michael Collins, has changed the world and set new standards in human space flight. The event held between 500 and 600 million people enthralled in a 28-hour (!) live broadcast. 50 per cent of all television stations covered Armstrong and Aldrin leaving the first-ever footprints of human beings on another celestial body. We commemorate this hitherto unsurpassed accomplishment in world history in a detailed article about all international lunar missions in this issue of COUNTDOWN.

However, historic landings on the Moon are not the only subject we will address in this issue. We will also be looking ahead to the meeting of the ESA Ministerial Council on November 27 and 28, 2019, in the Spanish city of Seville, where the future of Europe's space activities will be agreed. Preparations are now in full flight. While the words Moon and Mars are on everybody's lips, the German delegation will concentrate first and foremost on application programmes for Earth observation and satellite communication as well as on innovative space technologies, as set out in Germany's space strategy. Negotiations on behalf of the federal government will be led by Thomas Jarzombek, the aerospace coordinator. We are very happy to support him in his preparations and pleased that he has given us a personal interview.

Another important decision with an impact on space flight was made in Mainz in May, where the 5G frequencies were auctioned off to four mobile service providers in an epic bidding process. For the first time, awards were tied to strict conditions laid down by the federal government. How satellite communications can help to jump this hurdle is another theme featured in this issue.

Illegal fishing is a billion-euro business and a major contributing factor to migration from developing countries. We will explain how satellite services can help tackle this problem.

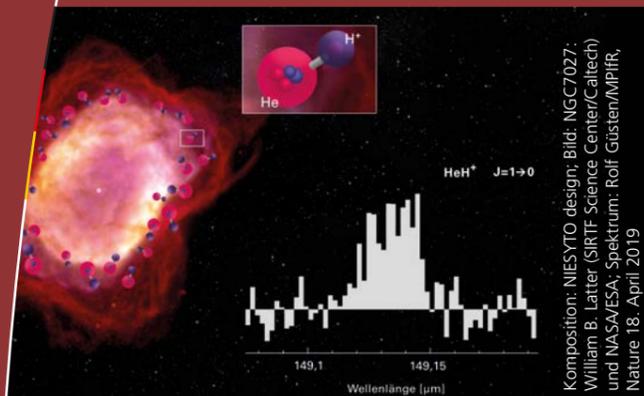
Have a good read!

Yours, Walther Pelzer

## SPACE FACTS

### +++ SOFIA entdeckt Baustein für das junge Universum

Das Heliumhydrid-Ion ( $\text{HeH}^+$ ) stellte die Wissenschaft bisher vor ein Dilemma: Aus Laboruntersuchungen ist es seit fast 100 Jahren bekannt, aber im Weltall war es trotz aufwändiger Suche bisher nicht aufzufinden. Deshalb wurden die damit verbundenen chemischen Modellrechnungen sogar angezweifelt. Doch einem internationalen Forscherteam unter der Leitung von Rolf Güsten vom Bonner Max-Planck-Institut für Radioastronomie ist es nun geglückt, dieses Molekül in Richtung des Planetarischen Nebels NGC 7027 mit Hilfe des Ferninfrarot-Spektrometers GREAT an Bord der fliegenden Sternwarte SOFIA eindeutig nachzuweisen. SOFIA ist ein Gemeinschaftsprojekt des DLR Raumfahrtmanagements und der US-amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA. Die Ergebnisse wurden in der Ausgabe der Fachzeitschrift „Nature“ vom 18. April 2019 veröffentlicht.



<http://s.dlr.de/m3u2>

### +++ SOFIA discovers building block of the young universe

So far, the helium hydride ion ( $\text{HeH}^+$ ) has been presenting science with a dilemma: although the substance has been known from laboratory studies for almost 100 years, detecting it in space has been impossible in spite of elaborate search endeavours. Even chemical model calculations have been cast into doubt for that reason. Now, however, an international team of researchers led by Rolf Güsten of the Bonn Max Planck Institute for Radioastronomy has succeeded in unambiguously demonstrating the presence of this molecule in the direction of the planetary nebula NGC 7027 with the aid of the GREAT far-infrared spectrometer on board the flying observatory SOFIA. SOFIA is a joint project of DLR Space Administration and the American space agency NASA. The results have been published in the April 18, 2019 issue of 'Nature'.

### +++ Deutscher Innovationspreis für CIMON

Zum zehnten Mal zeichnete die WirtschaftsWoche gemeinsam mit Accenture und EnBW am 29. März 2019 in München Deutschlands innovativste Unternehmen aus. Der Deutsche Innovationspreis in der Kategorie Großunternehmen ging an Airbus für die Entwicklung des digitalen Assistenten CIMON (Crew Interactive Mobile Companion). Das mit künstlicher Intelligenz (KI) ausgestattete Technologie-Experiment wurde im Auftrag des DLR Raumfahrtmanagements mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie von Airbus in Friedrichshafen und Bremen entwickelt und gebaut und nutzt die KI der IBM-Watson-Technologie. Das Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München betreut das Projekt wissenschaftlich. CIMON hat seine Feuertaufe im All bei seinem Einsatz mit dem deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst auf der Internationalen Raumstation ISS am 15. November 2018 erfolgreich bestanden. CIMON hat 90 Minuten zusammen mit Alexander Gerst in Schwerelosigkeit „gearbeitet“.



<https://www.der-deutsche-innovationspreis.de/>

### +++ German Industry's Innovation Award for CIMON

On March 29, 2019, it was the tenth time that the WirtschaftsWoche, together with Accenture and EnBW, presented its award to honour the most innovative companies in Germany. In the Large Enterprise category, the German Innovation Prize went to Airbus for its development of the digital assistant CIMON (Crew Interactive Mobile Companion). Developed by Airbus in Friedrichshafen and Bremen and equipped with artificial intelligence (AI), the technology experiment was developed and built by order of the DLR Space Administration with funds from the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) based on the IBM-Watson AI technology. Scientific assistance was provided by the teaching hospital of Ludwig Maximilians University of Munich. CIMON successfully passed its baptism of fire on the International Space Station ISS when it performed a 90-minute shift of 'work' in microgravity with Alexander Gerst on November 15, 2018.

### +++ Erste PLATO-Detektoren ausgeliefert

Die erste Serie von lichtempfindlichen Kamerasensoren, die auf dem Weltraumobservatorium PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of stars) zum Einsatz kommen, wurde im März 2019 von der Europäischen Weltraumorganisation ESA abgenommen. Die Auslieferung dieser Detektoren ist ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zum Bau eines bahnbrechenden Weltraumteleskops, das ab 2026 erdgroße Exoplaneten im Orbit um benachbarte Sterne suchen und entdecken soll. Ein Weltraumteleskop wie PLATO hat es noch nie gegeben: Es wird aus 26 einzelnen Teleskopen bestehen, die auf einer Satellitenplattform montiert sind. Insgesamt wird mit allen PLATO-Kameras damit die größte lichtempfindliche CCD-Fläche wissenschaftlich genutzt, die je im Weltraum zum Einsatz kam.



<http://s.dlr.de/a11w>

### + + + First delivery of PLATO detectors

The first series of light-sensitive camera sensors to be installed in the space observatory PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of stars) has been acceptance-tested by the European Space Agency ESA in March 2019. The delivery of these detectors constitutes an important milestone on the way towards building a ground-breaking space telescope which will search for and discover Earth-sized exoplanets orbiting neighbouring stars from 2026 onwards. Never before has there been a space telescope like PLATO: it will consist of 26 individual telescopes mounted on a satellite platform. Overall, the PLATO cameras will form the largest optical CCD panel ever used in space for scientific purposes.



<http://s.dlr.de/2ik1>

### +++ Liegen lernen: auf der Erde im Weltraum

Das DLR hat am 25. März 2019 gemeinsam mit der europäischen Weltraumorganisation ESA und der amerikanischen Weltraumbehörde NASA mit AGBRESA (Artificial Gravity Bed Rest Study) die erste gemeinsame Langzeit-Betruhestudie gestartet. Erstmals wird dabei der Einsatz von künstlicher Schwerkraft als mögliche Maßnahme gegen die negativen Effekte der Schwerelosigkeit auf den menschlichen Organismus untersucht. Zwei Drittel der Probanden werden daher während der dreimonatigen Studie täglich im Liegen auf der DLR-Kurzarm-Zentrifuge in der luft- und raumfahrtmedizinischen Forschungsanlage :envihab gedreht. Das DLR Raumfahrtmanagement fördert die Experimente der deutschen Wissenschaftler, die von der ESA zur Teilnahme an der Studie ausgewählt wurden.

### +++ Learning how to lie down: on Earth in space

On March 25, 2019, DLR, the European Space Agency ESA and the American space agency NASA together launched AGBRESA (Artificial Gravity Bed Rest Study), their first joint study on the subject. In the course of the study, the use of artificial gravity to counteract the negative effects of microgravity on the human organism will be investigated for the first time. To this end, two thirds of a group of subjects will be rotated daily in a lying position on the DLR short-arm centrifuge at the :envihab aerospace medicine facility. DLR Space Administration is funding the experiments run by the German scientists that have been selected by ESA to participate in the study.

### +++ Düstere Prognose: Grönlandeis könnte bald verschwinden

Eine neue Studie, die am 21. Januar 2019 im Fachblatt PNAS erschienen ist, zeichnet ein düsteres Bild von der Eisschmelze. Bei der Auswertung von Daten der von DLR und NASA betriebenen GRACE- und GPS-Satelliten konnten US-Wissenschaftler von der School of Earth Sciences der Ohio State University zeigen, dass die größten dauerhaften Eisverluste ausgerechnet aus einem Gebiet in Grönland stammen, wo es kaum größere Gletscher gibt – und zwar im Südwesten der Insel. Das Eis auf Grönland schmilzt deutlich schneller als bislang angenommen. Im Jahr 2012 hatte der jährliche Eisverlust 400 Milliarden Tonnen erreicht – eine Vervielfachung der Rate seit 2003. Durch den Klimawandel könnte Grönland bereits kurz vor dem Kippunkt stehen.



<https://news.osu.edu/greenland-ice-melting-rapidly-study-finds/>

### +++ Gloomy outlook: Greenland ice shield might disappear soon

A new study published in the PNAS journal on January 21, 2019, draws a gloomy picture of the melting of Greenland's ice sheet. The evaluation from data of the DLR/NASA mission GRACE and GPS satellites by American scientists from the School of Earth Sciences at Ohio State University showed that, ironically, the most massive ongoing ice losses occurred in an area of Greenland where there are hardly any major glaciers, i.e. in the south-west of the island. The ice on Greenland is melting noticeably faster than assumed previously. By 2012, the annual loss of ice had reached 400 billion tonnes – four times the rate of 2003. As a result of climate change, Greenland might already be close to the tipping point.



# ZEIT DES AUFBRUCHS

Neue Herausforderungen meistern, neue Gestaltungsmöglichkeiten nutzen

Thomas Jarzombek im Gespräch mit Elisabeth Mittelbach und Martin Fleischmann von der COUNTDOWN-Redaktion

Am 11. April 2018 wurde Thomas Jarzombek vom Bundeskabinett zum neuen Koordinator der Bundesregierung für die Luft- und Raumfahrt ernannt. Seitdem koordiniert und bündelt der 46-Jährige in diesen Branchen die Maßnahmen der Bundesregierung zur Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit. In seinem ersten Jahr in dieser Funktion ist vor allem in der Raumfahrt viel passiert: Der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst absolvierte mit „horizons“ seine zweite Mission auf der Internationalen Raumstation ISS und wurde der erste deutsche Kommandant dieses „Außenpostens der Menschheit im All“. Das Weltraumrecht ist von einzelnen Nationen „neu“ entdeckt worden. Raumfahrtationen wie zum Beispiel die USA, Russland und China, aber auch private Raumfahrtunternehmen haben ihre Mondprogramme vorgestellt und damit unseren Erdtrabanten wieder stärker in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Beinahe wäre sogar zum ersten Mal eine private Initiative erfolgreich auf dem Mond gelandet. Das zeigt: Der Raumfahrtsektor ist in Bewegung und wird es auch bleiben. Denn vor uns liegt eine Zeit des Aufbruchs: Digitalisierung, Industrie 4.0, Klimawandel, Weltraumschrott, Weltraumgesetze, neue bemannte Missionen, New Space und ein neuer Gründergeist stellen die Raumfahrt zwar vor Herausforderungen, schaffen aber gleichzeitig auch mehr Gestaltungsmöglichkeiten und Raum für Innovation. Wie der neue Koordinator für die Luft- und Raumfahrt diese Herausforderungen meistern und die neuen, weitreichenden Gestaltungsoptionen für Deutschland nutzen möchte, verrät Thomas Jarzombek im COUNTDOWN-Interview.

## GENERAL SENSE OF DEPARTURE

New challenges to master, new chances to grab

Thomas Jarzombek in conversation with Elisabeth Mittelbach and Martin Fleischmann from COUNTDOWN editorial office

On April 11, 2018, the federal cabinet appointed Thomas Jarzombek to be the government's new aerospace coordinator. In that capacity, he has since then been working to coordinate and re-focus the government's measures relating to those sectors to strengthen their international competitiveness in research and development. During his first year in his new role, a lot has happened especially in the space sector: Germany's ESA astronaut Alexander Gerst completed his second mission, 'horizons', on the International Space Station ISS and became the first German commander of that 'human outpost in space'. Several nations have been pressing ahead with their own proposals concerning space law. Space nations like the USA, Russia and China, but also a number of commercial players presented their lunar programmes, thus moving the Earth's companion back into the public focus. There was even a private firm that very nearly succeeded in performing a lunar landing. This shows that space is, and will continue to be, buzzing with activity. For we are heading for a time of departure: digital transformation, smart manufacturing, climate change, space debris, space law, new crewed missions, New Space, and an overall sense of entrepreneurship – all these put the sector before challenges but at the same time create fresh space for creativity and innovation. In this COUNTDOWN interview, Germany's new aerospace coordinator sets out how he intends to master the upcoming challenges and use the new wide-ranging opportunities to the advantage of the country.

Blickt auf ein ereignisreiches Jahr zurück und auch nach vorn: Thomas Jarzombek (MdB), Koordinator der Bundesregierung für die Luft- und Raumfahrt

Looking back at an eventful year, facing the future: Thomas Jarzombek MP, Aerospace Coordinator of the federal government



Raumfahrt vor Ort: Am 20. August 2018 besuchte Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier (unten rechts) das DLR in Oberpfaffenhofen, um vom Columbus-Kontrollzentrum aus mit dem deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst live auf der ISS zu sprechen. Begleitet wurde Altmaier von Thomas Jarzombek sowie den DLR-Vorständen Dr. Walther Pelzer (hinten links) und Prof. Hansjörg Dittus (hinten 2. v. rechts) sowie ESA-Generaldirektor Prof. Jan Wörner und der DLR-Vorstandsvorsitzenden Prof. Pascale Ehrenfreund.

On site: on August 20, 2018, the Federal Minister for Economic Affairs and Energy, Peter Altmaier (bottom right), visited the Columbus control centre at DLR's Oberpfaffenhofen site for a live conversation with German ESA astronaut Alexander Gerst on the ISS. Mr Altmaier came in the company of Thomas Jarzombek and DLR board members Dr Walther Pelzer (top left) and Professor Hansjörg Dittus (top, 2nd from right) as well as ESA's Director General, Professor Jan Wörner and the Chair of the DLR Board, Professor Pascale Ehrenfreund.

**Sie sind seit einem Jahr Luft- und Raumfahrtkoordinator der Bundesregierung. Was bedeutet dieser Job für Sie? Decken sich Ihre Erwartungen mit der Realität? Wie erleben Sie persönlich insbesondere die Raumfahrt in Deutschland und international?**

: Ich hätte mir kein besseres Jahr für den Start in das Amt als Koordinator für die deutsche Luft- und Raumfahrt wünschen können. Im April 2018 konnte ich meine ersten Termine als Koordinator direkt auf der ILA in Berlin machen. Auf der Luftfahrtmesse ist längst auch ein großer Teil der deutschen und europäischen Raumfahrtszene vertreten. Von Juni bis Dezember hat die „horizons“-Mission unseres deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst viel Aufmerksamkeit bekommen. Er hat als Astronaut und Kommandant der ISS wieder Tausende Menschen für Raumfahrt und Naturwissenschaften begeistert. Vor allem aber ist dies eine Zeit des Aufbruchs: Neue bemannte Missionen, New Space und ein neuer Gründergeist bringen uns großartige Gestaltungsmöglichkeiten.

Und so bin ich nach einem Jahr fasziniert, wie innovativ und erfolgreich die deutsche Luftfahrt- und Raumfahrtindustrie in und aus Deutschland ist, aber noch mehr, wie groß der Einfluss der Raumfahrt auf andere Industrien und Wirtschaftsbereiche ist. Raumfahrt ist aus der Landwirtschaft, Mobilität und Logistik nicht mehr wegzudenken. Dieser Botschaft möchte ich mit meiner Arbeit mehr Sichtbarkeit verleihen.

**Es drängen zunehmend private Unternehmen mit ehrgeizigen Plänen in den Raumfahrtsektor. Die großen US-amerikanischen Akteure „mischen“ wichtige Bereiche wie Start-, Telekommunikations- und Erdbeobachtungsdienstleistungen auf. Was halten Sie von dieser Entwicklung?**

: Ich bin überzeugt, die Raumfahrt steht an einem Punkt, an dem die Luftfahrt in den Zwanzigerjahren des vergangenen Jahrhunderts war. Jedes Mal, wenn ich das sage, gibt es auch diese Reaktion: Raumfahrt ist doch längst ein essenzieller, unverzichtbarer Bestandteil unseres Lebens auf der Erde. Beides ist richtig!

**It's been a year since you were appointed the federal government's aerospace coordinator. How important is the job to you? Does it match your expectations? What is your personal impression of the aerospace sector both in Germany and internationally?**

: I couldn't have wished for a better year to start my work as aerospace coordinator. In April 2018, I immediately had an opportunity to have my first meetings as coordinator at the ILA in Berlin, where a major part of the German and European aerospace community is represented. From June until December, the 'horizons' mission of our German ESA astronaut Alexander Gerst received a lot of attention. As an astronaut and as commander of the ISS he once again inspired thousands of people to take an interest in space flight and science. But more than anything else, the year was marked by a general sense of departure: new human missions, New Space, and a new spirit of entrepreneurship all carry with them a range of great new opportunities.

So, what has struck me this last year is how innovative and successful aerospace within and from Germany has been, and what fascinates me even more is the influence of aerospace on other manufacturing and business sectors. Space has become an indispensable element in agriculture, mobility and logistics. This is a message I intend to make more visible in my work.

**Increasing numbers of private-sector companies are pushing into the aerospace sector with ambitious plans. Big firms from the United States are stirring up important market segments like launch services, telecommunications and Earth observation. How do you relate to that development?**

: I firmly believe that space flight is about to arrive at a point where aviation was in the twenties of the past century. Every time I say this, someone will react and say: but space flight has long become an essential, indispensable part of our lives on our planet. Both statements are correct!

Am 25. April 2018 hat Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel (Bildmitte) die Internationale Luft- und Raumfahrtmesse ILA in Berlin eröffnet und einen Rundgang über das Gelände unternommen. Mit dabei waren neben Thomas Jarzombek (2. v. r.) auch Guillaume Faury, Präsident von Airbus Commercial Aircraft; Oberst i.G. Michel Lipski, Luftwaffenattaché; Dietmar Woidke, Ministerpräsident des Landes Brandenburg; Andreas Scheuer, Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur; Volker Greiner, Emirates-Vizepräsident Nord- und Zentraleuropa; Delphine Gény-Stephann, Staatssekretärin im französischen Wirtschaftsministerium; Thomas Enders, damaliger Airbus-Geschäftsführer und Dr. Klaus Richter, BDLI-Präsident (v. l.).

On April 25, 2018, the Chancellor of the Federal Republic of Germany (centre) has opened the Berlin Air Show ILA with a round tour. Besides Thomas Jarzombek (2nd from right) joined also Guillaume Faury, President of Airbus Commercial Aircraft; Colonel Michel Lipski, German Air Force Attaché; Dietmar Woidke, Prime Minister of the Federal State of Brandenburg; Andreas Scheuer, Federal Minister for Transport and Digital Infrastructure; Volker Greiner, Emirates Vice President of the North and Central Europe Division; Delphine Gény-Stephann, Secretary of State in the French Ministry for the Economy; Thomas Enders, former CEO of Airbus and Dr Klaus Richter, President of BDLI (from left).



„Deutsche Raumfahrtunternehmen und Forschungsinstitute spielen – global gesehen – technologisch in der ersten Liga. Bemerkenswert ist: Die staatlichen Raumfahrtprogramme machen recht konstant rund 50 Prozent des Branchenumsatzes aus. Daher hat der Staat hier eine besondere Aufgabe.“

Thomas Jarzombek

‘Germany’s space-tech companies and research institutes are, globally speaking, playing in the top league. It is remarkable how government-funded space programmes fairly constantly make up about 50 per cent of the business of the total sector. This gives government a special role.’

Thomas Jarzombek

Wir sehen zunehmend private Unternehmen, die aus eigenen Interessen oder zusammen mit den Raumfahrtagenturen den Weltraum erschließen wollen – sei es mit Konstellationen aus Satelliten oder gleich für Weltraumtouristen. Gleichzeitig gründen immer mehr Staaten eigene Raumfahrtagenturen, beispielsweise Australien. Diese Länder erkennen, welchen Beitrag Raumfahrt für das Leben auf der Erde leisten kann – von Erdbeobachtung bis hin zu Kommunikation. Die Chancen sind riesig!

Sorge macht mir bei dem Zuwachs an Aktivitäten aber das Problem mit Weltraumschrott oder „Space Debris“. Es ist dringend erforderlich, eine international verbindliche Regelung zum Umgang mit Weltraumschrott zu finden, um die Orbits auf lange Sicht zu erhalten und die Gefahr für Aktivitäten im Weltraum gering zu halten. Schon jetzt ist Weltraumschrott eine reale Gefahr für Satelliten oder die astronautische Raumfahrt auf der ISS. Die ESA ging Anfang 2019 von 34.000 Objekten aus, die größer als zehn Zentimeter Durchmesser sind, von 900.000 Objekten mit einem Durchmesser von einem bis zehn Zentimetern und sogar von 128 Millionen Teilen, die kleiner als ein Zentimeter sind. Das ist unsere Herausforderung.

**Wie schnell brauchen wir im Zuge dieser Entwicklung ein neues Weltraumgesetz und wie müsste dieses Regelwerk aussehen? Die ersten Initiativen wollen sogar zum Mond, zum Mars und zu Asteroiden fliegen, um Rohstoffe abzubauen.**

: Der Koalitionsvertrag gibt der Bundesregierung ein klares Ziel vor: „Wir werden ein Weltraumgesetz auf den Weg bringen, um Investitions- und Rechtssicherheit für nicht-staatliche Raumfahrtaktivitäten zu schaffen.“ An dem Wie arbeitet das Bundeswirtschaftsministerium derzeit sehr intensiv. Wir wollen ein Gesetz, das Rechtssicherheit schafft und uns zu einem attraktiven Standort für Raumfahrtinvestitionen macht. Gleichzeitig ist das Gesetz auch der Startpunkt für eine neue völkerrechtliche Diskussion: Kann man Eigentum im Weltraum und an Himmelskörpern erwerben? Eine unabdingbare Voraussetzung für Investitionen. Aber wie löst man zu erwartende Konflikte? Wie sichert man den Schutz der Umwelt und die Interessen der Allgemeinheit? Wir müssen aus der Diskussion zu Ergebnissen kommen. Das ist mein Ziel.

**Wirtschaftsminister Peter Altmaier hat im Februar 2019 eine „Nationale Industriestrategie 2030“ vorgestellt. Hier wird die Luft- und Raumfahrt als Schlüsseltechnologie definiert. Wie sollte sich der Staat im konkreten Fall der deutschen Raumfahrt-industrie verhalten?**

: Deutsche Raumfahrtunternehmen und Forschungsinstitute spielen – global gesehen – technologisch in der ersten Liga. Bemerkenswert ist: Die staatlichen Raumfahrtprogramme machen recht konstant rund 50 Prozent des Branchenumsatzes aus. Daher hat der Staat hier eine besondere Aufgabe als Einkäufer, aber auch hinsichtlich der verschiedenen Entwicklungsprogramme. Im Rahmen der Forschung, vor allem beim DLR, im Rahmen des nationalen Raumfahrtprogramms, der ESA- und der EU-Programme investieren wir stark in diese strategische Branche.

Ein Schwerpunkt liegt aber auf dem Engagement für Start-ups und Gründer. Mit dem High-Tech-Gründerfonds EXIST, dem Investzuschuss Wagniskapital ZIM, der KfW Capital und dem Europäischen Investitionsfonds haben wir ein umfangreiches Instrumentarium aufgebaut, um in Gründungs- und Wachstumsphasen zu unterstützen.



We are seeing an increasing number of private businesses that want to explore space, either on their own account or together with a space agency – be it by building satellite constellations or even offering trips to space tourists. Simultaneously, more and more countries, such as Australia, for example, have set up their own space agencies. These countries have understood what difference space flight can make to life on the planet, ranging from Earth observation to communications. The opportunities are gigantic!

What I worry about with regard to the increase in space activities is the amount of space debris they generate. It is a matter of urgency for us to find legally binding international regulations as to the handling of space debris, keeping the orbits clear in the long term, and keeping the hazards to space activities to a minimum. Space debris is a problem even now for satellites and for human space missions on the ISS. According to an ESA estimate made in early 2019, there are 34,000 objects larger than 10 centimetres, 900,000 objects measuring 1 to 10 centimetres in diameter, and as many as 128 million pieces smaller than 1 centimetre. There lies our challenge.

**In view of this development, how urgently do we need a new body of space regulations, and what provisions would it have to include? New initiatives are shaping up for missions to the Moon, Mars and asteroids to mine raw materials.**

: The coalition agreement sets out a clear policy goal for the federal government: ‘We shall initiate new space legislation that will create financial and legal certainty for the pursuit of non-governmental space activities.’ How exactly to achieve that is a matter the Ministry for Economic Affairs and Energy is fervently working on as we speak. We want a law that offers certainty and makes us an attractive place for space industry investments. At the same time, the space-law issue is a good starting point for a new debate on international law. Is it legal to acquire property in outer space and on celestial bodies? The prospect of ownership is a fundamental requirement for any investment. But

Raumfahrt ist international und nachhaltig: Thomas Jarzombek, hier beim High-Level-Forum der Vereinten Nationen vom 13. bis 16. November 2018 in Bonn.

Space flight is international and sustainable: Thomas Jarzombek, speaking at the High Level Forum of the United Nations held in Bonn from November 13 to 16, 2018.



DLR

Raumfahrt fasziniert: Am 3. Oktober 2018 lauschten mehrere Tausend Besucher beim Internationalen Astronautischen Kongress (IAC) in Bremen den Worten des deutschen ISS-Kommandanten Alexander Gerst. Gänsehautfeeling auch für Thomas Jarzombek (3. v. rechts).

Spellbound by space flight: on October 3, 2018, several thousand delegates attending the International Astronautical Congress (IAC) in Bremen listened to the words of German ISS Commander Alexander Gerst. A goosebump moment for all, including Thomas Jarzombek (3rd from right)

### Welche Rolle soll die Raumfahrtgroßindustrie wie Airbus und OHB im Vergleich zu den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) spielen?

: In Deutschland haben wir nicht einige wenige Milliardäre, sondern eine mittelständisch geprägte Industrie. Die breit gefächerte Struktur ist eine deutsche Stärke. Neben Airbus und OHB als Großunternehmen – beide sind für sich Erfolgsgeschichten – finden sich hier Mittelständler und zahlreiche KMU. Ganz klar: Das eine geht nicht ohne das andere! Ich habe eine Reihe kleiner und mittlerer Unternehmen kennengelernt. Diese Unternehmen müssen wir weiter entwickeln und stärken. Neben dem Engagement des Staates kommt hier den Großunternehmen eine entscheidende Rolle zu. Eine gute Auftragsvergabe an den deutschen Mittelstand ist wichtig für das gesamte wirtschaftliche Ökosystem. Hier erwarte ich auch in der Zukunft ein klares Commitment.

### Wie kann es gelingen, dass sich mehr innovative Raumfahrt-Start-ups in Deutschland ansiedeln und welche Rolle sollten hier Venture-Capital-Fonds spielen?

: Wir haben in den letzten Jahren viel getan, um die Rahmenbedingungen für Gründer zu verbessern. Die verschiedenen Maßnahmen habe ich vorhin schon genannt. Wir erleben in Deutschland eine neue Gründerzeit und unsere Programme unterstützen das. Auch im Bereich Raumfahrt sehen wir viele spannende Gründer, die unsere etablierten Player mit ganz neuen Herangehensweisen herausfordern. Wir möchten in dieser Wahlperiode noch weitere Maßnahmen ergreifen. Dazu gehört insbesondere ein Fonds für „later stage investments“. Auch ein Space Fonds steht auf meiner Wunschliste. Hier muss die Initiative jedoch aus dem Markt kommen.

how would one resolve any foreseeable conflicts, and how would one secure the protection of the environment and the interests of the wider community? We must proceed from the stage of discussion to formulating results. That is my objective.

### In February 2019, the Federal Minister for Economic Affairs and Energy, Peter Altmaier, launched a paper entitled 'National Industrial Strategy 2030'. Therein, aerospace is defined as a key industry. Exactly what posture should the government assume with regard to the German aerospace sector?

: Germany's space-tech companies and research institutes are, globally speaking, playing in the top league. It is remarkable how government-funded space programmes fairly constantly make up about 50 per cent of the business of the total sector. This gives the government a special role, in that it acts as a purchaser while also pursuing its own programmes. We make major investments in this strategic sector, by funding research, in particular through DLR, by having a national space programme, and by supporting ESA and EU programmes. One of our main priorities, however, is our commitment to start-up companies and their founders. We have built a large set of financial instruments to support young companies in their initial phases: a high-tech start-up fund called EXIST, the venture capital investment subsidy programme ZIM, a fund called KfW Capital as well as the European Investment Fund.

### What role should major German aerospace companies like Airbus and OHB play in comparison to small and medium-sized enterprises (SME)?

: German industry is characterised not by some few billionaires but by a large number of small and medium-sized businesses. Their broad variety and structure is one of Germany's strong points. Besides the big players, Airbus and OHB, both being a success story in their own right, we have a large 'mittelstand' with numerous SMEs. It is obvious that one side cannot exist without the other! During my conversations with people from a number of small and medium-sized firms, I found that these are precisely the enterprises we must foster and strengthen. Alongside government, the major industrial players, too, have a decisive part to play in this. For the overall business ecosystem to thrive, procurement from small and medium-sized German companies is of the essence. This is where I expect a clear commitment going forward.

### How could more innovative aerospace start-ups be encouraged to set up their business in Germany, and what part should venture capital funds play in this regard?

: We have made great efforts over the past few years to create better conditions for new entrepreneurs, as I have explained earlier. Germany is experiencing a new industrial revolution, and our programmes contrive to make it work. New exciting businesses are sprouting up in the space sector, too, whose founders challenge the established players with their new work approach. Before the end of the current term of office, we intend to launch a number of further initiatives. One of them is a fund for 'later stage investments'. Another one that I have on my wish list is a Space Fund, but for that, the initial impetus must come from the market.

### Later this year, the aerospace community will be eagerly looking to Spain. What outcomes is Germany aiming for when it attends the 2019 ESA Ministerial Council meeting in Seville in November?

: The ESA Ministerial Council will indeed be the highlight of the year. Before that, in July, we will be marking the 50th anniversary of the

„In Deutschland haben wir nicht einige wenige Milliardäre, sondern eine mittelständisch geprägte Industrie. Die breit gefächerte Struktur ist eine deutsche Stärke.“

Thomas Jarzombek

'German industry is characterised not by some few billionaires but by a large number of small and medium-sized businesses. Their broad variety and structure is one of Germany's strong points.'

Thomas Jarzombek

„Eine gute Auftragsvergabe an den deutschen Mittelstand ist wichtig für das gesamte wirtschaftliche Ökosystem.“

Thomas Jarzombek

'For the overall business ecosystem to thrive, procurement from small and medium-sized German companies is of the essence.'

Thomas Jarzombek

„Wir erleben in Deutschland eine neue Gründerzeit und unsere Programme unterstützen das. Auch im Bereich Raumfahrt sehen wir viele spannende Gründer, die unsere etablierten Player mit ganz neuen Herangehensweisen herausfordern.“

Thomas Jarzombek

‘Germany is experiencing a new industrial revolution, and our programmes contrive to make it work. New exciting businesses are sprouting up in the space sector, too, whose founders challenge the established players with their new work approach.’

Thomas Jarzombek

„Deutschland und Europa müssen mit einem sichtbaren Anteil dabei sein, wenn die internationale Gemeinschaft einen neuen Anlauf zum Mond nimmt.“

Thomas Jarzombek

‘Germany and Europe must contribute a visible part when the international community gets ready to re-visit the Moon.’

Thomas Jarzombek

#### Die Raumfahrtszene schaut Ende dieses Jahres gespannt nach Spanien. Welche Ziele setzt sich Deutschland auf der ESA-Ministerratskonferenz 2019 in Sevilla im November?

: Die ESA-Ministerratskonferenz ist der Höhepunkt des Jahres. Im Juli feiern wir das 50. Jubiläum der Mondlandung. Überall in Deutschland gibt es Veranstaltungen, die sich unserem nächsten Nachbarn widmen. Ich gehe davon aus, dass der Mond auch auf der ESA-Ministerratskonferenz ein wichtiges Thema werden wird. Deutschland und Europa müssen mit einem sichtbaren Anteil dabei sein, wenn die internationale Gemeinschaft einen neuen Anlauf zum Mond nimmt. Wir brauchen dazu bald klare und verlässliche Aussagen der Vereinigten Staaten, nachdem Vize-Präsident Pence unlängst erklärt hat, dass es dort zu einem Strategiewechsel kommen könnte. Wir brauchen Klarheit noch in diesem Sommer.

Darüber hinaus wird natürlich das Thema europäische Trägerrakete Ariane 6 breiten Raum einnehmen. Innerhalb der Bundesregierung setze ich mich daher für eine europäische Präferenz bei institutionellen Starts ein. Es ist dem Steuerzahler schwer zu erklären, dass wir einerseits den unabhängigen europäischen Zugang zum All finanziell unterstützen und dann aber für eigene Starts auf den internationalen Markt ausweichen. Außerdem müssen wir die Finanzierung der ISS ab 2024 diskutieren. Unsere „Botschaft im All“ ist jetzt 20 Jahre alt, aber noch immer unverzichtbar. Für den Schritt in den Weltraum – über den erdnahen Orbit hinaus – sind wir auf die Station zur Forschung und Erprobung angewiesen. Deutschland ist hier im Lead. Wir brauchen aber auch ein Budget für die neuen Ziele und müssen die ISS breiter aufstellen.

Einen klaren Fokus setzen wir auf industrielle Projekte im Weltraum, hier wollen wir stärker auftreten. Robotik und künstliche Intelligenz sind hier die Treiber.

#### In Sevilla wird es auch darum gehen, Deutschlands industrielle und wissenschaftliche Führungsrolle in wichtigen Anwendungsbereichen zu sichern. Inwieweit und mit welchen Mitteln ist die Bundesregierung bereit, diesen Schritt zu gehen?

: Auf der ESA-Ministerratskonferenz entscheiden die europäischen Raumfahrtminister über die Forschungs-, Entwicklungs- und Technologieprogramme für die kommenden Jahre und hinterlegen sie mit Budgets. Die Finanzierung folgt dabei dem Prinzip des sogenannten „Geo-returns“: Für jeden Euro, mit dem sich ein Mitgliedsstaat an einem ESA-Programm beteiligt, fließen Aufträge im gleichen Wert an das jeweilige Land zurück. Das garantiert den Mitgliedsstaaten den sicheren Rückfluss ihrer Investitionen und ist ein effektives industriepolitisches Instrument. Die Höhe der Mittel wird sich noch entscheiden müssen. Klar ist: Ich hätte mir vom Finanzminister mehr Geld für die Raumfahrt gewünscht, um auch neue spannende Projekte besser finanzieren zu können – vor allem im Nationalen Programm. Die geplante leichte Steigerung im Budget ist ein kleiner Erfolg, aber dabei darf es nicht bleiben.

Moon landing. Events to celebrate our closest neighbour will take place everywhere in Germany. I assume that the Moon will also be an important topic at the meeting of the Ministerial Council. Germany and Europe must contribute a visible part when the international community gets ready to re-visit the Moon. We need clear and reliable indications by the USA in this matter, and soon, especially as Vice President Pence recently declared that the US might be opting for a strategy change. We need clarity before the end of summer.

Europe's Ariane 6 launcher will, of course, feature highly in the debate. Within our own government, my position is for Europe to stick to institutional launches. It is otherwise difficult to explain to the taxpayer that on the one hand we spend money on Europe's independent access to space, and then turn to commercial providers on the international market for our own launches. Another item to be discussed is the funding of the ISS after 2024. Our 'embassy in space' has been around for 20 years now but is still indispensable. If we want to move further afield in outer space, i.e. beyond the near-Earth orbit, we depend on the space station for the requisite research and testing activities. Germany is currently in the lead but we do also need a budget for future endeavours, and must put the ISS on a wider footing.

We are going to put a clear focus on industrial projects in space, an area where we intend to develop a greater presence, with robotics and AI being the main drivers.

#### Germany's other aim in Seville will be to safeguard its industrial and scientific lead in a number of important applications. To what extent and with what means will the federal government be willing to undertake that step?

: At the ESA Ministerial Council, Europe's aerospace ministers decide upon the next few years' research, development and technology programmes, and underpin each programme with a budget. Funding works on the basis of 'geographical return'. For each euro contributed by a country to a given ESA programme, orders worth the same amount come back to that country. This ensures that member states get a fair and safe return on their investments, which makes it an effective industrial-policy instrument. The exact funding amounts will still need to be decided. Obviously, I would have wished for more money for aerospace from our Finance Minister, which would make it easier to fund new exciting projects, particularly those outlined in our National Programme. The planned moderate budget increase is a small success but we shouldn't leave it there.

„Ich hätte mir vom Finanzminister mehr Geld für die Raumfahrt gewünscht, um auch neue spannende Projekte besser finanzieren zu können – vor allem im Nationalen Programm.“

Thomas Jarzombek

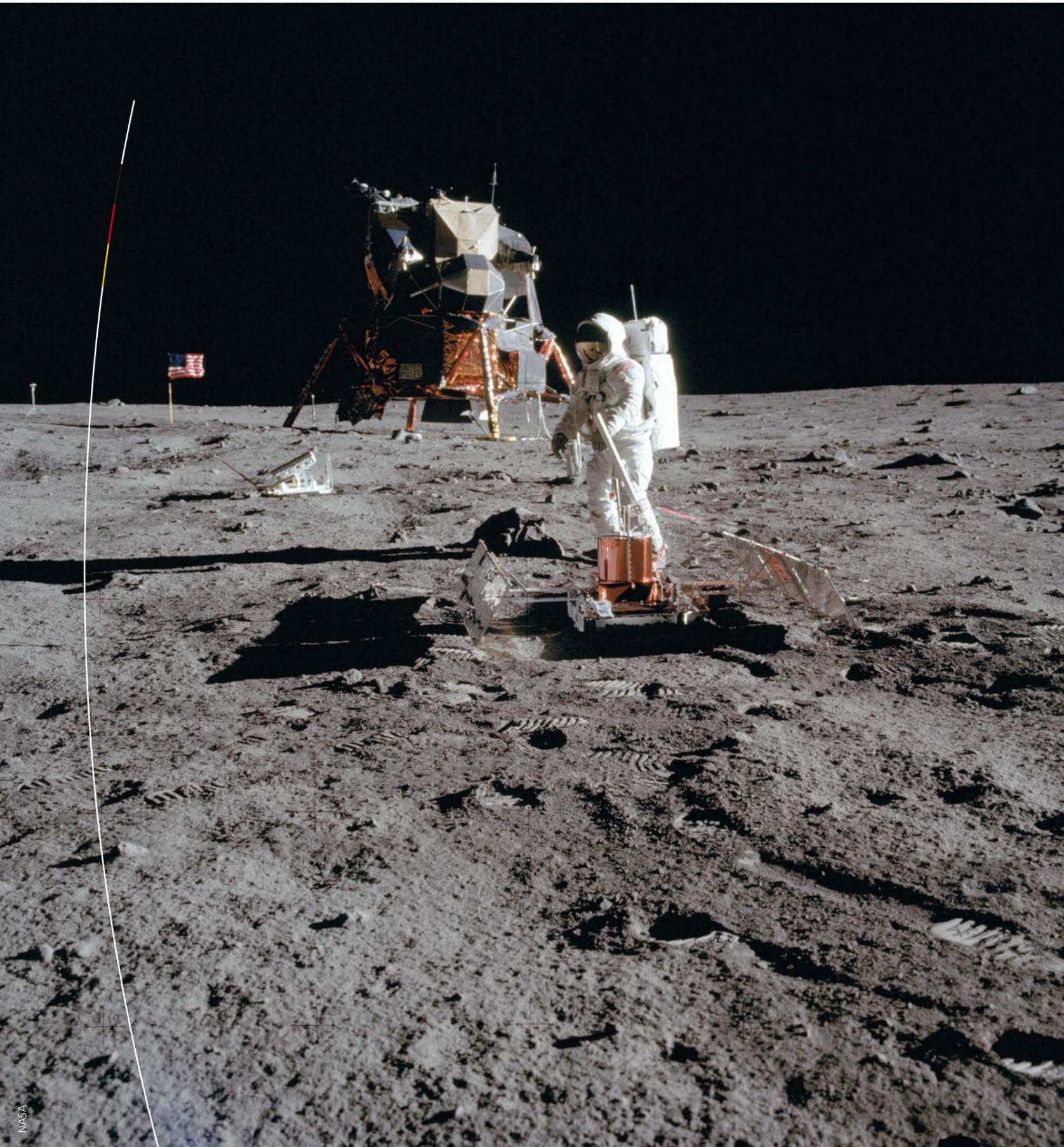
‘I would have wished for more money for aerospace from our finance minister, which would make it easier to fund new exciting projects, particularly those outlined in our National Programme.’

