



# COUNTDOWN

newsletter

Aktuelles aus dem  
DLR Raumfahrtmanagement

Topics from  
DLR Space Administration

2/2018 · Nr. 36

Industrie 4.0 und Raumfahrt:  
Weichen Richtung Zukunft stellen

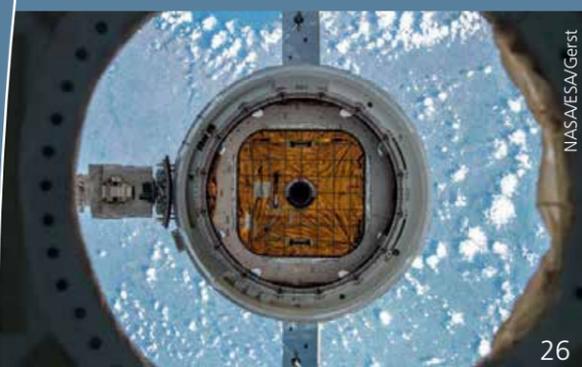
Industry 4.0 and space technology:  
Setting the course for the future

# COUNTDOWN newsletter



ArianeGroup Holding/BLACKBEAR

6



NASA/ESA/GERST

26



Evi Blink/DLR

42



ESA, NASA and Frédéric Pont

56

**WEICHEN RICHTUNG ZUKUNFT STELLEN**  
Wie relevant ist Industrie 4.0 für die Raumfahrt?  
SETTING THE COURSE FOR THE FUTURE  
How important is Industry 4.0 for the space technology sector?..... 6

**FAMILIENZUWACHS**  
Letzter Start von vier Galileo-Satelliten an Bord einer Ariane 5-Rakete  
THE FAMILY IS GROWING  
Last launch of four Galileo satellites on an Ariane 5 rocket..... 24

**AUS DEM NÄHKÄSTCHEN**  
Zwölf deutsche horizons-Experimente erzählen ihre ISS-Geschichte  
LAB TALK ON THE ISS  
Twelve German horizons experiments tell their story..... 26

**IAC 2018**  
Bremen heißt die Raumfahrtwelt herzlich willkommen  
IAC 2018  
Bremen warmly welcomes the world's space community..... 40

**AUSSERIRDISCHE ENERGIEWENDE**  
Satelliten helfen bei der nachhaltigen Planung neuer Energieanlagen  
ENERGY TRANSITION AIDED FROM SPACE  
Satellite data for sustainable planning of new energy facilities..... 42

**BEPICOLOMBO**  
Bereit für die Reise zum Merkur  
BEPICOLOMBO  
Ready for take-off to Mercury ..... 54

**ZEHNTAUSEND NEUE PLANETEN**  
PLATO auf der Suche nach fremden Planetensystemen  
TEN THOUSAND NEW PLANETS  
PLATO's quest for alien planetary systems ..... 56

**PREMIERE MIT NASA AN BORD**  
Erste Partial-G-Parabelflugkampagne für Lebenswissenschaften  
PREMIERE WITH NASA ON BOARD  
First international Partial-G flight campaign for life sciences..... 64

**BUSINESS LAUNCH**  
Die Raumfahrtszene in Fakten und Bildern  
BUSINESS LAUNCH  
The space sector in facts and pictures ..... 72

**RAUMFAHRTKALENDER**  
Alle wichtigen Starts auf einen Blick  
SPACE CALENDAR  
All important launch dates at a glance ..... 74



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,**

„Außergewöhnlich warm, trocken und sonnig – neue regionale Rekorde.“ So bilanzierte der Deutsche Wetterdienst den Supersommer 2018, der viel Schönes, aber auch Herausforderungen brachte. Das Schöne sollten wir genießen, den Herausforderungen begegnen wir mit präzisen Wetterprognosen, die sowohl aus unserem privaten als auch dem wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Bereich nicht mehr wegzudenken sind. Erdbeobachtungssatelliten ermöglichen eine präzise, kontinuierliche Wetter- und Klimavorhersage und genaue Aussagen über Zustand und Veränderungen der Erdoberfläche. Wegen der hohen Relevanz kontinuierlich verbesserter Klima- und Wettervorhersagen engagiert sich Deutschland sehr stark bei der Entwicklung und dem Bau europäischer Wettersatelliten. Zwei Beispiele: Im Auftrag der Bundesregierung entwickeln und beschaffen wir in Kooperation mit EUMETSAT drei METImage-Instrumente, die ab 2021 auf den Satelliten des EUMETSAT „Polar Systems – Second Generation“ (EPS-SG) -Programms zum Einsatz kommen und kontinuierlich Daten für eine verbesserte Klima- und Wettervorhersage liefern. Ein weiterer wichtiger Beitrag aus dem „Living Planet Programm“ der ESA ist der gerade gestartete Satellit „Aeolus“ mit dem Lasersystem „Aladin“, das erstmals vertikale Windprofile erstellt und Daten zu globalen Windfeldern in der Atmosphäre misst, was unter anderem zuverlässigere Vorhersagen über regionale Stürme zulässt.

Ganz besonders Landwirte sind bei vielen Entscheidungen auf präzise Prognosen angewiesen. Die Daten unserer Wettersatelliten verbessern diese Vorhersagen. Die Dürre dieses Sommers hat vielen Landwirten aber herbe Verluste beschert. Durch den Einsatz satellitengestützter Erdbeobachtung können diese hochgenau, aktuell und flächendeckend abgeschätzt werden – eine wichtige Berechnungsgrundlage für Ausfallentschädigungen. Eine weitere Folge waren große Waldbrände. Ende August hat das Gemeinsame Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern den „Copernicus Emergency Management Service“ aktiviert, der aktuelle Karten von der Situation in Brandenburg für die Einsatzkräfte erstellt hat. Eine Aufgabe der Raumfahrt ist es, in Zukunft noch bessere Daten für präzise Vorhersagen bereitzustellen. Ziel dabei ist unter anderem, extreme Wetterereignisse frühzeitig zu erkennen und damit die Folgen besser abmildern zu können. Unser nationaler Umweltsatellit EnMAP (Environmental Mapping Analysis Program) soll mit Hyperspektralinstrumenten die Landoberfläche und Veränderungen des Ökosystems genau dokumentieren. Denn der Klimawandel zeigt: Unsere Gesellschaft braucht die Raumfahrt – diese Bedürfnisse bedienen wir gerne und mit hoher Qualität.

Schließen möchte ich mit Grüßen nach Morgenröthe-Rautenkranz und über den Atlantik: Sigmund Jähn leitete vor 40 Jahren die deutsche astronautische Raumfahrt ein und der NASA gratuliere ich herzlich zum 60. Geburtstag!

Ihr Walther Pelzer

**Dear reader,**

‘Extraordinarily warm, dry and sunny – breaking regional records’ – this is how the German Meteorological Service sums up the 2018 super-summer which brought many pleasant moments but also challenges. We should enjoy the good times while meeting the challenges by means of accurate weather forecasts – a service that has become an indispensable ingredient in our private lives but also in business and science. Earth observation satellites provide precise, continuing weather and climate forecasts and accurate information on the status and changes of the surface of our planet. Given the high relevance of continually improving weather and climate forecasts, Germany is deeply committed to its part in developing and building various European weather satellites. Two examples: by order of the German government, we are cooperating with EUMETSAT to develop or procure three METImage instruments which, from 2021, will be flying on the EUMETSAT ‘Polar Systems – Second Generation’ mission (EPS-SG), and continually transmit data to improve weather and climate forecasts even further. Another important element of ESA’s ‘Living Planet Programme’ is the ‘Aeolus’ satellite with its laser system ‘Aladin’, the first one of its kind to deliver vertical wind profiles and data on global wind fields in the atmosphere, which will make it possible to predict regional storms more accurately than before.

It is especially the farming community that depends on precise weather information. The data obtained from our weather satellites greatly improve the quality of forecasts. This summer’s drought has left many farmers with heavy crop shortfalls. Satellite-based Earth observation data help making highly accurate, up-to-date, nationwide predictions as to how big these losses will be – an important reference value on which compensation payments can be calculated. Another consequence of the dry summer has been a series of extensive forest fires. At the end of August, the joint Reporting and Situation Centre of the federal and state governments activated the ‘Copernicus Emergency Management Service’ to obtain up-to-date maps of the situation in Brandenburg for the fire services. One of the purposes of spaceflight is to make available even more precise forecasting data in the future, aiming to be warned of extreme weather events at an early stage and thus be able to mitigate their consequences. Our national environmental satellite EnMAP (Environmental Mapping Analysis Program) is to provide a full documentation of our land surface and of any changes in the ecosystem, using hyperspectral imaging. As the ongoing climate change clearly demonstrates, spaceflight has become a necessity for our society. We are happy to meet that need by delivering high-quality services.

Finally I would like to send my sincere congratulations both to Morgenröthe-Rautenkranz and across the Atlantic Ocean: Sigmund Jähn was the first German astronaut to go on a manned space mission 40 years ago, and NASA is turning 60!

Yours, Walther Pelzer



<https://www.nasa.gov/60>

### +++ Happy Birthday NASA

October 1 of this year will be marked by two momentous occasions: the start of the International Astronautical Congress (IAC) 2018 in Bremen and the 60<sup>th</sup> birthday of the American space agency NASA. It all began on July 29, 1958. It was President Dwight D. Eisenhower who, on that day, established the US space agency by virtue of 'Public Law 58-568', also known as the 'National Aeronautics and Space Act'. The law provided for several federal authorities and military science institutions to be merged with the 'National Advisory Committee for Aeronautics', forming a single agency. This agency was empowered to plan and run the United States' civilian aerospace programme. Two months later, on October 1, 1958, the new agency began to operate, and NASA was born. We from the COUNTDOWN editorial team offer our warmest congratulations on this special birthday.

## SPACE FACTS

### +++ Happy Birthday NASA

Zwei bedeutende Ereignisse fallen dieses Jahr auf den 1. Oktober 2018: der Start des International Astronautical Congress IAC 2018 in Bremen und der 60. Geburtstag der US-amerikanischen Weltraumbehörde NASA. Alles begann am 29. Juli 1958: An diesem Tag war es US-Präsident Dwight D. Eisenhower, der die US-Raumfahrtbehörde per „Public Law 58-568“ – dem sogenannten „National Aeronautics and Space Act“ – aus der Taufe hob. Dieses Gesetz vereinigte mehrere Bundesbehörden und militärische Wissenschaftsinstitutionen zusammen mit dem „National Advisory Committee for Aeronautics“ unter dem Dach einer einzigen Agentur. Sie wurde mit der Macht ausgestattet, das US-amerikanische zivile Luft- und Raumfahrtprogramm zu planen und zu führen. Zwei Monate später, am 1. Oktober 1958, nahm diese neue Behörde ihren Betrieb auf – die Geburtsstunde der NASA. Die COUNTDOWN-Redaktion gratuliert ganz herzlich zu diesem runden Jahrestag.



<http://s.dlr.de/956z>

### +++ Im Laserauge des Windwächters

Am 22. August 2018 um 23.20 Uhr MESZ (18.20 Uhr Ortszeit) ist der 1,4 Tonnen schwere Satellit Aeolus an Bord einer Vega-Trägerrakete vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou in Französisch-Guayana erfolgreich gestartet. Die Mission der Europäischen Raumfahrtorganisation ESA soll bis 2021 mit einem neuartigen und leistungsstarken Laser-System vertikale Windprofile erstellen und so zum ersten Mal hochgenau und zeitnah Daten zu globalen Windfeldern in der Atmosphäre sammeln. Mit Aeolus und insbesondere dem federführend in Deutschland entwickelten und getesteten Laser-System Aladin kann die mittelfristige Wettervorhersage – also die Prognose von bis zu 15 Tagen im Voraus – erheblich verbessert werden.

### +++ In the laser eye of the wind watcher

On August 22, 2018, at 11.20 p.m. (6.20 p.m. local time), the 1.4-ton Aeolus satellite successfully took off on a Vega launcher from the European spaceport at Kourou in French Guiana. Until 2021, it will be the task of this mission of the European Space Agency to generate vertical wind profiles, using an innovative high-powered laser system to gather high-precision real-time data on global wind fields in the atmosphere for the first time. Aeolus and particularly its laser system, Aladin, will considerably improve medium-term weather forecasts that cover a period up to 15 days ahead. Aladin has been developed and tested in Germany.

### +++ Erster Brenntest erfolgreich abgeschlossen

Das neue Triebwerksmodell ETID (Expander-Cycle Technology Integrated Demonstrator), das für Schwerlastraketen der nächsten Generation wie Ariane 6 eingesetzt werden soll, hat seinen ersten Brenntest am 14. Juni 2018 am Prüfstand P3.2 am DLR-Standort Lampoldshausen erfolgreich bestanden. Bereits zwei Tage zuvor konnte das Triebwerk erstmals erfolgreich gezündet werden. Die ETID-Technologien sollen zukünftig für Verbesserungen des Vinci-Triebwerks und der Ariane 6-Oberstufe eingesetzt werden. Durch neue Herstellungsverfahren und optimierte Bauteile werden gleichzeitig die Leistungsdichte des Antriebs erhöht und die Produktionskosten gesenkt.



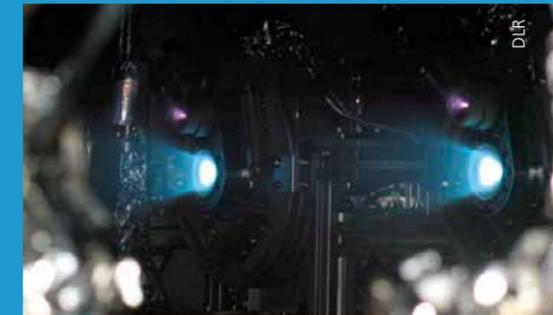
<http://s.dlr.de/oijr>

### +++ First test firing successfully concluded

Designed for use in heavy-lift rockets of the next generation such as Ariane 6, the new engine model ETID (Expander-Cycle Technology Integrated Demonstrator) has successfully passed its first test firing on June 14, 2018, on test stand P3.2 at DLR's Lampoldshausen facility. Two days before that, the engine was successfully ignited for the first time. ETID technologies are intended to improve the Vinci engine and the upper stage of Ariane 6. At the same time, new manufacturing processes and optimised components will increase the power density of the thruster and reduce its cost of production.