Thomas Jarzombek

Raumfahrt ist Teamwork: Thomas Jarzombek (Mitte) beim Besuch im DLR Raumfahrtmanagement in Bonn am 5. Februar 2019.

Space flight is all about teamwork: Thomas Jarzombek (centre), visiting the DLR Space Administration on February 5, 2019.





# MONDTRÄUME

50 Jahre nach Apollo 11 sehnen sich Raumfahrer wieder nach unserem Begleiter

Von COUNTDOWN-Chefredakteur Martin Fleischmann\*

Das Apollo-Programm wird oft als reine politische Machtdemonstration der USA verstanden. Doch unser Wissen über den Aufbau und die geologische Entwicklung des Mondes stammt hauptsächlich aus den Messungen des Apollo Lunar Seismic Experiments und den mineralogischen Untersuchungen der Apollo-Gesteinsproben. Die Messungen zu den Lunar Laser Range Retroreflektoren – bestehend aus jeweils 100 Quarzglas-Tripleprismen hergestellt vom Hanauer Heraeus-Werk – von Apollo 11 bis 16, die gelegentlich auch von der geodätischen Fundamentalstation Wettzell im Bayerischen Wald ausgeführt und vom Institut für Erdmessung (IfE) in Hannover analysiert wurden, haben bestätigt, dass sich der Mond von uns entfernt – um knapp vier Zentimeter im Jahr. Dennoch wissen wir mehr über den Mars als über den uns viel näher liegenden Mond. Weitere Gesteinsproben aus anderen Gebieten sind nötig, um seine Geschichte – und damit auch die Geschichte unserer Erde und unseres Sonnensystems – besser zu verstehen. Deswegen bleibt der Mond auch 50 Jahre nach der Apollo-11-Mission ein wichtiges Forschungsziel und fasziniert die Menschen – unabhängig von ihren Glaubensrichtungen. Der neue Turm am saudi-arabischen Mecca Royal Clock Tower trägt nicht nur einen goldenen Halbmond auf der Spitze, sondern beherbergt auch die größte und genaueste Uhr der Welt. Ihr Antrieb stammt aus Deutschland. Im Inneren dieses derzeit dritthöchsten Gebäudes der Welt ist ein riesiges Mond- und Planeten-Museum untergebracht, das mit dem Wissen des kürzlich verstorbenen deutschen Astrophysikers Hanns Ruder eingerichtet wurde. Hier steht auch das genaueste Reliefmodell des Mondes überhaupt, das in Gormaringen gefertigt wurde. Die Präzision verdankt es den Daten, die vom DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin gerechnet wurden und vom Lunar Reconnaissance Orbiter stammen. Damit könnte dieses irdische Mondprojekt auch stellvertretend für deutsche Raumfahrtbeteiligungen stehen: Wenn die USA mit dem Orion-Raumschiff wieder zum Mond aufbrechen, kommen der Antrieb und die Energieversorgung aus Bremen, zusammen mit weiterer Technik und Wissen aus der Bundesrepublik.

## MOON DREAMS

50 years after Apollo 11, the focus of the space sector turns again to the Moon

By COUNTDOWN editor-in-chief Martin Fleischmann\*

The Apollo programme has been seen by some as a political demonstration of power on the part of the USA. Yet, we owe most of what we now know about the structure and the geological evolution of the Moon to the measurements of the Apollo Lunar Seismic Experiment and the geological investigation of the Apollo rock samples. The measurements made by the Lunar Laser Range Retroreflectors – consisting of 100 quartz glass triple prisms each built by the German Heraeus group – of Apollo 11 to 16, some of which were carried out by the Geodetic Observatory of Wettzell in the Bavarian Forest and analysed by the Institute of Geodesy (IfE) in Hanover, confirmed that the Moon is moving away from us – by almost four centimetres per year. Still, we know more about Mars than about the Moon, although the latter is much closer to us. More rock samples from other areas will be needed for us to better understand its history and, by the same token, that of our Earth and our solar system. This is why the Moon remains an important destination for research even 50 years after the Apollo 11 mission, and continues to fascinate people without regard to their religious convictions. The new Mecca Royal Clock Tower in Saudi-Arabia not only bears a golden crescent at its top but also accommodates the world's largest and most precise clock, whose mechanism was made in Germany. In the interior of the building, currently the third highest in the world, there is a gigantic lunar and planetary museum, which is partly based on an idea of the late German astrophysicist Hanns Ruder. One of its exhibits is the most precise relief model ever created of the Moon, made in Gormaringen. It owes its precision to the data from the DLR Institute of Planetary Research in Berlin using data of the Lunar Reconnaissance Orbiter. All this can be seen as an illustration of Germany's overall involvement in space activities: if and when the USA again set out on another journey to the Moon, the mission's thrusters and power supply system will come from Bremen, along with further technology and know-how from the Federal Republic of Germany.

\*Unter Mitarbeit von | supported by: Dr. Oliver Angerer, Dr. Manfred Gaida, Dr. Christian Gritzner, Dr. Ulrich Köhler, Freya Scheffler-Kayser, Dr. Jürgen Schlutz, Volker Schmid, Johannes Weppler

Apollo-11-Astronaut Buzz Aldrin baut am 21. Juli 1969 das Early Apollo Scientific Experiments Package (EASEP) auf. Mit dazu gehören auch das Passive Seismic Experiments Package (PSEP) und der Laser Ranging Retroreflector LR-3. Apollo 11 astronaut Buzz Aldrin sets up the Early Apollo Scientific Experiments Package (EASEP) on July 21, 1969. It includes the Passive Seismic Experiments Package (PSEP) and the Laser Ranging Retroreflector LR-3.

## Der Adler ist gelandet

„Erstens: Ich glaube, diese Nation sollte sich das Ziel setzen, bis zum Ende dieses Jahrzehnts einen Menschen auf dem Mond landen zu lassen und ihn sicher zur Erde zurückzubringen. Kein Raumfahrtprojekt wird in dieser Zeit eindrucksvoller für die Menschheit und wichtiger für die langfristige Erforschung des Weltalls sein; und keines wird so schwierig und so teuer sein“ – diese Sätze des US-Präsidenten John F. Kennedy vor dem amerikanischen Kongress am 25. Mai 1961 sind in die Geschichte eingegangen. Sie entspringen einem Wettlauf um die Vorherrschaft im All mit der Sowjetunion, bei dem die USA bis zu den ersten astronautischen Apollo-Flügen haushoch in Rückstand lagen: erster Satellit im All – UdSSR, erstes Tier im All – UdSSR, erster Mensch im All – UdSSR, erste Frau im All – UdSSR, erster Weltraumausstieg – UdSSR, erster Flugkörper in einer Sonnenumlaufbahn – UdSSR, erste Einschlagssonde auf dem Mond – UdSSR, erste Fotos von der Rückseite des Mondes – UdSSR, erstes unbemanntes „fly-by“-Manöver – UdSSR, erster Mondsatellit – UdSSR, erste „weiche“ Landung auf der Mondoberfläche – UdSSR. Irgendwie mussten die USA diesen hohen Rückstand mit einem Paukenschlag übertrumpfen. Was wäre da geeigneter als die erste Landung von Menschen auf einem anderen Himmelskörper – dem Mond? Doch diese Idee existierte schon weit vor der Kennedy-Rede in den Köpfen von Wissenschaftlern und Ingenieuren. Vorbereitungen für ein solches Wagnis waren schon bereits im Gange.

Aktivitäten, die halfen, das Mercury-Programm aufzubauen, waren zum Beispiel das Raketenflugzeug X-15 und die Versuchsrakete „Little Joe“. Seinen offiziellen Namen bekam Mercury dann am 26. Oktober 1958. 24 Flüge fanden vom 21. August 1959 bis zum 15. Mai 1963 statt – sechs davon bemannt. Sie brachten mit Alan Shepard den ersten Amerikaner ins All, mit dem Schimpansen Enos den ersten Affen und mit John Glenn den ersten Landsmann auf eine Erdumlaufbahn. Weiter ging es mit Gemini. Hier hatten nun zwei Astronauten in der Kapsel Platz. Zehn Raumflüge fanden zwischen dem 23. März 1965 und dem 11. November 1966 statt. Gemini brachte die Apollo-11-Helden Neil Armstrong, Edwin „Buzz“ Aldrin und Michael Collins zum ersten Mal ins All und ermöglichte Ed White den ersten US-amerikanischen Weltraumausstieg.

Dann allerdings kam der 27. Januar 1967: Gleich zu Beginn des Programms, das die ersten Menschen auf den Mond bringen sollte, ereignete sich eine große Katastrophe in der Geschichte der Raumfahrt: Ed White, Virgil „Gus“ Grissom und Roger Chaffee starben im Feuer während eines Bodentests in der Apollo-1-Kapsel. Ausgerechnet Grissom, der als erster Mensch die Mondoberfläche hätte betreten sollen. Als Neil Armstrong dies an seiner Stelle tat, war das auf den Tag genau acht Jahre nach dem Mercury-Jungferflug von Grissom und seiner Rettung aus der Liberty-Bell-Kapsel. Nach dem Apollo-1-Unglück wurden die Sicherheitsbestimmungen drastisch verschärft und bis Apollo 13 lief alles weitestgehend „unfallfrei“. Und so kam es dann am 20. Juli 1969 nach einer spektakulären „Raumfahrt“ von Armstrong – auf Sicht und ohne permanent fehlermeldenden Bordcomputer geflogen – über steinige Plateaus und unter dem Einsatz des letzten Tropfen Treibstoffs um 20:17:58 Uhr UTC zum berühmten Ausspruch: „Houston, Tranquility Base here. The Eagle has landed.“ Rund sechseinhalb Stunden später – am 21. Juli 1969 um 02:56:20 UTC betrat Neil Armstrong dann als erster Mensch den Mond und sprach die berühmten Worte: „That’s one small step for a man but one giant leap for mankind.“



Mai 1969, die NASA gibt die Namen für die Apollo-11-Landemission bekannt (v. l.): Neil A. Armstrong (Kommandant), Michael Collins (Pilot des Kommandomoduls CM-107 „Columbia“) und Edwin E. „Buzz“ Aldrin (Pilot des Mondfähre LM-5 „Eagle“)

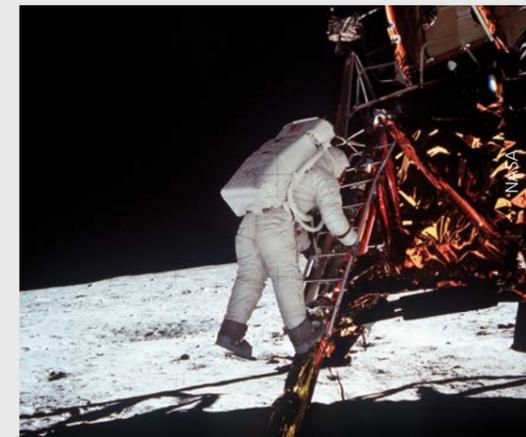
May 1969. NASA announces the names of the Apollo-11 landing crew (from left): Neil A. Armstrong (Commander), Michael Collins (pilot of the command module, CM-107 'Columbia'), and Edwin E. 'Buzz' Aldrin (pilot of the lunar module, LM-5 'Eagle')

## The Eagle has landed

‘First, I believe that this nation should commit itself to achieving the goal, before this decade is out, of landing a man on the Moon and returning him safely to the Earth. No single space project in this period will be more impressive to mankind, or more important for the long-range exploration of space; and none will be so difficult or expensive to accomplish.’ Spoken by US President John F. Kennedy before the American Congress on May 25, 1961, these sentences have gone down in history. Their background is a race against the Soviet Union for superiority in space in which the US was an also-ran until the first manned Apollo flights: first satellite in space – USSR; first animal in space – USSR; first human in space – USSR; first woman in space – USSR; first space walk – USSR; first spaceship in orbit around the Sun – USSR; first probe impact on the Moon – USSR; first photos of the far side of the Moon – USSR; first unmanned fly-by manoeuvre – USSR; first Moon satellite – USSR; first ‘soft’ landing on the lunar surface – USSR. There came a time when the USA simply had to trump this massive lead with a sensational bang. What better than the first landing of humans on another celestial body – the Moon? However, this idea was hatched in the minds of scientists and engineers long before Kennedy’s speech, and preparations for this daredevil mission were already under way.

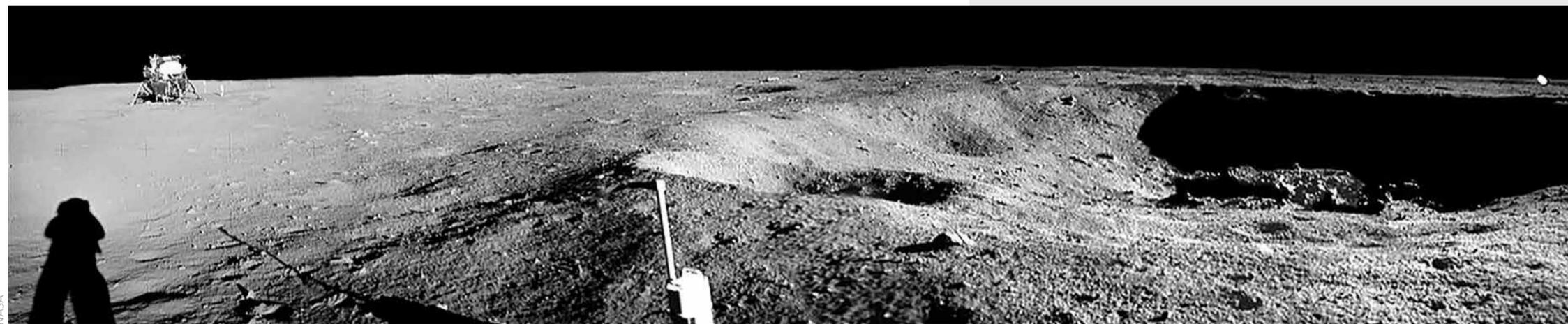
Preparations to establish the Mercury programme had been e.g. the rocket plane X-15 and the experimental rocket ‘Little Joe’. Mercury got its official name on November 26, 1958. 24 flights took place between August 21, 1959, and May 15, 1963, six of them manned. They carried the first American into space in the person of Alan Shepard, followed by chimpanzee Enos, the first monkey, and by John Glenn, the first fellow countryman. The next phase was Gemini, a capsule with room for two astronauts. Ten flights were made between March 23, 1965, and November 11, 1966. The programme afforded the heroes of Apollo 11, Neil Armstrong, Edwin ‘Buzz’ Aldrin, and Michael Collins their first opportunity to go to space and enabled Ed White to take the first US-American space walk.

But then, the 27<sup>th</sup> of January 1967 arrived: right at the start of the programme that was to bring the first humans to the Moon, a great disaster in the history of spaceflight happened: Ed White, Virgil ‘Gus’ Grissom, and Roger Chaffee died in a fire during a ground test of the Apollo 1 capsule, Grissom of all people who should have been the first human being to step on the surface of the Moon. When Neil Armstrong did that in his stead, it was eight years to the day after Grissom’s maiden flight in Mercury and his rescue from the Liberty Bell capsule. After the Apollo 1 disaster, safety rules were tightened drastically, and everything went largely without a further catastrophe until Apollo 13. And thus it happened that, on July 20, 1969, after a spectacular space trip, with the pilot flying by sight and without using the on-board computer which permanently reported errors, travelling across rock-strewn plains and burning up the last drop of fuel, Armstrong made his famous report on July 20, 1969, at 20:17:58 UTC: ‘Houston, Tranquility Base here. The Eagle has landed.’ Six and a half hours later, on July 21, 1969, at 02:56:20 UTC, Armstrong stepped on the Moon as the first human being, speaking the famous words, ‘That’s one small step for a man but one giant leap for mankind.’



Astronaut Buzz Aldrin verlässt den „Adler“ und beginnt am 21. Juli 1969 seine erste Mondexkursion. Dabei aufgenommen hat ihn Apollo-11-Kommandant Neil Armstrong mit seiner 70-mm-Hasselblad-Kamera mit deutschem Zeiss-Objektiv. Eine dieser Kameras, mit der Apollo-15-Astronaut Jim Irwin 299 Fotos auf dem Mond gemacht haben soll, wurde übrigens von einem österreichischen Auktionshaus für 660.000 Euro an Terukazu Fujisawa, den Gründer einer japanischen Einzelhandelskette, versteigert.

Astronaut Buzz Aldrin leaves the ‘Eagle’ on July 21, 1969, and sets out on his first lunar excursion. The photo was taken by Apollo 11 commander Neil Armstrong with a 70-millimetre Hasselblad camera including a German Zeiss lens. One of these cameras, which was allegedly used by Apollo 15 astronaut Jim Irwin to shoot 299 pictures on the Moon, was recently sold to the founder of a Japanese retail chain, Terukazu Fujisawa, at an Austrian auction house, fetching a price of 660,000 euros.



Panoramafoto der Apollo-11-Landestelle: Das zusammengesetzte Mosaik zeigt die überwältigende Einsamkeit des Meeres der Stille. Der 30 Meter breite und vier Meter tiefe Little West Crater liegt ungefähr 60 Meter östlich der Mondfähre „Eagle“, den Neil Armstrong bei der Landung überflog. Dieser Krater war das am weitesten entfernte Ziel bei den Mondexkursionen von Apollo 11. Am Ende seines Aufenthaltes auf der Mondoberfläche entfernte Armstrong sich weit genug von der Mondlandefähre, um die Bilder aufzunehmen. Dabei erscheint Armstrongs Schatten am linken Rand des Panoramas.

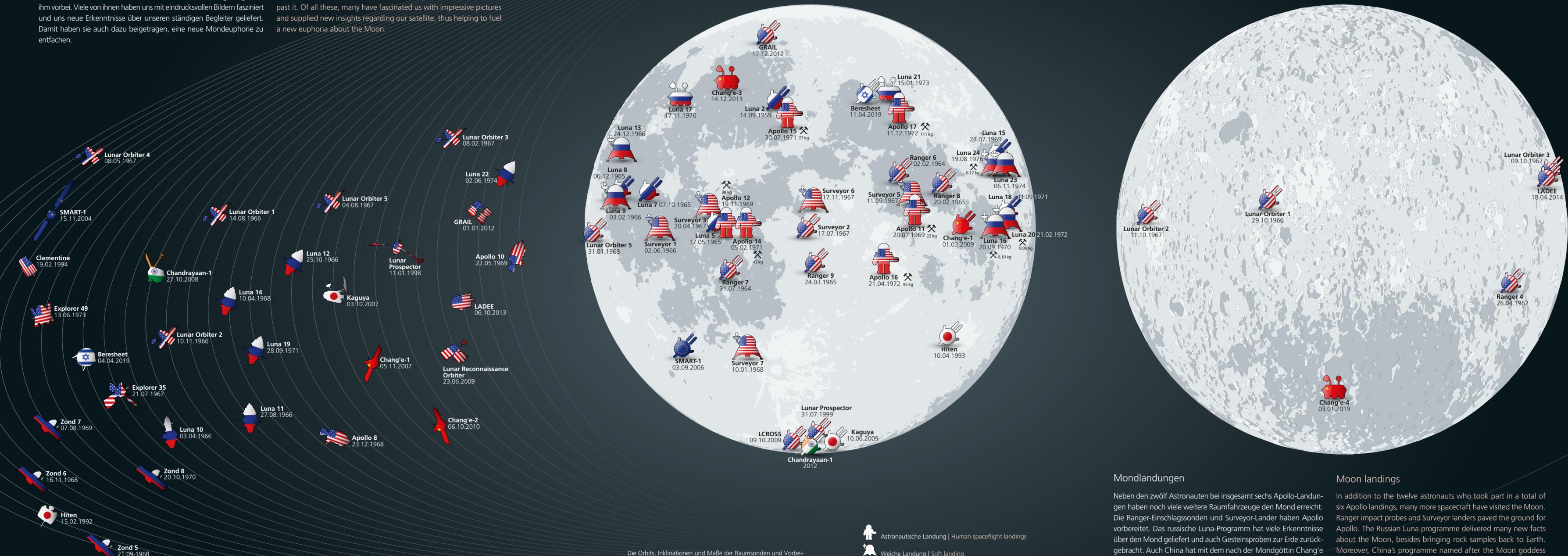
A panoramic view of the Apollo 11 landing site: joined together, the mosaic shows the overwhelming solitude of the Sea of Tranquility. The 30-metre wide and four-metre deep crater was given the name ‘Little West Crater’ because it is situated about 60 metres east of the lunar module, ‘Eagle’. During the landing process this crater was overflowed by Neil Armstrong. Towards the end of his stay on the lunar surface, Armstrong ventured far enough away from the lunar lander to take these pictures. Armstrong’s own shadow is visible on the left margin of the panorama.

## Mondsonden und -vorbeiflüge

Bis heute haben insgesamt 32 Sonden von sieben verschiedenen Nationen den Mond erreicht und ihn umkreist. Sieben Raumfahrzeuge flogen an ihm vorbei. Viele von ihnen haben uns mit eindrucksvollen Bildern fasziniert und uns neue Erkenntnisse über unseren ständigen Begleiter geliefert. Damit haben sie auch dazu beigetragen, eine neue Mondeuphorie zu entfachen.

## Moon probes and fly-bys

To this day, a total of 32 probes launched by seven different nations have reached the Moon and its orbit. Seven space vehicles have flown past it. Of all these, many have fascinated us with impressive pictures and supplied new insights regarding our satellite, thus helping to fuel a new euphoria about the Moon.



Die Orbits, Inklinationen und Maße der Raumsonden und Vorbeiflüge sind nicht maßstabsgetreu. | Orbits, inclinations and scales of the space probes as well as the fly-bys are not to scale.

Für Missionen der Sowjetunion und Russlands wird in dieser Grafik immer nur die russische Flagge verwendet. | For the missions of the Sowjet Union and the Russian Federation always the Russian flag is used in this graphic.

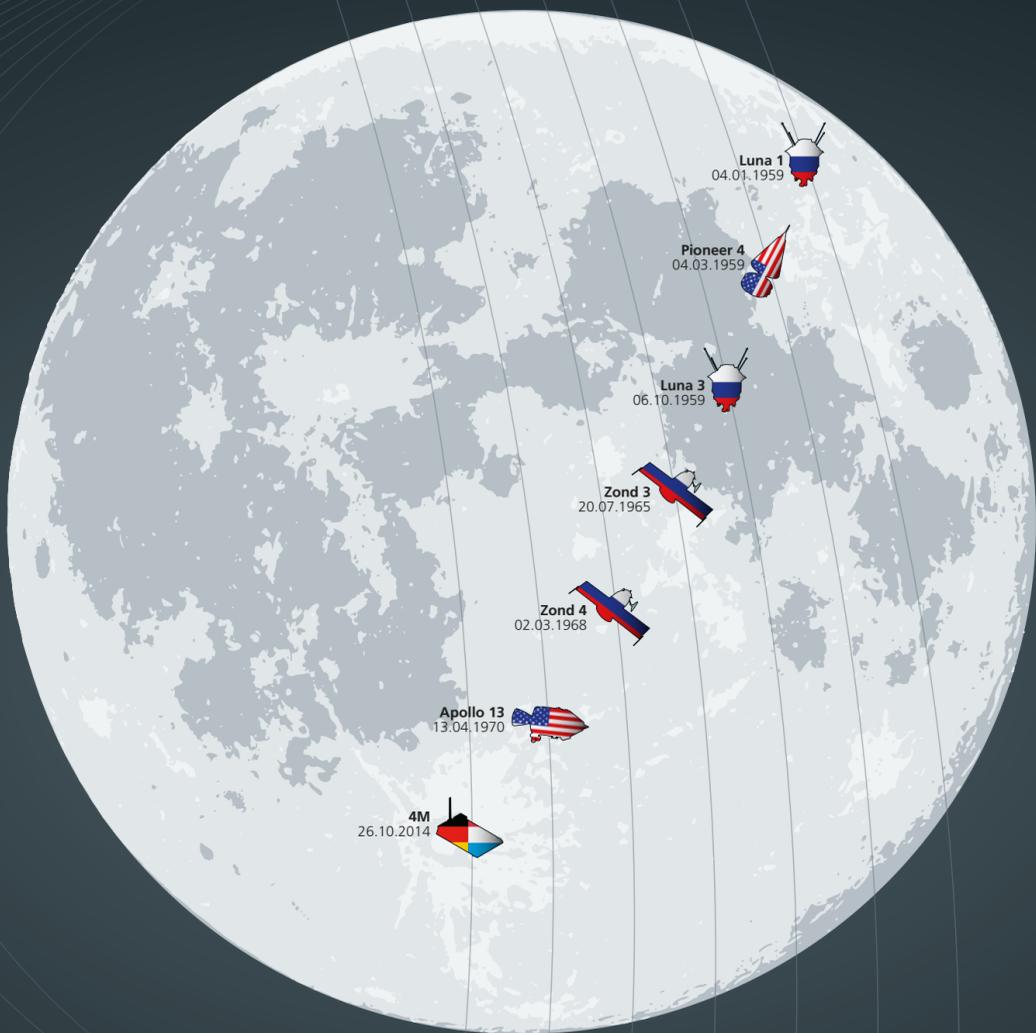
- Astronautische Landung | Human spaceflight landings
- Weiche Landung | Soft landing
- Gesteinsprobenrückführung | Sample return mission
- Landung mit Fahrzeug | Landing of a rover
- Einschlagssonde oder Absturz | Impact probe or crash

## Mondlandungen

Neben den zwölf Astronauten bei insgesamt sechs Apollo-Landungen haben noch viele weitere Raumfahrzeuge den Mond erreicht. Die Ranger-Einschlagssonden und Surveyor-Lander haben Apollo vorbereitet. Das russische Luna-Programm hat viele Erkenntnisse über den Mond geliefert und auch Gesteinsproben zur Erde zurückgebracht. Auch China hat mit dem nach der Mondgöttin Chang'e benannten Programm gezeigt, dass es als dritte Nation weich auf dem Mond landen und ihn erforschen kann. Chang'e-4 ist bislang das erste sanft gelandete Objekt auf der Rückseite – mit einem deutschen Instrument im Gepäck. Israel wollte mit Beresheet als vierte Nation folgen. Der Lander stürzte allerdings bei seinem Abstieg auf die Mondoberfläche ab.

## Moon landings

In addition to the twelve astronauts who took part in a total of six Apollo landings, many more spacecraft have visited the Moon. Ranger impact probes and Surveyor landers paved the ground for Apollo. The Russian Luna programme delivered many new facts about the Moon, besides bringing rock samples back to Earth. Moreover, China's programme named after the Moon goddess Chang'e proved the country's ability to make a soft landing on the Moon and explore it as the third nation in history. So far, Chang'e-4 is the first object to have made a soft landing on the far side of the Moon, with a German instrument in its payload. Beresheet was to establish Israel as the fourth nation, but the lander's descent ended in a crash on the lunar surface.



25.05.1961

US-Präsident John F. Kennedy erklärt in einer Rede vor dem Kongress, dass die USA noch in dieser Dekade Menschen zum Mond schicken wollen.

In a speech to Congress, the President of the United States, John F. Kennedy, declared that the USA were to send people to the Moon during that same decade.



Apollo 1  
27.01.1967

Während der Mission AS-204 – später in Apollo 1 umbenannt – kommen Ed White, Gus Grissom und Roger Chaffee durch einen Brand in der Kapsel ums Leben.

Ed White, Gus Grissom and Roger Chaffee were killed in a fire during mission AS-204 – later renamed Apollo-1.



Apollo 4  
09.11.1967

Der erste Saturn-V-Start transportiert erstmals ein leeres Apollo-Raumerschiff ins All. Nach der Landung wird die Kapsel geborgen.

The first launch of a Saturn V takes an empty Apollo spaceship into orbit for the first time. The capsule is recovered after splashdown.



Apollo 5  
22.01.1968

Der unbemannte Start einer Saturn 1B testet auch die Mondlandefähre, welche schon bei Apollo 1 mit dabei war.

The unmanned launch of a Saturn 1B to test the Lunar Module – the same model which was part of Apollo 1.



Apollo 9  
03.-13.03.1969



James A. McDivitt, David R. Scott und Russell L. Schweickart starten mit einer Saturn V, um in der Erdumlaufbahn das An- und Abdocken der Kommandokapsel „Gumdrop“ mit der Mondlandefähre „Spider“ zu testen.

James A. McDivitt, David R. Scott and Russell L. Schweickart are launched into orbit by a Saturn V to test docking-on and docking-off manoeuvres between the 'Gumdrop' Command Module and the 'Spider' Lunar Module.



Apollo 8  
21.-27.12.1968



Der erste bemannte Saturn-V-Flug bringt Frank F. Borman, James A. Lovell und Bill A. Anders gleich zum Mond. Nach insgesamt zehn Umräumungen, der berühmten Aufnahme „Earthrise“ und dem Rezitieren der Schöpfungsgeschichte geht es wieder zurück.

The first manned Saturn V flight takes Frank F. Borman, James A. Lovell and Bill A. Anders to the Moon. After performing ten orbits, taking the famous 'Earthrise' photo and the reciting of the book of Genesis, they set out on their return journey.



Apollo 7  
11.10.1968



Eine Saturn 1B bringt mit dem ersten bemannten Apollo-Start Walter M. Schirra, Donn F. Eisele und Walter Cunningham ins All. Erstmals überträgt eine Fernsehkamera live aus einem US-Raumerschiff.

A Saturn 1B is used for the launch of the first manned Apollo mission involving Walter M. Schirra, Donn F. Eisele and Walter Cunningham. It is the first time an on-board TV camera transmits live images from inside a US spacecraft.

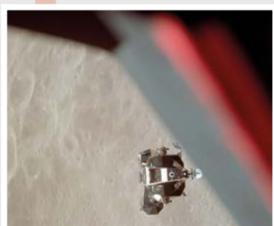


Apollo 6  
04.04.1968



Der letzte unbemannte Flug einer Saturn V bringt das Service- und das Landemodul sowie die Rückkehrkapsel ins All. Die Kapsel landet später im Pazifik.

The last unmanned flight of a Saturn V brings the Service and Lunar Module as well as the Command Module into space, which lands in the Pacific Ocean.



Apollo 10  
18.-26.05.1969

Tom P. Stafford und Eugene A. Cernan nähern sich beim Test des Landemoduls „Snoopy“ der Mondoberfläche auf 15 Kilometer an. John W. Young bleibt im Kommandomodul „Charlie Brown“. Die Astronauten der Mission senden zum ersten Mal Farbfernsehbilder live aus dem All.

A test flight of the Lunar Module 'Snoopy' takes Tom P. Stafford and Eugene A. Cernan as close as 15 kilometres to the lunar surface. John W. Young stays behind in the 'Charlie Brown' Command Module. Astronauts on this mission are the first to transmit live colour TV images to Earth from space.



Apollo 11  
16.-24.07.1969

Am 21. Juli 1969 betritt der erste Mensch den Mond. Nach Rückkehr und Quarantäne das Weltereignis wird am 13. August 1969 mit einer Parade in New York gefeiert.

On July 21, 1969, the first human sets foot on the Moon. A parade is held in New York to celebrate this world event on August 13, 1969, after a quarantine.



Apollo 12  
14.-24.11.1969

Besuch beim „Landvermesser“: Charles „Pete“ Conrad und Alan L. Bean statten der US-Sonde Surveyor 3 einen Besuch ab, während Richard F. Gordon über ihnen kreist.

Surveyor revisited: Charles 'Pete' Conrad and Alan L. Bean call on the USA's Surveyor 3 probe while Richard F. Gordon orbits the Moon above them.



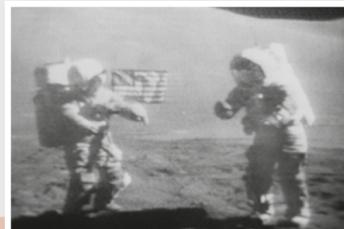
Apollo 13  
11.-17.04.1970

„Houston, wir hatten ein Problem“: Eine Explosion im Sauerstofftank und ein Leck in der Außenhülle des Servicemoduls zwingen James A. Lovell, John L. Swigert und Fred W. Haise zur Rückkehr, die sie dank retternder Improvisation („Mail Box“) im Kontrollzentrum auch schaffen.

'Houston, we've had a problem': an explosion in one of the oxygen tanks and a leak in the outer shell of the Service Module force James A. Lovell, John L. Swigert and Fred W. Haise to return to Earth. Thanks to some ingenious control room engineering ('Mail Box') they actually return unharmed.



Apollo 17  
07.-19.12.1972



Eugene A. Cernan und Harrison H. Schmitt sind die letzten Menschen auf dem Mond. Schmitt war der erste Wissenschaftler dort. Während Ronald E. Evans über ihnen kreist, finden beide „Orange Soil“ – orangefarbene, glasartige Kügelchen.

Eugene A. Cernan and Harrison H. Schmitt are the last human visitors of the Moon, with Schmitt having been the first scientist there. While Ronald E. Evans remained in orbit above them, the two men discover deposits of 'orange soil' – small glass-like orange-coloured beads.



Apollo 16  
16.-27.04.1972



Zum ersten Mal betreten John W. Young und Charles M. Duke eine Mondhochebene und bergen „Big Muley“ – mit 11,7 Kilogramm der größte Mondgesteinsbrocken, während Thomas K. Mattingly über ihnen kreist und auch in den Weltraum aussteigt.

Another first: John W. Young and Charles M. Duke step on one of the Moon's plateaus and collect 11,7-kilogramme 'Big Muley', the biggest sample of lunar rock, while Thomas K. Mattingly circles the Moon above them and even leaves the module for a spacewalk.



Apollo 15  
26.07.-  
07.08.1971

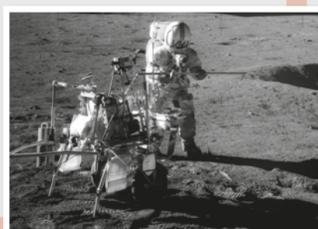


Zum ersten Mal kommt das Mondauto „Lunar Roving Vehicle“ zum Einsatz, mit dem David R. Scott und James B. Irwin über die Mondoberfläche kurven. Alfred M. Worden bleibt währenddessen im Kommandomodul. Bei ihrer Rückkehr zur Erde müssen sie erstmals nicht mehr in Quarantäne.

This is the first time a Apollo crew uses a car to explore the territory. Riding in the 'Lunar Roving Vehicle', astronauts David R. Scott and James B. Irwin take a little tour of the lunar surface. Alfred M. Worden stays in the Command Module. It is also the first time that astronauts need not go into quarantine after returning to Earth.



Apollo 14  
31.01.-  
09.02.1971



Alan B. Shepard und Edgar D. Mitchell setzen auf dem ursprünglichen Landeplatz von Apollo 13 auf und bringen erstmals eine Handkarre mit. Während Stuart A. Roosa den Mond umkreist, spielt Shepard unter ihm Golf.

Alan B. Shepard and Edgar D. Mitchell touch down on Apollo 13's original landing site. For the first time, they have brought along a hand cart. While Stuart A. Roosa is circling the Moon, Shepard down below engages in a game of golf.

Alle Bilder | all pictures: NASA

## Von Braun und Koroljow – die Architekten zweier Mondprogramme

Wenn man an die Mondlandungen denkt, erinnert man sich unweigerlich an die zwölf Astronauten, die dort gelandet sind. Doch der Erfolg des Apollo-Programms wäre ohne die 400.000 beteiligten Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker und viele andere undenkbar gewesen. Einige von ihnen waren „Auswanderer“ – der bekannteste unter ihnen der deutsche Raumfahrtgenieur Wernher von Braun. Im Deutschen Reich hatte er als technischer Direktor der Heeresversuchsanstalt Peenemünde und später im thüringischen Mittelbau-Dora an der Entwicklung der ersten Großrakete „Aggregat 4“ (A4) gearbeitet – besser bekannt unter Hitlers „Vergeltungswaffe“ V2, an der auch Tausende Zwangsarbeiter beteiligt gewesen waren. „Dass wir Raketen für militärische Zwecke entwickeln mussten, haben wir immer nur als Umweg betrachtet. Wir wussten, dass die Pioniere der Fliegerei in der ganzen Welt den gleichen Umweg beschreiten mussten“, rechtfertigte NSDAP- und SS-Mitglied von Braun einmal sein Schaffen – eine Ansicht, die ihn im Februar 1944 mit dem Vorwurf „Sabotage“ für kurze Zeit ins Gestapo-Gefängnis brachte: Er wäre „seinen geheimen Gedanken der Weltraumfahrt nachgegangen“ und hätte infolgedessen nicht „seine ganze Energie und Kraft für die Fertigstellung der A4 als Waffe eingesetzt“, lautete die Anklage. In dieser Zeit hatte die A4 längst das Interesse der USA geweckt. Und so flog von Braun, der sich nach Kriegsende von der US-Armee hatte „anwerben“ lassen, bereits am 29. September 1945 zusammen mit sechs Gefährten – der sogenannten „Peenemünder Vorhut“ – als Teil der geheimen Operation „Paperclip“ (dt. „Büroklammer“) nach Fort Bliss im US-Bundesstaat Texas. Weitere 118 Peenemünder Arbeitskollegen sollten mit der Operation „Overcast“ kurz darauf folgen. Dort und später in Huntsville war er als leitender Angestellter der US-Armee maßgeblich an der Weiterentwicklung der A4 zum Redstone-Programm beteiligt – benannt nach dem gleichnamigen Startplatz in Huntsville. Aus dieser Rakete gingen dann die verbesserten Varianten hervor: Jupiter, Juno, Merkur, Atlas, Titan und später auch die Mondrakete Juno V, die Wernher von Braun in Saturn V umbenannte. Durch diese Raketenentwicklung trieb er für die US-Armee maßgeblich die Entwicklung ihrer Interkontinentalraketen und für die NASA das Mercury-, das Gemini- und auch das Apollo-Programm voran. Der Plan zur Saturn V wurde allerdings schon gefasst, bevor Wernher von Braun im Oktober 1959 zur NASA überstellt wurde. Doch von Braun arbeitete nicht nur als Raketeningenieur: Am 20. April 1961, nur acht Tage nach Gagarins Raumflug, erkundigte sich US-Präsident John F. Kennedy beim Vizepräsidenten und seinem obersten Berater für Weltraumfragen, Lyndon B. Johnson, nach einem „Weltraumprogramm, das spektakuläre Ergebnisse verspricht und mit dem wir die Führung im All übernehmen könnten“. Hier ließ sich Johnson unter anderem von Wernher von Braun beraten: In seinem Gutachten vom 29. April 1961 kam von Braun zu dem Schluss, dass die UdSSR beim Bau einer Raumstation kaum zu schlagen sei. Allerdings bestünde eine reelle Chance, ein dreiköpfiges Astronautenteam noch vor den Sowjets um den Mond zu schicken. Beim Wettlauf um die erste Mondlandung seien die Aussichten sogar sehr gut, der Erfolg des NASA-Mondprogramms gab ihm achteinhalb Jahre später recht.

Die UdSSR konkurrierte dabei mit ihrem Mondlandeprogramm N1-L3, das auf ein Dekret des russischen Staatsoberhaupten Nikita Sergejewitsch Chruschtschow zurückging, durchaus mit den USA. Dabei orientierte sie sich zunächst ebenfalls an der deutschen A4 und „importierte“ Technik und Ingenieure. Da sie den ehemaligen Kriegsgegnern aber keinen Einblick in die Weiterentwicklungen namens Pobeda (Sieg) geben wollten, schickten sie die Deutschen ab den 1950er-Jahren wieder zurück. Die UdSSR brauchte keine Hilfe mehr, denn sie hatte ja den „Chefkonstrukteur“, wie Sergei Pawlowitsch Koroljow zu Lebzeiten genannt wurde, um seine Identität geheim zu halten. Zu seinen größten Erfolgen gehörten die Konstruktion der R-7 als erster Interkontinentalrakete der Welt, der Sputnik-Start 1957 und vor allem der erste Weltraumflug eines Menschen 1961. Dementsprechend musste der „Chefkonstrukteur“ auch die sowjetische Mondrakete entwickeln, womit zur Mitte des Jahres 1965 auch begonnen wurde. Die Großrakete N1 sollte 23,5 Tonnen Richtung Mond bringen – vergleichbar mit den 48,6 Tonnen der Saturn V. Allerdings standen keine großen Triebwerke zur Verfügung und so mussten jeweils 30 kleine in Reihe gezündet werden – ein viel zu komplexes Unterfangen. Auch standen weder ausreichend Zeit noch Mittel für den Bau eines Prüfstands der ersten Stufe zur Verfügung. Nach dem Tod von Koroljow am 14. Januar 1966 als Spätfolge einer früheren Lagerhaft ging es mit dem Mondprogramm steil bergab. Nach vielen technischen Fehleinschätzungen, vier Fehlstarts in den Jahren 1969 bis 1972 und der erfolgreichen Apollo-11-Mondlandung der USA wurde die N1 1974 eingestellt – und mit ihr das bemannte Mondlandungsprojekt der Sowjetunion.



Ein amerikanischer „Gigant“: 110,6 Meter hoch, 10,06 Meter breit, 2.934,8 Tonnen Gesamtgewicht, 48,6 Tonnen maximale Nutzlast zum Mond, 33.851 Kilonewton Schub. Die dreistufige Saturn V – hier beim Apollo-11-Start – war der Garant des erfolgreichen Mondprogramms.

An American 'giant': 110.6 metres high, 10.06 metres in diameter, total weight 2934.8 tons, maximum payload 48.6 tons, with a thrust of 33.851 kilonewton. The 3-stage launcher Saturn V – shown here during the Apollo 11 launch operation – helped make the USA's lunar programme a success.



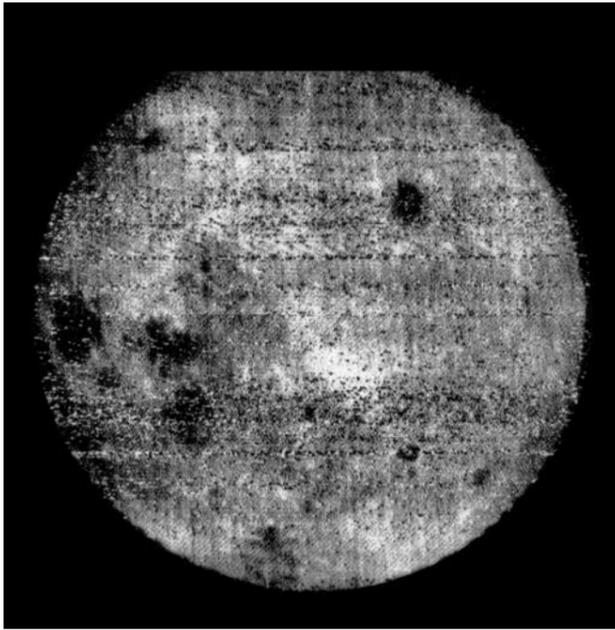
Ein sowjetischer „Gigant“: 105,3 Meter hoch, 22,4 Meter breit, 2.825 Tonnen Gesamtmasse, 23,5 Tonnen maximale Nutzlast zum Mond, rund 45.900 Kilonewton Schub. Die 5-stufige N1 sollte die Sowjetunion zum Mond bringen. Nach vier Fehlstarts und dem Erfolg des US-amerikanischen Apollo-Programms wurden die kosmonautischen sowjetischen Mondpläne allerdings eingestellt.

A Soviet 'giant': 105.3 metres high, 22.4 metres in diameter, total mass 2825 tons, maximum payload 23.5 tons, with a thrust of approx. 45,900 kN. The plan was for the five-stage N1 launch vehicle to bring the Soviet Union to the Moon. However, following four unsuccessful launches and given the success of the USA's Apollo programme, the Soviet Union's cosmonaut plans for a lunar mission were shelved.

## Von Braun and Korolyov – architects of two Moon programmes

Whenever you think of Moon landings you inevitably remember the twelve astronauts who landed there. But the success of the Apollo programme would have been inconceivable without the contribution of the 400,000 scientists, engineers, technicians, and many others involved in it. Some of them were 'emigrants', the most prominent of these being the German space engineer Wernher von Braun. In the days of the German Reich, he worked on the development of the first big rocket, the 'Aggregate 4' (A4), better known as Hitler's 'Vergeltungswaffe (retaliation weapon) 2' (V2), as technical director of the army research institute at Peenemünde and later on in Mittelbau-Dora in Thuringia, which employed thousands of forced labourers. Von Braun, a member of both the NSDAP and the SS, once justified his work by saying: 'To us, the fact that we had to develop rockets for military purposes was just a diversion. We knew that the world's early aviation pioneers had to follow exactly the same diversion.' This view of things landed him in a Gestapo jail in February 1944 under a charge of sabotage. They accused him of 'pursuing his secret thoughts of space travel' while 'failing to invest his energy and strength to the full extent into perfecting the A4 as a weapon'. At that time, the A4 had long since aroused the interest of the USA. Thus, von Braun, having 'allowed' the US army to recruit him after the end of the war, flew to Fort Bliss in the state of Texas on September 29, 1945 together with six companions, the so-called 'Peenemünde vanguard', as part of the 'paperclip' operation. Another 118 colleagues from Peenemünde were to follow shortly afterwards with the operation 'overcast'. In Fort Bliss and later on in Huntsville, he played a leading part in developing the A4 for the Redstone programme that was named after the eponymous Huntsville launching site. This rocket spawned improved variants, including Jupiter, Juno, Mercury, Atlas, Titan and, later on, the Juno V Moon rocket, which Wernher von Braun renamed Saturn V. Through these developments, he played a leading part in advancing the development of the US army's intercontinental rockets and of NASA's Mercury, Gemini, and Apollo programmes. To be sure, plans for Saturn V were already made before Wernher von Braun was seconded to NASA in October 1959. Moreover, von Braun did not only work as a rocket engineer: on April 20, 1961, only eight days after Gagarin's space flight, President John F. Kennedy asked the vice president and his chief advisor for space matters, Lyndon B. Johnson, about a 'space programme which promises spectacular results and will put us in the lead in space'. On this issue, Johnson consulted Wernher von Braun, among others. In his expert opinion of April 29, 1961, von Braun concluded that it was nearly impossible to beat the USSR where building a space station was concerned. However, there was a genuine chance of sending a team of three astronauts around the Moon before the Soviets. As far as the race for the first landing on the Moon was concerned, the prospects were even excellent. How right he was became apparent nearly eight and a half years later.

In point of fact, the USSR did compete with its N1-L3 Moon landing programme which was based on a decree by the Soviet Union's head of state, Nikita Sergejewich Khrushchev. In the beginning, it also let itself be guided by the German A4 and 'imported' technologies and engineers. From the 1950s onwards, however, they gradually sent back the Germans because they did not want to reveal to them any of the subsequent developments under the name of Pobeda (Victory). The USSR no longer needed help because they had the 'chief designer', as Sergei Pavlovich Korolyov was called during his lifetime in order to keep his identity secret. His biggest successes included the design of the R7 as the world's first intercontinental rocket, the launch of Sputnik 1957 and, most important of all, the first flight of a human being into space 1961. Accordingly, the 'chief designer' necessarily had to develop the Soviet Moon rocket as well, and work was duly begun in mid-1965. The N1 heavy-lift rocket was to carry 23.5 tons towards the Moon – compared to the 48.6 tons of Saturn V. In the Soviet Union, there was no big engine available like the F-1 engine of Saturn V, and so 30 small ones had to be fired in series instead – far too complex an enterprise. In addition, there were neither the funds nor enough time for building a test stand for the first stage. When Korolyov died on January 14, 1966, in consequence of a former internment, the Moon programme declined steeply. After many faulty technical judgments, four false starts between 1969 and 1972, and the successful landing of Apollo 11 on the Moon, the N1 was discontinued in 1974 together with the Soviet Union's project of a manned landing on the Moon.



Die sowjetische Raumsonde Luna 3 hat im Oktober 1959 die ersten Aufnahmen von der Rückseite des Mondes gemacht.

The Soviet Luna 3 spacecraft took the first photographs of the far side of the Moon.



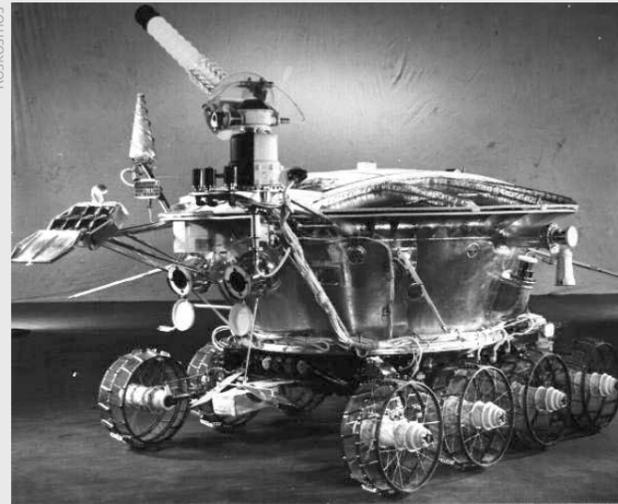
Aufnahme von Ranger 9 am 24. März 1965 beim gezielten Sturz in Richtung Mondoberfläche. Das Bild zeigt den 108 Kilometer breiten Zielkrater Alphonsus im Mare Nubium aus einer Höhe von 442 Kilometern drei Minuten vor dem Aufschlag der Sonde.

This photo was taken by Ranger 9 on March 24, 1965 on its impact way to the surface of the Moon. It shows the 108 kilometres wide target crater, Alphonsus, in the Mare Nubium from an altitude of 442 kilometres, three minutes before the probe crashed down.

## Aller Anfang ist schwer

Als am 4. Oktober 1957 der Sputnik-Schock die USA erschütterte, leitete William E. Pickering, damaliger Chef des Jet Propulsion Laboratory (JPL) in Pasadena, nur kurze Zeit später den Wettlauf zum Mond ein: „Die Sowjets haben lediglich einen Satelliten um die Erde geschickt. Wir sollten diese Herausforderung beantworten, indem wir einen Raumflugkörper zum Mond schicken.“ Frühester Starttermin war laut Pickering Juni 1958. Doch dieses Unterfangen war gar nicht so einfach. Die NASA war noch nicht „geboren“. Verteidigungsministerium und Luftwaffe stritten sich verbittert um ein gemeinsames Raumfahrtprogramm mit dem wohlklingenden Namen „Pioneer“. In der Tat war der erste Pionier im Juni 1958 fertig und am 17. August 1958 startbereit. Doch die Thor-Able-Raketen der NASA verwandelten alle ersten Pionier-Sonden in „Feuerwerkskörper“. Nur Pioneer 4 flog am 4. März 1959 als erste US-amerikanische Sonde am Mond vorbei – zwei Monate zu spät. Denn die Russen schickten nach drei Fehlschlägen die Sonde Lunik 1 am 2. Januar 1959 zum Mond. Zwar verfehlte sie ihr Ziel, doch flog sie immerhin in 5.600 Kilometern Entfernung am Mond vorbei und wurde so zum ersten künstlichen Himmelskörper in einem Orbit um die Sonne. Und dann kamen auch noch Luna 2 und Luna 3. Ersterer schlug am 14. September 1959 als erster Körper hart auf dem Mond auf. Letzterer machte als erste Sonde am 6. Oktober 1959 Aufnahmen von der Rückseite des Mondes – ein herber Rückschlag für die USA. Der erste weich gelandete Flugkörper auf dem Mond sollte daher ein amerikanischer sein. So wurde nach der Geburtsstunde der NASA das Ranger-Programm als Vorbereitung für die Surveyor-Landesonden durch den Physiker und Vordenker Robert Jastrow und den Nobelpreisträger Harold Urey geschaffen, die beide schon eine Basis für das Apollo-Programm waren. Denn bereits Ende 1959 – also noch vor der legendären Kennedy-Rede – geisterte die Idee einer bemannten Mondlandung durch die Hallen des JPL in Pasadena.

Doch zunächst entpuppte sich Ranger als nächstes Desaster der US-amerikanischen Raumfahrtgeschichte. Trotz der harten Landungen von Ranger 4 und 6 waren alle Missionen bis dahin Fehlschläge, denn beide übertrugen keine Daten und Ranger 5 verfehlte die geplante Mondumlaufbahn sogar um 725 Kilometer. Erst mit Ranger 7 gelang Ende Juli 1964 der Durchbruch. Zusammen mit Ranger 8 und 9 lieferten die Einschlagssonden 19.000 meist scharfe Bilder von der Oberfläche und trugen somit auch zur Vorbereitung der Mondlandung bei. Doch was war nun mit der ersten weichen Landung, um die Sowjetunion zu überholen? Auch hier war Moskau wieder schneller. Mit Luna 9 schwebte am 3. Februar 1966 die erste Sonde sanft zur Mondoberfläche, ehe Surveyor 1 vier Monate später auf gleiche Weise folgte. War das nach Sputnik nun der „Mond-Schock“? Wenn ja, war er nur gering, denn all diese Rückschläge sollten die USA nicht aufhalten. Alle sieben Surveyor-Sonden erreichten zwischen Juli 1966 und Januar 1968 den Mond – nur zwei davon stürzten auf die Oberfläche. Dafür waren die fünf Lunar-Orbiter-Sonden, alle innerhalb eines Jahres (August 1966 bis August 1967) gestartet, volle Erfolge. Beide Programme trugen entscheidend dazu bei, dass zwölf US-Amerikaner auf dem Mond landen konnten. Doch auch die UdSSR ließ nicht nach. Im Luna-Programm schickten sie insgesamt sechs Landesonden und zwei Rover zum Mond und führten auch Gesteinsproben zurück zur Erde. Doch nachdem im Dezember 1972 mit Eugene A. Cernan und Harrison H. Schmitt die letzten beiden Apollo-Astronauten den Mond wieder verlassen hatten, 1973 der russische Rover Lunochod 2 nach unglaublichen 39 Kilometern zum Stillstand kam und mit Luna 24 im Jahr 1976 die vorerst letzte Mondsonde 170 Gramm Gestein zur Erde zurückbrachte, blieb nach diesen Leistungen auch das Interesse für unseren Trabanten gewissermaßen erst einmal im Mondstaub liegen.

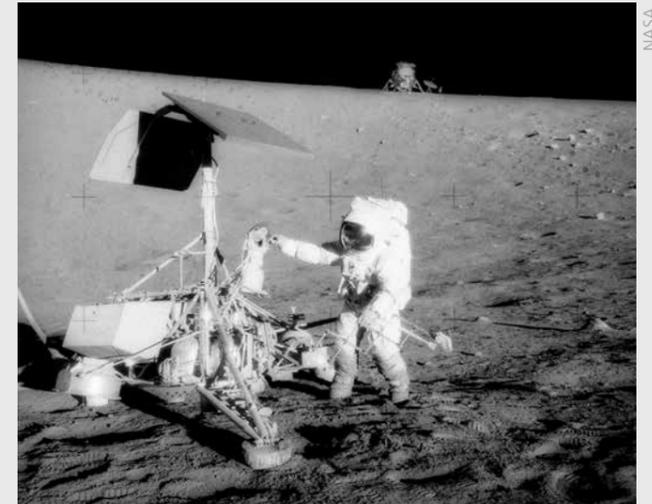


Rekordverdächtig: Obwohl die Luna-21-Mission nur fünf Monate dauerte, legte der 840 Kilogramm schwere Lunochod-Rover nach sowjetischen Angaben über 37 Kilometer zurück. Im Mai 2014 wurde diese Strecke auch mit Daten des Lunar Reconnaissance Orbiters auf 42 Kilometer korrigiert. Bis Opportunity auf dem Mars Lunochod 2 auf dem Mond am 27. Juli 2014 ablöste, war dies die längste gefahrene Strecke auf einem anderen Himmelskörper.

A record-setting achievement: although the Luna 21 mission lasted a mere five months, its 840-kilogramme Lunochod rover, according to Soviet sources, travelled a distance of over 37 kilometres. In May 2014 the figure was corrected to 42 kilometres, based on data from the Lunar Reconnaissance Orbiter. It remained the longest distance ever travelled on the surface of another planetary body until Opportunity began to travel on Mars, and superseded Lunochod 2 on the Moon.

## The first steps are the hardest

When the Sputnik shock shook the USA on October 4, 1957, William E. Pickering, then head of the Jet Propulsion Laboratory (JPL) in Pasadena, started the race for the Moon only a short time later. ‘The Soviets have done nothing more than sending a satellite around the Earth. We should respond to this challenge by sending a spaceship to the Moon.’ According to Pickering, the earliest time for that was June 1958. But the enterprise was not that easy. NASA had not yet been ‘born’, the Department of Defence and the Air Force were fighting tooth and nail over a joint space programme bearing the resounding name of Pioneer. And indeed, the first Pioneer was completed in June 1958 and ready for launch on August 17, 1958. But NASA’s Thor Able rockets caused all the first Pioneer capsules to burn up like ‘fireworks’. Pioneer 4 was the first American probe to fly by the Moon on March 4, 1959 – too late by two months, for after three false starts, the Soviets sent their Luna 1 probe to the Moon on January 2, 1959. Admittedly, it missed its target, but it did fly past the Moon at a distance of 5,600 kilometres, thus becoming the first man-made object in orbit around the Sun. On top of that, Luna 2 and Luna 3 came along. The former became the first object to crash on the Moon on September 14, 1959, while the latter was the first probe to take pictures of the far side of the Moon on October 6, 1959 – a bitter setback for the USA. After that, the first spaceship to perform a soft landing on the Moon simply had to be American. Thus, after the birth of NASA, physicist and visionary Robert Jastrow and Nobel Prize winner Harold Urey created the Ranger programme in preparation of the Surveyor landing probes, both designed to provide the basis for the Apollo programme. After all, the idea of a manned landing on the Moon had been floating around in the halls of the JPL in Pasadena as early as the end of 1959, before Kennedy’s legendary speech.



Besuch bei einem „Landvermesser“: Die Apollo-12-Astronauten Charles „Pete“ Conrad und Alan L. Bean haben ihr Landemodul „Intrepid“ (im Bildhintergrund) im Oceanus Procellarum abgesetzt – gerade einmal gut 160 Meter von der 1967 gestarteten „Surveyor 3“ entfernt. Conrad (im Bild) und Bean haben am 20. November 1969 die Fernsehkamera und andere Bauteile aus der US-Sonde ausgebaut und zur Erde zurückgebracht, um sie wissenschaftlich zu untersuchen.

A ‘surveyor’ has visitors: Apollo 12 astronauts Charles ‘Pete’ Conrad and Alan L. Bean have dropped their lander ‘Intrepid’ (in the background) in the Oceanus Procellarum – a mere 160 metres from ‘Surveyor 3’ which was launched in 1967. On November 20, 1969, Conrad (in the photograph) and Bean dismantled a TV camera and other components from the American probe and returned them to Earth for a scientific inspection.

## Wie zwei Sonden eine neue Mondeuphorie entfachten

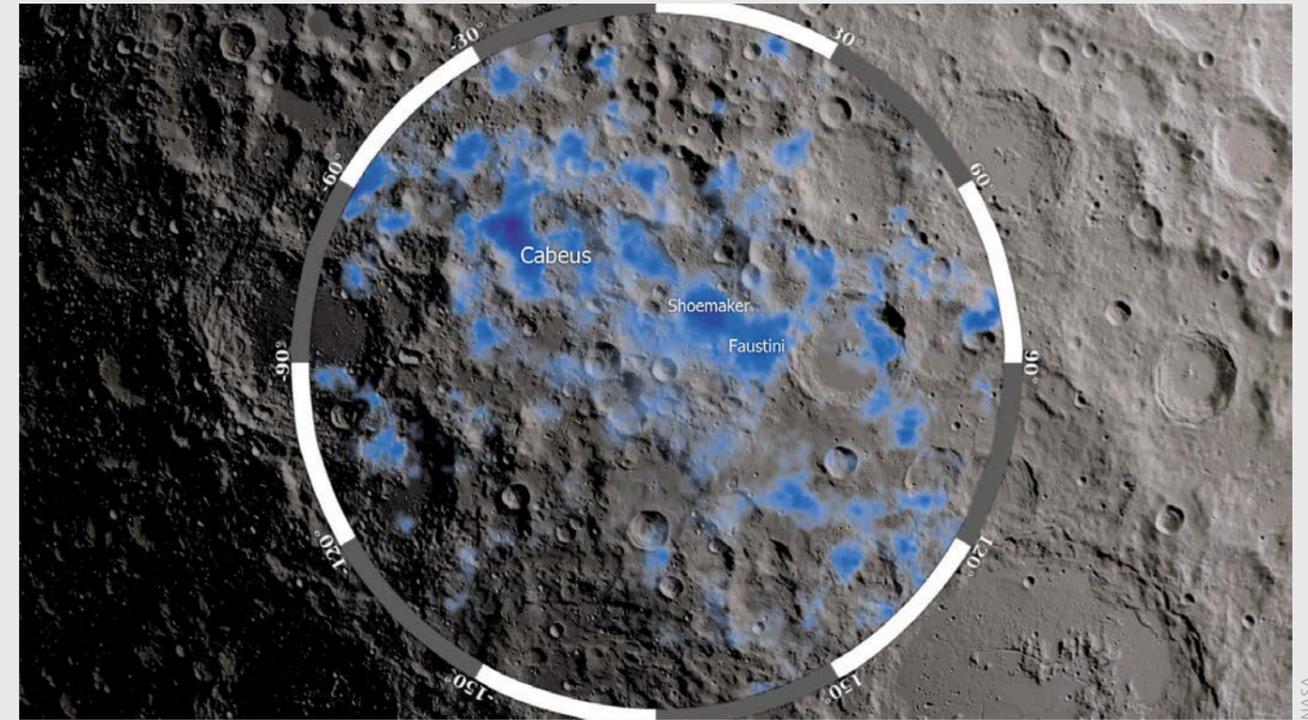
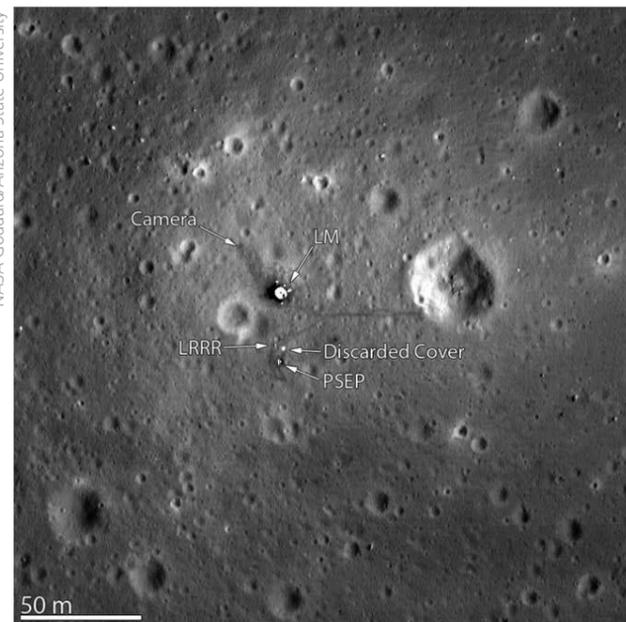
Nach dem Stillstand des letzten russischen Mondrovers Lunochod 2 im Jahre 1973 und einer dritten robotischen Probennahme 1976 durch Luna 26, eine Leistung, die der sowjetisch-russischen Raumfahrt lange Zeit ein Alleinstellungsmerkmal einbrachte, geriet der ständige Erdbegleiter erst einmal in Vergessenheit. Nach wissenschaftlich bedeutenden, aber kurzen Vorbeiflügen der NASA-Jupitersonde Galileo während zweier Erd-Swingbys in den Jahren 1990 und 1992 stattete die japanische Sonde Hiten dem Mond erst im Jahr 1992 einen längeren Besuch ab. Es folgten die Orbiter Clementine und Lunar Prospector (beide USA); letztere entdeckte Wassereis in tiefen, dunklen Kratern an Nord- und Südpol) sowie die erste und einzige europäische Mondsonde SMART-1, die zweite japanische Sonde SELENE und die erste chinesische mit Chang'e-1. Am 14. Januar 2004 verkündete dann US-Präsident George W. Bush in seiner Rede zur Lage der Nation, dass bis zum Jahr 2019 Amerikaner zum Mond zurückkehren und schließlich auch zum Mars und weiter entfernten Zielen reisen sollten. Doch aus politischen Gründen stellte die Regierung unter US-Präsident Barack Obama die Unterstützung des Constellation-Programms 2009 wieder ein, um ein Jahr später zu verkünden, dass die USA bis 2035 Astronauten zum Mars bringen wollen. Im selben Jahr wurde die Mondeuphorie international wieder geweckt, als Chandrayaan-1 (Indien) Wasser – oder genauer Hydroxyl-Ionen in Mineralen – auf der Oberfläche entdeckte. Als kurze Zeit später der am 18. Juni 2009 gestartete US-amerikanische Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) die indische Beobachtung bestätigte, war das neue Interesse endgültig entfacht. Mit an dieser für die Mondforschung unglaublich wichtigen Mission ist auch die Universität Münster durch Prof. Harald Hiesinger und die Technische Universität Berlin durch Prof. Jürgen Oberst vertreten, die beide von Anfang an vom DLR Raumfahrtmanagement in Bonn unterstützt wurden. Hiesinger kümmert sich mit um die „Augen“

dieser Mondsonde: Zwei Teleobjektivkameras für Schwarz-Weiß-Bilder mit bis zu 30 Zentimeter Auflösung und eine Weitwinkelkamera für Farb- und UV-Bilder der Mondoberfläche mit einer Auflösung von 100 Metern bilden die sogenannte Lunar Reconnaissance Orbiter Camera (LROC) von der Arizona State University in Tempe. Oberst, Abteilungsleiter für Planetengeodäsie am DLR-Institut für Planetenforschung, ist am Lunar Orbiter Laser Altimeter (LOLA) – einem Instrument zur hochgenauen Vermessung der globalen Mondtopografie – vom Goddard Space Flight Center der NASA beteiligt.

LROC- und LOLA-Daten liefern die Grundlagen für ein überarbeitetes Koordinatensystem des Mondes, genaue topografische Karten der Oberfläche, die Suche nach geeigneten Landstellen für zukünftige Missionen, die Suche nach leicht flüchtigen Elementen – insbesondere Wassereis in den Kratern der Polgebiete, Aussagen über die Häufigkeit von Meteoriteneinschlägen auf der Oberfläche sowie Aussagen über die Geschichte des Mondes. Die deutschen Wissenschaftler haben die US-Teams bei der Auswahl der Beobachtungsziele beraten und sie bei der Kalibration der Kameras sowie bei der Korrektur der Rohdaten unterstützt. Sie haben die Stereobildern zur Erstellung von digitalen Höhenmodellen ausgewertet, verzerrungsfreie topografische Mondkarten hergestellt sowie aus Kratergröße und Kraterhäufigkeit das Alter der Mondoberfläche verlässlicher als zuvor bestimmt und die Landstellen ehemaliger Mondmissionen vermessen. Außerdem trug LRO maßgeblich dazu bei, dass die Mondeuphorie Substanz bekam, denn im Jahr 2017 konnte eine US-amerikanische Studie mit LRO-Daten zeigen, dass der Mondmantel vermutlich ähnliche Wasserkonzentrationen wie der Erdmantel aufweisen könnte. Auf einmal wurde unser Erdbegleiter wieder interessant – nun auch als Sprungbrett zu anderen Planeten.

Der Lunar Reconnaissance Orbiter hat im März 2012 aus 24 Kilometer Höhe erstmals extrem scharfe Bilder der Apollo-11-Landestelle geliefert und somit die Spuren der ersten Reise der Menschheit auf einen anderen Himmelskörper festgehalten. Darauf sind die Unterstufe der Mondlandefähre (LM) sowie Überbleibsel der Fußspuren zu sehen, die Neil Armstrong und Edwin „Buzz“ Aldrin bei ihrer historischen Expedition auf dem Erdtrabanten hinterlassen haben. Darüber hinaus zeigen die Bilder wissenschaftliche Geräte wie den Laser Ranging Retroreflector (LRRR) zur Abstandsbestimmung zwischen Erde und Mond sowie das Passive Seismic Experiment Package (PSEP), mit dem die seismische Aktivität des Mondes gemessen wurde. Zuvor hatte LRO schon die anderen Apollo-Landstellen aufgenommen.

In March 2012, the Lunar Reconnaissance Orbiter was the first mission to produce extremely sharp images of the Apollo 11 landing site, and to record photographic evidence of mankind's first trip to another celestial body. The images show the lower stage of the Lunar Module (LM) and what remained of the footprints left by Neil Armstrong and Edwin 'Buzz' Aldrin during their historic lunar excursion. The photographs also show a number of scientific instruments like the Laser Ranging Retroreflector (LRRR) for measuring the distance between Earth and Moon as well as the Passive Seismic Experiment Package (PSEP) which had been used to measure the Moon's seismic activities. LRO had previously taken photographs of other Apollo landing sites as well.



Der Lunar Reconnaissance Orbiter entdeckte im Jahr 2009 Wasser – oder genauer Hydroxyl-Ionen in Mineralen – auf dem Mond und bestätigte damit die Beobachtungen der indischen Raumsonde Chandrayaan-1 aus demselben Jahr. Die Abbildung zeigt „Eisvorräte“ in den Kratern Cabeus, Shoemaker und Faustini am Südpol des Mondes.

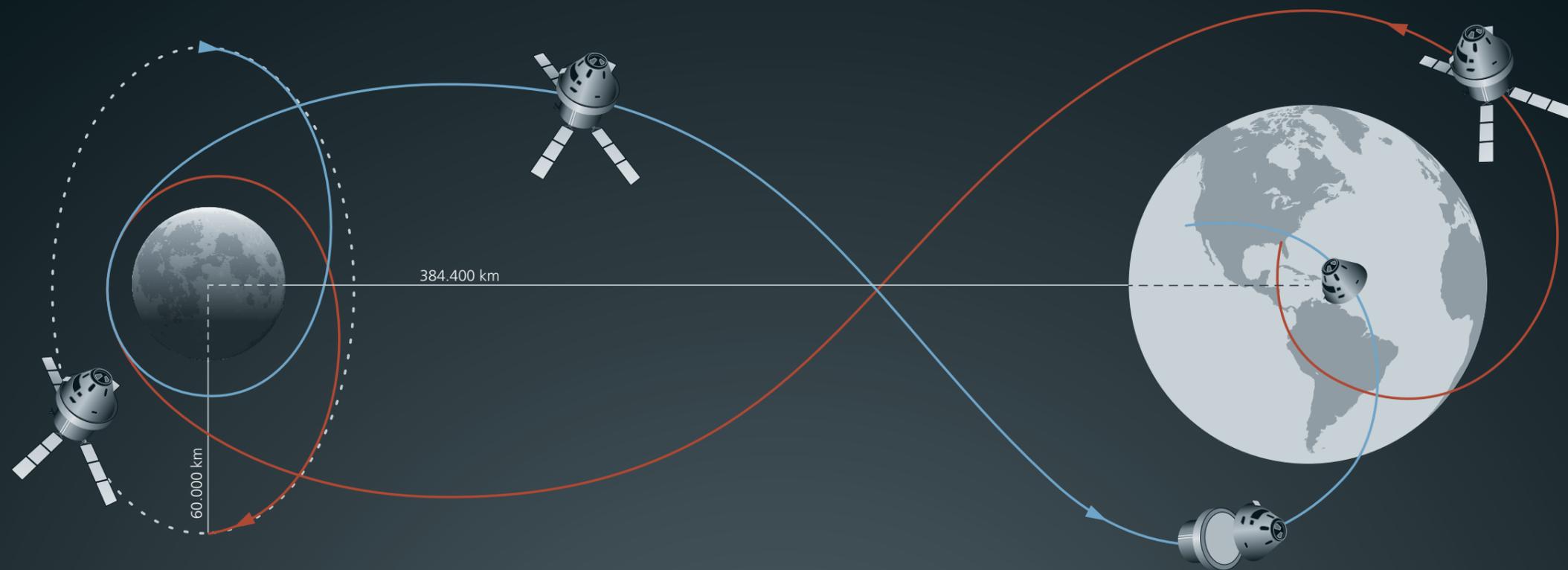
In 2009, the Lunar Reconnaissance Orbiter discovered water on the Moon, or, to be precise, it found evidence of hydroxyl ions in minerals, thereby confirming observations made by India's Chandrayaan-1 space probe of the same year. The photo shows 'ice reservoirs' in the Cabeus, Shoemaker and Faustini craters at the Moon's south pole.

## How two probes kindled a whole new Moon euphoria

After the last Soviet Moon rover had come to a standstill in 1973 and the third batch of lunar material had been sampled by the Luna 26 robot in 1976, a feat which gave the Soviet Union a unique position in space for a long time, the constant companion of our Earth fell into oblivion. After scientifically significant but brief fly-bys by NASA's Jupiter probe Galileo during two Earth swing-bys in 1990 and 1992, the Japanese Hiten probe was the first to pay a prolonged visit to the Moon in 1992. It was followed by two American orbiters, Clementine and Lunar Prospector (the latter discovered water ice in deep dark craters at the north and south poles), the first and only European Moon probe SMART-1, the second Japanese probe SELENE, and Chang'e-1, the first Chinese probe. Finally, in his State of the Nation address on January 14, 2004, President George W. Bush announced that Americans would return to the Moon by 2019 and ultimately travel on to Mars and other more remote destinations. However, President Barack Obama's administration halted the funding of the Constellation programme for political reasons in 2009, only to announce one year later that the USA intended to send astronauts to Mars by 2035. In the same year, a renewed Moon euphoria was aroused internationally when the Indian probe Chandrayaan-1 discovered water or, to be more precise, hydroxyl ions in minerals on the surface. When the American Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) which had been launched on June 18, 2009, confirmed this Indian observation a short while later, interest in the Moon was definitely rekindled. Participating in this mission, which is incredibly important for lunar research, are the University of Münster, represented by Professor Harald Hiesinger, and the Technical University of Berlin, represented by Professor Jürgen Oberst. Both were supported by the DLR Space Administration from the beginning. Professor Hiesinger is one of the scientists who look after the 'eyes' of this Moon probe: two cameras with tele lenses for black and white photographs with a maximum resolution of 30 centimetres and a wide-angle camera with a maximum resolution of 100 metres for colour and UV pictures of the lunar surface. Together, they make up

the so-called Lunar Reconnaissance Orbiter Camera (LROC) of the Arizona State University in Tempe. Professor Oberst, head of the Department of Planetary Geodesics at the DLR Institute of Planetary Research, is involved in the Lunar Orbiter Laser Altimeter (LOLA), an instrument belonging to NASA's Goddard Space Flight Center designed for surveying the global lunar topography with high precision.

LROC and LOLA data provide the basis for an enhanced lunar coordinate system, precise topographical maps of its surface, the search for suitable landing sites for future missions, the search for highly volatile elements, particularly water ice in the craters of the polar areas, and conclusions regarding the frequency of meteorite impacts on the surface and the history of the Moon. The German scientists have been supporting the US teams in choosing observation targets, calibrating the cameras, and correcting raw data. They helped evaluate the stereo image data for the generation of digital elevation models, prepared distortion-free topographical maps of the Moon, computed the age of the lunar surface more reliably than before from the size and frequency of the craters, and surveyed the landing sites of former Moon missions. Moreover, LRO contributed a great deal towards heightening public enthusiasm about the Moon, for in 2017, an American study based on LRO data showed that the concentration of water in the mantle of the Moon is probably similar to that of Earth. So, all at once, the 'satellite of our Earth' became interesting again, this time also as a springboard for missions to other planets.



### Ein neuer Aufbruch zum Mond

Mit den ersten zurückgelegten Metern des „Jadehasen“ am 14. Dezember 2013 im Mare Imbrium hat eine weitere Nation auf der Mondoberfläche ihre Spuren hinterlassen. China hat mit dem Rover der Chang'e-3-Mission gezeigt, im Konzert der großen Raumfahrnationen mitspielen zu können und ist am 21. Mai 2018 den nächsten Schritt gegangen. Mit der „Elsternbrücke“ (Quèqǐáo) haben die Chinesen den ersten Kommunikationssatelliten in einen Halo-Orbit um den Lagrange-Punkt L2 hinter dem Mond ausgesetzt, um die erste weiche Landung auf der Rückseite des Mondes vorzubereiten. Im Von Kármán-Krater im südlich gelegenen Teil des 2.400 Kilometer großen Südpol-Aitken-Beckens hat die Chang'e-4-Mission am 3. Januar 2019 den zweiten „Jadehasen“ ausgesetzt. Die „Elsternbrücke“ übernimmt die Kommunikation, da von der Mondrückseite kein direkter Funkkontakt zur Erde möglich ist. An Bord der Landesonde ist auch ein Messinstrument aus Deutschland: Das Lunar Lander Neutron & Dosimetry Experiment (LND) der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel wurde vom DLR Raumfahrtmanagement gefördert und misst dauerhaft die Strahlendosis auf der Mondoberfläche – ein Novum, denn bislang wurde nur während zweier einzelner Mondmissionen die Strahlung im Orbit, aber nicht aktiv die auf der Oberfläche gemessen. Dadurch ist bislang noch unklar, wie viel Strahlung die Astronauten tatsächlich auf dem Mond abbekommen. Das soll LND nun ändern und so dabei helfen, künftige Mondmissionen vorzubereiten.

Doch nicht nur die Chinesen haben den Mond fest im Programm. Auch die USA haben unseren ständigen Begleiter wiederentdeckt. So testen sie das interplanetare Raumschiff Orion, das im Jahr 2020 zum ersten Mal mit der neuen Schwerlasttraktete SLS vom Kennedy Space Center in Florida in Richtung Mond aufbrechen soll. Das unbemannte Raumfahrzeug soll den Erdtrabanten mehrfach umrunden und anschließend zur Erde zurückkehren. Erst bei der zweiten Mission, die zwischen 2021 und 2023 geplant ist, werden Astronauten in der Kapsel zum Mond reisen und ihn umrunden. Das Crewmodul ähnelt in seiner Form zwar einer Apollo-Kapsel, ist aber erheblich geräumiger als diese: Statt drei finden bis zu vier Astronauten für deutlich längere Flüge darin Platz. Bei Kurzzeit-Missionen im niedrigen Erdorbit können sogar bis zu sechs Crewmitglieder mitfliegen. Doch Voraussetzung für jede Orion-Mission ist neben der Kapsel auch das Europäische Servicemodul (ESM), das im Auftrag der ESA in Bremen unter industrieller Führung von Airbus gebaut wurde. ESM basiert auf den Erfahrungen aus der Entwicklung der fünf ISS-Raumfrachter ATV. Es beherbergt das Haupttriebwerk und vier Solarpaneele, die den Strom für das gesamte Raumschiff liefern. Seine Klimasysteme stellen sicher, dass die Temperatur im Raumschiff für Astronauten und Fracht optimal reguliert wird. Außerdem lagern im ESM der Treibstoff sowie die Sauerstoff- und Wasservorräte für die Crew. Langfristig soll es die Astronauten sogar zu fernen Asteroiden oder bis zum Mars bringen. Damit ist Orion die Basis für das neue US-amerikanische Raumfahrtprogramm „Moon to Mars“.

### A fresh start to the Moon

When the 'Jade Rabbit' covered the first few metres in the Mare Imbrium on December 14, 2013, yet another nation had begun to leave traces on the lunar surface. The rover of the Chang'e-3 mission proved that China was able to play along in the concert of the big space nations, and the next step followed on May 21, 2018, when the Chinese put the 'Magpie Bridge' (Quèqǐáo) into a halo orbit around the Lagrangian point L2 behind the Moon as the first relay satellite in order to prepare the first soft landing on the far side of the Moon. On January 3, 2019, the Chang'e-4 mission released the second 'Jade Rabbit' in the Von Kármán crater in the southern part of the 2,400-kilometre Aitken basin at the south pole. The 'Magpie Bridge' will handle the communication because no direct radio contact can be made with Earth from the far side of the Moon. Among others, the landing probe carries a measuring instrument from Germany, funded by the DLR Space Administration: the Lunar Lander Neutron and Dosimetry Experiment (LND) of the Christian Albrechts University of Kiel permanently measures radiation levels on the surface of the Moon. This is new, as so far radiation was measured only in orbit during two individual Moon missions but not actively on the surface. Consequently, it has so far been unknown what radiation dose astronauts are actually exposed to on the Moon. LND is supposed to change this thus helping prepare further missions to the Moon.

However, the Chinese space programme is not the only one in which the Moon is now firmly established. The Americans, too, have rediscovered our faithful satellite. Trials with the Orion spacecraft are ongoing, which is scheduled to set out for the Moon for the first time from the Kennedy Space Center in Florida in 2020, carried by the new heavy-lift rocket SLS. Uncrewed, the space vehicle will circle around the Moon several times and return to Earth. Only on the second mission, tentatively scheduled between 2021 and 2023, astronauts will travel to the Moon and orbit it in the capsule. While the shape of the crew module resembles that of an Apollo capsule, it is much roomier: not three but as many as four astronauts will find room in it for considerably longer flights. On short-term missions in near-Earth orbits, it will even accommodate up to six crew members. However, each Orion mission crucially depends not only on the capsule but also on the European Service Module (ESM) which is built in Bremen by order of ESA under the industrial leadership of Airbus. The ESM is based on the experience gathered during the development of the five ATV vehicles for the ISS. It contains the main engine and four solar panels which supply electricity to the entire spacecraft. Its air-conditioning systems ensure that temperatures within it remain optimal for both astronauts and freight. Moreover, the ESM carries fuel as well as oxygen and water for the crew. In the long run, it is intended to carry astronauts even to remote asteroids or to Mars. In brief, Orion is the basis for the new American space programme 'Moon to Mars'.