### +++ Bereit für Satellitenmissionen wie Heinrich Hertz

Das vom DLR in Auftrag gegebene High Efficient Multistage Plasma (HEMP)-Triebwerk der Firma Thales hat seinen Lebensdauertest erfolgreich bestanden. Es basiert auf einer neuen Technologie, bei der neutrale Atome des Edelgases Xenon als Treibstoff in einer Plasmaentladung ionisiert und anschließend elektrisch und sehr effizient beschleunigt werden. Um die zeitlichen Vorgaben zu erreichen, wurden in enger Abstimmung mit den Partnern zwei Triebwerke bei der Firma Aerospazio in Rapolano (Italien) gleichzeitig getestet, wobei ein Triebwerk rund 8.600 Stunden Dauerbetrieb und 10.200 Einschaltzyklen und das zweite Triebwerk rund 4.200 Stunden und 2.550 extreme Temperaturzyklen erfolgreich absolviert hat. Ein solch komplexer Test, der über 1.090 Tage gedauert hat, ist in dieser Art einmalig. Damit hat HEMP den Technologiereifegrad 8 erreicht und ist so für Satellitenmissionen wie Heinrich Hertz voll einsatzfähig.



<http://s.dlr.de/qe77>

### +++ Ready for satellite missions like Heinrich Hertz

Commissioned by DLR, the High Efficient Multistage Plasma (HEMP) engine built by the Thales company has successfully passed its endurance test. It is based on a new technology whereby neutral atoms of the noble gas Xenon act as fuel. They are ionised in a plasma discharge, and subsequently electrically accelerated in a highly efficient process. To meet time constraints, it was agreed in close consultation with the partners to have two engines tested simultaneously by the Italian company Aerospazio in Rapolano, with one engine subjected to around 8,600 hours of non-stop operation and 10,200 on-off cycles and the second to around 4,200 hours and 2,550 extreme temperature cycles. Lasting more than 1,090 days, this complex test has so far been the only one of its kind. Having passed it, HEMP has reached a technology readiness level of 8, meaning that it is fit for use in satellite missions such as Heinrich Hertz.



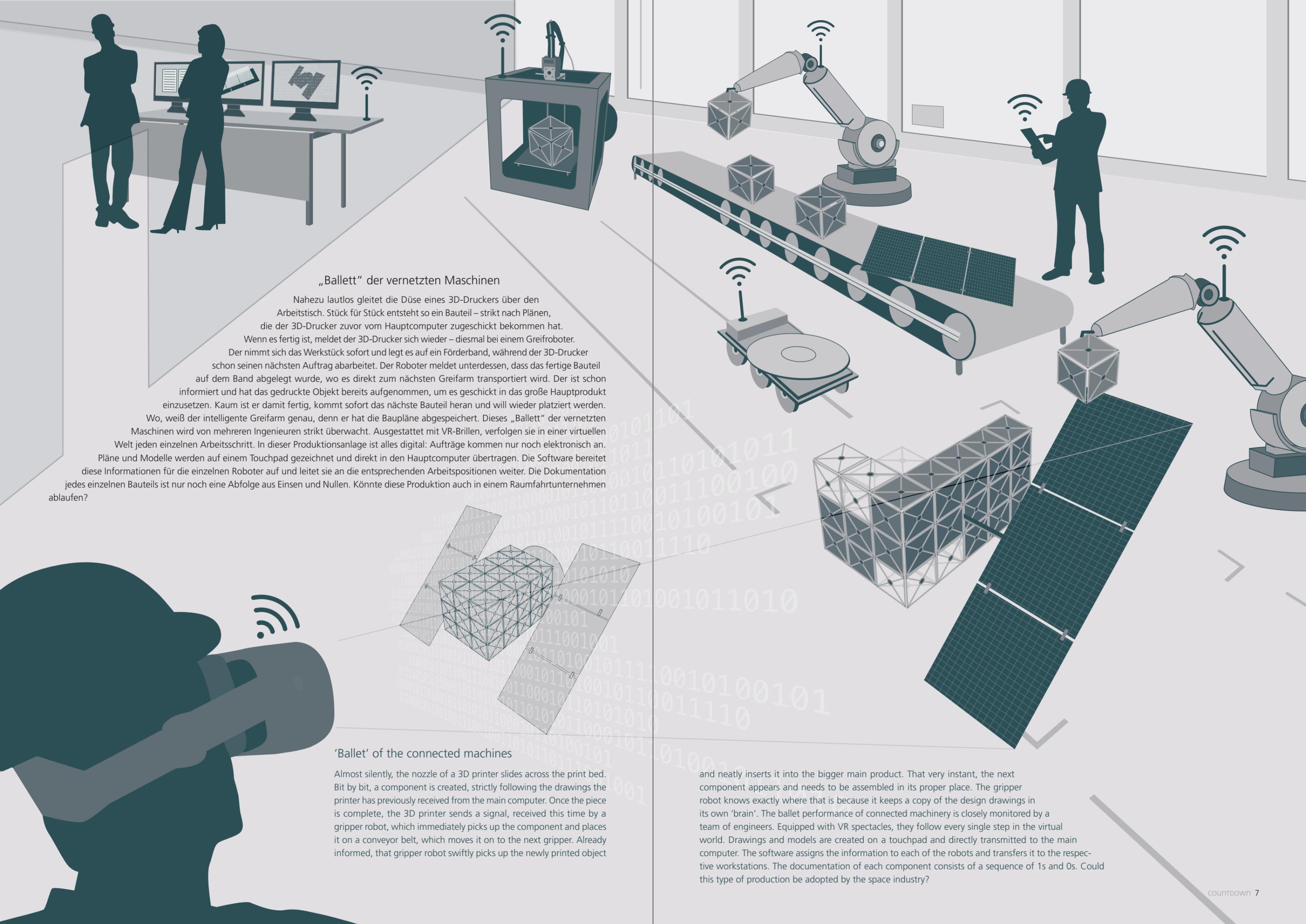
<http://s.dlr.de/0z4r>

### +++ Vom Weltall ins Klassenzimmer

Um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern, muss schon in den Schulen das Interesse für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik – die sogenannten MINT-Fächer – entfacht werden. Dieses Ziel verfolgt das European Space Education Resource Office (ESERO) – ein gemeinsames Projekt der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) und des DLR – und bringt Raumfahrt spannend und innovativ in die Klassenzimmer. Dafür hat ESERO am 16. Mai 2018 auch ein Büro in Deutschland eröffnet. Die Ruhr-Universität Bochum ist nun Teil dieses Netzwerks mit Büros in vierzehn ESA-Mitgliedsstaaten. ESERO Germany entwickelt Unterrichtsmaterialien und bildet Lehrerinnen und Lehrer in Weltraumthemen aus.

### +++ From space to the classroom

To ensure a continued supply of young scientific talent, an interest in science, technology, engineering, and mathematics – the so-called STEM subjects – must be awakened at school level. This is the objective of the European Space Education Resource Office (ESERO), a joint project of the European Space Agency (ESA) and DLR which aims to introduce space into the classroom in a thrilling and innovative way. For this purpose, ESERO opened an office in Germany on May 16, 2018. Ruhr-Universität Bochum has now become part of this network, which operates offices in fourteen ESA member states. ESERO Germany's business is to develop teaching materials and train teachers in space-related subjects.



### „Ballett“ der vernetzten Maschinen

Nahezu lautlos gleitet die Düse eines 3D-Druckers über den Arbeitstisch. Stück für Stück entsteht so ein Bauteil – strikt nach Plänen, die der 3D-Drucker zuvor vom Hauptcomputer zugeschickt bekommen hat. Wenn es fertig ist, meldet der 3D-Drucker sich wieder – diesmal bei einem Greifroboter.

Der nimmt sich das Werkstück sofort und legt es auf ein Förderband, während der 3D-Drucker schon seinen nächsten Auftrag abarbeitet. Der Roboter meldet unterdessen, dass das fertige Bauteil auf dem Band abgelegt wurde, wo es direkt zum nächsten Greifarm transportiert wird. Der ist schon informiert und hat das gedruckte Objekt bereits aufgenommen, um es geschickt in das große Hauptprodukt einzusetzen. Kaum ist er damit fertig, kommt sofort das nächste Bauteil heran und will wieder platziert werden.

Wo, weiß der intelligente Greifarm genau, denn er hat die Baupläne abgespeichert. Dieses „Ballett“ der vernetzten Maschinen wird von mehreren Ingenieuren strikt überwacht. Ausgestattet mit VR-Brillen, verfolgen sie in einer virtuellen Welt jeden einzelnen Arbeitsschritt. In dieser Produktionsanlage ist alles digital: Aufträge kommen nur noch elektronisch an.

Pläne und Modelle werden auf einem Touchpad gezeichnet und direkt in den Hauptcomputer übertragen. Die Software bereitet diese Informationen für die einzelnen Roboter auf und leitet sie an die entsprechenden Arbeitspositionen weiter. Die Dokumentation jedes einzelnen Bauteils ist nur noch eine Abfolge aus Einsen und Nullen. Könnte diese Produktion auch in einem Raumfahrtunternehmen ablaufen?

### ‘Ballet’ of the connected machines

Almost silently, the nozzle of a 3D printer slides across the print bed. Bit by bit, a component is created, strictly following the drawings the printer has previously received from the main computer. Once the piece is complete, the 3D printer sends a signal, received this time by a gripper robot, which immediately picks up the component and places it on a conveyor belt, which moves it on to the next gripper. Already informed, that gripper robot swiftly picks up the newly printed object

and neatly inserts it into the bigger main product. That very instant, the next component appears and needs to be assembled in its proper place. The gripper robot knows exactly where that is because it keeps a copy of the design drawings in its own ‘brain’. The ballet performance of connected machinery is closely monitored by a team of engineers. Equipped with VR spectacles, they follow every single step in the virtual world. Drawings and models are created on a touchpad and directly transmitted to the main computer. The software assigns the information to each of the robots and transfers it to the respective workstations. The documentation of each component consists of a sequence of 1s and 0s. Could this type of production be adopted by the space industry?

# WEICHEN RICHTUNG ZUKUNFT STELLEN

Wie relevant ist Industrie 4.0 für die Raumfahrt?

Von Philipp Weber und Thiago Weber Martins

Industrie 4.0 und Digitalisierung sind gerade in aller Munde. Experten und Politik sind sich einig: Unternehmen, die nicht aufspringen, verpassen den wichtigen Zug in Richtung Zukunft. Denn hier wird eine Produktion ohne Industrie 4.0 nicht mehr kosteneffizient möglich sein. Die Weichen sind aber nicht in allen Technologiebranchen gleich stark nach vorne ausgerichtet. Das ist auch schwer möglich, denn nicht alle Branchen haben dieselben Voraussetzungen, die für Industrie 4.0 notwendig sind. Während in der Automobilbranche weitestgehend Serienproduktion herrscht, sind Satelliten in der Regel immer noch Unikate. Viele Industrie 4.0-Ansätze sind allerdings ein Stück weit von der Serienfertigung unabhängig und lassen sich auch auf die Herstellung von Raumfahrtsystemen übertragen. Insbesondere bei komplexen Bauteilen – wie eben bei Raumfahrtgütern – bietet die voll vernetzte Digitalisierung großes Potenzial. Im Vergleich zu anderen Industriebranchen müssen bei Raumfahrtsystemen das Produkt sowie die Herstellungsprozesse bei vergleichsweise geringen Stückzahlen einen hohen Reifegrad erreichen. Von einer domänenübergreifenden Informationsverfügbarkeit würde insbesondere die manufakturmäßige Herstellung von Raumfahrtgütern profitieren, indem jedem Mitarbeiter zu jeder Zeit die notwendigen Informationen bereitgestellt werden und jeder einzelne Vorgang zum strukturellen Lernen genutzt wird. Darüber hinaus haben Raumfahrtgüter sehr strenge Qualitätsvorgaben und Zertifizierungsvorschriften, wo eine transparente, digitale Rückverfolgbarkeit großes Potenzial mit sich bringt. Wie solche Industrie 4.0-Ansätze bereits in Raumfahrtunternehmen umgesetzt werden und ob die Branche die Weichen in Richtung Zukunft gestellt hat, lesen Sie auf den kommenden Seiten der COUNTDOWN.

## SETTING THE COURSE FOR THE FUTURE

How important is Industry 4.0 for the space technology sector?

By Philipp Weber and Thiago Weber Martins

The terms Industry 4.0 and our digital future are currently on everybody's lips. Experts and politicians unanimously think that companies that do not jump on the bandwagon now will miss out on the future. Cost-effective manufacturing without Industry 4.0 will soon become impossible. However, not all technology sectors are equally keen. They hardly can be, since not all industries fit all the prerequisites of Industry 4.0. While processes in the automotive industry are largely geared to serial manufacturing, satellites, by contrast, are almost always unique pieces. That said, for many Industry 4.0 solutions it is irrelevant whether an item is mass-produced or custom-manufactured, which means they could equally be applied to the space industry. Connected manufacturing has great potential to offer particularly for those who manufacture complex items such as aerospace components. Unlike other sectors, the space industry requires a high level of product and process maturity while lot sizes are comparatively small. Industry 4.0 technology offers manufacturers a chance to dovetail production steps efficiently and to automate the production of entire components. This makes production leaner and more cost-effective. Moreover, aerospace products are subject to rigorous quality requirements, certification processes and transparent digital traceability, another area with great potential. Read the following pages in this edition of COUNTDOWN to find out more about how Industry 4.0 concepts are already applied in the aerospace sector, and whether the industry has begun to set its course for the future.

Autonom unterwegs: Bei der Produktion des P120C-Feststoffboosters im französischen Bordeaux werden große Bauteile wie die sogenannte Heckschürze auf fahrerlosen Transportfahrzeugen zum Ziel gebracht.

Autonomous haulage: during the production of the P120C solid-fuel booster in the French city of Bordeaux, large components like the so-called rear skirt are carried to their destination on driverless transport vehicles.



Bei der Oberstufenmontage der Ariane 6-Trägerraketen in Bremen kommen Drehmomentschlüssel mit Datenübertragung und Augmented-Reality-Tools zum Einsatz.

Torque wrenches with data communication capabilities as well as augmented-reality tools are used during the assembly of the upper stages of Ariane 6 launchers in Bremen

## Industrie 4.0 – sprechende Maschinen

Industrie 4.0 ist ein schillernder Begriff. Doch was bedeutet er eigentlich? Grundlegend beschreibt er neue Prozesse und Verfahren in der Produktionstechnologie. Im Zentrum steht die Erhöhung der Flexibilität in der Produktion. Deshalb ist in der Fabrik von morgen alles mit allem vernetzt. Maschinen sprechen also mit Maschinen. Dafür müssen jedoch vier verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein:

Erstens müssen Produktionsmaschinen mit Sensoren, Software und Kommunikationstechnologie ausgestattet werden – beispielsweise die Druckmaschine, die die COUNTDOWN druckt. Denn erst durch Sensorik und die notwendigen Kommunikations- und Softwarekomponenten können Maschinen fühlen, denken und kommunizieren. Im Fachjargon ist auch von Cyber-Physischen Systemen (CPS) die Rede.