Lavochkin

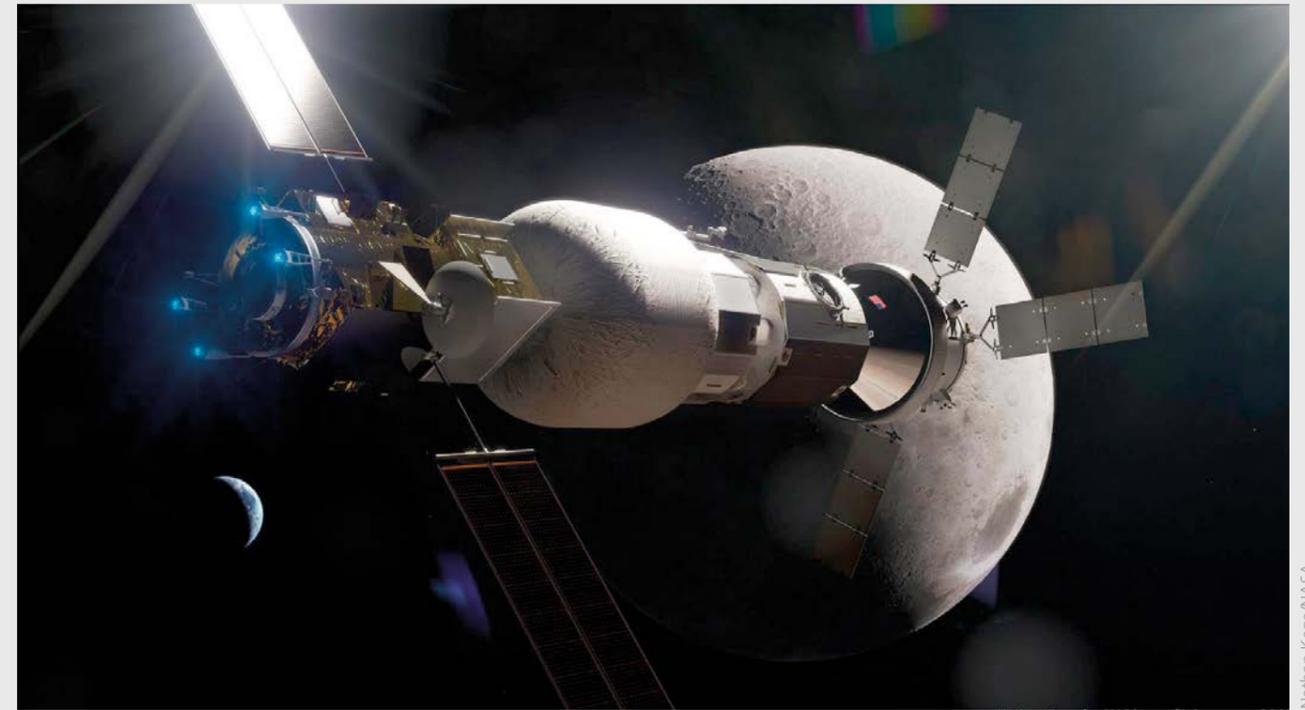
Auch Russland will wieder zum Mond. Mit der Raumsonde Luna 25 wird das gleichnamige Programm aus Sowjetzeiten wieder aufgenommen. Mit Luna 25 soll eine russische Raumsonde den Südpol des Mondes erforschen und den Bau einer robotischen Station mit vorbereiten. Als mögliche Starttermine wurden die Jahre 2021 und 2022 bis 2024 genannt.

Russia, too, has plans to return to the Moon. Luna 25 is the space probe with which the programme from the Soviet era will be resumed. With Luna 25, Russia intends to explore the Moon's south polar region and help with preparations for a robotic station. Possible launch dates currently discussed are the years 2021 and 2022 to 2024.

## Mehr als nur ein Blick in die Glaskugel

Die USA, Russland, China, Europa, Israel, Indien, Japan und Südkorea – alle haben aktuelle Pläne für weitere Mondmissionen. Teilweise gemeinsam, teilweise alleine wollen sie Sonden und wieder Menschen zum Erdtrabanten schicken. Dabei verfolgen die verschiedenen Nationen unterschiedliche Ziele. Während Indien mit Chandrayaan-2, Japan mit SLIM und Kaguya 2 sowie Korea mit dem Korea Pathfinder Lunar Orbiter wissenschaftliche Sonden zum Mond schicken wollen, ist für die USA der Mond auch ein Sprungbrett für eine bemannte Marsmission. „Dieses Mal werden wir nicht nur unsere Flagge aufstellen und Fußspuren hinterlassen. Wir werden die Grundlagen für eine zukünftige Marsmission schaffen“, sagte US-Präsident Donald Trump am 11. Dezember 2017, als er seine erste von insgesamt vier „Space Policy Directives“ verabschiedete, um zunächst bis 2028 wieder amerikanische Astronauten zum Mond schicken zu können. Diesen Zeitraum verkürzte die US-Regierung, vertreten durch Vizepräsident Michael Pence, dann am 19. März 2019 noch einmal um vier Jahre. 2024 sollen wieder Amerikaner auf dem Mond landen. Das amerikanisch-europäische Orion-Raumerschiff soll das möglich machen. Andere Aktivitäten wie zum Beispiel die bereits geplante Mission Lunar Resource Prospector werden nicht wie geplant umgesetzt. Die Ziele dieser für die Mondforschung wichtigen Mission sollen in ein neues kommerzielles Mondprogramm überführt werden. Generell will Trump Firmen künftig viel stärker an großen Explorationsmissionen beteiligen.

Mit den „Space Policy Directives“ und ihren Plänen zum „Gateway“ – einem ab dem Jahr 2022 aufgebauten „Umsteigebahnhof“ in der Mondumlaufbahn zur Erforschung des Mondes und als Zwischenstation zum Mars – rücken die USA die astronautische Raumfahrt wieder stärker in den Fokus. China plant dagegen mit Chang’e-5 und Chang’e-6 zwei große und technologisch komplexe robotische Probenrückführungsmissionen. Russland will mit der Fortsetzung des Luna-Programms die fünf Sonden Luna-25 bis -29 – Luna-27 unter Beteiligung der europäischen Weltraumorganisation ESA – zum Mond bringen. Sowohl die chinesischen als auch die russischen Missionen sollen die Exploration hin zu einer vollständig robotischen Station auf der Rückseite des Mondes vorantreiben. Doch auch China und Russland wollen wieder bemannt auf dem Mond landen. Während das Reich der Mitte als erste Nation überhaupt einen Menschen bis 2030 auf die Rückseite des Mondes bringen will, begnügt sich Russland damit, im gleichen Jahr den ersten Landsmann überhaupt auf dem Mond abzusetzen. Dafür läuft bereits die Entwicklung des superschweren Trägers „Jenissej“. Europa plant zwar eine eigene Mission, setzt aber für einen Weg zum Mond – robotisch wie astronautisch – weiterhin auf starke Partner. Nur gemeinsam mit anderen Staaten ist der Mond erreichbar. Gleiches gilt für Deutschland: Um international im Rennen zu bleiben, sollte die Bundesrepublik technologisch wie wissenschaftlich eine signifikante Beteiligung an großen Missionen anstreben. So öffnet sich vielleicht auch einmal eine Tür, einen deutschen Astronauten über eine Kooperation mit anderen Staaten auf den Mond zu bringen.



Nathan Kagan/NASA

Internationales Großprojekt: Am „Gateway“ – einem „Umsteigebahnhof“ in einer Umlaufbahn des Mondes – sollen mit den USA, Russland, Europa, Japan und Kanada alle Mitglieder des Multilateral Coordination Board (MCB) der Internationalen Raumstation ISS beteiligt werden. Die Orion-Raumkapsel mit dem in Bremen gebauten Antriebs- und Energiesegment soll die Station anfliegen und auch die Energieversorgung des „Gateway“ könnte in Deutschland gebaut werden.

A large-scale international project: Contributions to the ‘Gateway’ lunar orbital platform will be made by all members of the Multilateral Coordination Board (MCB) of the International Space Station ISS. The Orion crew capsule, whose service and power segment is being built in Bremen, is to fly to the station, and the energy supply system of the ‘Gateway’ platform might also be built in Germany.

## Beyond the crystal ball

The USA, Russia, China, Europe, Israel, India, Japan and South Korea – all these nations have plans for lunar missions. In collaboration with others or working on their own, they all intend to send spacecraft or, once again, astronauts to the surface of our planet's companion, pursuing a variety of different goals. Whereas India's Chandrayaan-2, Japan's SLIM and Kaguya 2, and the Korea Pathfinder Lunar Orbiter are scientific probes, the Americans see the Earth's natural satellite as a springboard for a future crewed mission to Mars. ‘This time, we will not only plant our flag and leave our footprint. We will establish a foundation for a future mission to Mars’, said US President Donald Trump on December 11, 2017, as he signed the first of four Space Policy Directives, whereby, initially, American astronauts were to land on the Moon by 2028. Meanwhile, on March 19, 2019, the US administration in the person of Vice President Michael Pence cut that deadline short by another four years, so that American astronauts are now to revisit the Moon by 2024. Orion, the European-American spacecraft, is to make that mission possible. Other activities such as the Lunar Resource Prospector mission, which had already been previously agreed upon, will now not be implemented as planned. Its science assignment, which is of great importance for further lunar research, will now be contracted out to a commercial Moon programme. Trump will in general leave a considerable part of major exploratory missions to the private sector.

In its ‘Space Policy Directives’ and its plans to build the ‘Gateway’ – a lunar orbital platform to be assembled from 2022 onwards, intended for science missions and as a stopover on the way to Mars – the USA is moving the Moon back into its focus. China, by contrast, plans to launch two major technologically complex, robotic sample-return missions, Chang’e-5 and Chang’e-6. Russia, by continuing its Luna programme, intends to land five probes on the Moon, Luna-25 to Luna-29, Luna-27 in collaboration with the European Space Agency, ESA. Both the Chinese and the Russian mission aim to advance the exploration of the far side of the Moon with the intention to build a fully robotic station there. But China and Russia wish to land humans on the Moon as well. While the ‘Middle Kingdom’ aspires to be the first nation to send a human to the far side of the Moon by 2030, Russia will settle for a Russian citizen landing on the Moon in the same year – anywhere. In pursuit of that goal, preparations are already underway in the development of its super-heavy launcher, ‘Yenisey’. Europe, although also intending to have a mission of its own at some point, is for now relying on strong partners. Getting to the Moon, robotically or astronautically, is only possible as a joint effort. The same applies to Germany: in order to stay in business, Germany should go for making significant contributions to the science and technology of major partner missions. Maybe one day, in a cooperation with another country, this might open the door to sending a German astronaut to the Moon.

## Private Mondträume – pure Fiktion oder bald schon Realität?

Nicht nur Raumfahrtagenturen haben den Mond als Ziel auserkoren. Auch private Akteure wollen unserem Erdtrabanten einen Besuch abstatten. Ausgelöst wurde diese Euphorie durch den „Google Lunar X Prize“ (GLXP). Mit diesem Wettbewerb, der von 2007 bis 2018 stattfand, startete ein kleiner privater Wettlauf zum Mond: Wer bis zum 31. Dezember 2017 – ursprünglich bis zum 31. Dezember 2012 – als Erster eine Sonde sicher auf dem Mond landen und mit einem Rover dort mindestens 500 Meter zurücklegen könnte, erhielt 20 Millionen US-Dollar Preisgeld. Diesen „Grand Prize“ bekam allerdings niemand, denn am 23. Januar 2018 wurde der Wettbewerb eingestellt. Bis dahin hatten mehrere Teams insgesamt 300 Millionen US-Dollar aufgebracht, um die gesetzten Aufgaben zu erfüllen. Dagegen wurden gerade einmal sechs Millionen Dollar als Preisgelder für erreichte Zwischenziele ausgezahlt. Doch die Euphorie dauert über das Ende des Wettbewerbs hinaus an. So gewann das deutsche Team PTScientists einen der begehrten Meilensteine und setzt sein Mondprogramm auch nach dem GLXP-Ausstieg im Jahr 2012 fort. Das Berliner Team möchte mit seiner „Mission to the Moon“ im Jahr 2020 zwei 30 Kilogramm leichte, solar- und allradgetriebene „Audi Lunar Quattro“-Rover auf den Mond bringen, die den Landeplatz von Apollo 17 erkunden sollen. Mit der Landesonde ALINA, dem „Autonomous Landing and Navigation Module“, als Knotenpunkt zwischen Rover und Erde will Vodafone das erste 4G-LTE-Netzwerk auf dem Mond aufspannen. So sollen die Fahrzeuge via Steuerknüppel nahezu in Echtzeit gesteuert sowie wissenschaftliche Daten, Bilder und Videos übertragen werden können. Da ALINA rund 100 Kilogramm Nutzlast transportieren kann, ist noch Platz für weitere Mitflieger wie CubeSats oder Experimente, die bei den PTScientists zugebucht werden können. Eines davon ist X-SCIENCE von der TU Braunschweig, das mit Mitteln des DLR Raumfahrtmanagements ermöglicht wurde. Mit diesem innovativen Laser unter einem der Rover wird erstmals 3D-Druck mit Mondgestein vor Ort demonstriert. Darüber hinaus ist das Unternehmen bereits an einer ESA-Studie für eine robotische Mondmission beteiligt.

Auch in den USA werden ehemalige GLXP-Teilnehmer bei NASA-Ausschreibungen berücksichtigt. Am 29. November 2018 gab die US-amerikanische Raumfahrtbehörde bekannt, dass sie in Zukunft im Rahmen des 2,6 Milliarden US-Dollar schweren „Commercial Lunar Payload Services (CLPS)“-Programms kommerzielle Mondlander von bis zu neun US-Firmen beziehen wird. Zwei davon sind ehemalige GLXP-Teams. Dieser kommerzielle Ansatz ist Teil der aktuellen US-Mondstrategie. Einen Schritt weiter als die US-Firmen ist der israelische GLXP-Teilnehmer SpaceIL, der am 4. April 2019 mit der Landesonde „Beresheet“ als erste private Organisation einen Mondorbit erreicht hat. Doch kurz bevor die mit 600 Kilogramm bisher leichteste Mondlandesonde am 11. April 2019 sanft auf der Oberfläche aufsetzen konnte, traten beim Abstieg Antriebsprobleme auf und das Gefährt zerschellte. Dieser Fehlschlag hält Milliardär und Mitinitiator Morris Kahn allerdings nicht davon ab, es in zwei bis drei Jahren erneut zu versuchen. Der von Israel Aerospace Industries (IAI) gebaute Lander wird außerdem in einer Kooperation mit dem deutschen Raumfahrtunternehmen OHB für kommerzielle Kunden angeboten.

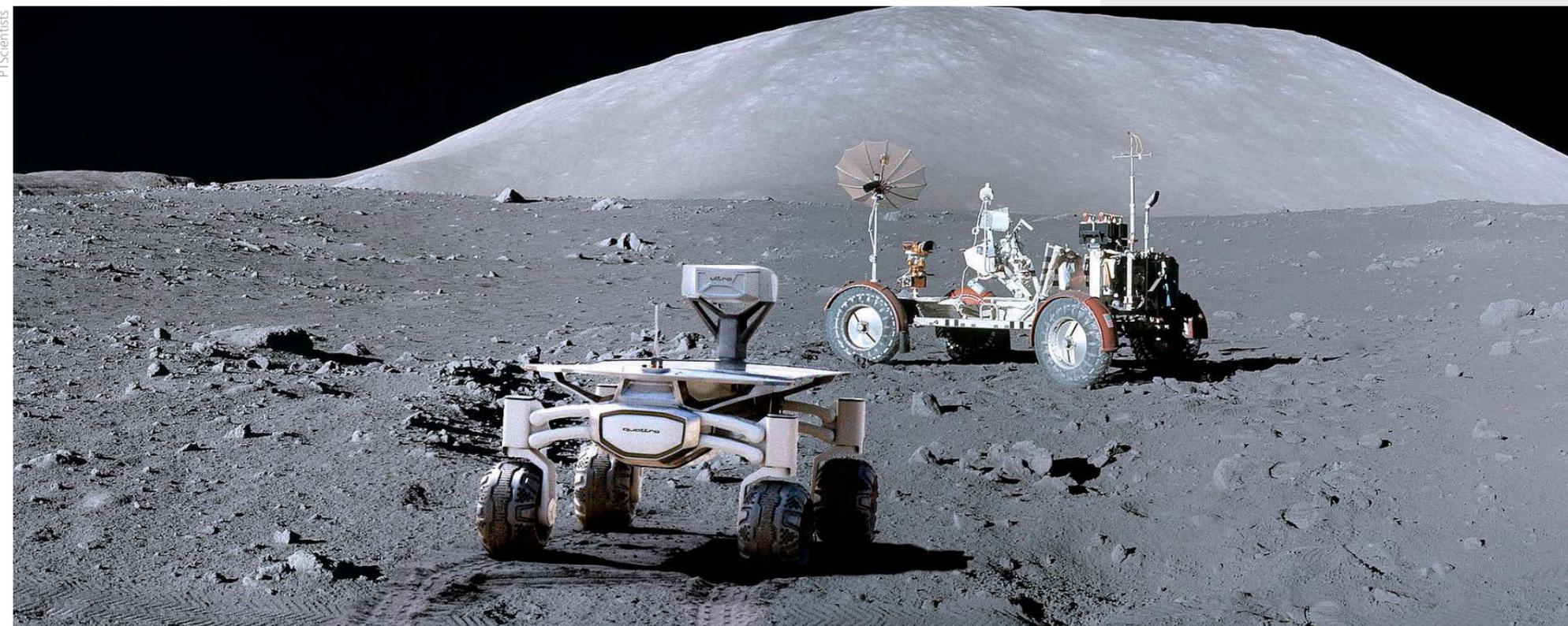
Noch größere Pläne verfolgen die Weltraumvisionäre Elon Musk und Jeff Bezos. Sie wollen mit ihren Firmen SpaceX und Blue Origin in Zukunft Touristen zum Mond mitnehmen. Ein erster SpaceX-Kunde ist Yusaku Maezawa, ein japanischer Kunstsammler und Milliardär. Er soll gemeinsam mit einer Gruppe von Künstlern mit dem ersten Flug des „Starship Hopper“ auf einer „Super Heavy“-Rakete im Jahr 2023 zum Mond aufbrechen und ihn in 200 Kilometer Entfernung umkreisen. Doch der Mond ist für SpaceX-Gründer Elon Musk nur das Sprungbrett zum Mars. Dorthin möchte er mit seiner neuen Super-Rakete Menschen bereits im Jahr 2026 mitnehmen, um dort eine dauerhafte Kolonie aufzubauen. Blue Origin hingegen tüfelt neben der superschweren „New Armstrong“-Rakete an dem Mondlander „Blue Moon“. Mit diesem „Amazon-Lieferservice“ für den Mond möchte Bezos am Südpol des Erdtrabanten landen und dort den Aufbau einer Basis unterstützen.

## Private Moon dreams – pipe dream or soon-to-be fact?

Not only space agencies have picked the Moon as a target; private players, too, plan to pay a visit to our satellite. What triggered this euphoric ambition was the Google Lunar X Prize (GLXP), a contest that took place from 2007 to 2018 and kicked off a minor private-sector race to the Moon: anyone who would be first to land a probe safely on the Moon and cover a distance of 500 metres with a rover there before December 31, 2017 – originally before December 31, 2012 – would receive 20 million dollars in prize money. However, no one actually got to win the ‘grand prize’, for the contest was officially closed on January 23, 2018. Until then, several teams had raised a total of 300 million dollars to solve the tasks that had been set. By contrast, a mere six million dollars were paid in prize money to teams who had reached certain intermediate goals. Yet, the sense of euphoria continued way beyond the contest. A German team called PTScientists, for example, won one of the coveted milestones in 2012 and continued its Moon programme after the end of GLXP. Under its ‘Mission to the Moon’, the Berlin team plans to put down on the Moon two ‘Audi Lunar Quattro’ rovers weighing only 30 kilograms each, which, equipped with a solar-powered four-wheel drive, are destined to explore the landing site of Apollo 17. With the ALINA landing probe (Autonomous Landing and Navigation Module) acting as a radio node between the rovers and Planet Earth, Vodafone plans to set up the first 4G LTE network on the Moon. This would permit controlling the vehicles with a joystick almost in real time as well as transmitting scientific data, images, and videos. As ALINA is capable of carrying a payload of around 100 kilograms, there will be room for additional hardware like cube sats or experiments that may be booked in with PTScientists. One of them will be the X-SCIENCE experiment of TU Braunschweig enabled by fundings of DLR Space Administration. This innovative laser instrument mounted underneath one of the rovers will show for the first time Additive Layer Manufacturing with lunar materials on the surface of the Moon. Moreover, the enterprise is already taking part in an ESA study about a robotic mission to the Moon.

In the USA, too, former GLXP contestants have been successfully taking part in NASA’s requests for tender. On November 29, 2018, the American space administration announced its intention to procure commercial Moon landers from up to nine US companies under the Commercial Lunar Payload Services (CLPS) programme, which is endowed with 2.6 billion dollars. Two of these companies are former GLXP teams. This commercial approach is part of the current American Moon strategy. One step further along than the US companies was the Israeli GLXP contestant SpaceIL, the first private organisation to reach an orbit around the Moon with its landing probe ‘Beresheet’ on April 4, 2019. But before the probe, the lightest so far at 600 kilograms, was able to touch down gently on the surface on April 11, 2019, it developed engine problems during its descent, and the probe made a crash landing. However, this failure cannot keep billionaire and co-initiator Morris Kahn from trying again in two or three years’ time. Besides, the lander that is built by Israel Aerospace Industries (IAI) is now being offered to commercial customers as part of a collaboration with the German space company OHB.

The plans pursued by space visionaries Elon Musk and Jeff Bezos are even bolder. Their two companies, SpaceX and Blue Origin, aim to send tourists to the Moon. One of the first SpaceX customers is Yusaku Maezawa, a Japanese billionaire art collector. Together with a group of artists, he is scheduled to set out for the Moon in 2023 on the first flight of the ‘Starship Hopper’ carried by a ‘Super-Heavy’ launcher, to orbit the Moon at an altitude of 200 kilometres. For the founder of SpaceX, Elon Musk, the Moon is nothing but a springboard for Mars, where he plans to send humans on his new super-rocket as early as 2026 to set up a permanent colony there. Blue Origin, on the other hand, is currently working on its lunar module called ‘Blue Moon’ as well as on the super-heavy ‘New Armstrong’ launcher. Creating an Amazon-like delivery service for the Moon, Bezos hopes to land at the south pole of our satellite to support the construction of a base there.



Spurensuche: Die PTScientists aus Berlin wollen im Jahr 2020 unserem ständigen Erdbegleiter einen Besuch abstatten. Dort angekommen, wollen sie die Landestelle von Apollo 17 im Taurus-Littrow-Tal im Südosten des Mare Serenitatis mit zwei 30 Kilogramm leichten Rovern erkunden. Dort waren im Dezember 1972 mit Eugene A. Cernan und Harrison H. Schmitt bislang die letzten Menschen auf dem Mond gelandet. Sie entnahmen sehr wichtige Gesteinsproben, die einen Einblick in seine Geologie und Entwicklungsgeschichte gewähren. Vor rund 3,8 Milliarden Jahren entstand dieses Becken. Rund 100 Millionen Jahre danach begann die aus dem Mondinneren gequollene Lava die tiefer gelegenen Gebiete zu überfluten. Der Ausfluss dieser Lavaströme wurde von Vulkanausbrüchen begleitet, bei denen die ausgestoßenen gasreichen Lavafontänen so schnell erstarrten, dass kleine Glaskügelchen entstanden und auf den Boden regneten. Wegen ihres hohen Zinkgehalts sind sie orange und haben als „orange soil“ einen gewissen Kultstatus erlangt. Diese Kügelchen haben Cernan und Schmitt zurück zur Erde gebracht.

Searching for evidence: Berlin’s PTScientists aim to pay a visit to our Earth’s companion in the year 2020. Once arrived, they intend to explore the Apollo 17 landing site in the Taurus Littrow Valley in the southeast of the Mare Serenitatis, using two light-weight, 30-kilogramme rovers. It is the place where the last two humans so far, Eugene A. Cernan and Harrison H. Schmitt, landed on the Moon in 1972. They took home a number of very important rock samples, which have given scientists an insight into the geology and history of the Moon. The basin came into being some 3.8 billion years ago. About 100 million years later, lava from the Moon’s interior began to well up, flooding low-lying areas. These lava flows were accompanied by volcanic eruptions during which the ejected gas-rich lava fountains solidified quickly enough to cause small glass beads to form and rain down on the surface. The high amount of zinc in their composition makes them look orange, which is why they have become known as the iconic “orange soil”. Cernan and Schmitt brought some of these glass beads back to Earth.



# INS ALL – OHNE ABZUHEBEN

Drei „Kosmonautinnen“ und drei „Kosmonauten“ gehen auf eine ganz besondere Reise  
 Von SIRIUS-Projektleiter Dr. Christian Rogon und COUNTDOWN-Chefredakteur Martin Fleischmann

Moskau, 19. März 2019, 14:00 Uhr: Kurz vor Frühlingsbeginn liegt in der russischen Hauptstadt noch Schnee – eher graubraun als weiß. Dort, wo er bei milden sechs Grad taut, hinterlässt er unappetitliche Flecken und tiefe Pfützen auf dem tristen Asphalt. Genau das richtige Wetter, um sich von der Außenwelt abzukoppeln. Und genau das haben an diesem Tag Reinhold Povilaitis und Allen Mirkadyrov (beide US-Amerikaner) sowie Daria Zhidova, Anastasia Stepanova und Stephania Fedeye (alle aus Russland) unter dem Kommando des 44-jährigen russischen Kosmonauten Yevgeny Tarelkin auch getan. Gemeinsam reisen sie zum Mond, ohne dabei jemals abzuheben. Rund vier Monate, bevor sich die erste Mondlandung der Apollo-11-Astronauten am 20. Juli 1969 zum 50. Mal jährt, gehen die drei „Kosmonautinnen“ und drei „Kosmonauten“ bis zum 19. Juli 2019 auf eine simulierte Reise zu unserem Erdtrabanten. Abgeschlossen von der Außenwelt leben, arbeiten und forschen sie 122 Tage lang unter Isolationsbedingungen im Moskauer NEK-Habitat, einem 550 Kubikmeter großen Modul für die Simulation von Weltraummissionen am Institut für Biomedizinische Probleme der Russischen Akademie der Wissenschaften (IBMP RAS) in Moskau. Denn nur durch möglichst genaue Simulationen einer Mission und der Forschung unter Isolationsbedingungen werden künftige Reisen zu anderen Himmelskörpern möglich sein. Sechs der insgesamt mehr als 70 Experimente kommen aus Deutschland und werden vom DLR Raumfahrtmanagement betreut, das neben der französischen Raumfahrtagentur CNES an der SIRIUS-19-Isolation unter der Leitung der russischen Raumfahrtagentur Roskosmos und der US-amerikanischen Welt- raumbehörde NASA beteiligt ist.

## INTO SPACE – WITHOUT TAKING OFF

Three female and three male ‘cosmonauts’ set out on a very special journey  
 By SIRIUS project manager Dr Christian Rogon and COUNTDOWN editor-in-chief Martin Fleischmann

Moscow, March 19, 2019, 2 p.m.: Shortly before the beginning of spring, the ground in the Russian capital is still covered with snow, greyish-brown rather than white. Where the mild temperature of six degrees has begun to make it thaw, the melancholy asphalt is mottled with unappetising stains and deep puddles. Just the right kind of weather to turn your back on the outside world. And this is exactly what Reinhold Povilaitis and Allen Mirkadyrov (both Americans) as well as Darya Zhidova, Anastasia Stepanova and Stefania Fedeye (all Russians) did on that day under the command of 44-year-old Russian cosmonaut Yevgeni Tarelkin. Together they will travel to the Moon without ever lifting off, because until July 19, 2019, the three female and three male ‘cosmonauts’ will set out on a simulated trip to the satellite of our Earth, approximately four months before the fiftieth anniversary of the Apollo 11 astronauts’ first landing on the Moon. Cut off from the outside world, they will live, work, and conduct experiments for 122 days under strict isolation in the Moscow NEK habitat, a 550-cubic-metre module for simulating space missions at the Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences (IBMP RAS). Safe trips to other planetary bodies will be feasible only if we can simulate a mission as precisely as possible. Six of a total of more than 70 experiments come from German scientists and will be supervised by the DLR Space Administration which, together with the French space agency CNES, collaborates on the SIRIUS-19 isolation managed by the Russian space agency Roscosmos and the American space agency NASA.

Der Letzte macht die Tür zu: Der russische Kosmonaut und SIRIUS-Kommandant Yevgeny Tarelkin verschwindet am 19. März 2019 um 14:00 Uhr Ortszeit im Moskauer Habitat. Damit beginnt die Isolation.  
 Last one in, shut the door: Russia’s cosmonaut and SIRIUS commander Yevgeny Tarelkin disappears inside the Moscow-based habitat at 14:00 hrs local time on March 19, 2019, marking the beginning of the isolation period.

## Ohne Isolationsstudien keine bemannte Mondmission

Seit die indische Mondsonde Chandrayaan-1 Wasser auf dem Mond entdeckt und eine US-amerikanische Studie 2017 gezeigt hat, dass der Mondmantel ähnliche Wasserkonzentrationen wie der Erdmantel aufweisen könnte, ist unser Erdtrabant wieder in den Fokus der Aufmerksamkeit aller großen Raumfahrtagenturen gerückt. Doch bevor auf dem Mond sinnvoll geforscht werden kann, muss man Besatzungen ausbilden, die eine solche Mission erfolgreich bestreiten und lange Zeit unter dem psychischen Stress der totalen Abgeschiedenheit leben können. Dafür möchten die an SIRIUS-19 beteiligten Raumfahrtagenturen Roskosmos, NASA, DLR und CNES mehr über das Zusammenspiel von Körper und Geist in Isolation erfahren. Diese Erkenntnisse gewinnen sie am besten, wenn eine simulierte Mondmission unter einem möglichst realistischen Szenario abläuft. Beim SIRIUS-19-Experiment sind daher sechs Raumfahrer zu einer 122-tägigen Mondreise aufgebrochen.

## Arbeitsalltag auf einer orbitalen Mondstation

Nachdem die Crew nach drei Tagen Raumflug in einen Mondorbit eingeschwenkt ist und sich so einer orbitalen Mondstation genähert hat, dockt die kleine Kapsel am zehnten Tag endlich an. Jetzt können die „Kosmonauten“ in den neuen Lebensraum übersiedeln und die gesamte Station nutzen, die von nun an für 100 Tage ihr Zuhause und ihr Arbeitsplatz sein wird. Sie werden täglich Gesundheits- und Fitnesschecks über sich ergehen lassen, Sport treiben, Sicherheitstrainings absolvieren, die Station keimfrei halten und Raumschiffe an- und abkoppeln. Zahlreiche Experimente machen ihren Acht-Stunden-Arbeitsalltag komplett. Morgens wird ein gemeinschaftliches Frühstück eingenommen. Alle anderen Mahlzeiten variieren nach dem täglichen Zeitplan der „Kosmonauten“. Alle 30 Tage versorgt ein Raumfrachter die orbitale Mondstation mit neuer Nahrung und Verbrauchsmaterial. Die Schlaf- und Wachzeiten bleiben in Anlehnung an die irdische Heimat weitestgehend unverändert. Da die Eintönigkeit der Arbeitsabläufe auf sehr begrenztem Raum zu einer großen Herausforderung werden kann, wird die Crew auch auf zufällige technische Störungen und Pannen wie einen fünftägigen Kommunikationsausfall mit der „Bodenstation“ reagieren müssen. Der Funkverkehr mit der Erde ist generell fünf Minuten in jede Richtung zeitverzögert.

## Expedition zur Mondoberfläche

50 Tage nach ihrer Ankunft sind von dort vier „Kosmonauten“ in einer kleinen Landesonde zur Mondoberfläche aufgebrochen. Dort angekommen, haben sie in Raumanzügen mehrere Ausflüge unternommen, Proben gesammelt und eine „Besiedlung“ des Mondes vorbereitet. Zwei von ihnen sind in der orbitalen Mondstation zurückgeblieben und haben den Ausflug überwacht. Nach der Rückkehr und einem erfolgreichen Docking der Landesonde mit der Station umkreisen alle gemeinsam noch 30 Tage lang den Mond. In dieser Zeit steuern sie Rover auf der Mondoberfläche fern, docken weitere Raumschiffe an der orbitalen Mondstation an und führen zahlreiche Experimente durch, ehe es wieder zurück nach Moskau geht.

SIRIUS-Crew in ihrem „Raumschiff“ (v. l.): Stephania Fedeye, Anastasia Stepanova und Daria Zhidova, Allen Mirkadyrov, Yevgeny Tarelkin und Reinhold Povilaitis

The SIRIUS crew in their "spaceship" (from left): Stephania Fedeye, Anastasia Stepanova and Daria Zhidova, Allen Mirkadyrov, Yevgeny Tarelkin and Reinhold Povilaitis



## No manned lunar mission without isolation studies

Since India's Chandrayaan-1 lunar mission discovered water on the Moon and a US study confirmed that the Moon's mantle is likely to have a similar concentration of water as that of Earth, our planet's 'companion' has moved back into the focus of attention of all major space agencies. However, before any astronaut can conduct any actual research on the lunar surface, crews have to be trained up for such missions to ensure that they will endure the psychological strain of total isolation for an extended period of time. Therefore, the space agencies taking part in SIRIUS-19, i.e. Roscosmos, NASA, DLR and CNES, wish to learn more about the implications of the mental and physical impact of total isolation. The best way to acquire that knowledge is to build a scenario that simulates a lunar mission as realistically as possible. Under the SIRIUS-19 experiment, six people have now set out on a 122-day 'trip to the Moon'.

## A working day on a lunar orbital station

On day ten of the mission, having spent three days travelling through space, the small capsule has now swung into a lunar orbit and approached the lunar orbital station, finally ready for docking. The time has come for the 'cosmonauts' to move into their new habitat, and to take over the entire station, which will be their home and workplace for the next 100 days. They will need to undergo daily health and fitness checks, exercise, attend safety training, keep the station sanitised and perform various docking manoeuvres. To complete their eight-hour working day, there are numerous experiments to be conducted. Breakfast is taken altogether by the entire crew. All the other meals are eaten at varying times during the day depending on each 'cosmonaut's' working schedule. Every 30 days, a re-supply space cargo carrier tops up the crew's stock of fresh food and consumables. Sleeping and waking hours follow roughly those of their terrestrial routine. Given that the monotony of working in a very confined space can become a major challenge, the crew will have to respond to spurious technical malfunctions and glitches as well as a five-day-long complete failure of the communication link with 'ground control'. All radio signals to and from Earth have a five-minute delay in each direction.

## A lunar expedition

50 days after arriving, four of the 'cosmonauts' has ventured out to the surface of the Moon in a small landing vehicle. Once on the ground, they have been undertaken several excursions on the lunar surface. Clad in their space suits, they have gathered samples and carried out preparations for creating a human habitat on the Moon. Two crew members have stayed aboard the lunar orbital station, monitoring the excursion. After their colleagues have returned to the station and completed a successful docking manoeuvre, the whole crew continues to orbit the Moon for another 30 days. During this time, they will operate the lunar rover by remote control, perform several more docking manoeuvres and carry out a large range of experiments, before they finally head back to Moscow.



Alles unter Kontrolle: Im Bodenkontrollraum laufen alle Informationen und Kamerabilder des SIRIUS-Projektes zusammen. Auch die Funkverbindung mit der Crew und die Lebenserhaltungssysteme werden von hier aus überwacht.

Everything's in hand: all information and all camera images of the SIRIUS project are collected at ground control, and it is from here that the radio link with the crew and all life support systems are monitored.

## Sechs Kosmonauten – sechs deutsche Experimente

### 6df/PILOT-U – Lernprogramm für Andockmanöver im Isolationstest

Manuelles Andocken eines Raumschiffs an eine Raumstation gehört zu nahezu jeder bemannten Mission. Doch diese Manöver sind kein Kinderspiel. Denn im Weltraum bewegen sich alle Objekte innerhalb von sechs Freiheitsgraden. Dementsprechend schwierig ist deren Steuerung. Hinzu kommen Stress und Isolation, die auf die „Piloten“ einwirken. Geht bei den Andockmanövern etwas schief, kann das eine gesamte Mission gefährden. Deshalb hat das DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin ein Projekt begonnen, bei dem Astronauten diese Fähigkeiten auch auf der Erde trainieren und erhalten können. Dieses Lernprogramm, das in der SIRIUS-Studie getestet wird, könnte in der Grundausbildung von Astronauten zum Einsatz kommen.

### 6df/PILOT-U – a learning programme for docking manoeuvres in the isolation test

Manually docking a spaceship onto a space station is part of almost every astronautic mission. Yet these manoeuvres are anything but child's play. In space, all objects move within six degrees of freedom, making it correspondingly difficult to control them. Moreover, the 'pilots' are under the constant influence of stress and isolation. A mishap on a docking manoeuvre might endanger the entire mission. This being so, the DLR Institute of Aerospace Medicine has launched a scheme whereby astronauts can acquire and maintain the necessary skills on the ground. Tested under the SIRIUS study, this learning programme could be used in the basic training of astronauts.

### SIMSKILL RU – Andocken an eine russische Mondorbitalstation

Wie beeinflusst die Weltraumumgebung die Pilotenleistung von Astronauten und wie wirken sich diese anspruchsvollen Bedingungen auf den Erfolg einer Mission aus? Um diese Fragen zu beantworten, müssen die sechs „Kosmonauten“ in einer Simulation das neue russische Raumschiff PTK-Federatsiya steuern und an der Mondorbitalstation Lunar Orbital Platform-Gateway (LOP-G) andocken. So soll das Projekt der Universität Stuttgart die Auswirkungen der Isolation auf psychische und körperliche Fähigkeiten der „Piloten“ untersuchen. Zusätzlich kann dieses Experiment zu Verbesserungen grafischer Softwareschnittstellen, der Ergonomie oder von Simulationstechnologien in der Automobilindustrie oder der Medizintechnik beitragen.

### SIMSKILL RU – docking onto a Russian lunar orbital station

In what way does a space environment influence the piloting performance of astronauts, and how do these demanding conditions affect the success of a mission? To answer these questions, the six 'cosmonauts' will have to control the brand-new Russian spaceship PTK Federatsiya and dock it onto the Lunar Orbital Platform-Gateway (LOP-G). The SIMSKILL-RU project of Stuttgart University will study the effects of isolation on the mental as well as the physical capabilities of the 'pilots' during the entire scientific campaign. Moreover, the experiment may contribute towards improving graphic software interfaces, ergonomics, or simulation technologies in the automobile industry or in medical technology.

### MANSA – Schlaflosigkeit im Weltraum

Erholsamer und ausreichend langer Schlaf ist wichtig für körperliche und geistige Fitness. Gedächtnis, Reaktionsschnelligkeit, Geschicklichkeit und Entscheidungsfindung leiden unter einem Schlafdefizit – im Weltraum wie auf der Erde. Daher untersuchen Schlafmediziner der Berliner Charité, ob und wie sich bei den gesunden, gut trainierten „Kosmonauten“ unter Isolation zu kurze oder schlaflose Nächte auf deren Leistungsfähigkeit am nächsten Tag und auf ihr autonomes Nervensystem auswirken. Die Daten sollen mit denen von gesunden, berufstätigen und nicht-isolierten Menschen verglichen werden. Die Ergebnisse können richtungsweisend für Berufsgruppen wie Schichtarbeiter, Berufskraftfahrer, Überwachungspersonal, Piloten und Kosmonauten werden.

### MANSA – sleepless journey through space

Restful sleep of adequate duration is important for our mental and physical fitness. Memory, speed of reaction, dexterity, and decision-making can all be impaired by a lack of sleep – in space as well as on Earth. For this reason, sleep medicine experts from Berlin's Charité hospital are investigating whether and how the performance and the autonomic nervous system of healthy, well-trained 'cosmonauts' in isolation are affected after a short or sleepless night. The data from this MANSA experiment are to be compared to those of healthy, non-isolated working individuals. The results could provide important benefits to specific occupations like shift workers, professional drivers, security personnel, pilots, cosmonauts, and others.

## Six cosmonauts – six German experiments

### NeuroActIso – auf der Suche nach dem effektivsten Training

Weltraummissionen bergen Risiken für Körper und Geist: Zum einen wird mangels Schwerkraft Muskel- und Knochenmasse abgebaut und die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems beeinträchtigt. Zum anderen wirkt sich die Isolation auf die Psyche aus. Welche Form des Lauftrainings kann diesen Effekten am besten entgegenwirken? Das will die Deutsche Sporthochschule Köln herausfinden und lässt die sechs „Kosmonauten“ zwei Monate nach Intervall- und zwei Monate nach Dauertraining trainieren. Dabei untersucht sie deren geistige Leistungsfähigkeit, emotionalen Zustand, Gehirnfunktion und Blutparameter. Dadurch ließen sich effektive Trainingsprotokolle für Missionen sowie zur Vorbeugung und Behandlung von Demenz und Depressionen entwickeln.

### NeuroActIso – search for the most effective training method

Space missions harbour risks both mental and physical. First, the lack of gravity causes a decrease in mass of muscles and bones and impairs the performance of our cardiovascular system. Second, being isolated can affect an individual's mental health. So, which form of running exercise is best at counteracting these effects? To find that out, the German Sport University Cologne will arrange for the six 'cosmonauts' to do two months of interval workouts and two months of endurance training. During this time, their mental strength, emotional condition, brain functions, and blood parameter changes will be monitored. This may serve to develop effective exercise protocols for space missions as well as for prevention and treatment of dementia and depression in patients.

### CaReCS – Auswirkungen unterschiedlicher Trainingsreize bei Weltraummissionen

Wie unterscheiden sich die Effekte eines Intervalltrainings auf der ISS von denen eines kontinuierlichen Ausdauertrainings während der SIRIUS-Isolation? Welche Auswirkungen haben missionstypische Belastungen auf das Herz-Kreislauf-System und die metabolischen Prozesse im Muskel? Welche geistigen Veränderungen ergeben sich während der Belastung und im Verlauf der Isolation? Diesen Fragen gehen Forscher der Deutschen Sporthochschule Köln nach. Dafür erfassen sie, wie gut die Atmung und der Blutkreislauf den Körper der „Kosmonauten“ vor, während und nach der Isolation mit Sauerstoff versorgen. Außerdem werden ihre geistigen Fähigkeiten im Zusammenhang mit der körperlichen Belastung untersucht.

### CaReCS – effects of various training stimuli during space missions

In what respects do the effects of interval training on the ISS differ from those of continuous endurance training during the SIRIUS isolation programme? What impacts do mission-typical stress situations have on the cardiovascular system and on metabolic processes in our muscles? What mental changes occur as a result of stress and in the course of isolation? These are the questions investigated by researchers from the German Sport University Cologne. Before, during and after the isolation period, the scientists study the quality of oxygen supply to the bodies of the 'cosmonauts' based on respiration and blood circulation data. In addition, their cognitive performance in relation to physical exercise will be examined.

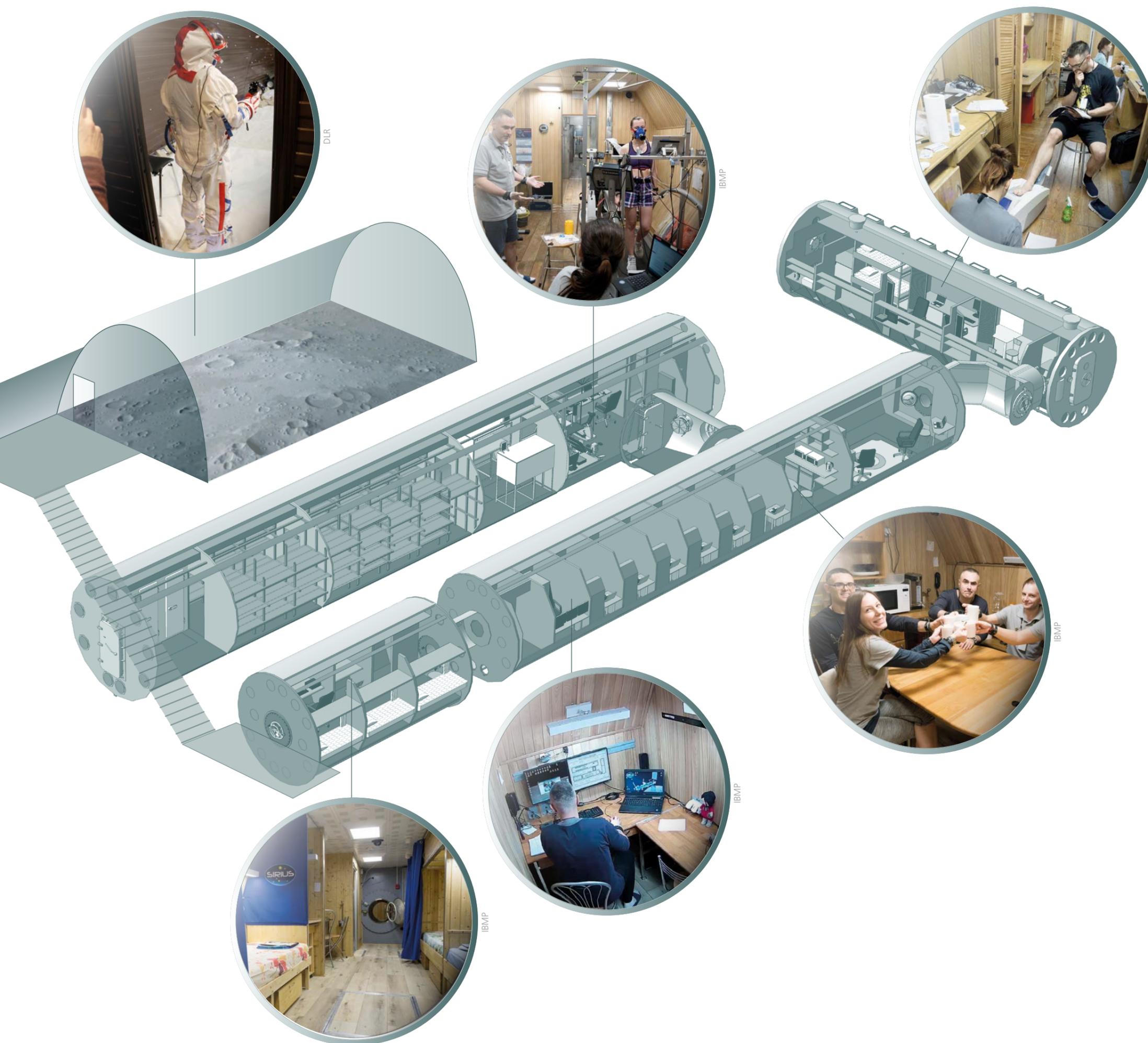
### AGXX IN SPACE – innovative Beschichtungen im Kampf gegen Bakterien

Wie lassen sich bei Langzeitmissionen Kontaminationen durch Bakterien beseitigen oder am besten gleich ganz verhindern und damit eine Infektionsgefahr der Mannschaft vermeiden? Diese Frage will die Gruppe der Beuth Hochschule für Technik Berlin beantworten. Getestet werden Oberflächen aus strukturiertem und veredeltem Silber und chemisch veränderte Graphitoberflächen. Besonders interessiert die Forscher dabei die antibakterielle Langzeitwirkung, um für kommende Weltraummissionen gewappnet zu sein. Außerdem werden die Überlebensstrategien der Bakterien untersucht. Die Forscher hoffen so, alternative Lösungen zur Antibiotikabehandlung zu finden, die in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen gegen multiresistente Keime eingesetzt werden könnten.

### AGXX IN SPACE – innovative coatings to combat bacteria

What can be done to remove bacterial contamination during long-duration space missions or – even better – prevent it in the first place, to avoid the risk of the crew being infected? A group at the Beuth University of Applied Sciences in Berlin plans to find the answer to this question. The surfaces being tested consist of structured and refined silver and chemically modified graphite. In preparation for future space missions, researchers are particularly interested in any long-term anti-bacterial effect. In addition, the survival strategies of bacteria are being investigated. It is hoped that alternative solutions to the treatment with antibiotics will be found that may be employed in hospitals and nursing facilities to combat multi-resistant germs.





### „Russisches Wohnzimmer“ auf dem Weg zum Mond

Nachdem sich die Schleuse hinter den sechs „Raumfahrern“ geschlossen hatte, leben und arbeiten sie nun von der Außenwelt isoliert im 550 Kubikmetern fassenden „Mond-Raumschiff“ auf dem Gelände des Moskauer Instituts für Biomedizinische Probleme (IBMP). Vier miteinander verbundene, fensterlose, holzvertäfelte Containermodule im „heimeligen“ russischen Wohnzimmer-Stil bilden die eigentliche SIRIUS-Anlage. Im Medizin- und Forschungsmodul (EU-100 – 100 Kubikmeter) läuft ein Großteil der Experimente ab und können medizinische Notfälle behandelt werden. Das Wohnmodul (EU-150 – 150 Kubikmeter) bildet mit Betten, Küche, Waschraum, Gemeinschaftsraum und Sportbereich den Lebensmittelpunkt während der simulierten Mondreise. Das Vorratsmodul (EU-250 – 250 Kubikmeter) mit seinen Kühl- und Thermoschränken beherbergt Essen und Verbrauchsmaterial. Hinzu kommen eine Landefähre (EU-50 – 50 Kubikmeter) und eine nachempfundene Mondlandschaft im „Simulator of the Moon Surface“ (SMS – 1.200 Kubikmeter). Zu dieser künstlichen Oberfläche werden die „Kosmonauten“ nur zehn Tage Zutritt haben. 85 HD-Kameras verfolgen das Geschehen in fast allen Räumen rund um die Uhr. Davon ausgenommen sind lediglich die Toilette und die sechs jeweils drei Quadratmeter großen Privatkojen für die „Kosmonauten“.

### “Russian living room” en route to the Moon

After the airlock had shut behind the six cosmonauts, they now live and work isolated from the outside world in a 550 cubic metre ‘lunar spacecraft’ on the premises of Moscow’s Institute for Biomedical Problems (IBMP). Four interconnected, windowless, wood-paneled container modules cosily equipped in Russian living-room style, form the main SIRIUS unit. Most experiments are conducted in the medical and science module (EU-100 – 100 cubic metres), which also contains a medical emergency room. The residential module (EU-150 – 150 cubic metres) is where the crew spend most of their day during the simulated journey to the Moon. It has beds, a kitchen, a washroom, a common room and a gym. The storage module (EU-250 – 250 cubic metres) with its fridges and thermal cabinets contains food and other consumables. In addition, there is a lander (EU-50 – 50 cubic metres) and a mock moonscape called the ‘Simulator of the Moon Surface’. The ‘cosmonauts’ will be permitted to venture out on this artificial surface for only ten days. Everything that happens in nearly all the rooms will be recorded by 85 HD cameras on a 24/7 basis. The only exceptions are the restroom and six private, 3-square-metre ‘cosmonaut’ bunks.



# BLICK IN DIE ZUKUNFT

Europäische Minister verhandeln im November das ESA-Raumfahrtbudget

Von Dr. Gerd Kraft und Klaus Steinberg

Wagen wir einen Blick in die Zukunft: Wir schreiben den 28. November 2019. Es ist 02:00 Uhr in der Nacht. Der erste Verhandlungstag der Ministerratskonferenz unter dem Vorsitz des spanischen Ministers für Wissenschaft, Innovation und Universitäten, Pedro Francisco Duque – übrigens ein ehemaliger ESA-Astronaut – liegt gerade hinter den Chefunterhändlern der 22 Mitgliedsstaaten der europäischen Weltraumorganisation ESA. Jetzt gehen auch die letzten Diskutanten auseinander, um wenigstens für ein paar Stunden Schlaf zu finden. Morgen soll ein gemeinsames Ergebnis verkündet werden. Dann wird sich entscheiden, wie viel Geld die ESA in den kommenden Jahren für die Sicherung bestehender Missionen und für neue Projekte ausgeben kann. Im Jahr 2019 stehen ihr dafür insgesamt 5,72 Milliarden Euro zur Verfügung – und mit 927 Millionen Euro kommt der zweitgrößte Anteil aus Deutschland. Zum Vergleich: Die Europäische Union steuert in diesem Jahr 1,25 Milliarden Euro zum ESA-Raumfahrttopf bei. Für dieses ESA-Budget wurde bei der vergangenen Ministerratskonferenz im Dezember 2016 im schweizerischen Luzern der Grundstein gelegt. Hier übernahm Deutschland mit knapp zwei Milliarden Euro den zweitgrößten Anteil der gezeichneten 10,3 Milliarden Euro und sicherte damit der deutschen Wissenschaft und Industrie bedeutende Anteile. So konnten mit maßgeblicher deutscher Unterstützung der Betrieb der Internationalen Raumstation ISS bis 2024 verlängert und die Entwicklung der Trägerrakete Ariane 6 gesichert werden. Aus deutscher Sicht stehen am 27. und 28. November 2019 in Sevilla nun vor allem die Anwendungsprogramme in der Erdbeobachtung und der Satellitenkommunikation sowie innovative Raumfahrttechnologien im Fokus. Aber es geht auch weiterhin um die Sicherung des europäischen Zugangs zum All und um die Rolle der ESA als Partner der NASA, wenn diese jetzt wieder zum Mond aufbricht.

## LOOKING AHEAD

European ministers to negotiate ESA's space budget in November

By Dr Gerd Kraft and Klaus Steinberg

Fast-forward to November 28, 2019. It is 2:00 am in the morning. Day one of negotiations at the Ministerial Council has just ended. It was chaired by the Spanish Minister of Science, Innovation and Universities, Pedro Francisco Duque – who, by the way, is a former ESA astronaut – and attended by the chief negotiators of 22 member states of the European Space Agency, ESA. Even the most persistent delegates have now decided to call it a day, in order to get at least a few hours of sleep. Tomorrow, the outcome of negotiations will be announced, and this will determine how much money ESA will be able to spend in the next few years for the upkeep of current missions and for any new projects. ESA's budget for the year 2019 is 5.72 billion euros – with the second biggest share of that, 927 million, coming from Germany. In comparison: this year, the European Union is contributing 1.25 billion euros towards ESA's space budget. The foundations for this generous ESA budget were laid at the last Ministerial Council meeting in Lucerne (Switzerland) in December 2016. Germany at the time signed for just under 2 billion euros, which was the second biggest contribution to the newly agreed 10.3 billion euro budget, thus securing significant shares for German science and industry. With German support, the lifetime of the International Space Station ISS has been extended until 2024 and the development of the Ariane 6 launcher could be secured. From German point of view, the focus on the November 27 and 28, 2019, will be particularly on the application programmes in Earth observation and satellite communications as well as innovative space technologies. However, they will also continue to secure Europe's access to outer space and to maintain ESA's role as a partner of NASA in its renewed efforts to head back to the Moon.

Die nächste ESA-Ministerratskonferenz findet am 27. und 28. November 2019 im spanischen Sevilla statt. Auch eine Fortsetzung des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus wird hier verhandelt werden.

The ESA Ministerial Council will meet from November 27 until November 28 in Seville, Spain. The agenda will also include negotiations on the continuation of Europe's Earth observation programme, Copernicus.

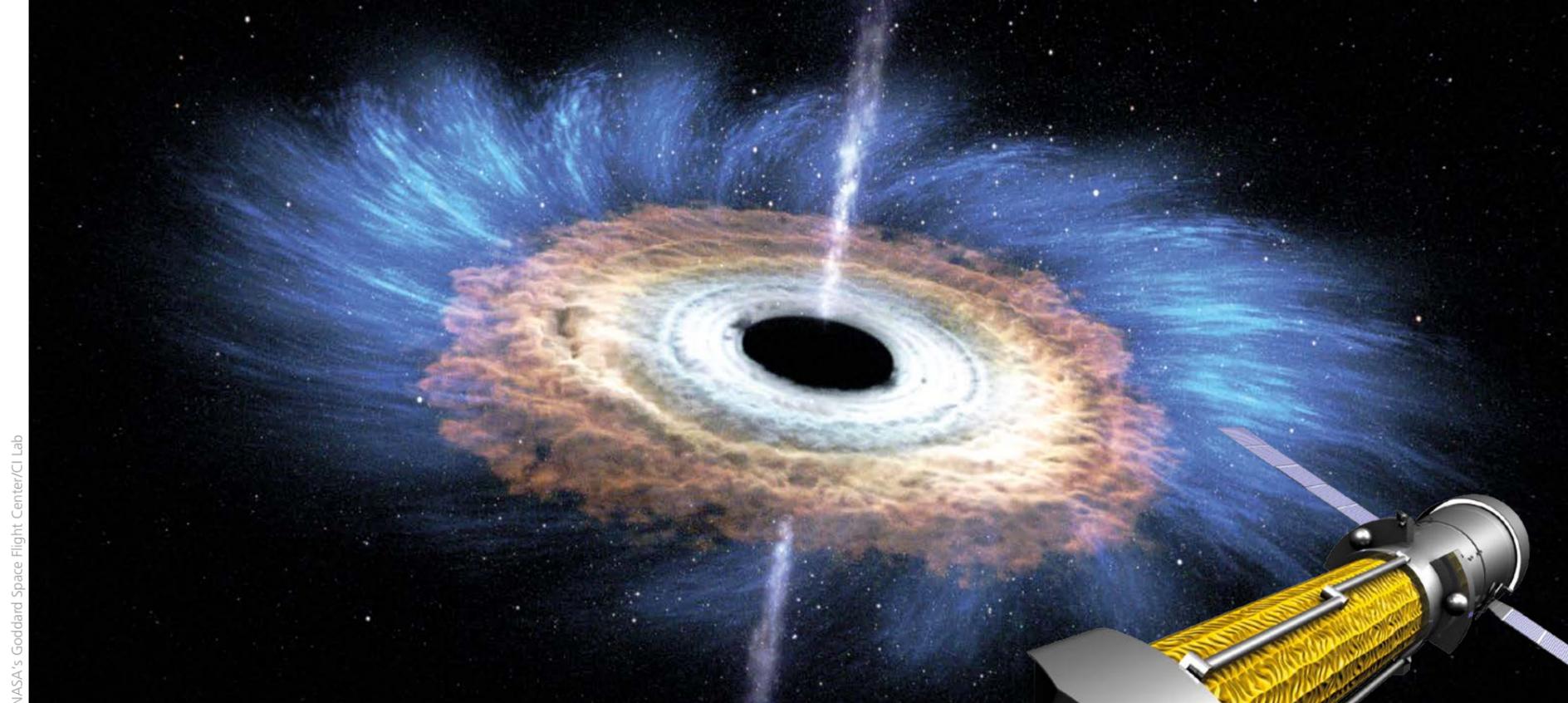
## Das ESA-Wissenschaftsprogramm – Garant für den europäischen Blick ins Universum

Der Weltraum fordert uns mit unzähligen Rätseln heraus: Was können uns Gravitationswellen über die frühe Entstehungsgeschichte unseres Universums verraten? Welche Geheimnisse liegen im heißen und hoch-energetischen Weltraum verborgen und wie formen supermassive Schwarze Löcher das Universum? Diese und viele weitere grundsätzliche Fragen sollen das Gravitationswellen-Observatorium LISA und das Röntgenteleskop Athena künftig beantworten. Beides sind wichtige und große Missionen, die zeitgleich betrieben werden sollen – ein Novum in der Astrophysik, das Wissenschaftsgeschichte schreibt. Und eine anspruchsvolle Herausforderung an das ESA-Wissenschaftsprogramm – das Rückgrat der europäischen Erforschung des Weltraums. Sie kann nur in diesem Programm bewältigt werden. Denn das Wissenschaftsprogramm ist das Schlüsselement, in dem sich alle ESA-Mitgliedsstaaten dazu verpflichtet haben, gemäß ihres Bruttosozialproduktschlüssels einzuzahlen. Dementsprechend ist Deutschland hier mit 20,4 Prozent der größte Beitragszahler. Doch diese Mittel reichen nicht mehr aus, um alle wissenschaftlichen Potenziale zu heben. Das Wissenschaftsprogramm, das zuletzt fast nur für die ExoMars-Aktivitäten einen geringen Aufschwung erfuhr und seit Jahren einen Kaufkraftverlust hinzunehmen hatte, müsste gestärkt werden. Nur so kann nachhaltig die hohe wissenschaftliche Reputation der ESA auf internationalem Parkett gefestigt werden. Insbesondere gilt es, die weltweite Führungsrolle Europas in der Gravitationswellenforschung zu erhalten. In Sevilla wird daher auch über eine Erhöhung für den Zeitraum 2020 bis 2023 zu entscheiden sein, um

- die ursprünglich zeitlich versetzt geplanten Missionen von Athena und LISA zeitgleich zu betreiben,
- zusätzlich die mittelgroße Mission zu den Eisplaneten Uranus und Neptun als Teil der sogenannten NASA-Flagship-Mission zu bestreiten und
- gleichzeitig ein neues Programmelement für kleinere, kostengünstigere Missionen einzuführen.

## Das ESA-Wissenschaftsprogramm – Fundament für die europäische Industrie und Forschung

Das Wissenschaftsprogramm bietet durch seine Aktivitäten für Forschung und Entwicklung in der Industrie, aber auch für die Betriebszentren und als Kunde der europäischen Träger eine unverzichtbare Grundauslastung. Es fordert die Industrie heraus, in der Hochtechnologie und Grenzphysik zu forschen, ohne unkalkulierbare kommerzielle Risiken eingehen zu müssen. Sind die Grenzen einmal ausgetestet und neue Verfahren entwickelt, kommen diese wiederum anderen ESA-Programmen zugute. Sie bilden aber auch oft das Fundament für kommerzielle Weiterentwicklungen – zum Beispiel in der Kommunikation, der Materialforschung oder der medizinischen Diagnostik. Gleichzeitig dient das Wissenschaftsprogramm der Aus- und Weiterbildung von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren, die im Anschluss an ihre universitäre Ausbildung ihr Wissen in die Industrie tragen.



NASA's Goddard Space Flight Center/CI Lab

Athena soll im Jahr 2031 starten. Das Röntgenteleskop soll heiße Gasspuren kartieren, deren physikalische Eigenschaften untersuchen und so zwei wichtige Fragen beantworten: Wie bildeten sich die großräumigen Strukturen, die wir heute sehen, aus gewöhnlicher Materie? Wie sind Schwarze Löcher gewachsen und wie prägten sie das Universum? An der Mission sind auch das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik und die Universitäten in Bonn, Erlangen-Nürnberg und Tübingen beteiligt.

Athena is scheduled for launch in 2031. The X-ray telescope is to generate maps of hot gas traces and analyse their physical properties, to answer two fundamental questions: how did the large structures we see today form from ordinary matter? How did black holes grow and how did they shape the universe? Scientists from the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics and from the universities of Bonn, Erlangen-Nuremberg and Tuebingen also take part in the mission.

ESA und NASA wollen 2034 das Gravitationswellen-Observatorium LISA starten. Drei Satelliten bilden ein riesiges Laser-Dreieck im All, das deutlich größer als die Erde sein wird und hinter ihr her fliegen soll. LISA kann, anders als erdgebundene Detektoren, Gravitationswellen mit niedrigeren Frequenzen und völlig andere Quellen aufspüren, unter anderem Weiße Zwerge und sehr massereiche Schwarze Löcher.

ESA and NASA intend to launch LISA, a gravitational wave observatory, in 2034. It consists of three satellites that form a very large laser triangle in space, much larger in size than Earth, and which will follow our planet on its orbit around the Sun. Unlike terrestrial observatories, LISA will be able to spot low-frequency gravitational waves and make out hard-to-detect sources, such as white dwarfs and massive black holes.

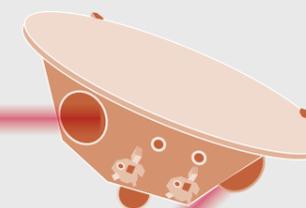
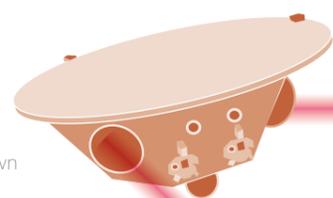
## ESA's science programme to assure Europe's future research in space

Space is full of mysteries: what can gravitational waves tell us about the early history of our universe? What secrets lie hidden in the hot, high-energy far reaches of outer space, and how do super-massive black holes shape the universe? These and many other fundamental questions will, it is hoped, be answered by LISA, the gravitational wave observatory, and by the X-ray telescope Athena. These two big and important missions are scheduled for simultaneous operation – a 'first' in astrophysics that will go down in the history of science. It will put a major demand on ESA's science programme, the backbone of Europe's space activities. The programme is the only way in which Europe will be able to master these challenging undertakings. It is the key element through which all member states are committed to contribute a pro-rata payment of their gross national product. At 20.4 per cent, Germany is the biggest contributor. However, the budget no longer suffices to exploit the scientific potentials to the full extent. The science programme is in need of an increase, since the only part of its budget that has recently been – moderately – stepped up was that of ExoMars, while other activities have to make do on fewer resources. Strengthening the programme is the only way in which ESA's eminent position within the international science community can be upheld. It will be especially relevant for Europe to maintain its current leading position in gravitational wave research worldwide. One of the key decisions at Seville, therefore, will be concerned with a budget increase for the 2020 to 2023 period, the objective being

- to operate the Athena and LISA missions not successively as planned but simultaneously;
- furthermore, to fund the medium-sized mission to the icy planets of Uranus and Neptune as part of the so-called NASA Flagship Mission; and
- to introduce at the same time a new programme element for smaller, less expensive missions.

## ESA's science programme – the backbone of Europe's space industry and research

Through its activities, the science programme has been providing a reliable rate of capacity utilisation in industrial research and development as well as in the operational centres, as a client of European providers. It incentivises industry to research in challenging high technology and borderline physics without running unpredictable commercial risks. Once the limits have been tested and new processes developed, these processes often benefit other ESA programmes as well. Equally often, however, they also lay the foundations for derivative commercial exploitation in, for example, communications, materials research, or medical diagnostics. At the same time, the science programme assists in training and educating scientists and engineers who, having completed their university education, employ their knowledge in industry.





### Die Erdbeobachtungsprogramme – Umwelt und Klima fest im Blick

Die Weltklimakonferenzen in Paris, Bonn und Kattowitz haben es deutlich gezeigt: Klimaschutz und -überwachung sind unverzichtbar geworden. Auch Europa muss hier seinen Beitrag leisten – mit einer starken deutschen Beteiligung zum Klimaschutz, zu Nachhaltigkeit, Sicherheit und Mobilität sowie bei der wirtschaftlichen Entwicklung benachteiligter und geopolitisch relevanter Regionen wie zum Beispiel Afrika und den Polregionen als wichtigen Klimaindikatoren. Deutschland kann über eine starke Zeichnung des europäischen „Copernicus Space Component 4“-Programms in der ESA seine internationale Verantwortung wahrnehmen und sich attraktive Nachfolgeaufträge der EU sichern. Auch im Bereich der wissenschaftlichen Erdbeobachtung ist aufgrund der herausragenden technischen, wissenschaftlichen und industriellen Stärken Deutschlands die Führung im Programm „Future EO-1“ ein wichtiges Ziel. Hier sollen die Earth Explorer-Missionen 9 und 10 fertiggestellt sowie ein Wettbewerb über eine Kleinsatellitenmission gestartet werden. Außerdem sollen der Nutzerzugang über privatwirtschaftliche Datenplattformen verbessert und Künstliche Intelligenz bei der Datenauswertung eingesetzt werden. Mit einer Beteiligung am Programm „Space for Global Development Assistance“ (Space4GDA) kann Deutschland die Entwicklungszusammenarbeit unterstützen und somit einen Beitrag zur Erfüllung der UN-Ziele zur nachhaltigen Entwicklung leisten – zum Beispiel mit einem Hyperspektralsensor zur Unterstützung der Landwirtschaft im Copernicus-Programm. Seinen technologischen Vorsprung kann Deutschland zusätzlich in INCubed+ ausbauen. Mit diesem Programm soll die Industrie adressiert werden, zunehmend selbst in innovative Technologien zu investieren.

### Die Satellitenkommunikationsprogramme – Digitalisierung und 5G vorantreiben

Die zunehmende Digitalisierung wird die Wirtschaft und die Gesellschaft verändern. Die damit verbundene Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Dienste einer mobilen Gesellschaft bringt jedoch gleichzeitig enorme Herausforderungen an die Bewältigung der Datenmengen, an den konsequenten Netzausbau und insbesondere an die Sicherheit der Kommunikation mit sich. Diese Anforderungen können in den ARTES-Programmen (Advanced Research in Telecommunication Systems) angegangen werden. Die deutsche Industrie kann hier kostengünstige und innovative Lösungen entwickeln und ist somit ein gefragter Partner und Anbieter von Produkten. Zu den besonderen Stärken zählen die optische Kommunikation unter Nutzung von Quantentechnologien, die Entwicklung von Gesamtsystemen, aber auch die Innovationskraft des Mittelstands. Dafür sollen die ARTES-Kernprogramme gestärkt werden. Weiter in den Fokus rücken auch die Themen Quantenkryptografie und der Beitrag von Satelliten zu 5G. Dies kann insbesondere auch in HydRON (High throughput Optical Network) umgesetzt werden, in dem erstmals erdumspannende optische Kommunikationsnetze im Weltall demonstriert werden sollen. Eine Sonderstellung nimmt das branchenübergreifende Kommerzialisierungsprogramm „Business Applications“ ein, um Weltraumentwicklungen bedarfsgerecht und anwendungsorientiert in innovative, marktfähige Geschäftsmodelle umzusetzen. Auch die Kontinuität und der Ausbau des erfolgreichen ESA-BIC-Netzwerks (Business Incubation Centres) in Deutschland mit Standorten in Bayern, Hessen, Baden-Württemberg und demnächst noch in Bremen und Berlin werden hierüber künftig gefördert werden.

Mit „Copernicus Space Component 4“ geht das europäische Erdbeobachtungsprogramm in die nächste Generation über. Neue Satelliten-Linien sollen Treibhausgasemissionen – vor allem CO<sub>2</sub> – messen, landwirtschaftliche Anwendungen unterstützen, dünnes Meereis kartieren und so den Klimawandel in Polargebieten überwachen, Vegetations- und Bodeneigenschaften bestimmen und die Copernicus-Radarbeobachtungen im sogenannten L-Band ergänzen. Gleichzeitig sollen die aktuellen Linien Sentinel-1, -2, -3 und -6 weiterentwickelt werden. Im Bild: eine Sentinel 3A-Aufnahme vom 16. Februar 2019.

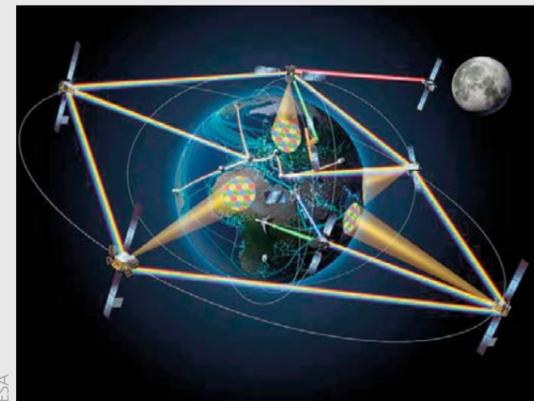
With its ‘Copernicus Space Component 4’, the European Earth observation programme will level up into the next generation. The new satellite lines are to measure greenhouse gas emissions – CO<sub>2</sub> in particular, support agricultural applications, map thin sea ice to monitor climate change in the polar regions, determine vegetational and soil properties and complement Copernicus radar observations in the so-called L band. At the same time, the current Sentinel lines 1, 2, 3, and 6 are to be upgraded. In the picture: an image taken by Sentinel 3A on February 16, 2019.

### ESA’s Earth observation programmes – a close eye on climate and environment

The global climate conferences of Paris, Bonn, and Katowice clearly showed that climate protection and monitoring have become indispensable. Europe, too, will have to play its part, and will do so with a strong German participation. Action is needed in the areas of climate protection, sustainability, safety, mobility, as well as in promoting the economic development of disadvantaged but geopolitically relevant regions such as Africa, and monitoring the polar regions as important climate indicators. By extensively contributing to the European ‘Copernicus Space Component 4’ programme within ESA, Germany can meet its international responsibility while also securing attractive follow-up orders from the EU for itself at the same time. Regarding scientific Earth observation, Germany, thanks to its outstanding strength in technology, science, and industrial performance, also aims for a leading role in the ‘Future EO-1’ programme. Its activities include completing the ‘Earth Explorer’ missions 9 and 10 as well as an invitation to tender for a small-satellite mission. In addition, it is planned to improve user access to commercial data platforms as well as using artificial intelligence in data evaluation. By taking part in the ‘Space for Global Development Assistance’ (Space4GDA) programme, Germany can contribute to international development co-operation – thereby helping to implement the UN’s Sustainable Development Goals – by, for instance, developing a hyperspectral sensor under the Copernicus programme to assist agriculture. Moreover, Germany will have an opportunity to strengthen its technological lead within INCubed+, a programme designed to encourage manufacturers to invest more in innovative technologies.

### The Satellite Communications Programme – advancing digitalisation and 5G

The digital transformation will change our society as well as our economy. However, the attendant demand on service performance to cater for an increasingly mobile society also poses enormous challenges. Masses of data will need to be handled, which calls for a consistent increase in network capacities, and especially for technologies that ensure safe communication. The ARTES (Advanced Research in Telecommunication Systems) programmes may serve to meet these requirements. In this field, German companies can develop cost-efficient and innovative solutions, making them attractive future partners and product suppliers. The outstanding capabilities of Germany’s industry include optical communication based on quantum technologies, the development of entire system packages, but also the innovative power of its SME sector. Further research themes of growing relevance include quantum cryptography and the future contribution of satellites to 5G, which will become particularly important in HydRON (High-throughput Optical Network), a project to demonstrate the effectiveness of global optical communication networks in space for the first time. A special cross-sectional funding programme, ‘Business Applications’, is intended to translate space industry developments into innovative and marketable business models that meet current demands and application requirements. The programme will also provide substantial funds to operate and upgrade ESA’s successful BIC network (Business Incubation Centres) in Germany, with sites operating in Bavaria, Hesse, and Baden-Wuerttemberg, as well as – in the near future – Bremen and Berlin.



ESA

Mit ScyLight und HydRON soll der deutsche Vorsprung in der optischen Kommunikationstechnologie weiter ausgebaut werden. Dafür soll das von Airbus Deutschland betriebene Europäische Daten-Relais-System EDRS verbessert und erweitert werden. Das bringt gerade auch für Copernicus einen signifikanten Mehrwert, da bei einer Übertragungsrate von bis zu 100 Gigabit pro Sekunde mehr Daten flexibler zur Verfügung stehen.

ScyLight and HydRON are to extend Germany’s competitive edge in the area of optical communications technology. For this purpose, the European Data Relay System EDRS, operated by Airbus Germany, is to be extended and upgraded. This will create significant added value particularly for Copernicus because a data rate of 100 gigabits per second permits more data to be transmitted and used more flexibly.

## Raumtransport – Europas Tor zum Weltraum

Deutschland möchte den garantierten Zugang zum All mit einem europäischen Träger absichern und dabei konstant an der Verbesserung und Entwicklung von zukunftsweisenden und kostensenkenden Technologien – gerade mit Blick auf neue alternative privatwirtschaftliche Betreibermodelle – arbeiten. Auf der ESA-Ministerratskonferenz soll die Entwicklung von Ariane 6 sowie deren Einführung in den Markt weiter gestützt werden. Hierzu trägt Deutschland nach Frankreich maßgebliche Anteile bei und gestaltet die europäische Trägerpolitik mit. Der deutsche Schwerpunkt im Raumtransport liegt in der Entwicklung und dem Bau der Oberstufe, den Flüssigantrieben sowie den hochbelasteten Strukturen durch neuartige und innovative Fertigungsprozesse an den Standorten Bremen, Ottobrunn und Augsburg. Im FLPP werden zukunftsweisende, kostengünstige Technologien für Oberstufen, Antriebe und Strukturen entwickelt und verbessert. Solche Flankierungsprogramme sind notwendig, um aus der Ariane 6 einen zuverlässigen Träger zu machen, damit Deutschland auch weiterhin ein verlässlicher und technologisch gefragter Partner bleibt. Zudem wird der Betrieb des Weltraumbahnhofs Kourou, der Teil des autonomen Zugangs Europas zum Weltall ist, über ein Pflichtprogramm finanziert.

## Astronautische Raumfahrt und Exploration – Aufbruch zu neuen Horizonten

Deutschland möchte weiterhin eine sichtbare Rolle bei der astronautischen und robotischen Exploration des nahen Erde-Mond-Raums einnehmen, sowie auch künftig deutsche Astronauten in den Weltraum entsenden. Die nationale Industrie soll dabei ausgewogen an der Entwicklung von Spitzentechnologie und deren Wertschöpfung beteiligt sein und deutsche Wissenschaftler sollen neue Forschungsmöglichkeiten mit Alleinstellungsmerkmalen erhalten. Daher rücken neben der Sicherung des Betriebs der Internationalen Raumstation ISS bis mindestens ins Jahr 2024 – vielleicht sogar bis ins Jahr 2030 – Vorbereitungen für neue Explorationstätigkeiten wieder stärker in den Fokus. Schlüsseltechnologien für künftige, über die ISS hinausgehende Erkundungen des Weltraums sind auf die Entwicklung intelligenter, robotischer Systeme mit hohem Autonomiegrad ausgerichtet. Europäische Beteiligungen an der russischen Mondlandemission Luna-Resource mit Landesensorik sowie Probennahme und wissenschaftlicher Analyse, an Kommerzialisierungsprojekten in Zusammenarbeit mit privatwirtschaftlichen Partnern sowie einem robotischen Mondforschungsprogramm hätten großes Potenzial für die deutsche Wissenschaft und Industrie. Denn künftige Missionen müssen eine hohe technische Qualität besitzen, klare wissenschaftliche Zielsetzungen verfolgen, industriepolitisch den Raumfahrt- und Technologiestandort Deutschland voranbringen und Anwendungspotenziale in anderen Bereichen bieten – zum Beispiel durch fortschrittliche Künstliche Intelligenz und autonome Systeme, Miniaturisierung sowie Werkstoffverbesserungen.



NASA

ISS und Mond im Blick: Deutschland will die Internationale Raumstation erhalten und über das in Bremen gebaute European Service Module weiterhin beim US-amerikanischen Orion-Raumerschiff mit in Richtung Mond dabei sein.

All eyes on the ISS and the Moon: Germany supports the continued operation of the International Space Station as well as aiming for the Moon through its involvement in the US-American Orion spacecraft, whose European service module is built in Bremen.

Die neue europäische Träger Rakete Ariane 6 bekommt einen neuen Startplatz – ELA 4 genannt. Ein Firmenkonsortium unter der Leitung des französischen EIFFAGE-Konzerns kümmert sich um den Bau. Mit dabei sind auch vier deutsche Unternehmen: MT Mechatronics aus Mainz – ein Tochterunternehmen der Augsburger Raumfahrtsschmiede MT Aerospace – und die Hannoveraner Stahltechnologiefirma SEH sind an der Mechanik und am Infrastrukturbau beteiligt. MT Aerospace baut den Versorgungsmast und den 650 Tonnen schweren Starttisch, SEH die 90 Meter hohe und 8.000 Tonnen schwere mobile Riesengarage auf Schienen – die sogenannte Mobile Gantry – sowie die flache Montagehalle BAL. Hier werden die Haupt- und die Oberstufe der Ariane 6 vorbereitet und liegend miteinander verbunden. Die Firma RMT aus Kehl am Rhein ist für die Elektrotechnik und Sicherheit verantwortlich, während die Actemium Cegelec GmbH aus Mannheim für die Gas- und Flüssigkeitsinfrastruktur zur Betankung der Ariane 6 verantwortlich ist.

Europe's new launch vehicle Ariane 6 will be given a new launch facility. It is called ELA 4 and will be built by a consortium of companies headed by the French EIFFAGE Group. Four German firms are also involved: MT Mechatronics based in Mainz – a subsidiary of Augsburg's space tech manufacturer MT Aerospace – and Hanover's steel technology company SEH build part of the mechanical components and infrastructure. MT Aerospace manufactures the umbilical mast and the 650-ton launch table, SEH will deliver the 90-metre, 8,000-ton mobile garage running on rail tracks, called a mobile gantry, as well as the assembly hall BAL. It is here that Ariane's main stage and upper stage will be prepared and horizontally integrated. RMT in Kehl on the River Rhine is responsible for electrical systems and security, whereas Actemium Cegelec from Mannheim will handle the gas and fluid supply infrastructure and fuelling facilities for Ariane 6.

## Space transport – Europe's gateway to space

Germany backs the use of a European launcher to guarantee Europe's continued access to space, while at the same time constantly working to improve and develop forward-looking and cost-efficient technologies, especially with an eye on new alternative models for commercial operators. It is expected that the meeting of the ESA Ministerial Council will further extend its support of the development and market launch of Ariane 6. Being the second largest contributor after France, Germany plays a part in shaping Europe's launcher policy. In the field of space transport systems, Germany is mainly involved in developing and building the upper rocket stage and the liquid-fuel engines as well as in new and innovative production processes for heavy-duty components at Bremen, Ottobrunn and Augsburg. At the FLPP, trend-setting and cost-efficient technologies are being developed for upper stages, propulsion systems, and structures. Such flanking programmes are needed to make Ariane 6 a reliable launcher and ensure that Germany remains a dependable partner that keeps developing high-level technologies. Moreover, under one of the mandatory programmes, Germany helps to fund the operation of Kourou, the spaceport that forms part of Europe's autonomous access to space.