Zweitens müssen Maschinen miteinander vernetzt werden. Dies geschieht über das „Internet der Dinge“ (engl. Internet of Things (IoT)): Alle Maschinen einer Fabrik erhalten eine IP-Adresse und kommunizieren so über das Internet miteinander. Die Maschinen fangen also an, miteinander zu sprechen. So kann unsere Druckmaschine zum Beispiel der Verpackungsstation sagen, dass eine Ausgabe der COUNTDOWN nicht vollständig gedruckt wurde und dementsprechend nicht verpackt werden darf.

Drittens braucht eine funktionierende Industrie 4.0-Fabrik digitale Zwillinge oder digitale Schatten. Hierbei werden physische Gegenstände – zum Beispiel unsere Druckmaschine oder Verpackungsstation – eins zu eins in ein digitales Modell übertragen. Alle Daten aus dem physischen Gegenstand werden während der Produktion oder Nutzung mit dem digitalen Gegenstück synchronisiert. Somit entspricht der digitale Zwilling immer dem aktuellen Zustand der entsprechenden Produktionsmaschine und des gefertigten Produkts. Digitale Zwillinge werden dadurch zum Gehirn und Nervensystem einer Industrie 4.0-Produktion. Hier laufen alle Daten zusammen und können zentral gesteuert werden – und das nahezu in Echtzeit.



## Industry 4.0 – machines that talk

Industry 4.0 is a scintillating term. But what does it really mean? Basically, it refers to a set of new processes and methods in production technology. The idea is to make manufacturing more flexible. In tomorrow's factories, everything will be connected with everything else, with machines talking to machines. For this to come true, however, four different prerequisites will have to be met:

Firstly, production machines – like the one that prints this COUNTDOWN newsletter – will have to be equipped with sensors, software, and communication technology. Machines will be able to think, feel, and communicate only if they have the requisite sensor systems, communication equipment, and software components. To use the technical jargon, machines will become 'Cyber-Physical Systems' (CPS).

Secondly, machines need to be connected with each other. The connection will be provided by the 'Internet of Things' (IoT). For this purpose, all the machines in a factory are given an IP address to enable them to communicate through the Internet. In other words, machines begin to talk to one another. Our printing machine, for example, might tell the packaging station that an issue of COUNTDOWN has not been printed completely and must not be packaged for that reason.

Thirdly, an Industry 4.0 factory works on the basis of digital twins or digital shadows. This means that all physical objects involved – such as our printer or our packaging station – are replicated one to one in a digital model. In a manufacturing application, all the data of the physical object will be synchronised with that of its digital counterpart. Thus, the digital twin reflects the current status of the respective production machine and the manufactured product at all times. The digital twin thus becomes the brain and nervous system of Industry 4.0 manufacturing. It brings together all manufacturing data to a single point of control – almost in real time.



Fahrerlose Transportfahrzeuge und RFID-Chips garantieren bei der Vulcain 2.1-Triebwerksmontage im französischen Vernon, dass die korrekten Werkzeuge und Bauteile an die richtige Arbeitsposition kommen.

During the assembly of the Vulcain 2.1 engine in Vernon, France, autonomous transport vehicles and RFID chips ensure that the correct tools and components reach the correct working position.



Blick in eine Produktionshalle der Steuerungs- und Automatisierungstechnikfirma Festo in Ostfildern bei Stuttgart (Baden-Württemberg): In der stark vernetzten Technologiefabrik Scharnhausen werden unter anderem Ventile hergestellt.

Interior view of a production hall of Festo, a control and automation engineering company in Ostfildern near Stuttgart (Baden-Wuerttemberg): among other products, the high-connectivity Scharnhausen technology factory manufactures valves.

Viertens müssen die vernetzten Maschinen ausreichend durch eine „ganzheitliche Sicherheitskultur“ geschützt werden. Denn wenn alles miteinander vernetzt wird, entstehen auch Risiken. Beispielsweise könnte die vernetzte Druckerei Opfer von Hacker-Attacken werden. In der COUNTDOWN könnten dann zum Beispiel Falschmeldungen gedruckt werden. Eine mögliche Lösung bieten hier Cloud-Systeme, die mit Hilfe moderner Verschlüsselungstechnologien gesichert sind. Innerhalb der Cloud können die Daten zwischen den Maschinen dann gesichert ausgetauscht werden. Die Cloud wird somit zur Haut für das Nervensystem Industrie 4.0.

Was ist also das Kernelement einer Industrie 4.0-Fabrik? Die Antwort lautet: Kommunikation. Denn erst wenn Maschinen miteinander „sprechen“ und über das „Internet der Dinge“ Daten austauschen, können alle Maschinen als digitale Zwillinge zentral überwacht und gesteuert werden – zu jeder Zeit, an jedem Ort. Dieses System kann jedoch nur funktionieren, wenn alle Daten ausreichend geschützt werden. Industrie 4.0 beschreibt also eine neue Art der Produktion. Die High-Tech-Strategie der Bundesregierung spricht sogar von der vierten industriellen Revolution.

### Revolution in Scharnhausen

Doch ist diese Revolution überhaupt schon in Deutschland angekommen? Die Antwort lautet: Ja. Eine Technologiefabrik in Scharnhausen zeigt anschaulich, wie Industrie 4.0 funktioniert. Hier produziert das Unternehmen Festo Ventile und Elektronikkomponenten. Dabei arbeiten flexible Roboter Hand in Hand mit den Mitarbeitern. Energieströme werden zentral überwacht und gesteuert, um eine maximale Energieeffizienz der Fabrik sicherzustellen. Produktion und Prüfung sind voll automatisiert und optimal aufeinander abgestimmt. Das Unternehmen Festo stand vor der Herausforderung, über 50 unterschiedliche Ventilvarianten voll automatisiert produzieren zu wollen. Im Ergebnis entstand eine Fabrik, in der Fahrzeugdrohnen Bauteile zwischen voll automatisierten Montagelinien transportieren. Diese speziellen Montagelinien sind modular aufgebaut. Die Produktion kann daher in kürzester Zeit angepasst werden. Darüber hinaus sind die verschiedenen Bauteile und Produkte standardisiert und lassen sich mit Hilfe eines Matrix-Codes jederzeit nachverfolgen. Während der Produktion tauschen die verschiedenen Maschinen, die an ein zentrales Leitsystem angeschlossen sind, Daten aus. Aus den gewonnenen Informationen können wiederum die Energieströme der Fabrik zentral gelenkt und die Energiekosten um 30 Prozent gesenkt werden.

Doch nicht nur die Vernetzung ist in Scharnhausen wichtig. Auch das Zusammenspiel von Mensch und Maschine spielt hier eine bedeutende Rolle. Flexible Roboter, das heißt mit Sensoren ausgestattete intelligente Maschinen, unterstützen die Mitarbeiter bei komplexen Montageprozessen. Ebenso kann durch die Vernetzung der einzelnen Produktionsschritte der Mate-

Fourthly, interconnected machines need to be adequately protected by an ‘integrated security culture’. End-to-end connection makes a system vulnerable to attacks. Thus, for example, our smart printing shop might fall victim to a hacker attack, so that COUNTDOWN might end up containing false information. One possible solution might be the use of a cloud system that is protected by advanced encryption technologies. Within such a cloud, data can be exchanged safely between machines, the cloud acting as a kind of skin around the Industry 4.0 nervous system.

What, then, is the core element of an Industry 4.0 factory? The answer is: communication. Once all machines are capable of talking to each other and exchanging data through the IoT, they can all be centrally monitored and managed via their digital twins – any time, and from any place. However, such a system can only work if all data is sufficiently protected. In short, Industry 4.0 describes a new approach to manufacturing. The German Federal Government’s high-tech strategy paper even refers to it as the ‘fourth industrial revolution’.

### Revolution at Scharnhausen

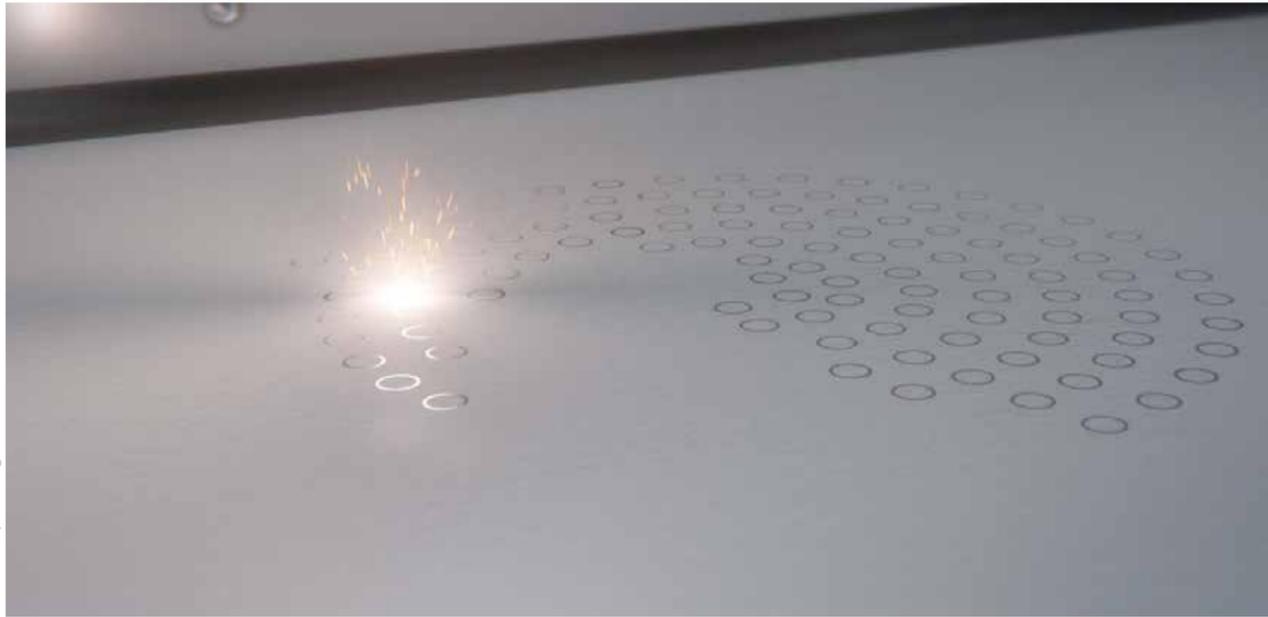
But has this revolution caught on in Germany yet? The answer is yes. A technology factory in Scharnhausen illustrates how Industry 4.0 works. The Festo company manufactures valves and electronic components, with flexible robots working hand in hand with employees. Energy flows are monitored and centrally controlled to ensure maximum energy efficiency for the factory. Manufacturing and inspection are optimally dovetailed and fully automated. The challenge for the Festo company was the objective of fully automating the production of more than 50 different valve varieties. The result was a factory where drones shift components between fully automated assembly lines. These special assembly lines are modular in construction, so that production may be scaled up or down in the shortest possible time. Components and products are standardised and fully traceable with the aid of a matrix code. Machines connected to the central control system exchange data throughout the manufacturing process. The information thus gathered is used to manage the factory’s energy flows and to reduce energy costs by 30 per cent.

However, connectivity is not the only thing that matters in Scharnhausen. The interaction between humans and machines plays a key role as well. Flexible robots, meaning smart machines that are equipped with sensors, support employees in complex assembly processes. At the same time, connectivity between the individual production steps enables employees to optimise material flows. In this way, the whole operation becomes more efficient and flexible, thus increasing the company’s competitiveness.

Eine Festo-Mitarbeiterin arbeitet in einer Produktionshalle der Technologiefabrik Scharnhausen Hand in Hand mit einem Roboter, den die Mitarbeiter „Uschi“ getauft haben.

A Festo employee in a production hall of the Scharnhausen technology factory working hand in hand with a robot that was christened “Uschi” by the staff.





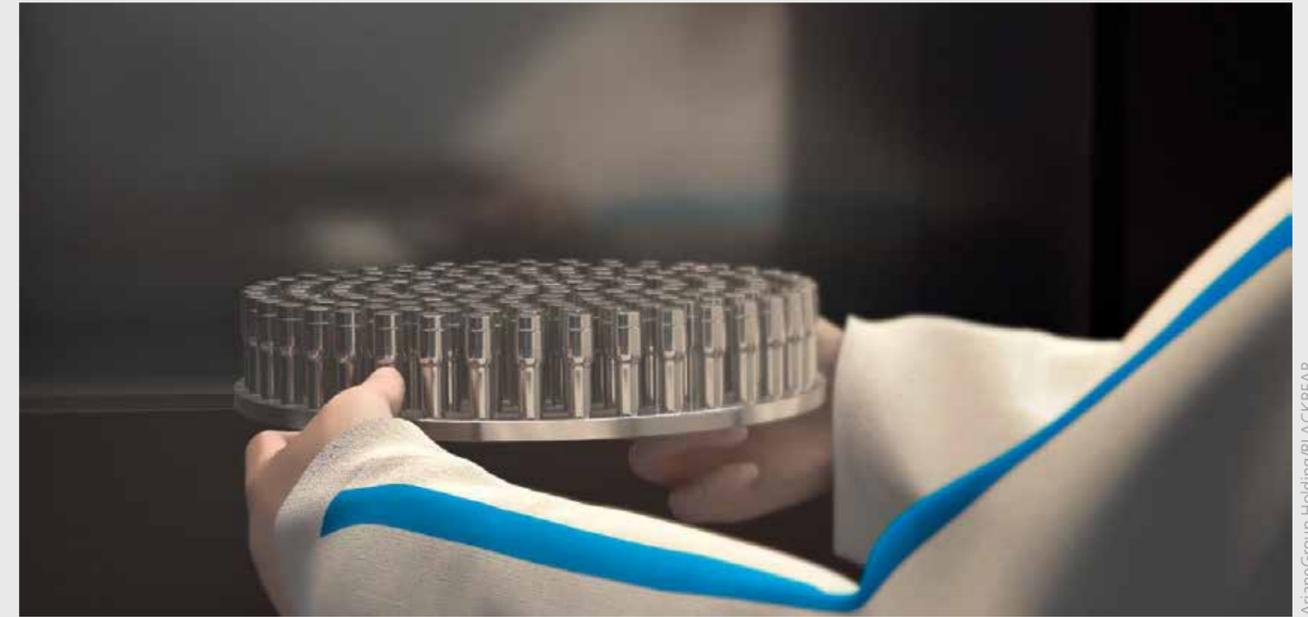
rialfluss von den Mitarbeitern optimal gesteuert werden. Das Unternehmen wird hierdurch insgesamt effizienter und flexibler in der Produktion seiner Güter und kann so seine Wettbewerbsfähigkeit erhöhen.