## Human space flight and exploration – setting out for new horizons

Germany aims to continue to play a visible part in the astronautical and robotic exploration of the near Earth/Moon space and deploy German astronauts on future missions. Our national industry is to participate in equal measure in high-technology development and in its added-value exploitation, as well as in providing German scientists with new and unique research opportunities. Consequently, beyond securing the operation of the International Space Station ISS at least until 2024 and possibly even until 2030, preparations for new exploratory activities will begin to move back into focus. Enabling technologies for the exploration of space beyond the ISS revolve around the development of intelligent robotic systems with a high degree of autonomy. Europe's participation in the Russian 'Luna-Resource' lunar landing mission with its landing sensors, the collection and scientific analysis of samples, along with commercial projects in collaboration with partners from the private sector, as well as joining a robotic lunar research programme would all hold great potential for Germany's science and industry. Future missions must be of outstanding technical excellence, pursue clearly defined scientific aims, support Germany in terms of its industrial policy and as a site of space engineering and technology, and offer application opportunities in other industrial sectors such as, for example, high-end artificial intelligence and autonomous systems, miniaturisation, and improved materials.



Corvaja/ESA



ArianeGroup Holding/Alpensektor

### Technologieprogramm – Ideenschmiede für die Zukunft der Raumfahrt

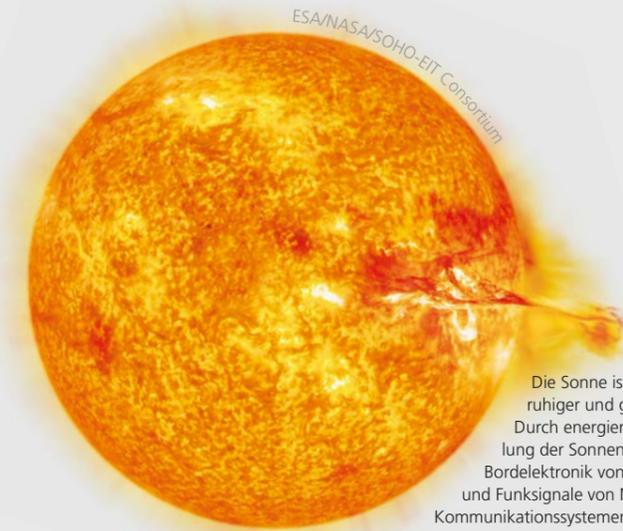
Bei der Technologieförderung wird Deutschland weiterhin eine wichtige Rolle spielen, um die nationalen Akteure im weltweiten Wettbewerb und bei der Vorbereitung von ESA-Missionen zu stärken. Das General Support Technology Programme (GSTP) der ESA als Ideenschmiede der europäischen Raumfahrt ist hierfür das ideale Werkzeug. Denn dank dieser Technologieförderung können neben der Grundlagenforschung auch innovative Technologien entwickelt werden, die große Erträge für die gesamte Raumfahrt erbringen und zusätzlich hochentwickelte, zukunftsweisende Produkte für Anwendungen auf der Erde abwerfen. Dieser Technologietransfer in die Nicht-Raumfahrt-Industrie, zum Beispiel in die Bereiche Materialien, Energie und Navigation, wird durch direkte Förderung von Aktivitäten sowie eine gezielte Stärkung der kleinen und mittelständischen Unternehmen vorangetrieben. Für Deutschland stehen zudem viele innovative Technologieentwicklungsziele im Fokus: beispielsweise die Digitalisierung von Produktionszyklen, Technologien für eine nachhaltige Nutzung des Weltraums, Industrie 4.0-kompatible Fertigungsmethoden (additive Fertigungstechnologien, Robotik und moderne Sensorik, Positionierungstechnologien und vermehrte Nutzung von kommerziell verfügbaren Bauteilen), die fortschreitende Miniaturisierung der Sensorik, KI-gestützte Anwendungen auf Satelliten, Entwicklung und Nutzung von Quantentechnologien, photonische Technologien, wettbewerbsfähige und effiziente elektrische Antriebe sowie Solargeneratoren für die nächste Generation von kommerziellen und institutionellen Satelliten.

### Space Safety – Gefahren aus dem Weltraum rechtzeitig erkennen

Der Weltraum ist eine riesige, fast leere Weite, aus der trotzdem natürliche Gefahren sowohl für die Erde und ihre Bewohner als auch für Satelliten im Orbit drohen: Die Sonne beeinflusst durch ihre Wärmestrahlung und den Ausstoß hochenergetischer Partikel das Leben auf unserem Planeten. Zudem kommen Asteroiden der Erde immer wieder beunruhigend nahe. Deswegen hat die ESA das Space Safety-Programm ins Leben gerufen, das dem Schutz von Infrastrukturen vor natürlichen Gefahren aus dem Weltraum einen hohen Stellenwert einräumt. Im Kernelement des Programms gibt es eine Vielzahl wissenschaftlicher und technologischer Aktivitäten mit deutscher Beteiligung – zum Beispiel die Koordinierung des Ionosphären Expert Service Centre durch das DLR in Neustrelitz oder die Nutzung des Magnetometers SOSMAG an Bord des koreanischen Satelliten GEO-KOMPSAT-2A. Auch an neuen Aktivitäten zur automatisierten Kollisionsvermeidung im All besteht Interesse. Parallel zu den Tätigkeiten im Grundelement sind für Deutschland zwei Missionsvorschläge interessant. Die Langrange-5-Weltraumwettermission, eine zur Sonne ausgerichtete Sonde zur Frühwarnung weit draußen im All soll vor allem Daten für die Vorhersage von Strahlungsausbrüchen bereitstellen, die auch dem geplanten Weltraumwetterzentrum in Uedem zugutekommen würden. Zwei der insgesamt acht Instrumente könnten in Deutschland entwickelt werden. Zudem könnte die Bundesrepublik sich auch bei der Asteroidenabwehr- und -erforschungsmission HERA beteiligen, die im Rahmen der Daseinsvorsorge auch von den Vereinten Nationen empfohlen wird. Gemeinsam mit der NASA könnten hier wichtige Erkenntnisse über Art und Zusammensetzung von Asteroiden, ihr Gefährdungspotenzial sowie mögliche Abwehrmöglichkeiten gewonnen werden.

3D-Druckverfahren spielen eine immer größere Rolle in der Raumfahrt, weil zum Beispiel gedruckte Teile zur Weiterentwicklung der Ariane-6-Triebwerke Vinci und Vulcain beitragen und so die Rakete wirtschaftlicher machen können. Das BERTA-Triebwerk wurde Ende 2018 bei ArianeGroup in Ottobrunn vollständig im 3D-Druckverfahren gefertigt und absolvierte am 18. Februar 2019 am DLR-Prüfstand P8 in Lampoldshausen erfolgreich seinen ersten Testlauf.

3D printing is gaining more and more ground in space component manufacturing. Printed parts are essential in the continued engineering process of Ariane 6 thrusters Vinci and Vulcain, and can thus make the entire launcher more economical. Ariane's BERTA engine, completed by ArianeGroup in Ottobrunn late in 2018 is made entirely by 3D printing. On February 18, 2019, the unit completed its first successful test run at DLR's Lampoldshausen P8 test facility.



Die Sonne ist nur scheinbar ein ruhiger und gutmütiger Stern. Durch energiereiche Partikelstrahlung der Sonnenstürme können die Bordelektronik von Satelliten gestört und Funksignale von Navigations- und Kommunikationssystemen unterbrochen oder verfälscht werden.

The Sun is only seemingly a calm and benevolent star. Energetic particle emissions caused by solar storms interfere with on-board electronic systems on satellites, as well as blocking or jamming navigation and communication signals.

### The technology programme – incubator of ideas for the future of space flight

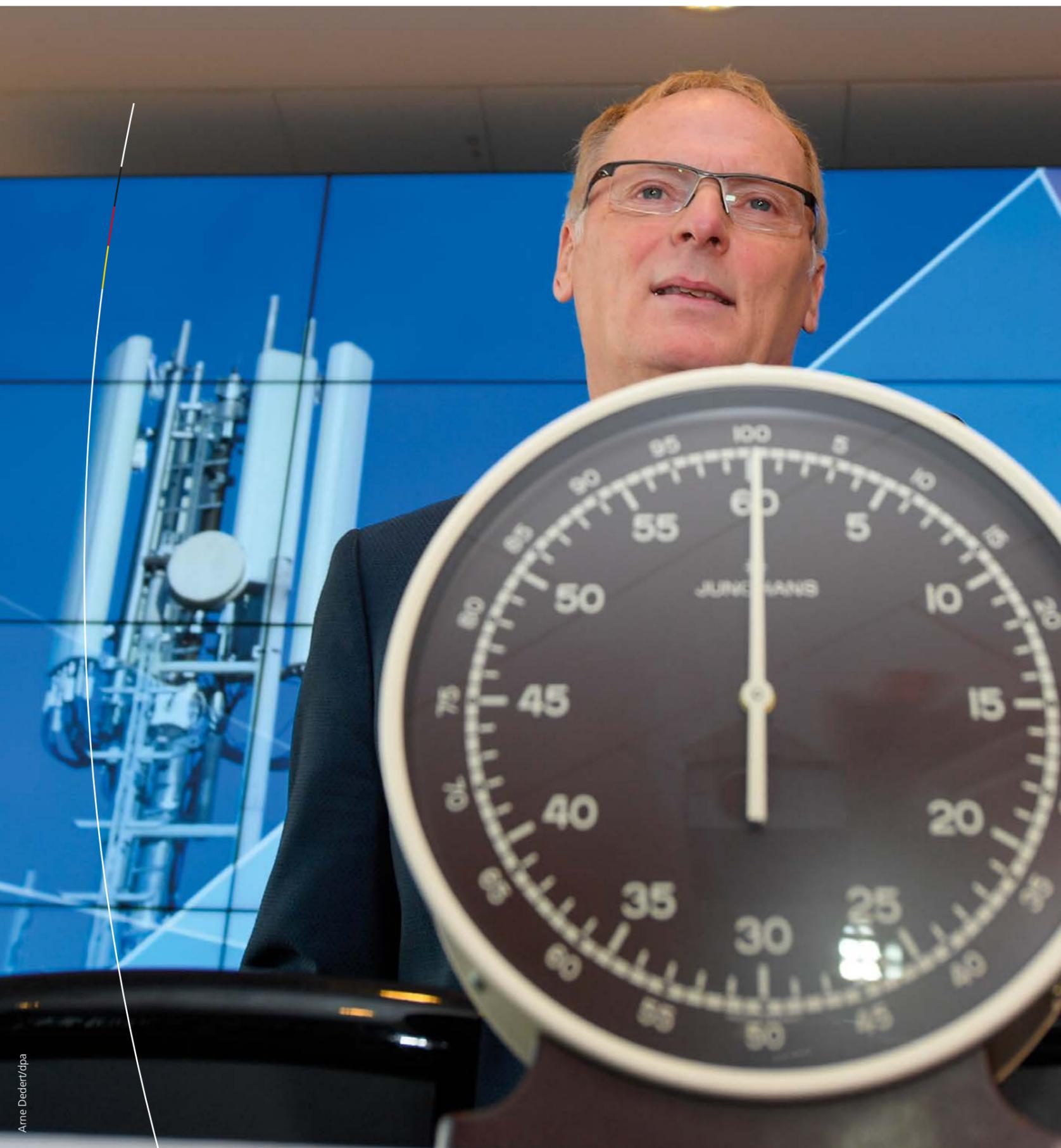
Germany will go on playing an important part in the funding of technology developments to strengthen its national players in global competition and in the preparation of ESA missions. The ideal channel through which to do this is ESA's General Support Technology Programme (GSTP), incubator of ideas for European space flight. In addition to promoting fundamental science, this technology programme helps to develop innovative technologies that generate major revenues for the entire space sector, while at the same time spinning off highly advanced landmark products for applications on Earth. This transfer of technology into non-space sectors such as materials, energy, and navigation is powered by direct funding as well as by providing targeted support for small and medium-sized enterprises. In addition, Germany aims at a number of innovative technology development goals, such as digital production cycles, technologies for sustainable space exploitation, industry 4.0-compatible manufacturing methods (additive production technologies, robotics and modern sensors, positioning technologies, and the increased use of commercial off-the-shelf space components), the ongoing miniaturisation of sensor systems, AI-supported applications on satellites, the development and use of quantum technologies, photonic technologies, competitive and efficient electric propulsion units, and solar generators for the next generation of commercial and institutional satellites.

### Space safety – early detection of dangers from space

The universe is a tremendous, almost empty space, but nevertheless poses natural threats to Earth and its inhabitants as well as to satellites in its orbit. Thus, the Sun influences life on our Earth through the heat it radiates and the high-energy particles it emits. Moreover, asteroids every now and then come disturbingly close to Earth. This is why ESA has set up its Space Situational Awareness Programme which accords high priority to the protection of infrastructures from harmful natural phenomena in space. The core element of the programme consists of a multitude of scientific and technical activities in which Germany is involved, such as DLR's coordination of the Ionosphere Expert Service Centre at Neustrelitz or the integration of the SOSMAG magnetometer on board the Korean satellite GEO-KOMPSAT-2A. Further objects of interest include new activities aiming at automated collision avoidance in space. Besides working on the ground-based element, Germany is interested in two mission proposals: the Lagrange5 space weather mission, an early-warning probe aimed at the Sun far out in space, is mainly intended to supply solar eruption forecasting data from which the space weather centre now being planned in Uedem would also benefit. Two of the probe's eight instruments could be developed in Germany. Secondly, the Federal Republic could be a supporter of the HERA asteroid defence and exploration mission that has been recommended, among others, by the United Nations as part of its global defence services. In collaboration with NASA, Germany might make important discoveries about the nature and composition of asteroids, their threat potential, and possible defence options.



Autoren: Dr. Gerd Kraft (r.) ist als Direktor im DLR Raumfahrtmanagement für die ESA-Programme zuständig. Klaus Steinberg leitet die Abteilung für ESA-Angelegenheiten. Gemeinsam steuern beide die deutschen Vorbereitungen zur Ministerratskonferenz 2019 und werden als Teil der deutschen Delegation in Sevilla dabei sein.  
Authors: As the director for ESA affairs, Dr Gerd Kraft (right) is responsible for the ESA programmes at DLR Space Administration. Klaus Steinberg heads the ESA Affairs department. As a part of the German delegation, both lead the German preparations for the ESA Ministerial Council 2019 and will join the meeting in Seville.



# LÜCKEN IM NETZ SCHLIESSEN

Hohe Verpflichtungen für Anbieter machen Satellitenkommunikation für 5G attraktiv

Von Dr. Marc Hofmann

Der Hammer ist noch immer nicht gefallen: Nach 336 Runden – und damit der längsten Mobilfunkauktion überhaupt – wurden bislang 5,832 Milliarden Euro vom 19. März bis zum 14. Mai 2019 im Mainzer Dienstsitz der Bundesnetzagentur für die Funkfrequenzen des neuen Mobilfunkstandards 5G geboten – und der Bieterkampf geht weiter. Die drei großen Anbieter Telekom, Vodafone und Telefónica mit 1&1 Drillisch als Quereinsteiger wollen den 5G-Kuchen unter sich aufteilen – und müssen dabei große Verpflichtungen eingehen. Denn für den Zuschlag zum Netz der Zukunft hat die Politik hohe Auflagen geschaffen: Bis Ende 2022 müssen mindestens 98 Prozent aller Haushalte in Deutschland, alle Schienenwege mit mehr als 2.000 Fahrgästen pro Tag sowie alle Autobahnen und wichtigen Bundesstraßen mit einer mobilen Datengeschwindigkeit von mindestens 100 Megabit pro Sekunde versorgt werden. Alle anderen Bundesstraßen müssen bis Ende 2024 mit derselben Geschwindigkeit folgen. Zu diesem Zeitpunkt sollen auch alle Landes- und Staatsstraßen, Seehäfen, Wasserstraßen und die übrigen Bahnverbindungen mit 50 Megabit pro Sekunde abgedeckt werden. Eine Herkulesaufgabe, denn es fehlt schon unter 4G-Bedingungen im 360.000 Quadratkilometer großen „Land der Dichter und Denker“ die Infrastruktur, um alle 83 Millionen Einwohner mit schnellem Internet zu versorgen. Bei 5G sind die Hürden noch höher, denn diese Frequenzen sind kurzweiliger als bei der bisherigen LTE-Technologie. Das bedeutet, sie übertragen zwar Daten in extrem hoher Geschwindigkeit, haben aber nur eine geringe Reichweite von wenigen hundert Metern. Für eine Flächenabdeckung müssten die Anbieter um ein Vielfaches mehr Antennen aufbauen, als es sie heute gibt. Langwierige Genehmigungsprozesse und Widerstand von Anwohnern machen das unwahrscheinlich. Gerade auf dem Land ist die Nachfrage nach einer schnellen und zuverlässigen Netzversorgung hoch. Satelliten bieten eine Chance, Randgebiete an das Netz der Zukunft anzuschließen und die geforderte Zuverlässigkeit des Gesamtnetzes zu erhöhen.

## STOPPING GAPS IN THE NETWORK

Provider commitments make satellite communication attractive for 5G

By Dr Marc Hofmann

The hammer has still not fallen. After 336 rounds of a record-length mobile phone licence auction, bids submitted for radio frequencies of the new 5G mobile communications standard are currently at 5.832 billion euros. The auction held at the Mainz office of the Federal Network Agency has been going on since March 19, 2019 – and the bidding battle continues as this edition goes to press on May 14. The three major providers, Telekom, Vodafone and Telefónica, plus a newcomer, 1&1 Drillisch, want to divide the cake up among themselves – a cake that comes with a number of significant commitments. By the end of 2022, at least 98 per cent of all households in Germany, all rail services carrying more than 2,000 passengers per day, and all motorways and arterial main roads must be connected with a mobile data rate of at least 100 megabits per second. All other national roads must be connected with the same data rate by the end of 2024. At that point in time, all other national and regional roads, sea ports, waterways and remaining train services must also be equipped with at least 50 megabits per second of connectivity. This is a Herculean task, given that even under present 4G conditions, the ‘land of the poets and philosophers’, 360,000 square kilometres in size, lacks the infrastructure capacity to give all of its 83 million people fast internet access. 5G comes with even higher hurdles, because 5G frequencies, compared with the present LTE technology, are on the shorter side of the frequency spectrum. This means that while data are transmitted at extremely high rates, the distance they can travel is only a few hundred metres. To provide full coverage, therefore, providers would have to increase their number of antennas by a multiple amount. The expected lengthy approval procedures and resistance from local residents make this an unlikely option. Yet it is in particular the rural areas that have the greatest backlog demand. Satellites now offer the opportunity to connect these regions on the edges with the network of the future, and to upgrade the reliability of existing networks to the required level.

Für den Bund geht es um viel Geld, für die Mobilfunkanbieter um den Schlüssel zum schnellsten Netz. Den hält bei der 5G-Auktion der Präsident der Bundesnetzagentur, Jochen Homann, noch immer in den Händen, denn die Auktion läuft auch nach 336 Runden noch weiter.

To the federal government, this auction is about raising a large amount of money, to the mobile service operators it is the key to getting the fastest network. This key is, after 336 rounds, still in the hands of Jochen Homann, the president of the German Network Agency, because the auction is proceeding.

## Breitbandausbau – der Digitalisierung ungeliebtes Stiefkind

Der Breitbandausbau in Deutschland kommt nur langsam voran. Gerade in ländlichen Regionen läuft er allzu oft gar nicht. Dabei ist ein gut ausgebautes Netz Voraussetzung für den erfolgreichen Start von 5G. Denn die nächste Generation des Mobilfunks kann die Einsen und Nullen in Deutschland nur „auf Trab bringen“, wenn die Funkmasten an ein leistungsfähiges Kernnetz angeschlossen sind. Bund und Länder stellen hohe Summen zur Förderung des Breitbandausbaus zur Verfügung. Doch die „Evolution“ leistungsfähiger Netze lahm nicht zuletzt auch wegen begrenzter Tiefbaukapazitäten. Selbst die beste Glasfaser nützt nichts, wenn niemand da ist, um sie einzugraben. So müssen laut dem „Bericht zum Breitbandatlas“, der im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur erstellt wird, Mitte 2018 noch 1,1 Prozent der etwa 4,4 Millionen Haushalte in ländlichen Regionen mit weniger als zwei Megabit pro Sekunde zur Datenübertragung auskommen – mehr als 50 Megabit pro Sekunde bekommt auf dem Land nur jeder Zweite.

Unterstützung kann hier aus dem Weltraum kommen. Technologische Fortschritte in der Satellitenkommunikation legen den Grundstein, um unterversorgte Haushalte und ganze Gemeinden mit einem schnellen Internetanschluss auszustatten – und das deutschlandweit. Mit bis zu 50 Megabit pro Sekunde im Download und sechs Megabit pro Sekunde im Upload können Kunden sich heute schon mit dem Internet verbinden – zu Preisen, die mit denen herkömmlicher Anbieter vergleichbar sind. Dabei erfolgen Download und Upload über den Satelliten. Eine handelsübliche Parabolantenne, die viele bereits zum Fernsehempfang nutzen, wird dabei mit einem speziellen Sender/Empfänger mit Modem ausgestattet. Für den Nutzer ändert sich im Vergleich zum „normalen“ Internetanschluss nichts. Sollen ganze Ortsteile oder Gemeinden mit schnellem Internet versorgt werden, geht dies mit Hilfe sogenannter Kopfstationen. Dort kommt das Satellitensignal an und wird dann über vorhandene Kabel oder WLAN an die Haushalte verteilt.

Unterversorgte Landstriche mit schnellem Internet via Satellit zu bedienen, ist in Frankreich bereits Stand der Technik. Mit Hilfe des französischen Staates haben der Satellitenbetreiber Eutelsat, der Satellitenbauer TAS und das Telekommunikationsunternehmen Orange beschlossen, 2021 den Hochleistungssatelliten „Konnnect VHTS“ zu starten. Dieser soll ganz Frankreich mit schnellem Internet versorgen – ohne die Verbraucher zu stark zu belasten. Denn ihre Kosten werden aus dem Breitbandprogramm des französischen Staates subventioniert.

Der Glasfaserausbau stockt vor allem in ländlichen Gebieten. Satelliten könnten dabei helfen, abgelegene Regionen mit schnellem Internet und Mobilfunk zu versorgen.

The roll-out of fibre-optics is slow, particularly in rural areas. Satellites might help connect remote areas to fast internet and mobile services.

## Broadband expansion – unloved child of the digital transformation

Broadband expansion in Germany is dragging its feet, and in a great many rural regions it does not advance at all, despite the fact that the successful launch of 5G is predicated on a well-developed network infrastructure. The next-generation mobile service can only bring the ones and zeroes up to speed in Germany if all cell masts are connected to a high-performance core network. Federal and state governments have set aside major sums to fund the broadband upgrade, but the 'evolution' of efficient networks is sluggish not least because of insufficient civil engineering capacities. Even the best fibreglass cable is no good if there is no one to put it in the ground. Thus, according to the 'Broadband Atlas Report' that prepared by order of the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, 1.1 percent of the roughly 4.4 million households in rural regions still had to make do with data rates of less than two megabits per second in the middle of 2018, and only every other rural household got more than 50 megabits per second.

Help in this quandary may come from space. Technological progress in satellite communication now makes it possible to equip undersupplied households and even entire rural communities anywhere in the country with fast internet access. Customers can now tap into the internet at download rates of up to 50 megabits per second and upload rates of six megabits per second at costs comparable to the rates of conventional providers, with both downloads and uploads being handled by satellites. For this purpose, a commercial dish antenna of the kind already used by many for TV reception will be equipped with a special transceiver and a modem. For the users, nothing will change compared to a 'normal' internet connection. To supply entire districts or communities, so-called head-end stations will come into play, where satellite signals will be received and then distributed to households either via existing cable networks or by wireless access points.

In France, providing undersupplied regions with high-speed internet services via satellite is already state of the art. Assisted by the French government, the satellite operator Eutelsat, the satellite builder TAS, and the telecommunication company Orange will join forces to launch the high-end telecommunication satellite Konnect VHTS in 2021. It is designed to supply high-speed internet services to all of France – without undue strain on the consumers, whose expenses will be subsidised by the French government's broadband programme.



DLR

Dr. Tobias Miethaner

COUNTDOWN-Interview mit Dr. Tobias Miethaner, Leiter der Abteilung Digitale Gesellschaft im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

**Herr Miethaner, wie wird es uns gelingen, dass Deutschland in der Fläche mit 5G abgedeckt wird?**

: Die Mobilfunkversorgung hat sich in den letzten Jahren in Deutschland stetig verbessert. Dieser Trend wird sich in den nächsten Jahren fortsetzen, bis überall dort, wo sich Menschen in Deutschland gewöhnlich aufhalten, eine unterbrechungsfreie Nutzung von mobilen Sprach- und Datendiensten möglich ist. Die Mobilfunknetzbetreiber bauen Mobilfunknetze abgesehen von ihren Versorgungsaufgaben vor allem dort auf, wo sie sich wirtschaftlich rechnen. Bei starker Nachfrage nach Diensten in 5G-Qualität werden die Betreiber schnell eine Abdeckung realisieren, die den Anforderungen der Anwendungen gerecht wird. Ich persönlich sehe jedoch zunächst eine flächendeckende Versorgung mit LTE als wichtigsten Meilenstein an. Dies ist heute und auch auf absehbare Zeit ausreichend für die meisten Anwendungen. 4G schafft die Grundlage für 5G.

COUNTDOWN interview with Dr Tobias Miethaner, head of the Digital Society department at the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure

**Mr. Miethaner, how can we succeed in providing 5G coverage everywhere in Germany?**

: Mobile coverage has seen continuous improvement in Germany in recent years. This trend will continue in the years to come, until people in Germany will eventually have access to uninterrupted voice and data services wherever they are. Mobile network operators, after fulfilling their coverage obligations, tend to prioritise investing in mobile telephony networks where they are economically profitable. The moment there is a major surge in demand for services of 5G quality, operators will quickly put in place adequate coverage that meets the requirements of the applications. In my opinion, however, providing nationwide LTE coverage is the most important milestone for the time being. For the present and the foreseeable future, this will suffice for most applications. 4G will lay the foundations for 5G.

## Der Satellit in den 5G-Startlöchern

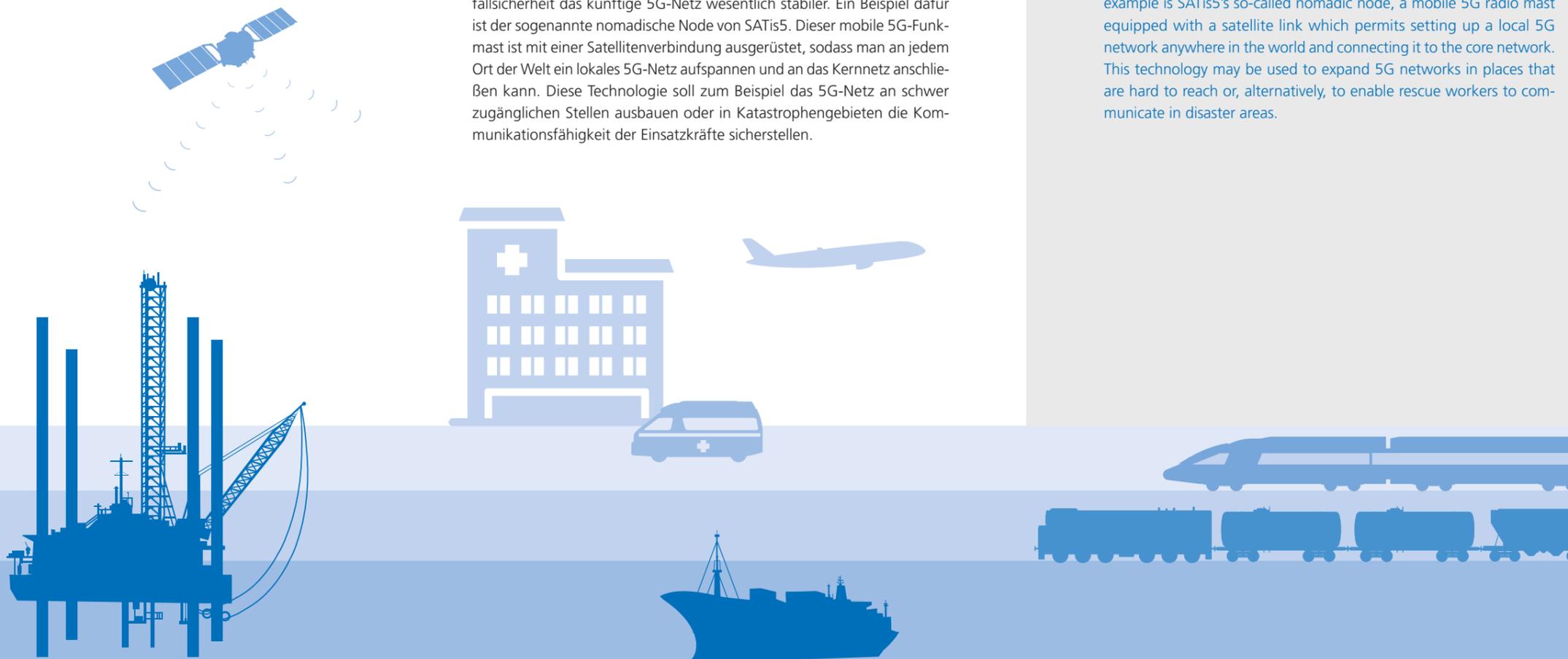
5G soll das bisher leistungsfähigste Mobilfunknetz werden. Es soll unglaublich schnelle Downloads ermöglichen, unglaublich viele Nutzer und Geräte verbinden und unglaublich zuverlässig und reaktionsschnell sein. Um all dies zu schaffen, muss nicht selten die dazugehörige Technologie erst noch entwickelt und der passende Standard festgeschrieben werden – viele Möglichkeiten, um Innovationen aus der Satellitenkommunikation einzubringen. In den bisherigen Mobilfunknetzen hat Raumfahrt eine untergeordnete oder gar keine Rolle gespielt. Dies soll sich in Zukunft ändern, denn der Satellit hat schon jetzt viel zu bieten. Gemeinsam mit der europäischen Weltraumorganisation ESA fördert das DLR Raumfahrtmanagement Entwicklungen, die das 5G-Netz noch leistungsfähiger machen werden. Vor allem die beiden Projekte ALIX und SATis5 können die Integration von Satellitenkommunikation in 5G vorantreiben.

**ALIX:** Satelliten werden bisher kaum für den Mobilfunk genutzt, weil sie in den alten Mobilfunkstandards gar nicht berücksichtigt wurden. Diese Standards sollen dafür sorgen, dass alle im Mobilfunk eingesetzten Technologien fehlerfrei miteinander arbeiten können. Möchte man Innovationen einsetzen, die diesem Standard nicht entsprechen, ist dies mit hohem technischem Aufwand verbunden. Im ESA-Projekt ALIX werden Firmen und Forschungseinrichtungen dabei unterstützt, den Satelliten fest im 5G-Standard zu verankern und ihn auf diese Weise im 5G-Netz zu integrieren.

**SATis5:** Wie es aussehen kann, wenn Satellitentechnologie in einem 5G-Netz genutzt wird, zeigt das ESA-Testumfeld SATis5. Kommunikationssatelliten versorgen durch ihre schnelle und weltweite Verfügbarkeit viele Empfänger gleichzeitig und machen außerdem durch ihre hohe Ausfallsicherheit das künftige 5G-Netz wesentlich stabiler. Ein Beispiel dafür ist der sogenannte nomadische Node von SATis5. Dieser mobile 5G-Funkmast ist mit einer Satellitenverbindung ausgerüstet, sodass man an jedem Ort der Welt ein lokales 5G-Netz aufspannen und an das Kernnetz anschließen kann. Diese Technologie soll zum Beispiel das 5G-Netz an schwer zugänglichen Stellen ausbauen oder in Katastrophengebieten die Kommunikationsfähigkeit der Einsatzkräfte sicherstellen.

Überall erreichbar dank Satellit: Züge, Schiffe, Flugzeuge und Bohrinseln könnten mittels Satellitenkommunikation eine eigene 5G-Funkzelle mitführen, die über das All mit der restlichen Infrastruktur verbunden ist.

Connected everywhere thanks to satellites. Satellite communication makes it possible for trains, ships, aircraft and offshore drilling platforms to carry on board their own 5G cell, and thus be permanently linked up with the rest of the infrastructure via space.



## Satellite technology ready for 5G take-off

5G is designed to become the most powerful mobile network to date. It is expected to permit incredibly fast downloads, link up incredible numbers of users and terminals, perform incredibly reliably, and respond incredibly quickly. Admittedly, to fulfil all these expectations, some of the requisite technologies have yet to be developed and standards to be written – which offers many opportunities to integrate innovations from satellite communication. In current mobile networks, the part played by space so far has been subordinate or non-existent. This is expected to change, for satellite technology has a lot to offer. Together with the European Space Agency, the DLR Space Administration co-funds developments that will further enhance the performance of the 5G network. Two projects in particular, ALIX and SATis5, will speed up the integration of satellite communications in 5G.

**ALIX:** Currently, satellites are hardly used at all in mobile services because they do not figure in the old mobile telephony standards, whose purpose is to ensure that all mobile services are able to interact without any errors. To introduce innovations that do not meet this standard requires a substantial technological effort. ESA's ALIX project supports companies and research institutions in firmly embedding satellites in the 5G standard, and by doing so, integrating them in the 5G network.

**SATis5:** ESA's SATis5 test bed demonstrates what a 5G network that uses satellite technology might look like. Thanks to their rapid worldwide availability, communication satellites are capable of serving many receivers simultaneously, besides materially increasing the stability of the future 5G network through their high reliability. One relevant example is SATis5's so-called nomadic node, a mobile 5G radio mast equipped with a satellite link which permits setting up a local 5G network anywhere in the world and connecting it to the core network. This technology may be used to expand 5G networks in places that are hard to reach or, alternatively, to enable rescue workers to communicate in disaster areas.

## Wie kann man der Landwirtschaft die notwendige 5G-Abdeckung zum Beispiel für „Internet der Dinge“-Anwendungen zur Verfügung stellen?

: Viele große Hersteller landwirtschaftlicher Maschinen arbeiten schon heute an möglichen Lösungen, die nicht unbedingt ein Mobilfunknetz erfordern. Beispielsweise machen Kameradrohnen hochpräzise Aufnahmen von Feldern. Die gewonnenen Daten werden anschließend über eine mobile Verbindung verarbeitet und als Auftrag an eine Spritze gesendet. Für den Datentransfer könnten Traktor oder Mähdrescher einen Satelliten-Uplink nutzen. Die entscheidende Frage ist immer: Wann müssen die Daten wo sein? Ist Echtzeitfunktionalität erforderlich? Gegebenenfalls reicht es auch, wenn die Daten nach der Rückkehr des Traktors im heimischen WLAN übertragen werden.

## How can we provide agriculture with the 5G coverage it needs for, say, applications in the Internet of Things?

: Many big manufacturers of agricultural machinery are already working on solutions that do not necessarily involve a mobile telephony network. Camera drones, for example, can produce highly precise images of fields. The data gathered can be processed through a mobile link and transmitted to a sprayer. Tractors and combine harvesters can transfer data via a satellite uplink. In every case, the clinching question is this: where is the data needed at what point in time? Under certain circumstances, it may even be sufficient for data to be transmitted through the farm's own WiFi after the return of the tractor.

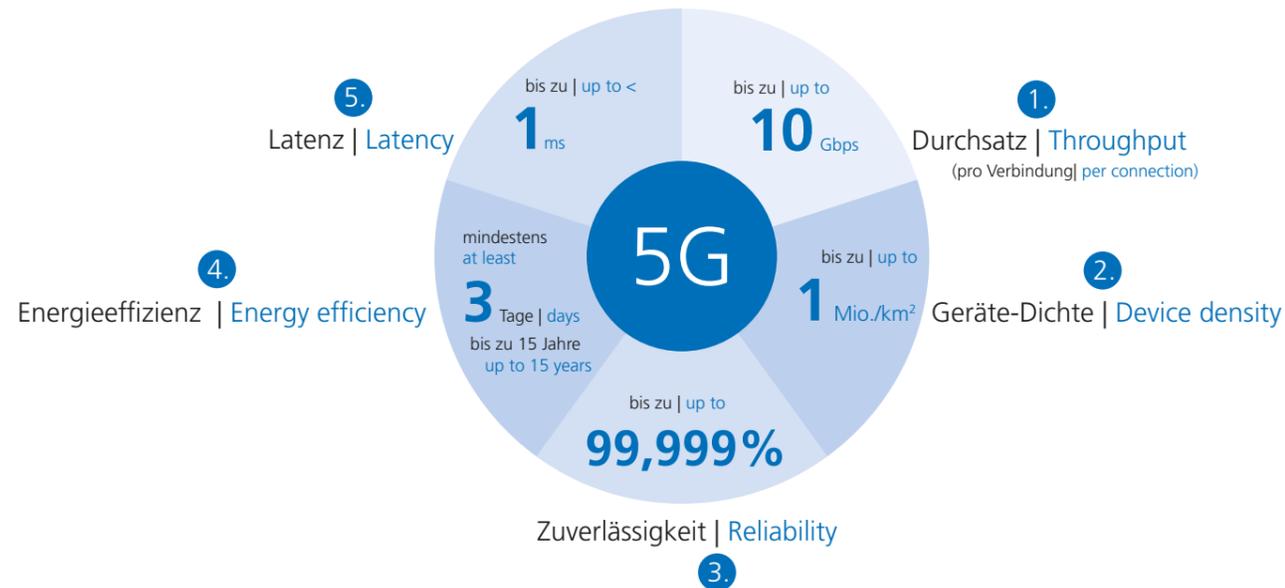
## Auf der Weltfunkkonferenz Ende Oktober 2019 in Sharm El Sheikh wird es wichtige Entscheidungen zum 5G-Ausbau geben. Wie bewerten Sie das Konfliktpotenzial zu den von Satellitendiensten genutzten Frequenzen?

: Für 5G – oder wie es im Sprachgebrauch der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) heißt: IMT-2020 – werden vor allem die Frequenzen zwischen 24,25 Gigahertz und 86 Gigahertz diskutiert. Zum einen werden diese Frequenzen nur lokal genutzt, das heißt: Die Bundesnetzagentur sorgt für eine störungsfreie Nutzung. Zum anderen werden in Vorbereitung auf die Weltfunkkonferenz auch diesmal Studien erstellt, um sicherzustellen, dass es zu keinen Störungen kommt. Darüber hinaus wird sich die Bundesregierung auch für Frequenzen zur Weiterentwicklung der Satellitendienste einsetzen.

## Important decisions regarding the expansion of 5G will probably be made at the World Radiocommunication Conference to be held at the end of October 2019 in Sharm el Sheikh. How do you rate the conflict potential with regard to frequencies used by satellite services?

: The frequencies mainly considered for 5G – or IMT-2020 in the vocabulary of the International Telecommunication Union (ITU) – range between 24.5 gigahertz and 86 gigahertz. Firstly, the use of these frequencies will be strictly local, meaning that trouble-free use of these frequencies can be managed nationally by the Federal Network Agency. Secondly, in the run-up to this World Radio Conference, further studies will be conducted to ensure there will be no disruptions. The German government will also make the case for further frequencies made available for the development of future satellite services.

## Von allem – und bitte viel A whole lot of everything



### 1. Datenrate bis 10 Gigabit pro Sekunde | Data rates up to 10 gigabits per second

Kommunikationssatelliten liefern zusätzliche Bandbreite, die flexibel eingesetzt werden kann. Mit ihrer Hilfe lassen sich Funktürme in schlecht versorgten Gebieten mit dem Kernnetz verbinden oder kurzfristig zusätzliche Mobilfunk-Hotspots einrichten – zum Beispiel bei Großveranstaltungen. Durch Satelliten können außerdem identische Inhalte gleichzeitig an viele Empfänger gesendet (Broadcast) und so die dadurch frei werdende Kapazität für individuelle Inhalte genutzt werden.

Communication satellites provide extra bandwidth and flexibility. With their aid, cell towers located in regions with poor signal coverage may be connected to the carriers' core network, and additional mobile telephony hotspots can be created on short notice, for example to serve major public events. Moreover, identical content may be broadcast to many recipients simultaneously via satellite, thus freeing up capacity for individual content.

### 2. Teilnehmerdichte bis zu einer Million pro Quadratkilometer | Up to one million subscribers per square kilometre

Satelliten können mit ihrer Broadcastfähigkeit identische Inhalte an unbegrenzt viele Empfänger gleichzeitig versenden. Anwendungsbeispiele hierfür sind Notfallmitteilungen in Katastrophenfällen, Software-Updates im Internet der Dinge oder das Aufspielen von Medieninhalten an verteilte Cloud-Rechner.

Thanks to their broadcasting capability, satellites are able to send identical content to an unlimited number of receivers at the same time. Such applications include emergency alerts in the event of a disaster, software updates for the Internet of Things, or the transmission of media content to distributed cloud computers.

### 3. Zuverlässigkeit bis 99,99 Prozent | Reliability as high as 99.99 percent

Satellitenkommunikationsnetze können die geforderte Zuverlässigkeit schon heute gewährleisten, denn sie sind von Natur aus redundant und sicher angelegt. Boden-gebundene Netze hingegen benötigen immer ein Backup, denn Kabel können schnell beschädigt werden. Die Verbindung beider Technologien liefert die größtmögliche Sicherheit.

Satellite communication networks can even today deliver the requisite reliability because they are redundant and safe by design. Terrestrial networks, by contrast, always need back-ups because cables can easily be damaged. Combining the two technologies ensures maximum reliability.

### 4. Zuverlässig bis zu 15 Jahren | Reliably working up to 15 years

Satellitentechnologie ist schon immer auf hohe Energieeffizienz angewiesen und kann daher wichtige Beiträge zur Weiterentwicklung der bodengebundenen Infrastruktur und Technologie leisten.

Satellite technology has always been predicated on high energy efficiency. It can thus play an important part in the further improvement of ground-based infrastructures and technologies.

### 5. Verzögerung bis zu einer Millisekunde | Latency down to one millisecond

5G-Echtzeitverbindungen aufzubauen, ist schon für terrestrische Netze nur mit höchstem technischem Aufwand möglich. Wie die meisten herkömmlichen Netze kann eine Satellitenverbindung eine Antwortzeit von einer Millisekunde nicht unterstützen. Aber sie kann dabei helfen, dieses Ziel zu erreichen. Der Großteil des Datenverkehrs – wie zum Beispiel Streamingdienste – hat keine hohen Anforderungen an die Latenz. Werden diese Anfragen über die Satellitenverbindung abgewickelt, wird das herkömmliche Netz soweit entlastet, dass es die zeitkritischen Anfragen schnellstmöglich bearbeiten kann.

Setting up a 5G real-time link calls for a huge technical effort in terrestrial networks. Satellite links, like most conventional networks, are also hardly able to support response times of one millisecond. However, they may help us get closer to that goal. The bulk of current data traffic – like streaming services, for example – has no stringent demands regarding latency. If such services are taken over by satellite links, the conventional network will be relieved sufficiently so that time-critical requests can be processed as quickly as possible.

**In Frankreich werden Satellitenbreitbanddienste generell stark staatlich gefördert. Inwieweit wäre so eine staatliche Initiative auch in Deutschland vorstellbar?**

: Schon heute gibt es kommerzielle Anbieter in Deutschland, die Satellitenbreitbanddienste anbieten. Eine Förderung steht derzeit nicht im Fokus unserer Überlegungen.

**In France, broadband satellite services in general are strongly supported by the state. To what extent could such a government initiative be imagined in Germany?**

: In Germany, satellite-based broadband services are offered by commercial providers. Government funding for these services is currently not in the focus of our considerations.

**Wie wichtig finden Sie es in einer globalisierten Welt, unser nationales 5G-Netz auf ein harmonisiertes, internationales Netz zu erweitern?**

: Hier sind wir bereits gut aufgestellt. Schon heute können Mobilfunkdienste weltweit genutzt werden. Das wird auch in Zukunft so sein.

**In a globalised world, how important is it to expand our national 5G network into a harmonised international network?**

: We are already prepared for that. Mobile telephony services can be used worldwide even today, and that is how it will be in the future as well.



Autor: Dr. Marc Hofmann ist der 5G-Experte des DLR Raumfahrtmanagements. In der Abteilung Satellitenkommunikation kümmert er sich in Gremien und Ausschüssen darum, dass die Vorteile der Satellitenkommunikation auch dem schnellsten Netz zugute kommen.

Author: Dr Marc Hofmann is the DLR Space Administration's 5G expert. Working in the Satellite Communications department, he represents DLR on relevant bodies and committees and ensures that the benefits of satellite communications are made available to the fastest network.

## Randgebiete über Satellit anschließen

Der sogenannte Backhaul verbindet das Kernnetz des Anbieters mit den Rändern des Netzes – also den Funkmasten. In aktuellen Mobilfunknetzen wird dieser Backhaul durch Glasfaseranschlüsse oder Richtfunkstrecken realisiert. Wenn im Zuge des 5G-Ausbaus neue Funkmasten entstehen und bisher unterversorgte Gebiete einen leistungsfähigen Mobilfunk erhalten sollen, kommen die bisher verfügbaren Backhaul-Strecken an ihre Grenzen. Kommunikationssatelliten bieten einen schnellen und kostengünstigen Weg, zusätzliche Kapazitäten für den Datentransfer zu und von den Funkmasten zu schaffen. Dadurch können bestehende Anschlussstrecken entlastet oder neue Funkmasten an beliebigen Orten errichtet werden, wie es bereits heute in Entwicklungsländern oder strukturschwachen Regionen einiger Industrienationen gemacht wird – allerdings mit hohem technischem Aufwand. Mit 5G soll diese Anschlussmethode vereinfacht werden.

## Linking in network edges via satellite

A backhaul link connects a provider's core network to its edge, i.e. the cell masts. In present-day mobile telephony networks, it involves either fibreglass cables or a microwave radio link. If, as part of the 5G roll-out, new cell masts are set up to provide hitherto undersupplied areas with powerful mobile services, existing backhaul links may soon hit their capacity limits. Communication satellites offer a timely and economical way of creating extra data transfer capacity to connect traffic to and from those additional masts. This is likely to ease the demand on existing connections, and allow for new masts to be erected at any location as required, as is already practiced, albeit at high technology cost, in certain developing countries, or in structurally undersupplied areas in some industrialised countries. 5G is to make this connection far easier to establish.

„Die Kapazität der Funkmasten stößt an ihre Grenzen. Um den großen Datenhunger der Nutzer zu befriedigen, bräuchte man eine intelligente Netzwerktechnik, die Datenströme minimiert, und eine leistungsfähige Anbindung an jedem Mobilfunkmast.“

**Dr. Tobias Miethaner, Leiter der Abteilung Digitale Gesellschaft im BMVI**

‘The capacity of existing phone masts is hitting its limits. To satisfy the users’ enormous hunger for data, we would need an intelligent network technology to streamline data flows, and a powerful connection for every mobile phone mast.’

**Dr Tobias Miethaner, head of the Digital Society department at the BMVI**

## Das Internet der Dinge wird intelligent

Das Internet der Dinge kennt der Verbraucher durch vernetzte Kühlschränke oder ferngesteuerte Heizungen – nette Spielereien. Doch die Vernetzung von Millionen von Sensoren, Schaltern und Maschinen birgt ungeahntes Potenzial – zum Beispiel in der Logistik. Beim Transport von A nach B kann Ware verloren gehen, beschädigt oder gestohlen werden. Speditionen setzen deswegen zunehmend auf die Überwachung der von ihnen transportierten Güter mittels vernetzter Sensoren. Mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz werden Waren überwacht, Transportwege geplant und die verschiedenen Transportmittel optimal aufeinander abgestimmt. Eine unterbrechungsfreie Verbindung der Sensoren zum Spediteur wird dort, wo es keine herkömmlichen Funknetze gibt, über Satelliten aufgebaut. Auf dem Meer, in der Luft und bis in die entlegensten Regionen der Erde kann das Internet der Dinge nur durch Unterstützung aus dem Weltraum funktionieren.

## The Internet of Things becomes smarter

Known to consumers mainly as a way to remotely manage a fridge or a central heating system, the Internet of Things at present is no more than a nice-to-have toy. But connectivity between millions of sensors, switches and machines harbours unimagined potential, in areas such as, for one, logistics. Goods shipped from A to B can be lost, damaged, or stolen on the way. Therefore, more and more hauliers have therefore introduced tracking systems using sets of connected sensors. With Artificial Intelligence, carriers can now monitor their goods, plan transport routes, and dovetail various transport modes as needed. Where there is no conventional mobile network in place, an uninterrupted link with the company headquarters is assured by satellite. At sea, in the air and in remote regions on the ground, the Internet of Things can only function with satellite support from space.

„Das Internet der Dinge und Künstliche Intelligenz spielen im 5G-Ausbau eine besonders wichtige Rolle, weil sie helfen, Dinge sicherer und schneller zu erledigen – zum Beispiel in Echtzeit den Standort des Fahrzeugs und der Person zu ermitteln und so das Risiko eines Unfalls zu verringern – und erst durch ein leistungsfähiges Netz ihr volles Potenzial entfalten können.“

**Dr. Tobias Miethaner, Leiter der Abteilung Digitale Gesellschaft im BMVI**

‘In the roll-out of 5G, the Internet of Things and Artificial Intelligence play an important part because they help to get things done more safely and quickly e.g. by locating a vehicle or person so as to reduce the risk of an accident and can only work their full potential through an efficient network.’

**Dr Tobias Miethaner, head of the Digital Society department at the BMVI**

„Autobahnen, Bundesstraßen und Hochgeschwindigkeitstrassen werden zeitnah 5G zur Verfügung haben. Für den Regionalverkehr planen wir im ersten Schritt eine flächendeckende und vor allem lückenlose LTE-Abdeckung, die bedarfsgerecht auf 5G aufgerüstet werden kann.“

**Dr. Tobias Miethaner, Leiter der Abteilung Digitale Gesellschaft im BMVI**

## Mobilfunk wird wirklich mobil

Mit dem Handy in der Bahn zu telefonieren, kostet Nerven. Wenigstens gibt es immer häufiger kostenloses WLAN. In Zügen wird die Verbindung ins Internet bislang rein bodengebunden hergestellt. Doch in Flugzeugen findet man dank Telekommunikationssatelliten zunehmend das Angebot, in der Luft mit Hochgeschwindigkeit surfen zu können. Selbst auf hoher See bieten Satelliten einen Anschluss an das Internet – ob Kreuzfahrtschiff, Fischerboot oder Bohrinsel. Heute wird dort die Verbindung für den Endnutzer – wie im Zug – als lokales WLAN aufgebaut. Durch die Nutzung von Satellitentechnik in 5G soll es in Zukunft möglich werden, auf bewegten Plattformen wie Zügen, Schiffen oder Flugzeugen ein durchgängiges Mobilfunknetz aufzuspannen. So können die Geräte ständig verbunden bleiben, ohne dass der Nutzer etwas tun muss. Auf diese Weise soll eine nahtlose, weltweite Mobilfunkabdeckung über Meere und Kontinente hinweg möglich werden.

## The mobile network becomes mobile itself

Making a phone call while sitting on a moving train can be nerve-racking experience. The good news is that more and more train services offer free WiFi. So far, the connection between trains and the internet has been established solely via terrestrial infrastructure. But, thanks to telecommunication satellites, high-speed Internet access is now offered increasingly on planes, and even on the high seas, satellites offer internet access, whether you are on a cruise ship, a fishing vessel or an offshore oil rig. Like on a train, end-user Internet access is offered via a local wireless access point. With 5G using satellite technology it will be possible in future to create an uninterrupted mobile network on all moving platforms such as trains, boats or aircraft. Devices stay continuously connected without the user having to take any action. Seamless world-wide mobile phone connectivity across all oceans and continents will thus become possible.

‘5G will soon be available for motorways, national roads, and high-speed railway services. For the regional traffic infrastructure, we plan as a first step full LTE coverage without gaps, capable of being upgraded to 5G in conformance with rising demand.’

**Dr Tobias Miethaner, head of the Digital Society department at the BMVI**





# DUNKLE GESCHÄFTE AUF HOHER SEE

Satelliten helfen beim Aufdecken von illegaler Fischerei

Von Godela Rossner und Martin Schulz

Fisch und Meeresfrüchte sind beliebte Nahrungsmittel – und ein weltumspannendes Geschäft riesigen Ausmaßes. Fisch und Fischprodukte gehören zu den am meisten gehandelten Lebensmitteln und nahezu jedes Land auf diesem Planeten hat einen Anteil daran. Für viele Menschen, zumal in den Entwicklungsländern, ist Fisch ein unverzichtbarer Bestandteil ihrer Ernährung. Auf 154 Milliarden Dollar schätzt die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) für 2017 das weltweite Exportvolumen. Doch der Fischfang hat eine Schattenseite: Auf allen Weltmeeren sind Boote und Schiffe unterwegs, die sich an keinerlei Regeln halten. Sie plündern rücksichtslos die Fischbestände, ruinieren dabei die maritimen Ökosysteme und schädigen die Wirtschaft der Küstenstaaten. Dabei hilft ihnen, dass sie sich in den Weiten der Meere praktisch unsichtbar machen können. Mehrere Institute des DLR und auch deutsche Satelliten arbeiten daran, mit digitaler Technik diese Schiffe aus dem Schatten in die Sichtbarkeit zu holen – und damit diesem Treiben ein Ende zu setzen.

## SHADY BUSINESS ON THE HIGH SEAS

Satellites help expose illegal fishing

By Godela Rossner and Martin Schulz

Fish and seafood are popular food products – and a global business of vast dimensions. Fish and fishery products are among the most traded groceries, and nearly every country on the planet has a share in this business. Many people, notably in developing countries, consume fish as part of their staple diet. According to an estimate by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the 2017 world-wide export volume was 154 billion dollars. But the fishery sector has a shady side. Certain fishing enterprises out on the world's oceans do not follow the rules. They carelessly deplete fish stocks, wreak havoc in marine ecosystems and send coastal fisheries to their ruin. What facilitates their business is that they can remain nearly unnoticed. Several DLR institutes and a number of German satellites are working to bring these ships out into the open using digital technology – thus putting an end to their illegal activities.

Der Handel mit Fisch ist ein globales, milliardenstarkes Geschäft – mit einer dunklen Seite.

The global fish industry is worth billions – and has a dark side.

Ungefähr 4,6 Millionen Schiffe und Boote sind auf den Weltmeeren unterwegs, schätzt die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), um Lachs, Makrele & Co. nachzustellen. Davon sind etwa 2,8 Millionen motorisiert. Von diesen sind wiederum mehr als 85 Prozent nicht länger als zwölf Meter. Unter den Übrigen sind auch die schwimmenden Fischfabriken mit Schleppnetzen, deren Öffnung breiter als ein Fußballfeld lang ist. Diese Zahlen lassen erahnen, dass damit ein Problem einhergeht: Die gigantische Fischfangflotte, die kaum einen Winkel der Meere auslässt, holt weit mehr Fische aus dem Wasser, als das maritime Ökosystem verträgt. Weltweit gelten 33 Prozent der kommerziell genutzten Fischbestände als überfischt und 60 Prozent als maximal genutzt (Stand: Juli 2018). Verschärft wird das Problem durch ein Geschäftsmodell, das ebenfalls im globalen Maßstab betrieben wird: die illegale Fischerei. Für das Treiben im Verborgenen hat sich der Begriff IUU-Fischerei etabliert. Das Kürzel steht für „illegal, undokumentiert und unreguliert“.

Das Ausmaß der IUU-Fischerei lässt sich naturgemäß nur schätzen. Neuen Zahlen der FAO zufolge erscheint ein Volumen von zehn bis 20 Milliarden Euro pro Jahr möglich. Der illegale Fischfang wäre damit der drittgrößte illegale Wirtschaftszweig weltweit. Die Piratenfischerei, wie sie auch genannt wird, bringt eine Vielzahl von Folgeproblemen mit sich. So werden durch die rücksichtslosen Beutezüge nicht nur die ohnehin gefährdeten Fischbestände weiter dezimiert und die Ökosysteme verwüstet. Auch werden die lokalen Fischer in ihrer Existenz geschädigt und den Küstenstaaten entgehen Einnahmen. Ein zusätzliches Problem ist, dass die Millionen Tonnen von illegal gefangenem Fisch nicht in die offiziellen Berechnungen der Bestandsgrößen eingehen. Die Grundlagen für legale Fangquoten sind folglich falsch, die Bemühungen um nachhaltiges Fischereimanagement werden so massiv erschwert. IUU-Fischerei gibt es insbesondere dort, wo wertvolle Fischbestände zu finden sind und zugleich das Risiko einer Entdeckung und Strafverfolgung gering ist. Das kann der Fall sein, wenn die eigentlich verantwortlichen Küstenstaaten für wirksame Kontrollen zu schwach oder die Seegebiete sehr unübersichtlich sind. Es verwundert daher nicht, dass die Situation vor Westafrika und im zentralen Westpazifik besonders kritisch ist.

Die Fischereiüberwachung ist aufwändig. An Inspektionen der Ladung führt kein Weg vorbei, wenn die Gesetze durchgesetzt werden sollen.

Surveillance of fishery costs time and money. To enforce regulations, there is no other option but to physically board vessels and inspect their catch at sea.



U.S. Navy/Kwabena Akumoaah-Boateng



U.S. Coast Guard/Matthew S. Masaschi

„Dark Vessels“ (dunkle Schiffe) werden die illegal arbeitenden Fischfangschiffe auch genannt, weil sie sich gerne „unsichtbar“ machen. Zum Beispiel, indem sie ihren AIS-Sender, der automatisch die Position meldet, abschalten oder manipulieren.

'Dark vessels' is the term used to describe illegally operating fishing vessels as they make themselves invisible, or 'go dark'. They do this, for instance, by de-activating or manipulating their AIS transmitter, which automatically transmits position data.

About 4.6 million ships and boats are sailing in the world's oceans in pursuit of salmon, mackerel and other species. Of these, 2.8 million are motorised. Of these, again, more than 85 per cent are shorter than twelve metres. The rest also includes factory trawlers pulling dragnets with a mouth wider than the length of a football pitch. These figures alone are indicative of the problem: a gigantic fishing fleet that leaves hardly a corner of the sea unexploited, extracts more fish from the oceans than any marine ecosystem can bear. On a global scale, 33 per cent of all stocks that are commercially harvested are considered to be overexploited, and 60 per cent are exploited to their maximum tolerable capacity (Status: July 2018). What aggravates the problem is a widespread business model that is practiced on a global scale: illegal fishing, an activity that has come to be called, for short, IUU fishing. The term stands for 'illegal, undocumented and unregulated'.

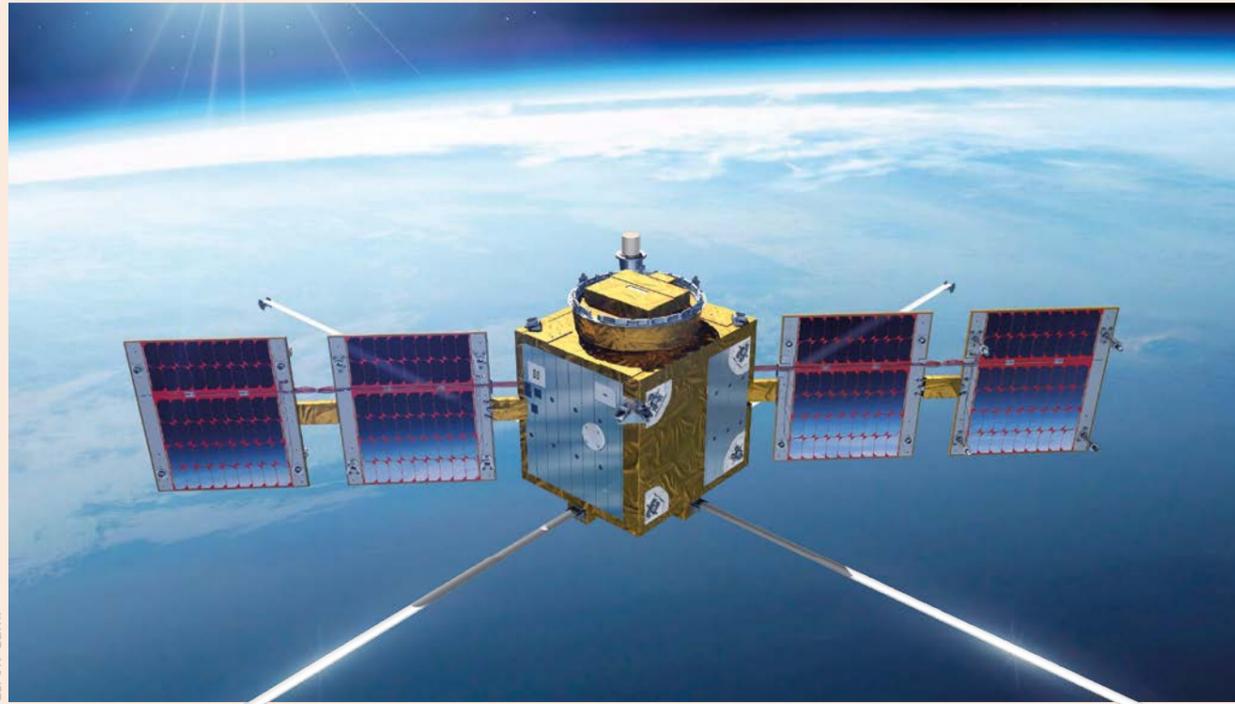
It lies in the nature of the matter that the extent of IUU fishing can only be estimated. According to recent FAO numbers, the volume could be as much as ten to 20 billion euros per year. This would make illegal fishery the world's third largest illegal business sector. Pirate fishery, as the activity is also called, causes a large number of secondary problems. Ruthless illegal forays not only decimate already endangered species further and devastate their ecosystems. They also ruin the livelihoods of local fishery, and coastal states lose considerable parts of their income. A further problem is that millions of tons of illegally caught fish remain unaccounted for in the official fish population statistics. As a result, the basic assumptions for determining official fishing quotas are incorrect, which massively encumbers the efforts to keep fishery sustainable. IUU fishing takes place particularly in regions where there are valuable stocks and where at the same time the risk of being detected and prosecuted is low. This can be the case in coastal states whose governments are too weak to put in place effective surveillance regimes, or where the marine environments are very hard to monitor. Therefore, it is not surprising that the situation off West Africa and in the central Western Pacific is particularly critical.



U.S. Coast Guard

Die Dimensionen des illegalen Fischfangs lassen sich naturgemäß nur schätzen. Besonders begehrt sind die ohnehin gefährdeten Fischarten.

The extent to which illegal fishing takes place can, of course, only be estimated. Particularly popular fish species are those which are already at risk.



ESAP, Carril

### DLR und ESA fördern SAT-AIS

Da satellitengestütztes AIS (Automatic Identification System/automatisches Meldesystem) ein wichtiger Bestandteil des Gesamtsystems ist, fördert das DLR im Rahmen des ESA-Entwicklungsprogramms ARTES neue Satellitentechnologien für SAT-AIS. In einer öffentlich-privaten Partnerschaft wird vom luxemburgischen Unternehmen LuxSpace eine neuartige Mikrosatellitenplattform entwickelt – mit deutscher Technik an Bord. Mehrere kleine und mittelständische Unternehmen aus Deutschland lieferten Systeme und Komponenten für den rund 80 kg „leichten“ Kleinstsatelliten ESAIL. Dieser soll im Spätsommer 2019 starten und fortschrittliche Technologie zur Signal- und Datenverarbeitung erstmals im All testen. So soll die Qualität des AIS-Dienstes weiter verbessert werden mit dem Ziel, die Meere fast in Echtzeit zu überwachen. An der Weiterentwicklung der Satellitenplattform wird bereits heute gearbeitet. Sie soll noch leistungsfähiger und flexibler werden als ihre Vorgängerin.

### DLR and ESA supports SAT-AIS

Since satellite-borne AIS is an important component of the overall scheme, DLR funds the development of a range of new SAT-AIS satellite technologies under ESA's development programme, ARTES. Under a public-private partnership, the Luxembourg-based company LuxSpace is developing a novel micro satellite platform equipped with German-made technology. Systems and components for the 80-kilogramme, "light-weight" small satellite ESAIL were made by a number of small and medium-sized German manufacturers. Plans are to launch it late in summer 2019 to give the advanced signal and data processing technology its first on-orbit trial. Its purpose is to improve the quality of the AIS service and make it possible to monitor the oceans in near-real time. Work to improve the satellite platform is ongoing. It is expected to become even more powerful and reliable than its predecessor.

Vor allem dieses Verschwinden in der Unsichtbarkeit erleichtert den gesetzlosen Fischern ihr schmutziges Geschäft. Genau hier setzen verschiedene Techniken an, die den nationalen Aufsichtsbehörden umfassende und effiziente Kontrollen ermöglichen sollen. Eine zentrale Rolle hat dabei das automatische Meldesystem AIS (Automatic Identification System), das viele Schiffe an Bord haben und das für bestimmte Schiffsklassen verpflichtend ist. Schiffe ab 300 Bruttoregistertonnen zum Beispiel müssen damit ausgerüstet sein, ebenso Passagierschiffe mit mehr als 50 Passagieren. Das System auf UKW-Datenfunkbasis sendet während der Fahrt regelmäßig Daten zu Position, Kurs und Geschwindigkeit, aber auch Informationen wie den Schiffsnamen und das Rufzeichen. AIS-Stationen an Land können mit Hilfe der Signale ein Lagebild des Schiffsverkehrs in Küstennähe erstellen. Als das System vor rund 20 Jahren eingeführt wurde, sollte es vor allem der Kollisionsvermeidung dienen. Die Signale können aber auch dafür genutzt werden, IUU-Fischerei zu erkennen, indem zum Beispiel typische Routenmuster in den Daten aufgespürt werden.

Das System hat indes Schwächen. So kann es vorkommen, dass sich in Bereichen mit starkem Schiffsverkehr, etwa im Einzugsgebiet von Häfen, die Signale überlagern. In der Folge geht bei herkömmlichen AIS-Empfängern ein Teil davon verloren. Dieses Problem hat das DLR-Institut für Kommunikation und Navigation in Oberpfaffenhofen zum Anlass genommen, um gemein-



DLR

Typisches TerraSAR-X-Bild vom Golf von Neapel. Einige größere Schiffe und deren Bug- und Heckwellen sind mit bloßem Auge sichtbar. Der Schiffsdetektionsalgorithmus findet auch solche Fischerboote zuverlässig, die kleiner als 20 Meter sind.

A typical TerraSAR-X image of the Gulf of Naples. Some larger ships and their bow waves and wakes are visible with the naked eye. The ship detection algorithm can reliably spot fishing vessels that are smaller than 20 metres.

The possibility of 'going dark' makes it easy for illegal fishermen to pursue their dirty business. This is precisely the point where technology comes into play which can enable national authorities to perform comprehensive and effective monitoring. Playing a key part in this is the Automatic Identification System AIS, which many ships carry on board and which is legally required for all vessels of a certain category. Vessels of a gross register tonnage of over 300 tons have to have it, as do passenger ships carrying more than 50 people. The system is based on FM radio frequencies and regularly transmits data on a vessel's position, course and speed, but also its name and radio call sign. Land-based AIS stations can use the signals to create a situational picture of current ship traffic near a given coastline. When the system was introduced about 20 years ago, it was originally conceived for collision avoidance purposes. However, the signals can also be used to provide evidence of IUU fishing, for instance in the form of datasets that prove deviations from typical vessel patterns.

That said, the system has its weaknesses. In very crowded parts of the sea, such as port entrance areas, signals may become corrupted. As a consequence of dense traffic, the AIS receivers may lose part of the signals. To remedy this, the DLR Institute of Communications and Navigation in Oberpfaffenhofen improved the algorithms used in signal processing so that up to 50 per cent more signals can be identified. Furthermore, the new technology, now known as AIS-Plus,



U.S. Coast Guard/Jonathan R. Cilley

Fischen mit unerlaubten Netzen, in Schutzgebieten oder über die zugestandene Menge hinaus: Die illegale Fischerei hat zahlreiche Formen.

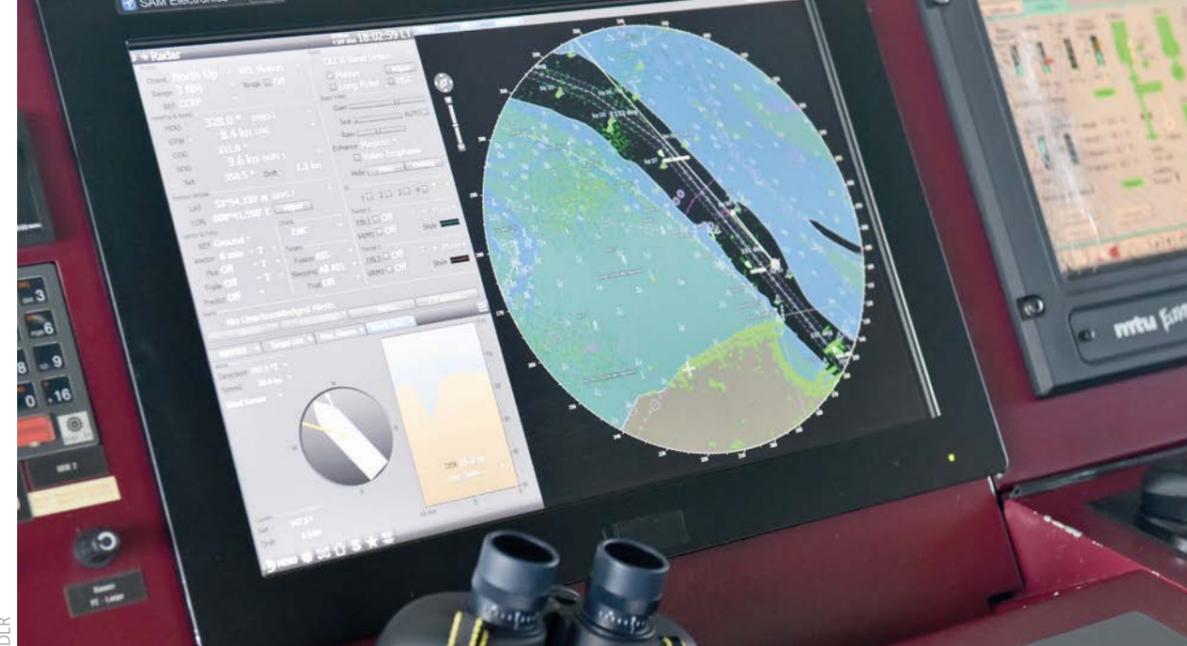
Fishing with banned netting, or in protected areas, or in excess of allowed quotas: illegal fishing has many forms.

sam mit einem Industriepartner einen leistungsgesteigerten AIS-Empfänger zu entwickeln. Die Wissenschaftler des DLR haben die Algorithmen der Signalverarbeitung verbessert, sodass dieser nun bis zu 50 Prozent mehr Signale detektieren kann. Die verbesserte, AIS-Plus genannte Technik hat außerdem eine von rund 60 auf bis zu 95 Kilometer erhöhte Reichweite. Das ermöglicht eine zuverlässige Erfassung von Schiffen und Nachverfolgung ihrer Routen. Das ist gerade dann interessant, wenn sie sich in der Nähe von gesperrten Zonen aufhalten, um feststellen zu können, ob die Route ein auffälliges Muster hat. Einige Länder mit langen Küstenlinien haben bereits Interesse an der neuen Technik bekundet.

Eine Überwachung kann indes auf diesem Weg nur stattfinden, wenn die Schiffe mit AIS ausgerüstet sind. Der überwiegende Teil ist nicht länger als zwölf Meter und daher nicht zwangsläufig mit einem Sender ausgestattet. Die großen Schiffe sind so groß, dass andere Techniken wie SAR („Synthetic Aperture Radar“/bildgebendes Seitensicht-Radar) oder optische Satelliten zum Einsatz kommen können, wenn sie ihr eigentlich obligatorisches AIS ausgeschaltet haben. Hierbei lassen sich die Schiffe oftmals anhand ihrer Aufbauten identifizieren. Bei den kleinen Schiffen gehen nationale Behörden mitunter, wenn Finanzmittel und Organisation vorhanden sind, wie folgt vor: Sie bringen verplombte und mit Solarstrom betriebene AIS-Sender an den Fischerbooten an, und nur dann dürfen diese auslaufen. Malaysia zum Beispiel praktiziert diese Methode. Registriert die Kontrollstelle Anomalien, etwa Einfahrten in Schutzgebiete, werden die Schiffe überprüft. Hier kann AIS-Plus mit seiner erhöhten Reichweite seine Stärke ausspielen, vor allem, wenn die AIS-Küstenstationen auf erhöhten Positionen oder Küstenbergen stehen. Ein normaler AIS-Empfänger hat dann Probleme mit überlagernden AIS-Signalen, wie dies auch am Satelliten der Fall ist.

Um Piratenfischer aufzuspüren, die auf hoher See ihrem betrügerischen Handwerk nachgehen, bedarf es eines Überblicks aus höherer Perspektive, zu dem Satelliten den entscheidenden Beitrag liefern. AIS-Satelliten empfangen die Signale weltweit und vervollständigen so das maritime Lagebild außerhalb der terrestrischen Empfangsstationen. Doch die illegal arbeitenden Schiffe und Boote machen sich gegenüber dieser Art der Überwachung gerne unsichtbar. Sie schalten das Signal zeitweise ab, manipulieren es oder besitzen schlicht kein Sendegerät. Sie werden so zu „Dunkelschiffen“ (engl.: Dark Vessels), die sich dann nur noch mit besonderer Technik aufspüren lassen. Hinzu kommt, dass die Wiederholrate der aktuellen AIS-Satelliten eingeschränkt ist, wodurch es zu zeitlichen Lücken bei der Überdeckung kommt.

Neue DLR-Technologie **AIS-Plus** – zusammen mit **AIS**-Systemen an Land, in der Luft und im All für eine globale Schiffsortung  
**AIS-PLUS** – a new DLR technology which permits worldwide vessel tracking by land-based, airborne and orbital **AIS** systems



DLR

has increased its signal range from about 60 to 95 kilometres. This makes the tracking of vessels more reliable, and is particularly helpful if a ship approaches a protected area as the system can flag up any anomalies in vessel traffic patterns. Some countries with a long coastline have already expressed an interest in the new technology.

When all is said and done, of course, ships can only be monitored in this way if they are equipped with AIS. The majority of fishing vessels are less than twelve metres long, and therefore are not required to carry an AIS transmitter. Large vessels, by contrast, can be spotted and tracked by other means, such as SAR or optical satellites, even if their mandatory AIS has been switched off. Ships can often be identified by their superstructures. With regard to smaller vessels, national authorities with sufficient funding and organisation sometimes use the following method: they install sealed and tamper-proof, solar-powered AIS transmitters on board and only then authorise vessels to leave port. Malaysia is one of the countries where this method has been introduced. If the authority in charge detects any anomalies, such as a vessel entering into a protected area, an in-situ inspection can be carried out without delay. Here, AIS-Plus with its higher signal range can demonstrate its strengths, especially if receivers are mounted in a raised position or on a coastal hill, whereas standard AIS equipment may run into difficulties with overlapping signals, a problem that may also occur with satellites.

Das automatische Meldesystem AIS (Automatic Identification System) ist für bestimmte Schiffsklassen verpflichtend. Das System auf UKW-Basis sendet während der Fahrt Daten zu Position, Kurs und Geschwindigkeit, aber auch Informationen wie den Schiffsnamen und das Rufzeichen.

Carrying an Automatic Identification System, or AIS, is mandatory for certain ship categories. Based on FM signals, the system transmits data on a vessel's position, course and speed, but also information such as the ship's name and call sign.

Aber es gibt ja auch noch die Erdbeobachtungssatelliten, die das maritime Geschehen seit Jahren sehr erfolgreich aus dem All im Blick haben. Doch alle optischen Satelliten haben immer wieder ein Problem: Sie sind blind, wenn es Wolken gibt – und in manchen Regionen der Erde gibt es die oft. In solchen Fällen sind Radarsensoren gefragt. Die deutschen Satelliten TerraSAR-X und TanDEM-X sowie die europäische Sentinel-1-Mission und die kanadische RADARSAT-2-Mission produzieren Aufnahmen bei jedem Wetter und in hoher Auflösung und sind global einsetzbar. Da die Satelliten auf bestimmten Orbits die Erde umkreisen, können sie allerdings nur zu bestimmten Zeiten bestimmte Gebiete abdecken. Nichtsdestotrotz können sie auch mit einem „Schnappschuss“ der detektierten Schiffe und dem Vergleich mit AIS-Positionen die „dunklen Schiffe“ entlarven. Um den Prozess zu optimieren, können Daten der Radarsatelliten, die in verschiedenen Orbits mit unterschiedlichen Frequenzen und Abdeckungen operieren, untereinander, aber auch mit optischen Bildern kombiniert werden. Die Kunst besteht darin, zeitnah diese Daten und weitere verfügbare Kontextinformationen zu einem möglichst umfassenden Lagebild zusammenzuführen. Dies geschieht an der DLR-Bodenstation in Neustrelitz, wo die Daten zusammenlaufen und nahezu in Echtzeit zu einem aussagekräftigen Informationsprodukt fusioniert werden.

Aber wie lassen sich Fischereischiffe von anderen Schiffen unterscheiden? Eine Aufgabe wie geschaffen für die DLR-Forschungsstellen Maritime Sicherheit in Bremen und Neustrelitz. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter entwickeln Algorithmen für Anwendungen, die maritime Informationen im Idealfall vollautomatisiert aus Satellitendaten ableiten. Die Themen der Forschungsstelle sind breit gestreut: Es geht um Ölverschmutzung, Eisberge, Seegang, morphologische Veränderungen an den Küsten und eben auch um Schiffsdetektion und -klassifizierung. Die Algorithmen detektieren Schiffe anhand ihrer Reflexionen im Radar auch bei rauher See. Daneben nutzen sie auch künstliche Intelligenz, um anhand der Radarsignaturen unterschiedliche Schiffstypen zu unterscheiden oder Schiffstypen in optischen Satellitenbildern zu klassifizieren. So kann die Suche leichter auf Fischfangschiffe eingegrenzt werden, die sich mit manipuliertem AIS unbeobachtet wäghen. Es können aber auch Tankschiffe gefunden werden, die insbesondere bei gut organisierten Fangzügen die Fischereiflottillen begleiten, um die Reichweite zu erhöhen. So fällt Licht auf die Geschäfte im Dunkeln - und Unsichtbarkeit schützt nicht länger vor Strafe.

Vor den Küsten der afrikanischen Länder südlich der Sahara tummeln sich die illegal arbeitenden Fischfangschiffe. Für Westafrika wird der Anteil der IUU-Fischerei auf 40 Prozent geschätzt. Dieses Treiben ruiniert die Meeresökosysteme – und schädigt die lokale Wirtschaft.

The coastal waters of Sub-Saharan Africa are teeming with illegal fishing vessels. For western Africa, the share of IUU fishing in the total fish trade is estimated at 40 per cent. These activities damage marine ecosystems – and ruin local economies.



U.S. Navy/Kenan O'Connor

To capture pirate fishers who engage in their illegal business far out in the open waters, it is necessary to get a view from a much higher perspective. Satellites are a key factor in this. AIS satellites receive signals from all over the world, and thus complete the overall situational picture in areas beyond the range of terrestrial receiver stations. But illegally operating vessels tend to defy this form of supervision by making themselves invisible, switching off their signal for certain time periods, manipulating it, or simply by not possessing a transmitter in the first place. Such “dark vessels” can only be detected by special technologies. Furthermore, the repetition rate of AIS satellites is limited, which means that there can be time gaps in their coverage.

The good news is that there are also Earth observation satellites, which have been watching maritime traffic effectively from their orbits for years. Optical satellites, however, have occasional problems in that they go blind when there are clouds – and in some Earth regions cloud cover is regularly present. In these cases, radar sensors come in helpful. Germany’s satellites TerraSAR-X and TanDEM-X as well as the European Sentinel-1 mission and Canada’s RADARSAT-2 mission deliver images in any weather and in high resolution, and operate globally. Since the satellites pass over the Earth on specific orbits, direct coverage is given only at certain times. Nevertheless they can help identify any ‘dark vessels’ by taking a snapshot of them and comparing the data with previously known AIS positions. To optimise the process, the data from radar satellites which operate in different orbits at different frequencies and different coverages can be combined with each other or with optical images. The trick is to put together this data and other contextual information fast, and merge everything into an up-to-date situational overview. This is done at DLR’s ground station in Neustrelitz, where the datasets are collected and processed into a valid, near-real-time information product.

But how is it possible to tell a fishing vessel from other ships? This task is precisely what the research teams at the DLR Institute of Maritime Security in Bremen and Neustrelitz have been trained for. Their work involves developing algorithms for applications that can derive a whole range of contextual information from satellite data, ideally automatically. The areas of application vary widely: oil spills, icebergs, ocean wave modelling, morphological change of coastlines and, naturally, the detection and classification of ships. Algorithms help detect ships based on their reflection on a radar screen even in rough seas. They also use artificial intelligence to distinguish between different types of vessels based on their radar signatures, or to classify ships based on optical satellite images. This makes it easier to narrow down a search for offenders who feel unwatched because they have deactivated their AIS. It is also possible to detect tankers which escort fleets on well-organised trawler convoys to extend their range of operation. Light can finally be shed on shady practices – and offenders can no longer avoid punishment by remaining invisible.