### Industrie 4.0 in der Raumfahrt

Raumfahrtunternehmen stehen vor einer ganz ähnlichen Herausforderung wie Festo. Wie können individuelle Produkte mit höchster Flexibilität und Transparenz produziert werden und dabei auch noch die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen verbessert werden? Eine Lösung könnten auch hier Industrie 4.0-Verfahren bieten. Dass diese in der Raumfahrt Anwendung finden, zeigt das aktuelle Beispiel von One-Web. Das Unternehmen möchte mit Hilfe von Kleinsatelliten eine global umspannende Anbindung an das Internet ermöglichen. Hierfür werden bis zu 900 Satelliten in einer „Megakonstellation“ um die Erde kreisen. Wegen dieser hohen Anzahl notwendiger Satelliten müssen diese „in Serie“ produziert werden. Eine Herausforderung, da Raumfahrtsysteme enorme technische Anforderungen aufweisen, damit sie überhaupt im All funktionieren. Viele Bauteile und Komponenten müssen speziell entwickelt und gefertigt werden. Dieser Herausforderung begegnet One-Web mit Industrie 4.0-Produktionsverfahren. In der französischen Testfabrik des für den Bau der Satelliten verantwortlichen Tochterunternehmens One-Web Satellites wird Industrie 4.0 bereits gelebt. Denn hier werden Montagelinien miteinander vernetzt und automatisiert. Ausgangspunkt der neuen Produktionsanlage ist dabei ein digitaler Designprozess. Davon ausgehend werden alle Bauteile auf unterschiedlichen Montagelinien parallel gefertigt. Mitarbeiter können hierbei digitale 3D-Modelle nutzen und diese mit dem real produzierten Modell vergleichen. Ebenso werden am Ende der Produktion die Testverfahren durch neue Produktionsprozesse beschleunigt und teilweise automatisiert. Zum Beispiel werden verschiedene Fertigungsschritte selbstständig mit Kameras getestet. Die gesamte Produktion ist miteinander vernetzt. So können durch Big-Data-Analysen und Roboter die Produktionsprozesse verbessert werden. Diese Industrie 4.0-Verfahren könnten dem Unternehmen dabei helfen, effizienter, kostengünstiger und stetiger zu produzieren.

Wenngleich die Anwendung von Industrie 4.0 in der kommerziellen Satellitentechnik besonders lukrativ erscheint, können auch andere Raumfahrtsysteme von den neuen Produktionstechnologien profitieren. Ein aktuelles Beispiel hierfür ist die Entwicklung der Ariane 6-Trägerrakete der Europäischen Raumfahrtorganisation ESA. Über „Product Lifecycle Management (PLM)“ werden Entwicklungs- und Produktionsprozesse miteinander und standortübergreifend vernetzt. So entstehen digitale Plattformen, die die Effizienz der Produktion massiv steigern und gleichzeitig die Kosten der Trägerrakete drastisch senken sollen.

Komponenten eines Raketentriebwerks – wie etwa der Einspritzkopf – bestehen bei einem konventionellen Raketenmotor aus mehreren hundert Einzelteilen, die produziert und verschweißt werden müssen. Im Industrie 4.0-Sinn soll bei der Produktion der Brennkammer – dem „Herzstück“ des Vinci-Triebwerks – im bayerischen Ottobrunn nun die Anzahl der Bauteile reduziert werden, sodass mehrere Prozessschritte und somit Kosten und Zeit eingespart werden können. So enthält beispielsweise die erste Konfiguration des Einspritzkopfes eine Grundplatte, die aus einem Block gefräst wurde. Sie beinhaltet zudem Teile der Einspritzelemente. Dies verringert die Anzahl der Bauteile bereits um etwa 80 Prozent. In einem zweiten Schritt wird die Grundplatte im 3D-Druckverfahren hergestellt, wodurch noch einmal Fertigungsdauer, Anzahl der Fertigungsschritte und Gewicht eingespart werden. Ein dritter Einspritzkopf wird dann vollständig gedruckt, sodass das Bauteil aus einem Guss besteht. Für die Fertigung des „Herzstücks“ eines Vinci-Oberstufentriebwerks einer Ariane 6 kommen also innovative Techniken wie 3D-Druck (Additive Layer Manufacturing, ALM) und Pulvermetallurgie zum Einsatz. Beide Verfahren haben große Vorteile gegenüber gegossenen oder geschmiedeten Produkten, denn die hergestellten Teile können nahezu ohne mechanische Nachbearbeitung in hoher Stückzahl auch bei komplexer Struktur hergestellt werden. Die Einsparung verschiedener teurer Fertigungsschritte und die Vereinfachung der Triebwerkstruktur senken die Kosten erheblich.



The components that make up a conventional rocket engine – like the injection head, for instance – consist of several hundred individual parts, all of which have to be produced and welded together. In line with the purpose of Industry 4.0, the objective is to reduce the number of parts involved in the production of the combustion chamber – the ‘heart’ of the Vinci engine – in the Bavarian town of Ottobrunn. This would save several process steps and, consequently, time and money. Thus, for example, the first configuration of the injection head contains a base plate milled from one block. Moreover, the plate contains parts of the injection elements. This in itself reduces the total number of parts by about 80 per cent. In a second step, the base plate is made in a 3D printer, with attendant savings in production time, number of production steps, and weight. Next, a third injection head will be printed entirely, so that the component forms an integral whole. The manufacture of the ‘heart’ of the Vinci upper-stage engine of an Ariane 6, therefore, involves the use of innovative processes like 3D printing (Additive Layer Manufacturing, ALM) and powder metallurgy. Both processes are greatly superior to casting or forging, for the parts manufactured may be made in large numbers almost without machining, even where complex geometries are involved. Saving various costly manufacturing steps and simplifying the structure of the engine both serve to reduce expenses considerably.

### Industry 4.0 in the space sector

The challenges confronting space-tech manufacturers are quite similar to Festo’s. How to produce individual products with a maximum of flexibility and transparency while at the same time improving the company’s competitiveness? Once again, Industry 4.0 processes might be the solution. The recent case of One-Web demonstrates how the concept is applied in the space industry. The company aims to provide world-wide internet connectivity using a fleet of micro-satellites. The intention is to have as many as 900 satellites orbiting the Earth in a ‘mega-constellation’. Since so many satellites are needed they will have to be ‘mass-produced’. That is quite a challenge, because in order to function in space, the systems need to meet enormous technical requirements. Many parts and components have to be specifically developed and manufactured. To meet this challenge, One-Web employs Industry 4.0 production methods. At the French test factory of its subsidiary One-Web Satellites, which is responsible for the construction of the satellites, Industry 4.0 is already a fact of life. All its assembly lines are connected and automated. At the new plant, manufacturing starts with a digital design process, after which all components are produced in parallel on different assembly lines, with employees monitoring the manufacturing process using digital 3D models of the parts produced. At the end of production, testing has equally been accelerated and partially automated. Thus, for example, in various manufacturing stages the parts are inspected by autonomously operating cameras. With the entire production process being fully connected, big data analytics and robotics can ensure continuous improvement. Industry 4.0 helps the company to produce more efficiently, cost-effectively, and consistently.

While commercial satellite technology is the field in which Industry 4.0 appears particularly lucrative, other space systems may also benefit from these new manufacturing technologies. One current case in point is the development of the new Ariane 6 launcher of the European Space Agency (ESA), where engineering and manufacturing processes are connected across site boundaries in a ‘Product Lifecycle Management’ (PLM) system. The digital platforms thus created are designed to massively increase production efficiency and drastically reduce the cost of the launcher at the same time.

The One-Web satellites as well as Ariane 6 are examples that show how diverse the uses of Industry 4.0 technologies are in the space sector. Although both programmes are still in their development phase, new Industry 4.0 processes are already in use on a daily basis. In Germany, the DLR Space Administration works to support this transformation of the space sector through various technology projects, ‘Space Factory 4.0’ and ‘iBOSS’ being two relevant examples. While ‘Space Factory 4.0’ focusses on new production methods, ‘iBOSS’ is concerned with an all-new



HEGGEMANN AG

Echtzeit-Rückmeldung der Mitarbeiter über den Status von Produktionsaufträgen an den Fräsmaschinen der HEGGEMANN AG, die auch die standardisierte, multifunktionale Schnittstelle der iBOSS-Würfel herstellt: Ein Mitarbeiter meldet im Betriebsdatenerfassungsterminal seinen und den Status der Maschine an das Feinplanungssystem MES (Manufacturing Execution System). Über Terminals werden die aktuellen Arbeitsvorräte an die Maschinen ausgegeben. Die Rückmeldungen der Mitarbeiter geben jederzeit Aufschluss über die Situation in der Produktion.

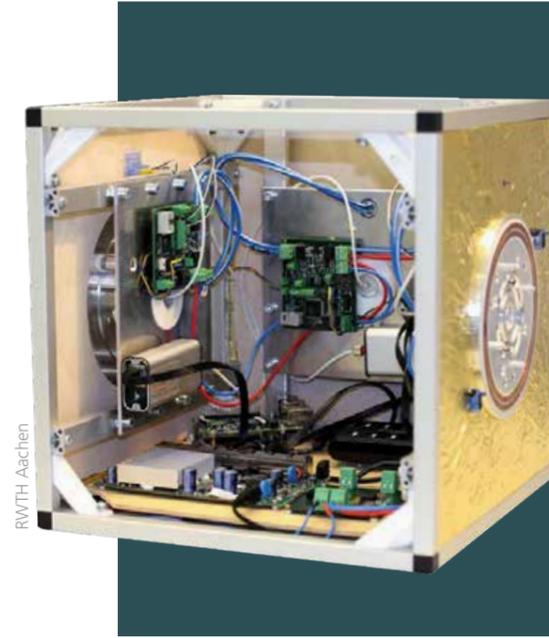
Real-time feedback by employees on the status of production orders for milling machines at HEGGEMANN AG, the company that also produces the standardised, multi-functional interfaces of the iBOSS cubes: an employee at an operating data input terminal reports his own and the status of his machine to the fine-planning system MES (Manufacturing Execution System). Current work backlogs are communicated to the machines via terminals. Employee feedback provides up-to-date information on the production status at any time.

Die Beispiele der One-Web-Satelliten und der Ariane 6 zeigen, wie vielfältig Industrie 4.0-Produktionstechnologien in der Raumfahrt eingesetzt werden können. Wenngleich sich beide Programme noch in der Entwicklungsphase befinden, wird der Einsatz neuer Industrie 4.0-Prozesse bereits gelebt. Diese Transformation des Raumfahrtsektors unterstützt das DLR Raumfahrtmanagement in Deutschland durch verschiedene Technologieprojekte. Zwei miteinander verbundene Beispiele sind die „Space Factory 4.0“ und „iBOSS“. Während bei der „Space Factory 4.0“ neue Produktionsverfahren im Vordergrund stehen, geht es bei „iBOSS“ um ein völlig neues Raumfahrtsystem der Zukunft. Industrie 4.0-Technologien spielen bei beiden Vorhaben eine entscheidende Rolle. Im Vorhaben „Space Factory 4.0“ wird konkret erforscht, wie neuartige Industrie 4.0-Verfahren zur Fertigung modularer Kleinsatelliten genutzt werden können. Denn gerade eine modulare Bauweise kann das Potenzial von Industrie 4.0 besonders gut ausschöpfen. Die Fertigung der One-Web-Satelliten ist hier ein gutes Beispiel.

Mit dem Projekt iBOSS entsteht wiederum ein neuer Ansatz eines modularen Satellitensystems von morgen. Sie sollen sich zukünftig aus standardisierten Würfeln – den sogenannten iBLOCKs – über eine standardisierte Schnittstelle beliebig in einem digitalen Testbed und später real im Weltraum zusammensetzen lassen. Dieses Testbed besteht aus einer Art digitalem Zwilling für Testverfahren und einem digitalen Satellitendesignsystem. Erste Prototypen dieser drei Technologien sind bereits entwickelt, wobei die „reale“ Schnittstelle, die zugleich als mechanische, elektrische, thermale und Datenverbindung dient, wiederum mit Hilfe von Industrie 4.0-Verfahren gefertigt wurde. Hersteller ist die HEGGEMANN AG, ein KMU (Kleines und Mittleres Unternehmen), das auf die Entwicklung und Fertigung von Kleinserien im Aerospace- und Automotivebereich spezialisiert ist. Das Unternehmen nutzt neueste Industrie 4.0-Verfahren, um seine Produktion effizienter zu gestalten. Auch kleine Zulieferer können also die Potenziale von Industrie 4.0 nutzen.

### Der Beginn einer Transformation des Raumfahrtsektors?

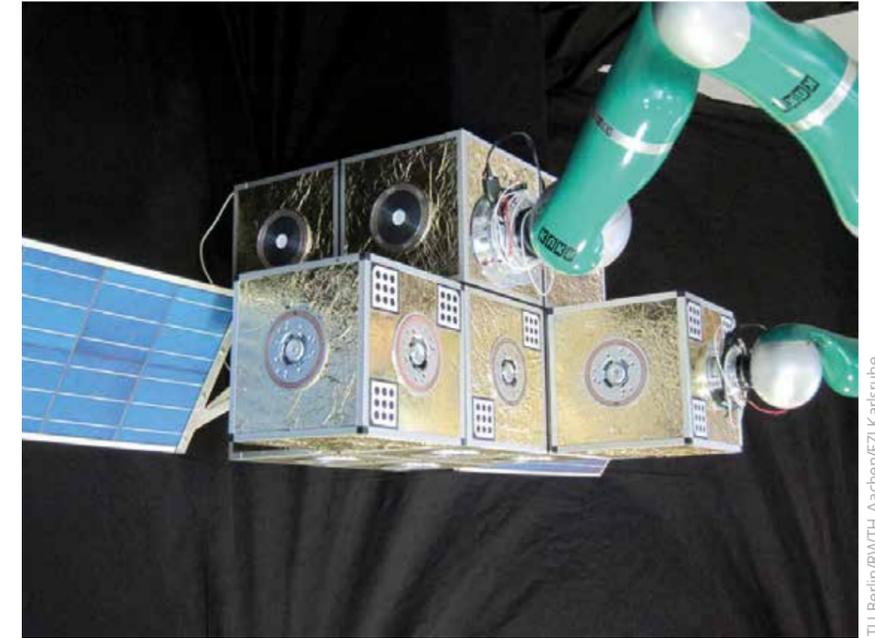
Industrie 4.0 wird die Produktion von Gütern weltweit und in Deutschland verändern. Nicht ohne Grund ist von der vierten industriellen Revolution die Rede. Auch die Raumfahrt wird von ihr erfasst werden. Der Standort Deutschland bietet sowohl innerhalb als auch außerhalb der Raumfahrt die Grundlage, um Industrie 4.0-Prozesse erfolgreich anzuwenden. Der Erfolg dieser Revolution hängt am Ende jedoch von der Risikobereitschaft gegenüber innovativen Lösungen und neuen Geschäftsmodellen ab.



RWTH Aachen

Die ersten 40 Kubikzentimeter großen Würfel für das iBOSS-Projekt sind schon mit weltraumqualifizierten Bauteilen bestückt und insgesamt für den Einsatz im All qualifiziert. An jeder Seite sorgt eine standardisierte, multifunktionale Schnittstelle dafür, dass sich die Würfel beliebig miteinander koppeln lassen.

The first 40-cubic centimetre cubes for the iBOSS project have already been fitted with space-qualified components and have also been qualified for space as a whole. A standardised multi-functional interface on each face of the cubes ensures that they may be arbitrarily coupled together.



TU Berlin/RWTH Aachen/FZI Karlsruhe

space system for the future. In both projects, Industry 4.0 technologies play a crucial role. The ‘Space Factory 4.0’ project explores in concrete terms how novel Industry 4.0 processes may be used in manufacturing modular micro-satellites. Modular construction offers excellent opportunities to exploit the potential of Industry 4.0. The production of the One-Web satellites is a compelling example.

Under the iBOSS project, another new approach to the modular satellite system of tomorrow is evolving. In the future, it should be possible to manufacture such systems from standardised cubes (called iBLOCKs) connected by a standardised interface, at first in a digital test bed and later on in real space. The test bed consists of a kind of digital twin replicating various testing methods, and a digital satellite design system. Early prototypes of these three technologies have already been developed. The actual ‘real-life’ interface, which serves as a mechanical, electrical, thermal, and data link, was manufactured in an Industry 4.0 process. Its manufacturer is HEGGEMANN AG, an SME that specialises in short-run production and uses the latest smart manufacturing methods to make its production more efficient, showing that even small suppliers can benefit from the potential of Industry 4.0.

### The beginning of a transformation of the space sector?

Industry 4.0 will change the face of manufacturing in Germany as well as worldwide. It is not without reason that people talk about the fourth industrial revolution, and it is bound to spread to the space sector. Both within and outside that sector, Germany is a good place for applying Industry 4.0 processes successfully. Ultimately, however, the success of this revolution will depend on how ready people are to take the risks associated with innovative solutions and new business models.

Statt großer, schwerer Teile kommen bei iBOSS austauschbare Elemente zum Einsatz – Bausteine, die je nach Funktionsbedarf zusammengebaut, für beliebige Aufgaben kombiniert werden und je nach Anforderung neue oder leistungsfähigere Nutzlasten aufnehmen können. Den Einbau im Weltraum sollen Roboter übernehmen.

Instead of using large massive parts, iBOSS relies on exchangeable elements – building blocks that can be assembled according to functional requirements, combined for any task, and made to accommodate new or more efficient payloads depending on what is needed. The installation in space is to be handled by robots.



Autoren: **Philipp Weber** arbeitet in der Abteilung Strategie und Kommunikation des DLR Raumfahrtmanagements als Referent für Industriepolitik. **Thiago Weber Martins** ist Industrie 4.0-Experte im Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) der Technischen Universität Darmstadt.

Authors: **Philipp Weber** works in the Strategy and Communications department of the DLR Space Administration as an industrial policy consultant. **Thiago Weber Martins** is an Industry 4.0 expert working in the Computer Integrated Design department (DiK) at TU Darmstadt.

# DIE VIERTE INDUSTRIELLE REVOLUTION

Prof. Günther Schuh im Gespräch mit Philipp Weber und Martin Fleischmann von der COUNTDOWN-Redaktion



Prof. Günther Schuh ist Direktor des Lehrstuhls für Produktionssystematik am Werkzeugmaschinenlabor (WZL) und leitet die Forschungs- und Ausbildungseinrichtung FIR an der RWTH Aachen. Zudem ist er Direktor des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie (IPT). Im Jahr 2015 hat er die e.GO Mobile AG gegründet und die Position des CEO übernommen. Zudem war er Initiator und Geschäftsführer der StreetScooter GmbH (2012 bis 2014). Mit seinem Engagement hat er die Industrie 4.0-Ansätze maßgeblich vorangetrieben und gilt damit als Vordenker in modernen Produktionsabläufen.

Professor Günther Schuh holds the chair of the research area Production Engineering at the Laboratory for Machine Tools and Production Engineering (WZL) and heads the research and educational institution FIR at the University of Applied Sciences (RWTH) Aachen. Also he holds the chair of the Fraunhofer Institute for Production Technology (IPT). In 2015, he founded e.GO Mobile AG, assuming the post of CEO. In addition, he was the initiator and managing director of StreetScooter GmbH (2012 to 2014). He played a significant role in advancing Industry 4.0 and is now regarded as an intellectual pioneer in the field of modern production processes.

Das auf 16.000 Quadratmetern errichtete Werk im TRIWO Technopark Aachen umfasst Montage- und Logistikhallen sowie Büroflächen. 142 Mitarbeiter stellen dort nach Serienanlauf im Einschichtbetrieb jährlich 10.000 Fahrzeuge her. Für Mitte 2019 ist die Einführung einer zweiten Schicht geplant. Damit erhöht sich die Produktionskapazität auf 20.000 Fahrzeuge im Jahr. Im Bild: Stationen einer Montagelinie

Built on 16,000 square metres of the TRIWO Technopark of Aachen, this plant consists of assembly and logistics halls as well as office space. Once production runs at full capacity, 142 employees will manufacture 10,000 vehicles a year, working in a single shift. The introduction of a second shift has been planned for mid-2019, increasing the production capacity to 20,000 vehicles per year. The photo shows various stations of an assembly line.

**Herr Prof. Schuh, Sie haben ja mit dem eGO und dem StreetScooter die Automobilbranche revolutioniert. Können Sie uns verraten, welche Rolle dabei neue Produktionsverfahren gespielt haben und weiterhin spielen – Stichwort Industrie 4.0?**

: Bei e.GO und dem StreetScooter hatte die produktionstechnische Perspektive von Anfang an eine übergeordnete Bedeutung und einen maßgeblichen Anteil am Erfolg. Dabei haben wir sowohl beim e.GO Life als auch beim StreetScooter das Produkt komplett neu und anders gedacht, um eine kostengünstige Produktion auch in Hochlohnländern zu ermöglichen. Die e.GO Mobile AG ist eines der ersten Unternehmen, das vollständig auf Industrie 4.0 und damit auf die digitale Vernetzung in der Produktion und das in Aachen entwickelte „Internet of Production“ setzt. Das Internet of Production ermöglicht die echtzeitfähige Zugänglichkeit und Verknüpfung domänenübergreifender Daten, beispielsweise durch eine horizontale Vernetzung zwischen PLM<sup>1</sup>-, ERP<sup>2</sup>- oder CRM<sup>3</sup>-Systemen. Dabei werden die Daten aus den einzelnen Datensilos in einem situationsspezifischen digitalen Schatten verknüpft und intelligent kombiniert, um den Nutzern in Echtzeit und auf dem richtigen Aggregationsniveau eine Entscheidungsunterstützung zu geben. Dadurch werden Entscheidungsprozesse in produzierenden Unternehmen maßgeblich beschleunigt und Unternehmen zu einer agilen Arbeitsweise befähigt, wie es bis vor Kurzem noch undenkbar war.

Bei unserem kürzlich eröffneten e.GO Werk 1 haben wir diesen Ansatz ganzheitlich verfolgt und eine der ersten „Industrie 4.0-Fabriken“ aufgebaut. Ziel war hier die vollständige Automatisierung der Informationslogistik bei einem gleichzeitig geringen und an eine Kleinserie angepassten Automatisierungsgrad der Maschinen und Anlagen und einem dadurch reduzierten Capex<sup>4</sup>. Hierzu haben wir sowohl das Produkt als auch den Produktionsprozess komplett neu gedacht. Ein Lösungselement war zum Beispiel der Einsatz eines kostengünstigen, aus Aluprofilen gefertigten Space-Frames, wodurch die sonst in der Automobilbranche gängigen hohen Investitionen in ein Presswerk wegfallen. Der Rahmen muss weiterhin auch nicht aufwändig lackiert werden, weil als Außenhaut hochwertige Thermoplastmaterialien verwendet werden. Gleichzeitig erreicht der Space-Frame eine Lebenszeit von 100 Jahren. Auf der anderen Seite können wir eine durchgängige Rückverfolgbarkeit der Vorgänge in der Produktion abbilden und durch eine hohe datenbasierte Informationsverfügbarkeit eine situationsspezifische Entscheidungsunterstützung vom Werker bis zum Werksleiter ermöglichen. Die Rolle von Industrie 4.0 in der Produktion bei e.GO und dem StreetScooter ist dementsprechend sehr hoch und ermöglicht es uns erst, unsere Produkte in so kurzer Zeit und zu den entsprechenden Kosten in einem Hochlohnland zu produzieren.

<sup>1</sup> Product Lifecycle Management-System (Software)

<sup>2</sup> Enterprise Resource Planning-System (Software)

<sup>3</sup> Customer Relationship Management-System (Software)

<sup>4</sup> Capital Expenditure: Investitionsausgaben eines Unternehmens, die bei der Anschaffung längerfristiger Anlagegüter (Maschinen, Immobilien, Geschäftsfahrzeuge oder IT-Systeme) entstehen



# THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION

Professor Günther Schuh in conversation with Philipp Weber and Martin Fleischmann from the editorial office of COUNTDOWN

**Professor Schuh, seeing that you have revolutionised the automotive industry with your e.GO and your StreetScooter, would you tell us what part was and still is being played in this by new production processes – key word: Industry 4.0?**

: Both in the e.GO and the StreetScooter, production technology aspects played a key role from the beginning, which accounted for a major part of their success. With both the e.GO Life and the StreetScooter, our thoughts took a completely new and different direction to permit cost-efficient production even in high-wage countries. e.GO Mobile AG is one of the first companies to rely entirely on Industry 4.0, i.e. on smart, fully connected manufacturing, and the Internet of Production, a concept that was developed in Aachen. The 'Internet of Production' offers real-time accessibility and the option of working with data across domains through, for example, horizontally connected PLM<sup>1</sup>, ERP<sup>2</sup>, or CRM<sup>3</sup> systems. Data from various silos are matched up to form a situation-specific digital shadow, a smart combination of data to provide users with decision support in real time and at the right level of aggregation. This considerably accelerates decision-making processes in manufacturing, enabling companies to work at a level of agility that was inconceivable only a short while ago.

e.GO Factory 1, which we opened recently, is entirely based on this concept. It is one of the first 'Industry 4.0 factories'. Our objectives included combining fully automated information logistics with a relatively low degree of automation in machines and systems suitable for small-batch production, which made for less capex<sup>4</sup>. One part of the solution was, for example, the use of a cost-efficient, segmented aluminium space frame, which eliminated the high investment in a press shop as is common elsewhere in the automotive industry. A space frame of this kind does not require any expensive paintwork since it is coated with high-quality thermoplastic material. Moreover, it has a life of 100 years. The other benefit of the manufacturing system is that we can map all production processes traceably and provide anyone from worker to plant manager with a situation-specific decision-making tool thanks to the high availability of data-based information. Thus, the part played by Industry 4.0 in the production of e.GO and the StreetScooter is eminent; in fact, it is what enables us to manufacture our products in such a short time and at acceptable cost in a high-wage country.

<sup>1</sup> Product Life Cycle Management System (software)

<sup>2</sup> Enterprise Resource Planning System (software)

<sup>3</sup> Customer Relationship Management System (software)

<sup>4</sup> Capital expenditure: investment of an enterprise that is caused by the acquisition of long-lived assets (machines, real estate, company vehicles, IT systems)

**Die Automobilbranche ist eine von Deutschlands Leitindustrien. Wie weit ist der Wandel in der Produktionstechnik hier bereits fortgeschritten und wo gibt es noch Verbesserungspotenzial?**

: In der Automobilbranche gibt es bereits diverse vielversprechende Pilotanwendungen und innovative Konzepte. Beispielsweise werden schon vereinzelt intelligente Technologien mit dem Mitarbeiter verknüpft, wie der Einsatz von Exoskeletten in der Montage zur Verbesserung der Ergonomie. Jedoch fehlt bei den meisten Unternehmen der Automobilbranche ein ganzheitlicher Ansatz zum Wandel der Produktionstechnik, ähnlich unserem Internet of Production, wo alle Domänen und Funktionen innerhalb von Wertschöpfungsketten integriert und zu domänenübergreifenden Kollaborationen befähigt werden. Dabei ist eine domänenübergreifende Kollaboration unabdingbar, um als Unternehmen agil auf sich schnell wandelnde Märkte und wechselnde Kundenanforderungen und eine damit einhergehende hohe Unsicherheit zu reagieren. Branchenübergreifend wird zukünftig eine Produktion von „Unikaten in Serie“ zum Standard. Für die Automobilbranche bedeutet das, dass Produktlebenszyklen sich weiterhin drastisch verkürzen und früher Skaleneffekte erzielt werden müssen. Dazu muss bereits in der Produktentwicklung ein Umdenken stattfinden und Produkte direkt so entwickelt werden, dass diese auch bei hoher Variantenzahl und kleineren Stückzahlen effizient produziert werden können. Zur gleichen Zeit müssen starre Strukturen aufgebrochen werden und der Change Request als schnelle Produktpassung innerhalb der Serie beherrscht werden. Die Produktion darf nicht länger ein „Innovationsverhinderer“ sein, indem sie Änderungen im Serienbetrieb nicht schnell genug umsetzen kann.

**Industrie 4.0 – die vierte industrielle Revolution – ist bekanntermaßen in aller Munde. Inwiefern ist dieser Hype gerechtfertigt?**

: Der Status des Hypes ist mittlerweile überschritten und so langsam sind die ersten wirklichen Produktivitätsvorteile durch Industrie 4.0 sichtbar. Zukünftig wird eine Produktion ohne Industrie 4.0 nicht kosteneffizient möglich sein. Industrie 4.0 ist die Lösung für das heute in vielen Unternehmen vorherrschende „Suchen und Warten“ auf Daten und Informationen, wodurch Mitarbeiter in ihrer Produktivität gehemmt werden. Pragmatisch lässt sich das Thema angehen, indem man überlegt, wo am längsten Informationen gesucht werden und auf Input gewartet wird. Dabei gelingt Industrie 4.0, indem Datenbestände verbunden werden, die wir bereits haben, die jedoch schwer zugänglich sind. Das hat wenig mit einer hochautomatisierten Fertigung zu tun, ist aber deutlich praxistauglicher und auch oftmals zielgerichteter. Die Durchgängigkeit der Informationslogistik kann bereits mit kleinen Apps gestartet werden, zum Beispiel durch eine Analyse der Arbeitsdaten und des Projektfortschritts der einzelnen Aufträge, um Transparenz über den Auftragsstatus für die Priorisierung zu erhalten.

**Jenseits der Automobilbranche bieten Industrie 4.0-Prozesse insbesondere Möglichkeiten für mittelständische Betriebe und deren Kleinserienproduktionen. Inwieweit haben wir in Deutschland unser Potenzial hier schon ausgeschöpft?**

: Wir stehen hier erst am Anfang. Insbesondere für mittelständische Betriebe und deren Kleinserienproduktion birgt Industrie 4.0 sehr großes Potenzial. Wie bereits gesagt, geht es bei Industrie 4.0 nicht primär darum, die Produktion zu automatisieren, sondern vielmehr darum, den Mitarbeiter durch die automatisierte Informationslogistik zu befähigen.



Bei e.GO Life und dem StreetScooter hatte die produktionstechnische Perspektive von Anfang an eine übergeordnete Bedeutung und einen maßgeblichen Anteil am Erfolg. Alle Produkte und Abläufe sind vollständig digitalisiert.

In the case of e.GO Life and StreetScooter, the manufacturing technology perspective has been of outstanding importance from the beginning, and its share in the company's success has been significant. All products and processes are fully digital.

„Insbesondere bei komplexen Bauteilen wie Raumfahrtgütern bietet die voll vernetzte Digitalisierung großes Potenzial.“

Prof. Günther Schuh, Gründer und CEO der e.GO Mobile AG und Direktor des Lehrstuhls für Produktionssystematik an der RWTH Aachen

“Especially where complex items like space components are concerned, fully connected smart production units offer great potential.”

Professor Günther Schuh, founder and CEO of the e.GO Mobile AG and chair of the research area Production Engineering at Aachen University of Applied Sciences

**The automotive sector is one of Germany's most important industries. How much of its production technology has been transformed already, and where is there still room for improvement?**

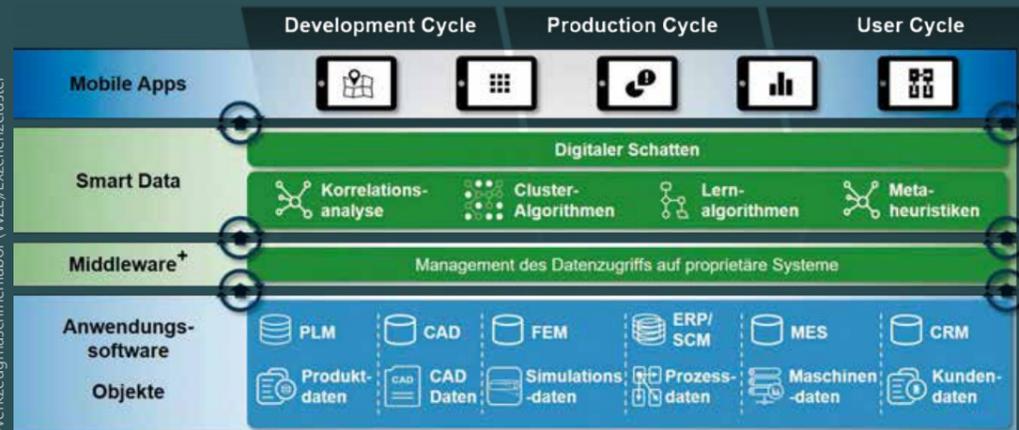
: A whole range of promising pilot applications and innovative manufacturing concepts already exist. Some factories, for example, use smart technologies called exoskeletons which are individually matched to specific employees in assembly shops to improve ergonomics. However, what is lacking in most enterprises in the automotive industry is a full-on approach to changing production technology such as our Internet of Production, where all domains and functions within a supply chain are integrated and enabled to collaborate across domain boundaries. In fact, cross-domain collaboration is indispensable if a company is to respond with agility to swiftly changing markets and unpredictable customer requests and the great uncertainty that goes with these two. In the future, the serial production of 'one-of-a-kind articles' will become standard in all industries. For the automotive industry, this means that product life cycles will continue to become drastically shorter, and economies of scale will have to be realised earlier. This calls for rethinking in product development terms so that products can be developed from the word Go and be produced efficiently even if variants are numerous and numbers are low. At the same time, rigid structures will have to be broken up and we will have to learn the skill of modifying products promptly in serial production after a change request. Manufacturing must no longer be permitted to hamper innovation by being unable to perform a quick enough change in serial operation.

**Industry 4.0 – the fourth industrial revolution – is on everybody's lips, as we all know. To what extent is this hype justified?**

: It is no longer just hype. The first real productivity benefits of Industry 4.0 are emerging. In the future, cost-efficient production without smart manufacturing will be impossible. With all the 'searching and waiting' for data and information that still prevails in many industries, hampering the productivity of the workforce, Industry 4.0 will be the answer. A pragmatic way to approach the matter would be to deal first with the areas where information is searched and input is awaited for the longest time. In fact, what makes Industry 4.0 successful is that it connects data which we already own but cannot access easily. This has little to do with highly automated production, but is markedly more effective in practice and often more targeted. To make information logistics more pervasive, even a small app can, for instance, provide analyses of work data and the progress of individual orders so as to ensure order-status transparency for prioritisation.

**Beyond the automotive industry, Industry 4.0 processes offer opportunities especially for SMEs and small-series production. To what extent have we in Germany already exhausted our potential in this respect?**

: We are still at the beginning. Industry 4.0 has a very great potential to offer especially to SMEs with their short-run production. As I said, Industry 4.0 is not primarily about automating production; rather, it is about using automated information logistics to enable employees from workers to works managers to perform better and faster within their remit. This is particularly important in short-run production because economies of scale can be realised progressively earlier, i.e. at lower production volumes, and the trend is moving towards the serial produc-



Das Internet of Production wurde in Aachen entwickelt und führt domänenübergreifende Daten in Echtzeit zusammen. Dabei werden die Daten aus den einzelnen Silos in einem situationsspezifischen digitalen Schatten verknüpft und intelligent kombiniert. Dadurch werden Entscheidungsprozesse maßgeblich beschleunigt und Unternehmen zu einer agilen Arbeitsweise befähigt, wie es bis vor Kurzem noch undenkbar war.

Developed in Aachen, the Internet of Production brings together data in real time across domain boundaries, connecting data from the various silos into situation-specific digital shadows and smart combinations. This makes decision processes considerably faster and enables companies to work at a level of agility that would have been inconceivable a short while ago.

higen, besser und schneller in seinem Aufgabengebiet agieren zu können – vom Werker bis zum Werksleiter. Dies ist besonders relevant für die Kleinserienproduktion, weil Skaleneffekte zunehmend früher, also bei geringeren Stückzahlen, realisiert werden können und der Trend zur Produktion von „Unikat in Serie“ geht. Wo Sie früher noch Losgrößen von mehr als 200.000 Autos pro Jahr benötigten, um wirtschaftlich zu produzieren, benötigen Sie heute nur noch eine Stückzahl von 20.000 Autos pro Jahr. Bei uns in der Demonstrationsfabrik Aachen haben wir uns auf die Kleinserienproduktion spezialisiert und dort vielfältige Industrie 4.0-Lösungen erprobt. So haben wir zum Beispiel für die Produktion des e.GO Karts (ein mit Pedelec-Motor unterstütztes Kart) durch die Nutzung der RTLS (Real Time Location System)-Technologie eine Echtzeitauftragsverfolgung realisiert. Darüber hinaus arbeiten wir in der Montage mit einer interaktiven 3D-Montageanleitung, wo der Mitarbeiter mittels eines RFID-Tags eine produktspezifische 3D-Montageanleitung erhält. Damit wird der Werker dahingehend unterstützt, dass er immer den richtigen Versionsstand der Montageanleitung erhält und eine individuell an seinen Kenntnisstand angepasste Hilfestellung bekommt.

**Raumfahrtgüter werden zum großen Teil noch wie in einer Manufaktur hergestellt. Daher gibt es kaum Serienproduktionen. Wie könnten dennoch Industrie 4.0-Verfahren die Herstellung von Raumfahrtssystemen nachhaltig verändern?**

: Viele Industrie 4.0-Ansätze sind ein Stück weit unabhängig von der Serienproduktion und lassen sich auch auf die Herstellung von Raumfahrtssystemen übertragen. Insbesondere bei komplexen Bauteilen wie Raumfahrtgütern bietet die voll vernetzte Digitalisierung großes Potenzial. Im Vergleich zu anderen Industriebranchen müssen bei Raumfahrtssystemen das Produkt sowie die Produktionsprozesse bei vergleichsweise geringen Stückzahlen einen hohen Reifegrad erreichen. Von einer domänenübergreifenden Informationsverfügbarkeit mit Hilfe des Internet of Production kann insbesondere auch eine manufakturmäßige Herstellung von Raumfahrtgütern profitieren, indem jeder Mitarbeiter zu jeder Zeit die notwendigen Informationen bereitgestellt bekommt und jeder einzelne Vorgang zum strukturellen Lernen genutzt wird. Darüber hinaus haben Raumfahrtgüter sehr strenge Qualitätsvorgaben und Zertifizierungsvorschriften, wo eine transparente, digitale Rückverfolgbarkeit großes Potenzial mit sich bringt. So kann der Mitarbeiter zur Minimierung von Fehlern durch digitale Assistenzsysteme unterstützt werden und alle relevanten Produkte und Prozessparameter könnten in einem digitalen Schatten des Produkts gespeichert werden. Beispielsweise könnte das Prinzip einer „digitalen Fahrzeugakte“ auf ein Raumfahrtssystem übertragen werden, wo alle wichtigen Informationen perspektivisch mit Hilfe einer sogenannten Block Chain abgespeichert werden. Dadurch kann man während des gesamten Lebenszyklus des Produkts immer auf die Akte zurückgreifen und zusätzlich aus der Nutzung und den gewonnenen Informationen für zukünftige Produktversionen lernen.

tion of one-of-a kind items. Where earlier on you needed 200,000 and more cars a year for manufacturing to become profitable, you need only 20,000 today. At our demonstration factory in Aachen, we specialise in short-run production, having tested a wide variety of Industry 4.0 solutions. For the production of the e.GO Kart (a kart powered by a pedelec motor), for example, we used the RTLS (Real-Time Location System) to implement real-time order tracking. In the assembly shop, moreover, we use interactive 3D assembly instructions where RFID tags are employed to provide employees with product-specific assembly instructions in 3D. This supports workers inasmuch as they always receive the correct version of the assembly instructions together with assistance that matches their individual level of knowledge.

**Most aerospace components are produced on a very small scale, and there can hardly be any mass production. How could Industry 4.0 methods revolutionise the production of space systems under these circumstances?**

: Many Industry 4.0 solutions are largely independent of serial production and may therefore be applied to the manufacture of space systems. Especially where complex items like space components are concerned, fully connected smart production units offer great potential. Unlike other industries, the production of space systems must reach a high degree of maturity with regard to both products and processes at comparatively low production volumes. The 'manufactory'-style production of space components may benefit particularly from the availability of information across domain boundaries within the Internet of Production, and from the fact that every employee can be provided with any necessary information at the proper time, and every single step of the process is used for structural learning. Moreover, space components are governed by very strict quality requirements and certification regulations, for which transparent digital traceability is a valuable asset. Thus, for example, employees may be supported by digital assistant systems, and all relevant product and process parameters may be stored in a digital shadow of the product. The principle of the 'digital vehicle file', for instance, could be applied to a space system as well, with all relevant data successively stored in a block chain. The file may then be accessed again and again during the entire life cycle of a product, and lessons may be learned for future versions of the product from its use and the information gained.

Die Produktion in der neuen Aachener Industrie 4.0-Vorzeigefabrik ist von der Entwicklung über den Einkauf bis hin zur Montage durch digitale Kontinuität sowohl in der Prozessdefinition als auch im Materialfluss gekennzeichnet. Am Ende verlässt ein fertiges Elektroauto das Werk. Die erste Kundenauslieferung des e.GO Life wird Ende 2018 erfolgen.

At the new Industry 4.0 demonstration factory in Aachen, production from purchasing to assembly is characterised by digital continuity in terms of process definition as well as material flow. At the end of the line, a finished electric car leaves the factory. The first e.GO Life will be delivered to its new owner at the end of the year 2018.



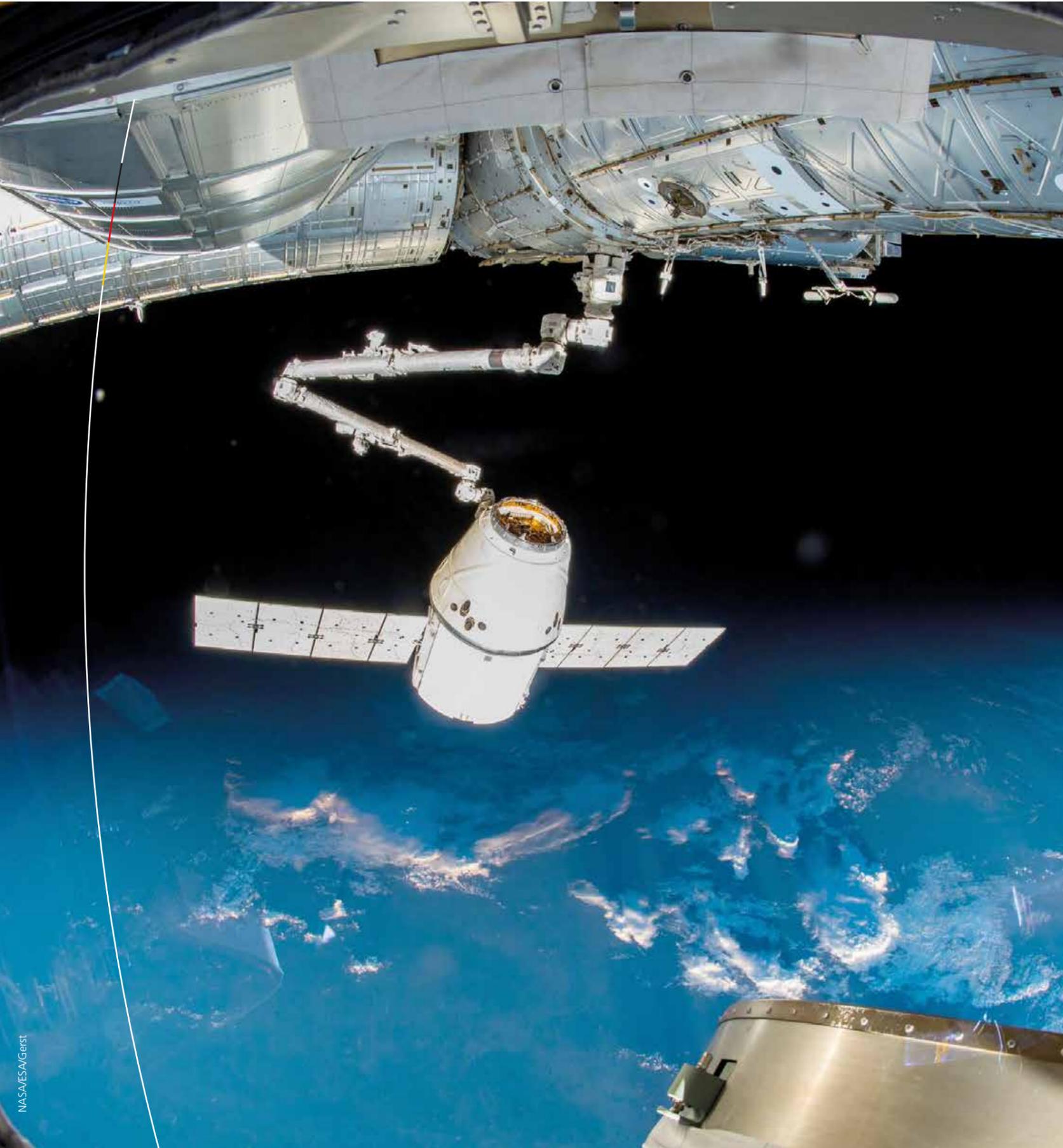


## Familienzuwachs

Mit „Tara“, „Samuel“, „Anna“ und „Ellen“ sind am 25. Juli 2018 planmäßig um 13.25 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit (8.25 Uhr Ortszeit) zum letzten Mal vier Galileo-Satelliten an Bord einer Ariane-5-Rakete vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou (Französisch-Guyana) gestartet. Die nächsten „Familienmitglieder“ werden dann ab 2020 mit der Nachfolge-Trägerrakete Ariane 6 auf ihren Zielorbit in 23.222 Kilometer Höhe gebracht. „Tara“, „Samuel“, „Anna“ und „Ellen“ sind dort knapp vierhalb Stunden nach ihrem Start angekommen. Damit wächst die Galileo-Satellitenfamilie auf insgesamt 26 Mitglieder an. 22 davon hat das deutsche Raumfahrtunternehmen OHB gebaut. Die ersten vier stammen vom Luft- und Raumfahrtkonzern Airbus. Im Sommer 2017 hat OHB für insgesamt zwölf weitere Satelliten den Zuschlag erhalten. Mit den 26 gestarteten Satelliten ist die Konstellation des zivilen europäischen Navigationssystems nahezu vollständig und kann jetzt eine fast globale Galileo-Abdeckung sicherstellen. Anfang 2019, wenn die jüngsten vier Familienmitglieder im Regelbetrieb sind, kann jeder Nutzer ausschließlich mit Galileo-Signalen global navigieren. Bislang war das nur in Kombination mit den militärisch kontrollierten Navigationssystemen GPS (USA), Glonass (Russland) oder Beidou (China) möglich. Bis 2020 sollen alle Galileo-Dienste weltweit verfügbar sein. Die ersten – der offene Dienst, der Such- und Rettungsdienst, der verschlüsselte Dienst PRS (Public Regulated Service, ausschließlich für hoheitliche Nutzer wie Polizei, Feuerwehr oder Katastrophenschutz) und ein hochgenauer Zeitdienst – wurden bereits am 15. Dezember 2016 freigeschaltet. Die offenen Dienste können von jedem genutzt werden, der über ein Smartphone oder Navigationsgerät der neuesten Generation verfügt. Laut Marktbericht der europäischen GSA können 95 Prozent aller heute vertriebenen Chip-Sets Galileo-Signale verarbeiten. Mit den zusätzlichen Satelliten wird der Service stetig ausgebaut.

## The family is growing

Right on schedule at 1.25 p.m. central European summer time (CEST); 8.25 local time, 'Tara', 'Samuel', 'Anna', and 'Ellen' were the last four Galileo satellites to take off on an Ariane 5 rocket from the European spaceport at Kourou (French-Guiana). The next members of the family will be carried by the successor rocket, Ariane 6, to their target orbit at an altitude of 23,222 kilometres, but not before the end of 2020. 'Tara', 'Samuel', 'Anna', and 'Ellen' arrived a little less than four and a half hours after take-off, increasing the Galileo satellite family to a total of 26 members. 22 of these were built by OHB in Germany, and the first four by the Airbus aerospace company. In the summer of 2017, OHB was awarded a contract for a total of twelve more satellites of the first generation. With 26 satellites now in orbit, the constellation of the civilian European navigation system is almost complete, and can now provide nearly global Galileo coverage. Early in 2019, once the four youngest family members will have taken up their regular operation, every user will be able to navigate worldwide using Galileo signals exclusively. So far, this has been possible only in combination with navigation services controlled by the military, namely GPS (USA), Glonass (Russia), or Beidou (China). It is expected that all Galileo services will be available worldwide by 2020. The first of these – the open service, the search and rescue service, the encrypted PRS service (public regulated service, available exclusively to public authorities like the police, the fire brigade, or disaster control) – were already activated on December 15, 2016. The open services can be used by anybody who has a smartphone or a navigation device of the most recent generation. According to a market report by the European GNSS agency, 95 per cent of all the chip sets marketed today are capable of processing Galileo signals. The service will be continuously enhanced by adding further satellites.



# AUS DEM NÄHKÄSTCHEN

Zwölf deutsche horizons-Experimente erzählen ihre ISS-Geschichte

Von COUNTDOWN-Chefredakteur Martin Fleischmann

Seit dem 8. Juni 2018 lebt der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst auf der Internationalen Raumstation ISS. Zwei Drittel seiner horizons-Mission sind nun fast vorbei – und es ist viel passiert. In dieser Zeit ist viel passiert: Zwölf Raumtransporter hat Gerst an die Internationale Raumstation ISS angedockt und mit entladen. Er hat die Raumstation gewartet, umgebaut und in Schuss gehalten. Zwei Außenbordeinsätze stehen ebenso auf seinem Missionsplan. Mit unzähligen Schülerinnen und Schülern hat er auch gesprochen, ihre zahlreichen Fragen beantwortet und ihre Experimente ausgeführt. Anfang Oktober – während der International Astronautical Congress (IAC) in Bremen tagt – soll er erster deutscher Kommandant der Raumstation werden. Alexander Gerst hatte also bislang als „Hafenmeister“, „Handwerker“, „Weltraumspaziergänger“ und „Lehrer“ alle Hände voll zu tun. Doch was hat der „Wissenschaftler“ Alexander Gerst bisher dort oben geforscht? 40 deutsche Experimente sollen während seiner Mission von ihm gemeistert werden. Wie steht es um diese Versuchsreihen? Um diese Frage zu beantworten, lassen wir exemplarisch zwölf dieser Experimente „aus dem Nähkästchen plaudern“. Sie „erzählen“ in der COUNTDOWN, wie es ihnen bisher ergangen ist und was noch mit ihnen passieren wird.

## LAB TALK ON BOARD THE ISS

Twelve German horizons experiments tell their story

By COUNTDOWN editor in chief Martin Fleischmann

Since June 8, 2018, German ESA astronaut Alexander Gerst has been staying on the International Space Station ISS. He has already completed two thirds of his horizons mission. Much has happened during that time: he oversaw the docking manoeuvres of twelve re-supply vehicles and helped unload them. To keep the station in perfect condition, he performed various maintenance and renovation jobs. Two Extravehicular Activities (EVA) are also on his schedule. He also had innumerable conversations with students, the space generation of tomorrow, answering a host of questions and carrying out a number of student experiments. In early October, at the time when the International Astronautical Congress (IAC) meets in Bremen, he will have become the first-ever German space station commander. So, until now, Alexander Gerst has had a busy schedule in his roles as ‘harbour master’, ‘handyman’, ‘space walker’ and ‘teacher’. But what has ‘Alexander the scientist’ been up to so far? His work schedule includes a list of 40 German experiments that he is expected to conduct in the course of his stay. So, what has been happening on that front? To answer that question, let us ‘listen’ to some ISS ‘lab talk’, and find out in this edition of COUNTDOWN what twelve of these experiments tell us about themselves, what they have done so far and what will happen next.

Wichtiger Transporter: Mit der Dragon-Raumkapsel sind am 2. Juli 2018 viele deutsche Experimente auf der Internationalen Raumstation ISS angekommen. Am 3. August hat der „Drache“ die Raumstation wieder verlassen (Bild).  
Important space vehicle: on July 2, 2018, a lot of German experiments have arrived at the International Space Station ISS. The Dragon capsule has brought them up. On August 3, 2018, the ‘Dragon’ has left the ISS (image).



Animation DLR/ESA



### CIMON: Siebtes Crewmitglied verstärkt ISS-Besatzung

Hallo, ich bin CIMON – ein „fliegendes Gehirn“ und das siebte Crewmitglied an Bord der ISS. Dort bin ich am 2. Juli 2018 mit dem SpaceX CRS-15 Raumtransporter angekommen. Ausgestattet mit Künstlicher Intelligenz möchte ich als autonom handelnder Astronautenassistent und weltweit einzigartiges Technologieexperiment die Arbeit der Astronauten auf der ISS unterstützen und weitere Fortschritte in den Bereichen Industrie 4.0, Medizin und Pflege sowie Bildung vorantreiben. Das ist meine Mission. Doch der Reihe nach. Nach meiner Ankunft da oben soll im November meine große Stunde schlagen – ein historisches Moment für die astronautische Raumfahrt. Meine ganze Crew am Boden – vor allem mein DLR-Projektleiter Christian Karrasch – fiebert mit. Schließlich soll ich nach meiner Aktivierung als erste Künstliche Intelligenz überhaupt durch den Weltraum fliegen. Jetzt hoffe ich, dass nach meinem Software-Update alles klappen wird: Dafür muss ich sehen, hören, verstehen, sprechen und natürlich fliegen können. Wenn ich funktioniere, werde ich meinen Kollegen Alexander Gerst beim „Fliegenden Klassenzimmer 2“ – einem Schülerexperiment – unterstützen und mit ihm einen Zauberwürfel lösen. Ich werde ihm einfach sagen, wie er die Reihen drehen muss. Mal sehen, ob er ihn mit meiner Hilfe lösen kann. Doch mit Alexander Gerst ist meine Arbeit noch nicht erledigt. Ich soll 2019 auch mit dem italienischen Astronauten Luca Parmitano auf der ISS arbeiten. Mit meinem Einsatz bei horizons habe ich dann aber hoffentlich schon einmal gezeigt, dass die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine in Schwerelosigkeit funktioniert. In einem zweiten Schritt werde ich als digitaler Kollege mit „emotionaler Intelligenz“ ausgestattet, um dadurch die psychosoziale Interaktion/menschliche Komponente zu erproben. Also bitte weiterhin fest die Daumen drücken.

### CIMON: A seventh crew member joins the ISS team

Hello, I'm CIMON – a „flying brain“ and the seventh crew member on board the ISS. I arrived there on July 2, 2018, with the SpaceX CRS-15 space vehicle. Equipped with Artificial Intelligence, as an autonomous astronaut assistant and a worldwide unique technology experiment, I would like to support the work of astronauts on the ISS and advance further progress in the fields of Industry 4.0, medicine and care as well as education. This is my mission. First things first. After my arrival up there my big hour is about to strike in November – a historic moment for human spaceflight. My whole crew on the ground – especially my DLR project manager Christian Karrasch – is already very excited. After all, I will be the first Artificial Intelligence to fly through space. Now, I hope that after my software update everything will work out fine: I need to be able to see, hear, understand, speak and, of course, fly. If I work properly, I will support my colleague Alexander Gerst in the „Flying Classroom 2“ – a school experiment – and solve a Magic Cube together with him. I will just tell him how to turn the rows. Let's see if he can solve it with my help. But with Alexander Gerst, my work is not yet done. I will also be working onboard the ISS with the Italian astronaut Luca Parmitano in 2019. With my work during the horizons mission, I will have already shown that the cooperation between human and machine works in micro-gravity. In a second step, as a digital colleague, I will be equipped with 'emotional intelligence' in order to discover the psychosocial interaction/human component. So please continue to keep your fingers crossed.



Roger Riede/DLR



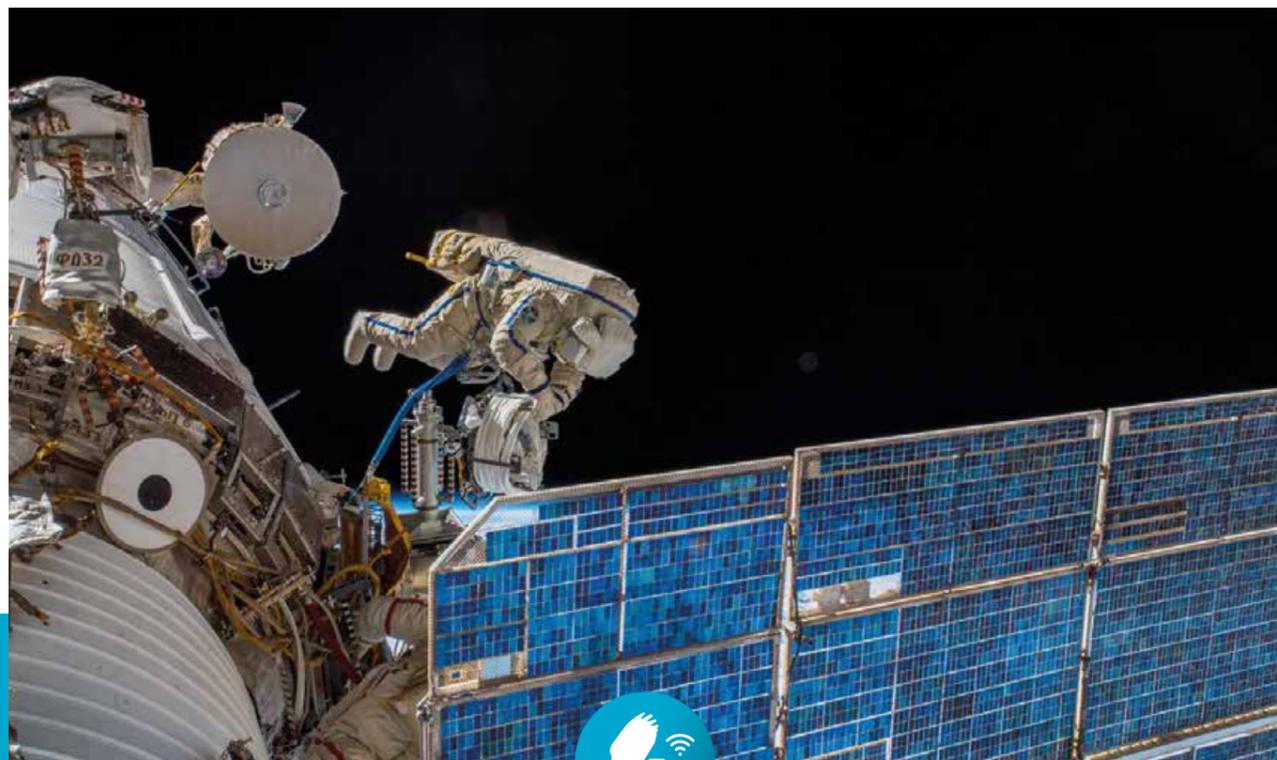
### METERON SUPVIS Justin: Mensch und Maschine arbeiten Hand in Hand

Hallo, ich bin das Telerobotik-Experiment METERON SUPVIS Justin. Bei mir steuert Alexander Gerst von der ISS aus seinen „Arbeitskollegen“ Rollin' Justin auf dem DLR-Gelände in Oberpfaffenhofen intuitiv. Der Astronaut bestimmt über ein Tablet, welche Arbeitsschritte der Roboter abarbeiten soll, aber nicht, wie die Maschine diese genau ausführen soll. Für ein möglichst realistisches Planetenexplorationsszenario sind Alexander Gerst und Rollin' Justin dabei auf sich gestellt und führen ihren Auftrag weitgehend ohne Kontakt zur Bodencrew aus. Trotz der Einschränkungen kann der Astronaut intuitiv mit seinem Roboterkollegen zusammenarbeiten und selbst die komplexesten Aufgaben erfolgreich steuern – von der Wartung einer Solaranlage bis zum Aufbau einer Empfangsstation. Dabei erledigt der humanoide Roboter bei mir kontextbezogene elementare Aufgaben alleine und trifft mit Hilfe seiner Künstlichen Intelligenz die dazu notwendigen Entscheidungen – auch in kritischen Situationen. So habe ich zum Beispiel bei meinem letzten Versuch am 17. August 2018 ein Stationsmodul brennen lassen. Plötzlich qualmte die Satellitenempfangsanlage, die Alexander Gerst mit Hilfe seines robotischen Avatars gerade auf dem „Mars“ in Oberpfaffenhofen aufgebaut hatte. So habe ich Mensch und Maschine gezwungen, schnell und richtig zu handeln. Das Modul in Brand zu setzen war nicht nett von mir. Denn Feuer ist die schlimmste Katastrophe während einer Weltraummission und damit gleichzeitig Höhepunkt und kritischster Teil während meiner insgesamt drei Versuchsreihen. Denn das war der letzte Live-Versuch. Dank mir haben die Robotikexperten am DLR ihre Telerobotik-Technologien weiterentwickelt und realistische Szenarien zur Planetenexploration geschaffen. Damit ist der Nachweis geführt, dass robotische „Arbeitskollegen“ eine wertvolle und teilweise sogar notwendige Unterstützung für den Menschen sind und für eine große Bandbreite an Erkundungs-, Aufbau- und Wartungsarbeiten eingesetzt werden können.

### METERON SUPVIS Justin: Man and machine working hand in hand

Hello, I'm a telerobotics experiment called METERON SUPVIS Justin. Alexander Gerst uses me to control his 'colleague' Rollin' Justin at ground level on the DLR premises in Oberpfaffenhofen. Intuitively, via a tablet computer, the astronaut instructs the robot about its next operation, but does not specify how exactly the robotic task is to be performed. To simulate a planetary exploration scenario as realistically as possible, it is assumed that Alexander Gerst and Rollin' Justin are left entirely to their own devices and perform their work with little or no contact with ground control. Despite all prevailing limitations, the astronaut can control his robotic colleague intuitively and even put it on very complex jobs, ranging from maintenance work on a solar array to building a receiver station. Working autonomously, the humanoid robot can cope with simple, context-related jobs, and take the necessary decisions thanks to its artificial intelligence, even when a situation is becoming critical. In my recent trial run on August 17, 2018, I deliberately set fire to a station module. A satellite receiver station that Alexander Gerst, through his robotic avatar, had just finished building on 'martian' terrain in Oberpfaffenhofen, went up in smoke. I then instantly guided man and machine to take the correct remedial action. Setting fire to the module was not kind of me. Fire is the worst conceivable catastrophe during a space mission. At the same time, it was the highlight and the most critical part in my series of three experiments. It was also the last 'live' experiment. Thanks to me, DLR's robotics engineers have been able to further improve their telerobotics capabilities and create a number of realistic planetary exploration scenarios. I have clearly demonstrated that 'robotic co-workers' can play a valuable and sometimes indispensable role in a wide range of human exploration, construction and maintenance missions.





NASA/ESA/Gerst



### ICARUS: Vom Tierverhalten mehr über unseren Planeten lernen

Hallo, ich bin ICARUS und beobachte Tierwanderungen weltweit. Winzige, an Tieren angebrachte Sender sammeln Informationen über deren Wanderverhalten und funken sie zur ISS. Eingetragen in eine Datenbank werden sie uns dabei helfen, Tiere zu schützen, unser Klima und die Ausbreitung von Krankheiten besser zu verstehen sowie nachhaltigere Landwirtschaft zu betreiben. Auf der ISS bestehe ich aus einem On-Board Computer (OBC-I) und aus einer Antenne. Ende April wurde mein Computer im russischen Swesda-Modul installiert und inzwischen auch schon getestet. Die Antennen haben die Kosmonauten Sergei Prokopjew und Oleg Artemjew am 15. August 2018 mit einem Außenbordeinsatz ebenfalls am Swesda-Modul angebracht. Auf der Erde wurden gerade die ersten 100 Amseln mit den kleinen, fünf Gramm leichten Sendern ausgestattet. Mit denen geht dann hoffentlich auch der wissenschaftliche Betrieb Ende 2018 los. Später sollen die Sender mal nur noch ein Gramm wiegen – eine unvorstellbare Pionierleistung in der Miniaturisierung „made in Germany“. Mal sehen, welche Flugrouten die Amseln einschlagen und ob sie ihre Reiseziele erreichen. Erste Daten wird es dann relativ schnell geben, noch bevor weitere Tiere und andere Arten damit ausgestattet werden – in den ersten zwei Betriebsjahren mehrere tausend Tiere, danach vielleicht zehntausend und mehr pro Jahr. Mehrere tausend Forscher werden zukünftig von meinen Daten profitieren und Naturvorgänge wie den Klimawandel, menschengemachte Umweltveränderungen sowie Veränderungen in Küstenzonen erforschen.

### ICARUS: Studying animal behaviour to learn more about our planet

Hello, my name is ICARUS, and I observe animal migrations worldwide. Tiny transmitters attached to animals track their migration patterns and send the data to the ISS. Entered into a database, this information will help us to protect animals, improve our understanding of our planet's climate and the spread of diseases, and enhance the sustainability of farming. On the ISS, I am composed of an on-board computer (OBC-I) and an antenna. My computer was installed in the Russian Zvezda module at the end of April, and has meanwhile been tested. On August 15, 2018, the antennas were attached to the outer skin of the same module by cosmonauts Sergei Prokopyev and Oleg Artemyev during a spacewalk. On Earth, a first cohort of 100 blackbirds has been tagged with small transmitters weighing no more than five grammes. It is hoped that the actual scientific investigation based on these birds will start early in late 2018. At some later date, the weight of transmitters will be reduced even further down to one gramme – a mind-boggling pioneering effort in miniaturisation 'made in Germany'. We'll see which routes the blackbirds will follow, and whether they reach their destinations. The first data will be obtained relatively soon, even before more animals and other species have been tagged. In the first two years of operation, several thousands of animals will be fitted per year, and possibly ten thousand and more at a later stage. In the future, thousands of researchers will benefit from my data as they explore natural processes such as climate change, man-made environmental changes, and changes in coastal zones.



NASA



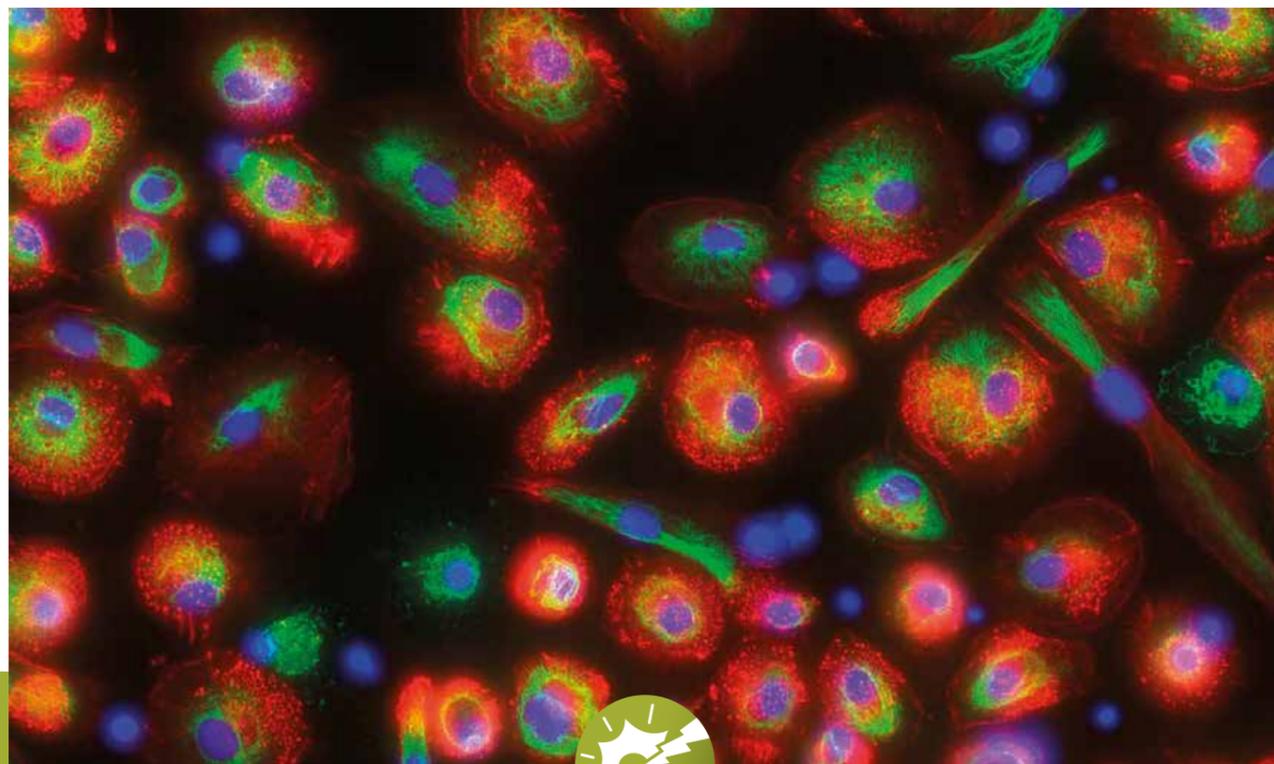
### MagVector/MFX-2: Magnetfelder und Wechselwirkungen von der ISS aus erforschen

Hallo, ich bin das Experiment MagVector/MFX-2 und untersuche die Wechselwirkungen des Erdmagnetfeldes mit einem variablen elektrischen Leiter bei hoher Geschwindigkeit. Ich biete der Astrophysik völlig neue Simulationsmöglichkeiten über die reine Beobachtung hinaus. Alexander Gerst hat mich bereits 2014 während der Blue Dot-Mission auf der ISS installiert. Während der horizons-Mission ist ab Mitte Juni 2018 meine Hardware erweitert worden. Alexander Gerst hat mir nun eine neue, zweiteilige Box mit zusätzlichen Sensoren verpasst (siehe Bild). Die neuen Sensoren wurden zuerst an meine rechte Seite gesetzt und bei einem Kaltlauf getestet. Ab dem 26. Juni 2018 hat Alexander Gerst dann das Sensorkpaket umgesetzt, nämlich auf den Boden vor meinem Nutzlastrack. Geplant war jeden Tag ein Lauf mit einer neuen Materialprobe. Zunächst habe ich fünf Meteoriten- und Gesteinsproben vom Berliner DLR-Institut für Planetenforschung getestet – darunter ein marsähnliches Gestein aus Spitzbergen, ehe am 2. Juli die letzte Probe mit dem Raumtransporter SpaceX CRS-15 auf der ISS eingetroffen ist. Dann war hier oben auf der ISS ganz schön viel Betrieb. Vom 2. bis zum 20. Juli habe ich acht Proben untersucht. In dieser Zeit gab es eine Anomalie. Mein Boot-Stick hat wohl zu viel Strahlung abbekommen. Zum Glück gab es einen in Reserve, mit dem ich wieder normal gestartet werden konnte, doch dann lieferte eine der beiden Sensorboxen keine Daten mehr. Meine Hersteller, Betreiber und Auftraggeber haben ganz schön geschwitzt, denn die Daten, die ich liefere, sind weltweit einzigartig. Alex hat das aber wieder repariert. Vielen Dank. Dann konnte ich zum Glück die restlichen vier Proben noch vermessen. Am 9. August war ich mit allem fertig. Jetzt haben die Wissenschaftler ihre Daten und werten sie aus. Danach haben wir durch mich hoffentlich gelernt, wie genau das Magnetfeld unseres Heimatplaneten mit unterschiedlichen Materialien und anderen Feldern bei hohen Geschwindigkeiten zusammenspielt.

### MagVector/MFX2: Exploring magnetic fields and their interactions from the ISS

Hello, I'm the MagVector/MFX2 experiment. My job is to study the interactions between the Earth's magnetic field and a variable electric conductor at high speed. What I offer to astrophysics is an entirely new simulation environment beyond simple observation. I was installed on the ISS by Alexander Gerst back in 2014 as part of the Blue Dot mission. Under the horizons mission, which began in mid-June 2018, my hardware has recently been upgraded. Alexander Gerst has fitted me out with a new box consisting of two components that contain additional sensors (see picture). They were first placed on my right-hand side and tested in a cold run. On June 26, 2018, Alexander Gerst shifted the sensor package to the floor in front of my payload rack. The plan was for me to do one test a day, each on a new material sample. I began by examining five meteorite and rock samples supplied by the DLR Institute of Planetary Research in Berlin – including a Mars-like rock from Spitsbergen – until the last sample arrived at the ISS on June 29, 2018, delivered by SpaceX CRS-15. After that, things got rather busy up here. Between July 2 and July 20, while I was testing eight samples, we had an anomaly: my boot stick had apparently got an overdose of radiation. Luckily, there was a spare one on board so that I could be started in the nominal mode again. Next, however, one of the two sensor boxes failed in delivering data. My manufacturers, operators and clients worked up quite a sweat, because the data I deliver are unique worldwide. But Alex saved the day. Thank you very much for that. I was now able to finish off the remaining four samples. By the end of August, my job was done. The scientists have received their data. Once evaluated, they will hopefully, thanks to me, deliver more information about how the magnetic field of our home planet interacts with different materials and with other fields at high