Australian Border Force

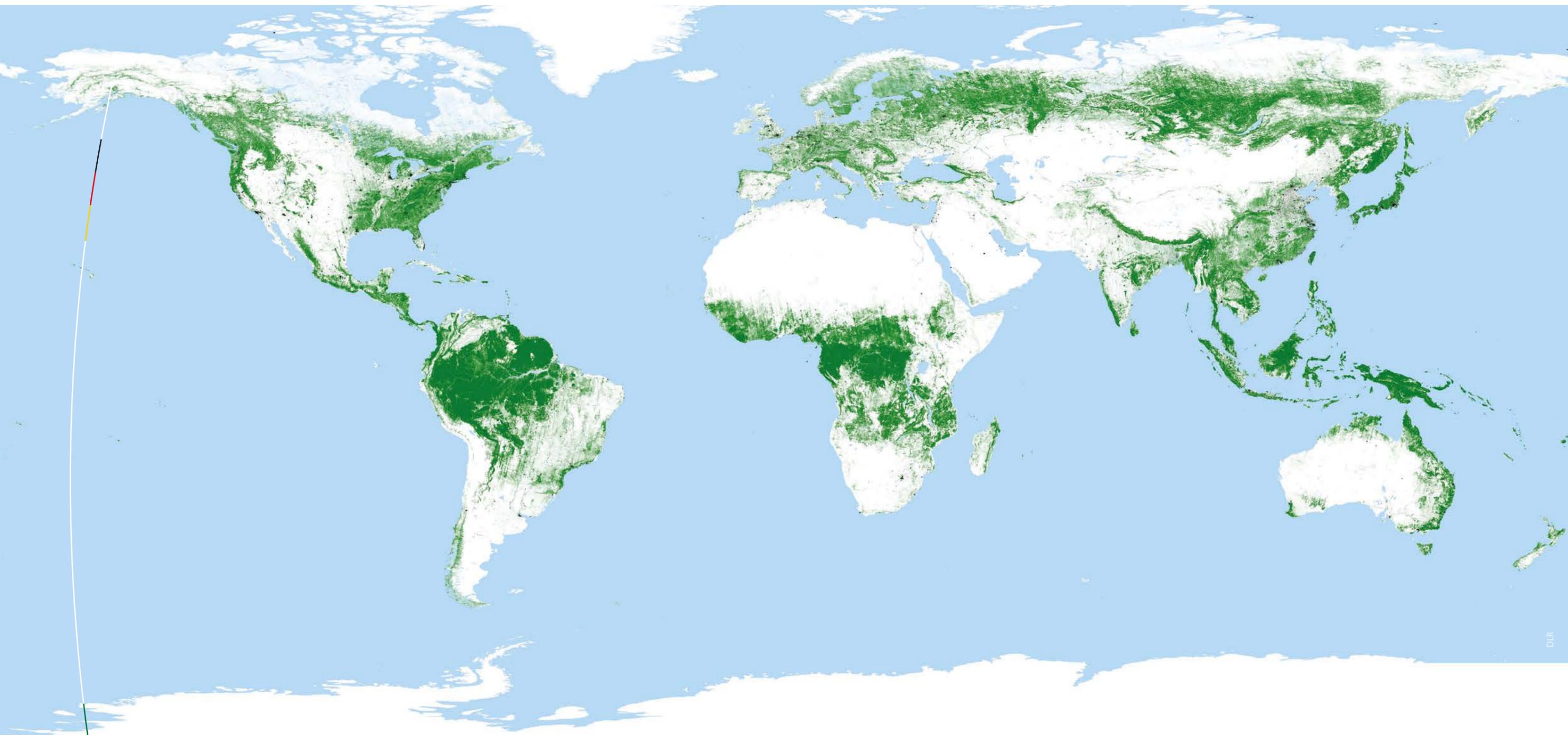
Illegaler Fischfang dezimiert nicht nur die Bestände, die Millionen Tonnen von illegal gefangenem Fisch gehen auch nicht in die offiziellen Berechnungen der Bestandsgrößen ein. Die Bemühungen um nachhaltiges Fischereimanagement werden so massiv erschwert.

Illegal fishing not only depletes fish stocks. Millions of tons of illegally caught fish also remain unaccounted for in the official stock size calculations, massively obstructing efforts to put in place a regime of sustainable fishery management.



Autoren: **Godela Rossner** ist Teamleiterin Anwendungsentwicklung und Datennutzung Erdbeobachtung im DLR Raumfahrtmanagement. **Martin Schulz** arbeitet als Redakteur für die Fachgruppe Kommunikation im DLR Raumfahrtmanagement und schreibt in dieser Funktion auch Artikel für die COUNTDOWN.

Authors: **Godela Rossner** is team leader Application Development and Data Exploitation Earth Observation at the DLR Space Administration. **Martin Schulz** works as an editor of the communications section at the DLR Space Administration. In this function, he also writes articles for the COUNTDOWN publication.



### Zum ersten Mal: alle Wälder der Erde auf einen Blick

Der Blick aus dem All verrät es: Die Erde ist heute noch zu rund einem Drittel von Wäldern bedeckt. Die globale TanDEM-X-Waldkarte, die das DLR mit Hilfe von Daten der gleichnamigen deutschen Radarsatellitenmission erstellt hat, liefert erstmals einen einheitlichen Überblick über die Regenwälder in Südamerika, Südostasien und Afrika – und damit eine wichtige Grundlage für Forschungen zum globalen Wandel.

### A 'first': all the Earth's forests at a glance

A look from space tells us that about one third of planet Earth is still covered by forest areas. The DLR created a global TanDEM-X forest map based on data from the correspondent German radar satellite mission. It is the first map to deliver a consistent overview of the world's rainforests in South America, South-East Asia and Africa, thus providing an important basis for research on global change.



# KLEINES PROGRAMM, GROSSE WIRKUNG

Geförderte Technologien aus Deutschland lassen Europas Trägerraketen abheben

Von Dr. Susanne Heckrodt und Karsten Lappöhn

Der unabhängige Zugang zum Weltraum ist ein Paradebeispiel guter Zusammenarbeit zwischen den europäischen Staaten. Das Bekenntnis der Europäer zu gemeinsamen Raumfahrtprojekten führte letztendlich im Jahr 1975 zur Gründung der ESA und 1979 zum Start der ersten Ariane-Rakete. Seitdem werden Satelliten zur Erdbeobachtung, Kommunikation und Navigation sowie für Forschungszwecke vom europäischen Weltraumbahnhof in Französisch-Guayana aus – unter anderem mit Ariane-Raketen – in den Weltraum befördert. Warum braucht man bei so einer erfolgreichen internationalen Zusammenarbeit also noch ein kleines Nationales Programm für Trägersysteme? Deutschland leistet mit diesem Programm unverzichtbare Beiträge zu Europas Weltraumambitionen und baut gleichzeitig seine nationalen Stärken in Technologieentwicklung und Nachwuchsförderung weiter aus. So ist jedes Mal, wenn eine Ariane-Rakete startet, innovative deutsche Technologie mit an Bord.

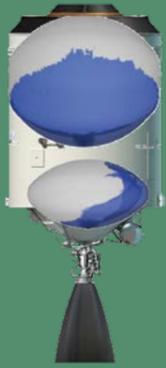
## SMALL PROGRAMME WITH A LONG REACH

Publicly funded technologies from Germany give a boost to European launchers

By Dr. Susanne Heckrodt and Karsten Lappöhn

Europe's autonomous access to space is a prime example of good collaboration among its member states. Ultimately, it was the Europeans' determination to run space projects jointly that led to the foundation of ESA in 1975, followed in 1979 by the first launch of an Ariane rocket. Ever since that year, satellites designed for purposes of Earth observation, communication, navigation, and research have been taking off for space from Europe's space port in French Guiana, some of them on Ariane rockets. Now, given that international collaboration is so successful, why is it necessary to have a small National Programme for launcher systems? Through this programme, Germany is making an indispensable contribution to Europe's space ambitions while at the same time expanding its national forte in technology development and talent promotion. Thus, innovative German technologies will be on board every time an Ariane rocket takes off.

Im neuen 3D-Druckverfahren hergestellter Triebwerks-Einspritzkopf.  
Diese Technologie könnte 2025 in der neuen Ariane-6-Oberstufe zum Einsatz kommen.  
Engine injection head made by the new 3D printing process.  
This technology might be used in the new Ariane 6 upper stage in 2025.



Vereinfachte Darstellung des Treibstoffschwappens in den Treibstofftanks der Ariane-6-Oberstufe während der ballistischen/nicht angetriebenen Flugphase  
Simplified visualisation of propellant sloshing in the propellant tanks of the Ariane 6 upper stage during the ballistic/non-propulsive flight phase.

## Die stärksten Motoren der Welt

Raketen besitzen mit rund 30 Millionen Pferdestärken die stärksten Motoren der Welt. Die Ariane-Rakete setzt für ihre Haupt- und Oberstufe auf sogenannte Flüssig-Triebwerke, bei denen tiefkalter und damit flüssiger Wasserstoff und Sauerstoff verbrannt werden. Die ArianeGroup in Ottobrunn ist seit Beginn der ersten Ariane-Raketen für die Schubkammern der Flüssigtriebwerke verantwortlich und damit einzigartig in Europa. Trotz der über 30-jährigen Erfahrung und vieler erfolgreicher Flüge bleibt es eine Herausforderung, die Brennkammer für die thermischen und mechanischen Belastungen auszuliegen. Zudem gilt es, Vorhersagen zur geforderten Lebensdauer für die einzelnen Komponenten zu treffen. Im Nationalen Programm werden verbesserte numerische Verfahren entwickelt, um die Verbrennungsprozesse detailliert nachzubilden und Bauteile hinsichtlich Leistung, Lebensdauer und Kosten optimieren zu können. Über neue Materialien für den Grundkörper und effizientere Fertigungsverfahren wie das Kaltgasspritzen („Cold Gas Spraying“) oder den 3D-Druck werden kostengünstigere Alternativen untersucht, um die bisherigen komplexen und sehr zeitaufwändigen Produktionsprozesse mit einer Bearbeitungszeit von aktuell 24 Monaten abzulösen.

## The world's most powerful engines

At around 30 million horsepower, rockets have the most powerful engines in the world. In both its main and upper stage, the Ariane rocket uses so-called liquid fuel engines that burn super-cooled (and therefore fluid) hydrogen and oxygen. Ever since the time of the first Ariane rockets, ArianeGroup of Ottobrunn has been responsible for their thrust chambers, thus occupying a unique position in Europe. Despite more than 30 years of experience and many successful flights, designing the combustion chamber to meet the thermal and mechanical stresses in flight remains a challenge. Another problem is to predict the service life of individual components. Improved numerical procedures are being developed under the National Programme to permit studying combustion processes in detail and optimising components with regard to service life, performance, and costs. With the aid of new materials for the engine body and more efficient manufacturing processes like cold-gas spraying or 3D printing, more efficient production processes are being studied so as to replace the current complex and very time-consuming processes of today which take 24 months to complete.

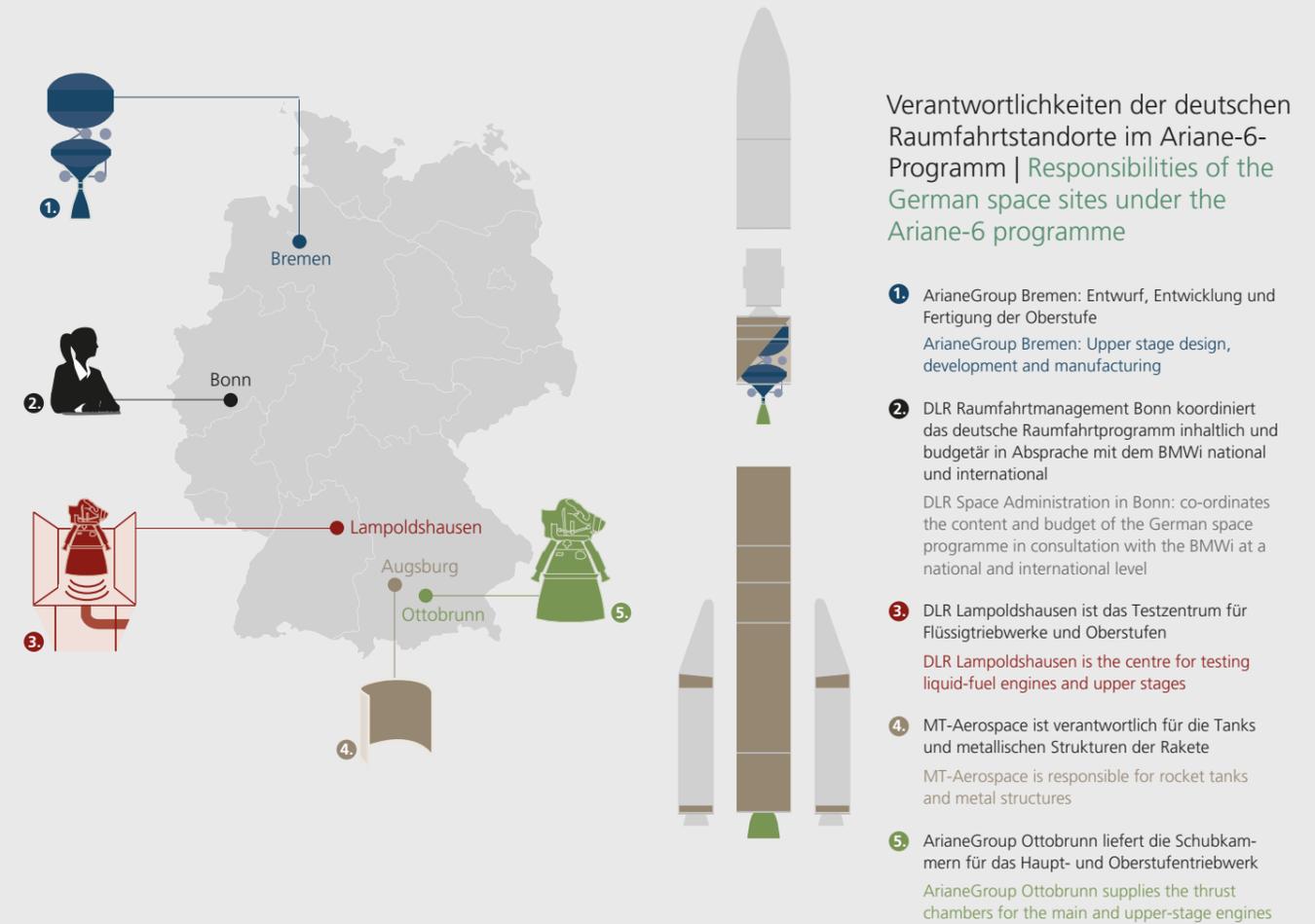
Bevor neue Technologien, Materialien oder Fertigungsverfahren in einer Ariane-Rakete zum Einsatz kommen, haben sie allerdings einen weiten Weg hinter sich. Zunächst einmal müssen sie im sogenannten Nationalen Programm zeigen, dass sie technisch leistungsfähig sind und kosteneffizient eingesetzt werden können. Ist diese Hürde genommen, werden sie zu einem heißen Kandidaten des Future Launcher Preparatory Programme (FLPP) der ESA. In diesem Ariane-Entwicklungsprogramm werden sie weiterentwickelt und verbessert. Hat sie sich auch hier bewiesen, kann die Technologie in einer Ariane-Rakete in den Weltraum starten.

Um diesen Weg zu bestehen, müssen neue Projekte im Nationalen Programm von Anfang an an den ehrgeizigen Zielen des aktuellen europäischen Raumtransports ausgerichtet werden: höhere Leistung, mehr Anwendungspotenziale, niedrigere Kosten. Die aktuellen Vorhaben decken dabei ein weites inhaltliches Feld ab – von Studien zu neuen Designauslegungen von Oberstufen, numerischen Simulationen für ein besseres Verständnis des Verhaltens verschiedener Treibstoffe im Tank sowie während der Verbrennung im Triebwerk bis hin zu Untersuchungen von neuen Materialien, effizienteren Fertigungsverfahren und Digitalisierungsanwendungen.

Eine Sonderrolle im Nationalen Programm des Raumtransports haben die STERN-Vorhaben. Sie sind nicht dem politischen oder industriellen Druck der Ariane-Welt unterworfen, sondern fördern den wissenschaftlichen Nachwuchs an Universitäten (siehe Kasten auf Seite 84/85).

In der Raumfahrt gibt es lange Planungs- und Vorlaufzeiten. Viele Jahre im Voraus sind strategische Überlegungen und proaktives Handeln im Nationalen Programm notwendig, um neue Aufgabenfelder in der Entwicklung und Produktion oder im Rahmen des Betriebs zu besetzen. Ein Beispiel dafür, wie es gelingen kann, die Produktion wichtiger Komponenten nach Deutschland zu holen, ist die Sauerstoff-Turbopumpe. Der Kompetenzaufbau für Turbopumpen im Raumtransport begann in Deutschland vor mehreren Jahren in einem Zusammenspiel der unterschiedlichen Programme und Partner. 2018 schließlich stimmte der ESA-Rat dem Transfer der Sauerstoff-Turbopumpe für die Haupt- und Oberstufe der Ariane-6-Trägerrakete von Italien nach Deutschland zu. Diese komplexe Komponente bietet neben dem Charme einer technischen Herausforderung auch das Potenzial, die Kosten der Ariane-6-Trägerrakete zu senken. Deutschland kann damit seinen Produktionsanteil für den zukünftigen Betrieb der Rakete um bis zu zwei Prozent erhöhen.

Ein anderes Beispiel für die Strategie des Nationalen Programms ist der Standort Bremen der ArianeGroup. Hier lässt sich aufzeigen, wie über einen längeren Zeitraum Kompetenzen in unmittelbarer Nähe



Before any new technologies, materials, or manufacturing processes are actually employed in an Ariane rocket they have a long way to go. First, they have to demonstrate under the national programme that they are technically effective and cost-efficient. Once they have jumped that hurdle, they will become hot candidates for ESA's Future Launcher Preparatory Programme (FLPP). Under this programme, they will be refined and improved. Once they have proven their worth here, too, they will be allowed to take off for space in an Ariane rocket.

To walk this stony path, new projects involved in the National Programme have to be designed to meet the ambitious objectives of contemporary European space transport: better performance, more application potentials, lower costs. Current projects cover a wide range of subjects. Studies relating to new upper stage designs and numerical simulations to improve our understanding of the behaviour of various fuels in the tank as well as during combustion in the engine are the 'classical' subjects of these national projects. In recent years, studies relating to new materials and more efficient manufacturing processes as well as to digitalisation have been added to the range, the objective being to lower the costs of future launcher rockets while maintaining the level of quality standards.

The STERN projects play a special part in Germany's National Space Transport Programme. They are not subject to the political or industrial pressures that apply in the Ariane world but serve to promote young scientists at the universities (see box on page 84/85).

Planning and lead times in space technology are long. Many years in advance, strategic considerations and proactive measures have to be undertaken within the National Programme before opening up new fields of activity in development, production, or operation. One example illustrating how it has been possible to bring the production of important components to Germany is that of the oxygen turbo pump. The process of building turbo pump competence in space transport began several years ago in Germany in an interaction between different programmes and partners. In 2018, the ESA Council finally agreed to the relocation of the oxygen turbo pump for the main and upper stages of the Ariane 6 launcher from Italy to Germany. Besides offering the charm of a technical challenge, this complex component has the potential of lowering the costs of the Ariane 6 launcher. The transfer will enable Germany to increase its production share in the future operation of the rocket by as much as two per cent.



Vulcain- und Vinci-Schubkammern aus Ottobrunn sind das Herzstück für das Haupt- und Oberstufen-triebwerk der Ariane 6

Vulcain and Vinci thrust chambers made in Ottobrunn form the core of the main and upper-stage engine of Ariane 6

zueinander aufgebaut und konzentriert wurden. Der Standort hat es sich zur Aufgabe gemacht, Oberstufen zu entwickeln, zu integrieren und im Flugbetrieb zu begleiten. Das Zusammenspiel von Struktur, Antrieb und Treibstoffverhalten einer Oberstufe ist eine hochkomplexe Aufgabe. Daher haben sich an der Weser und bei strategischen wissenschaftlichen Partnern umfangreiche System- und Ingenieurs-Kompetenzen zusammengefunden – unterstützt vom Nationalen Programm. Die Vorhersagen der in Deutschland entwickelten Analyse- und Simulationstools entscheiden letztendlich über die Funktionsfähigkeit und Nutzlastkapazität der Oberstufe und damit der Rakete.

Neben der Leistungsoptimierung gibt es auch anspruchsvolle Kostenziele für die Oberstufe. Auch hier stellt das Nationale Programm seine Daseinsberechtigung unter Beweis. Sehr deutlich wird dies etwa an der neuen Schaumisolation als Thermalschutz für die Tanks und Strukturen der kryogenen Oberstufe, die in Deutschland entwickelt wurde. Die ersten Voruntersuchungen fanden im Nationalen Programm statt, gefolgt von einer Qualifikation im FLPP-Programm der ESA. Im heutigen Ariane-6-Entwicklungsprogramm gehört der Thermalschutz aus Deutschland zum Referenzszenario mit einer nachgewiesenen Kostenreduktion um 70 Prozent gegenüber der ursprünglichen Thermalisolation von Ariane 5.

Damit die Kosten bei gleichbleibend hohen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen weiter gesenkt werden können, müssen neue und moderne Fertigungsverfahren eingeführt und die teilweise noch händischen Prozesse industrialisiert werden. Darüber hinaus werden Oberstufen mehr Funktionen übernehmen müssen und damit die einzelnen Disziplinen der Raumfahrt enger zusammenbringen – eine Aufgabe wie geschaffen für das Nationale Programm.

Another example illustrating the strategy of the National Programme is the Bremen site of ArianeGroup. It serves to demonstrate how capabilities can be built up and concentrated in close proximity over an extended period. The site has set itself the task of developing and integrating upper stages and supporting their operation in flight. The interaction between the structure, the engine, and the fuel behaviour of an upper stage is highly complex. For this reason, vast system and engineering skills have been pooled at the Bremen site and its strategic scientific partners with the support of the National Programme. The predictive analysis and simulation tools developed in Germany deliver the ultimate decision support for the functional and payload capacity of the upper stage and, by the same token, of the entire rocket.

Besides performance optimisation, there are demanding cost targets to be met by the upper stage. Here again, the National Programme justifies its existence. One excellent case in point is the new foam insulation that was developed in Germany to protect the tanks and structures of the upper stage from heat. The first preliminary tests were carried out under the National Programme, followed by qualification under ESA's FLPP programme. In the current development programme for Ariane 6, the heat shield from Germany is part of the reference scenario, featuring an established cost reduction of 70 per cent compared to the original heat insulation of Ariane 5.

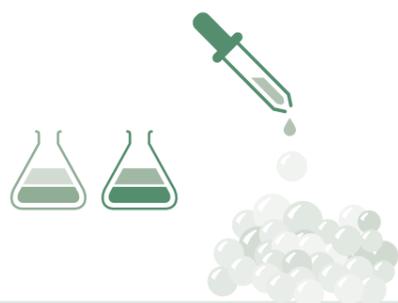
To reduce costs further without affecting relevant quality and safety requirements, new and modern manufacturing methods will have to be introduced and processes that are still partly manual will have to be industrialised. Furthermore, additional functions will in future have to be taken over by the upper stage. This means that space industry disciplines will have to move closer together – a task that is nothing short of ideal for the National Programme.



Durchführung von Schaum-Sprühtests zur Optimierung der Aufsprühposition bei der Anwendung des Sprühprozesses auf die späteren Raketenstrukturen der Ariane 6, hier durchgeführt im Rahmen des FLPP  
Foam spraying tests to optimise the spraying position when applying the spraying process to future rocket structures, run in this case under the FLPP

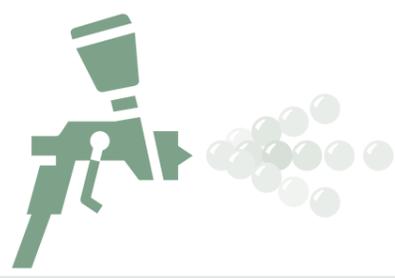
## Von der Idee zum Betrieb: Die Thermalisierung für Raketenstufen From concept to operation: heat insulation for rocket stages

### Entwicklung der chemischen Zusammensetzung Development of the chemical composition

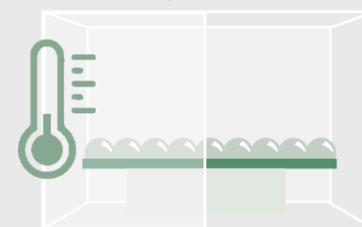


2009

### Entwicklung des Sprühprozesses Development of the spraying process

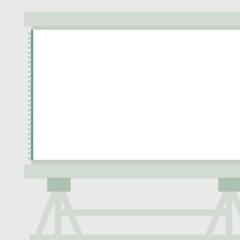


### Weiterentwicklung Tests und Qualifikation Technical improvement of tests and qualification



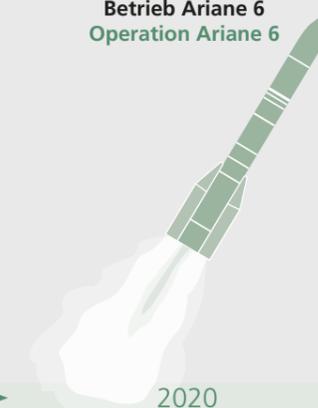
2014

### Anwendung auf der Rakete (Ariane 6) Application in the rocket (Ariane 6)



2016

### Betrieb Ariane 6 Operation Ariane 6



2020

Nationales Programm  
National Programme

FLPP

Ariane-Entwicklungsprogramm  
Ariane development programme

Ariane-Betrieb  
Ariane operations

## Und morgen geht es an die Ariane: STERN – das Programm für studentische Experimental-Raketen

Um den Bedürfnissen nach Fachkräften im Ariane-Programm gerecht zu werden, wurde das Nachwuchsförderprogramm STERN (Studentische Experimental-Raketen) ins Leben gerufen. Studentinnen und Studenten der Fachrichtung Luft- und Raumfahrttechnik sollen dabei innerhalb von drei Jahren als Team eine eigene Rakete entwickeln, bauen und auf dem Weltraumbahnhof Esrange nahe Kiruna in Nordschweden starten.

Bereits mit dem Förderantrag müssen sich die Studierenden überlegen, welche Anforderungen ihre Rakete erfüllen muss und wie sie später aufgebaut sein soll. Entsprechend den gewählten Technologien muss ein Entwicklungsplan erstellt werden, der auch technische Risiken mit Alternativlösungen beinhaltet. In der Regel entwickeln die Studierenden Hybridtriebwerke, die aus einem festen Treibstoffblock bestehen, dem eine flüssige Treibstoffkomponente zugeführt wird. Diese sind in einigen Aspekten den reinen flüssigkeitsbetriebenen Raketentufen funktional sehr ähnlich. Damit während der Startkampagne alles funktioniert, müssen für die einzelnen Subsysteme viele Tests durchgeführt werden. Insbesondere das Triebwerk benötigt dabei bis zur Einsatzreife mehrere Testkampagnen.

Sechs Monate vor Beginn der sechs- bis zehntägigen Startkampagne wird der von den Studierenden geschriebene Campaign Requirements Plan an Esrange übermittelt. Dieser beinhaltet technische Informationen über die Rakete, die Bodenanlage und den Ablauf. Für den Start der Raketen werden in der Regel die auf Esrange vorhandenen Startanlagen benutzt.

In dem seit 2012 laufenden Programm waren bisher die Hochschule Bremen, das Bremer Zentrum für angewandte Raumfahrttechnik und Mikrogravitation (ZARM), die TU-Dresden, TU-Berlin, TU-Braunschweig, Universität Stuttgart, Hochschule Augsburg und TU-München beteiligt. Vier davon befinden sich aktuell in der zweiten Förderphase. Die Starts sind für 2020 geplant.



Hochschule Bremen City/University of Applied Sciences



Hochschule Bremen City/University of Applied Sciences

## Next job: Ariane STERN – a student programme to practice rocket building

STERN (Student Experimental Rockets Programme) was put in place to meet the future need for young talent to work in the Ariane programme. It involves giving university students from the space tech disciplines three years within which, as a team, they are expected to develop and build a rocket of their own and launch it at the Esrange spaceport near Kiruna in northern Sweden.

From the very beginning, in their funding application, students must be clear in their mind what specifications their rocket is to meet and how it is to be built. Based on the technologies chosen, a design plan has to be written that also includes a range of technical risks and alternative solutions. The students, in most cases, opt for hybrid propulsion, with engines consisting of a solid-fuel block, to which a liquid-fuel component is added later. Functionally, these are in some aspects very similar to rocket stages powered by liquid fuel only. To ensure that everything is in working order for the launch campaign, the individual subsystems have to undergo many tests. Engines in particular require several testing campaigns before they are technically mature.

Six months prior to the six to ten-day launch campaign, a Campaign Requirements Plan which has been written by the students is transmitted to Esrange. It contains technical data concerning the rocket, the ground segment, and the launch procedure. As a rule, the students use the Esrange launch facilities that are already in place.

Under the programme, in place since 2012, the parties involved so far include Bremen University of Applied Sciences, the Bremen Centre for Applied Space Technology and Microgravity (ZARM), Dresden TU, Berlin TU, Braunschweig TU, Stuttgart University, Augsburg University of Applied Sciences, and Munich TU. Of these, four are currently in the second funding phase. Launches have been scheduled for 2020.

Die Aquasonic-I-Rakete der Hochschule Bremen auf der ESRANGE-Startanlage. Über drei Jahre entwickelte und baute das Team der Hochschule Bremen an der Rakete. Nach seinem Start am 14. April 2016 erreichte der 73 Kilogramm schwere Flugkörper eine Flughöhe von über sechs Kilometern.

The Aquasonic-I rocket of Bremen University of Applied Sciences on the ESRANGE launch pad. The university team had developed and built the rocket for over three years. After its take-off on April 14, 2016, the 73-kilogramme rocket reached an altitude of more than six kilometres.



Autoren: **Dr. Susanne Heckrodt** ist Leiterin Nationales Programm Trägerraketen in der Abteilung Trägersysteme des DLR Raumfahrtmanagements. **Karsten Lappöhn** leitet das Studentische Experimental-RaketeN (STERN)-Programm in der Abteilung Trägersysteme des DLR Raumfahrtmanagements. Er betreut die STERN-Studierenden und -Hochschulen auf ihrem Weg von der Idee einer leistungsfähigen Rakete bis hin zum Start. Authors: **Dr Susanne Heckrodt** is Head of the National Launcher Programme, Department Launcher Systems at the DLR Space Administration. **Karsten Lappöhn** coordinates the experimental student rocket programme (STudentische Experimental-RaketeN, or STERN) in the Launcher Systems department at the DLR Space Administration. He acts as a mentor for STERN students and their universities, offering guidance all the way from the original idea for a rocket to its actual launch.

# BUSINESS LAUNCH



So sehen Sieger aus: Im bundesweiten DLR-Schulwettbewerb „Beschützer der Erde 2.0“ im Zuge der „horizons“-Mission des deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst wurden am 10. Mai 2019 die Gewinner aus Oldenburg, Papenburg, Bonn und Berlin im Palmenhaus der Insel Mainau am Bodensee geehrt. Gesamtgewinner des Wettbewerbs ist das Kardinal-Frings-Gymnasium aus Bonn mit seinem Projekt gegen Lichtverschmutzung zum Schutz der Vögel. Das DLR Raumfahrtmanagement organisierte den Wettbewerb zur Förderung kreativer Ideen für den Schutz der Umwelt in Zusammenarbeit mit der Universität Konstanz und dem Max-Planck-Institut für Ornithologie.

This is what winners look like: coming from Oldenburg, Papenburg, Bonn, and Berlin, the winners of DLR's nationwide 'Earth Guardians 2,0' school competition that accompanied the 'horizons' mission of the German ESA astronaut Alexander Gerst were distinguished on May 10, 2019 at the palm house on the Isle of Mainau in Lake Constance. The overall winner of the contest is the Cardinal-Frings-Gymnasium of Bonn with its project to counteract light pollution to protect bird life. The contest was organised by the DLR Space Administration in collaboration with Constance University and the Max Planck Institute for Ornithology in order to promote creative ideas for protecting the environment.



Mehr als 300 Teilnehmer aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Verwaltung trafen sich auf Initiative des DLR Raumfahrtmanagements am 14. und 15. Mai 2019 in Bonn zur 6. Nationalen Konferenz Satellitenkommunikation in Deutschland. Unter dem Motto „Satelliten im Kommunikationsnetz der Zukunft“ ging es vor allem um die zukünftige digitale Infrastruktur. Deswegen standen Themen wie Breitbandversorgung, Big Data, Internet of Things (IoT) und Internet mit höchsten Datenraten für alle Bürger ganz oben auf der Agenda.

More than 300 people from academia, business, politics and administration followed an invitation by the DLR Space Administration to attend the 6th National Satellite Communication Conference in Bonn on May 14 and 15, 2019. Under the general theme 'Satellites in future communication networks', presentations mainly centred around our future digital infrastructure, with broadband coverage, Big Data, the Internet of Things (IoT) and the availability of high-speed internet access for all citizens figuring high on the agenda.



Am 27. und 28. März 2019 richtete das DLR Raumfahrtmanagement in Bonn das 2. Nationale Symposium Weltraumsicherheit aus. Die zweitägige Konferenz brachte raumfahrt- und sicherheitsrelevante Akteure aus Bundesregierung, Behörden, Forschung und Industrie zusammen und diente dem Austausch zu aktuellen Entwicklungen und Initiativen in den Themen Weltraumsicherheit und nachhaltige Nutzung des Weltraums. Sicherheitsaspekte sind dabei nicht nur für das Verteidigungsressort, sondern unter anderem auch für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, das Bundeskanzleramt und das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, die allesamt auf dem Symposium vertreten waren, von wachsender Bedeutung.

Neben sicherheitspolitischen Herausforderungen im Orbit standen die kommerziellen Trends in der Weltraumnutzung im Blickpunkt: Insbesondere die geplanten Megakonstellationen aus Klein- und Kleinstsatelliten erfordern die Fähigkeit zur Erstellung eines hoheitlichen und souverän verfügbaren Weltraumlagebildes. Dieses ist eine wesentliche Voraussetzung für den Schutz kritischer Weltrauminfrastrukturen vor Kollisionen und fremder Einflussnahme.

Sowohl Generalleutnant Markus Laubenthal, Beauftragter des Bundesministeriums der Verteidigung für die Nutzung des Weltraums, und Dr. Walther Pelzer, DLR-Vorstand für das Raumfahrtmanagement, betonten in ihren Vorträgen die enge und erfolgreiche zivil-militärische Zusammenarbeit. Bereits seit 2011 betreiben die Luftwaffe und das DLR Raumfahrtmanagement gemeinsam in Uedem das Weltraumlagezentrum der Bundesregierung, das Berichte zu Wiedereintritten von Weltraumobjekten, Kollisionswarnungen für die deutschen Satellitenbetreiber

und andere sicherheitsrelevante Dienste bereitstellt. Mit dem Weltraumüberwachungsradar GESTRA wird sich Deutschland im engen Schulterschluss zwischen zivilen und militärischen Stellen sowie Forschung und Industrie im Bereich Weltraumlage künftig noch besser aufstellen. Im Bild (v. l.): Dr. Gerald Braun, Leiter der Abteilung Weltraumlage im DLR Raumfahrtmanagement, Generalleutnant Markus Laubenthal, Dr. Walther Pelzer, DLR-Vorstand für das Raumfahrtmanagement, Brigadegeneral Burkhard Pototzky

On March 27 and 28, 2019, the DLR Space Administration hosted the 2<sup>nd</sup> National Symposium on Space Security. Bringing together experts in space and security-relevant matters from the federal government, public authorities, academia and industry, the two-day conference offered an opportunity to exchange views on current developments and initiatives relating to security and the sustainable utilisation of space. In this context, security aspects are of increasing importance not only in the defence sector but also for the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, the Federal Chancellor's Office and the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, all of which were represented at the symposium.

Besides security-policy issues in space, the conference focussed on commercial trends in space exploitation: the mega-constellations of small and micro-satellites that are currently being planned are predicated on the ability to generate space situational information under sovereign control. This condition is essential for protecting critical space infrastructures from collisions and alien influences.

In their presentations, Lieutenant-General Markus Laubenthal, the representative of the Federal Ministry of Defence in charge of the exploitation of space, as well as Dr Walther Pelzer, DLR Board Member in charge of the Space Administration, highlighted the close and successful collaboration between the civilian and military spheres. As early as 2011, the German Air Force and the DLR Space Administration together had launched the federal government's Space Situational Awareness Centre in Uedem which regularly delivers intelligence on the re-entry of space objects, collision warnings for German satellite operators, and other security-relevant matters. Based on close cooperation between civilian and military authorities as well as research and industry, the GESTRA space surveillance radar will be a further improvement for Germany with respect to space situational awareness. In the picture (from left): Dr Gerald Braun, Head of the Space Situational Awareness department at DLR Space Administration, Lieutenant-General Markus Laubenthal, Dr Walther Pelzer, Member of the DLR Executive Board in charge of the Space Administration, Brigadier General Burkhard Pototzky



Am 7. März 2019 fand der zweite New-Space-Workshop mit Thomas Jarzombek, dem Koordinator für die Luft- und Raumfahrt der Bundesregierung (Mitte, links), zur Zukunft der deutschen Raumfahrt in Bonn statt. Gastgeber war Dr. Walther Pelzer (Mitte), DLR-Vorstand für das Raumfahrtmanagement.

On March 7, 2019, the second New Space workshop on the future of the German space sector was held in the presence of Thomas Jarzombek, the aerospace coordinator of the federal government (centre left). The workshop was hosted by Dr Walther Pelzer (centre), DLR Board Member in charge of the Space Administration.

# SPACE CALENDAR

All the launch dates at a glance

2019	
May 30 <sup>th</sup> –July 29 <sup>th</sup>	Begin of the New Zealand campaign of the flying observatory SOFIA (32 starts with 3 instruments)
June	Launch of Falcon 9 from Kennedy Space Center (Florida/USA); demonstration flight to ISS (Crew Dragon Demo 2)
June 5 <sup>th</sup>	Launch of Ariane 5 from Kourou (French-Guiana); carrying the two commercial communication satellites DirecTV 16 and Eutelsat 7C
June 17 <sup>th</sup> –23 <sup>rd</sup>	Paris Air Show Le Bourget (France)
June 21 <sup>st</sup>	Launch of Proton from Baikonur (Kazakhstan); carrying the space telescope Spectrum-Roentgen-Gamma with the German instrument eROSITA
June 24 <sup>th</sup>	Launch of the sounding rocket MASER 14 from Esrange (North of Sweden); carrying the German-Japanese experiment DUST from DLR and JAXA
July	Launch of Vega from Kourou; carrying the United Arab Emirates' observation satellite Falcon Eye 1
July 5 <sup>th</sup>	Launch of Soyuz 59S from Baikonur (ISS expedition)
July 8 <sup>th</sup>	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral; 18 <sup>th</sup> ISS logistics flight of a Dragon capsule (SpaceX CRS-18)
July 24 <sup>th</sup>	Launch of Ariane 5 from Kourou; carrying the communication satellite EDRS-C
July 25 <sup>th</sup>	Launch of Falcon 9 from Kennedy Space Center, demonstration flight to ISS (Crew Dragon Demo 2)
July 31 <sup>st</sup>	Launch of Progress 73P from Baikonur (ISS logistics)
August 22 <sup>nd</sup>	Launch of Soyuz 60S from Baikonur (ISS expedition)
September	Launch of H-2B from Tanegashima Space Center (Japan), 8 <sup>th</sup> ISS logistics flight (HTV-8)
September 2 <sup>nd</sup> –13 <sup>th</sup>	34 <sup>th</sup> DLR parabolic flight campaign in Bordeaux (France)
September 25 <sup>th</sup>	Launch of Soyuz 61S from Baikonur (ISS expedition)
October	Student balloon double campaign BEXUS 28/29 in Esrange with eight experiments of German teams
October 15 <sup>th</sup>	Launch of Soyuz from Kourou; carrying the space telescope CHEOPS
October 19 <sup>th</sup>	Launch of Antares from Wallops Island (USA); 12 <sup>th</sup> ISS logistics flight of a Cygnus capsule (NG-12)
November	Launch of the sounding rocket TEXUS 56 from Esrange; carrying the DLR experiment MEDI
November	Launch of Atlas 5 from Cape Canaveral; carrying Boeing CST-100 Starliner (1 <sup>st</sup> manned demonstration flight to ISS)
November 27 <sup>th</sup> –28 <sup>th</sup>	ESA Ministerial Council in Sevilla (Spain)
December 4 <sup>th</sup>	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral, 19 <sup>th</sup> ISS logistics flight of a Dragon capsule (SpaceX CRS-19)
December 20 <sup>th</sup>	Launch of Progress 74P from Baikonur (ISS logistics)

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)



Brachte die letzten Menschen zum Mond: Am 7. Dezember 1972 startete eine Saturn-V-Rakete zur Apollo-17-Mission. Mit an Bord waren Eugene Cernan, Harrison H. Schmitt und Ronald E. Evans. Cernan und Schmitt waren die letzten Menschen, die unseren Begleiter betreten haben.

Took the last humans to the Moon: On December 7, 1972, a Saturn V rocket launched the Apollo 17 mission. On board were the three astronauts Eugene Cernan, Harrison H. Schmitt and Ronald E. Evans. Cernan and Schmitt had been the last human visitors of the Moon.

NASA



## 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](http://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](mailto:countdown@dlr.de)

Druck | Printing: AZ Druck und Datentechnik GmbH, 87437 Kempten, [www.az-druck.de](http://www.az-druck.de)  
Gestaltung | Design: CD Werbeagentur GmbH, 53842 Troisdorf, [www.cdonline.de](http://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: 21. Juli 1969: Apollo-11-Astronaut Edwin „Buzz“ Aldrin posiert bei einem Außeneinsatz im „Meer der Stille“ neben der US-Flagge und dem Landemodul „Eagle“. Commander Neil Armstrong hat die Aufnahme gemacht, während Michael Collins im Kommandomodul „Columbia“ um den Mond kreiste. (NASA) | July 21, 1969: Apollo 11 astronaut Edwin 'Buzz' Aldrin, posing next to the American flag and the lunar module 'Eagle' in the 'Sea of Tranquility' during one of his walks on the lunar surface. The photo was taken by Commander Neil Armstrong while Michael Collins orbited the Moon in the command module 'Columbia'. (NASA)



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages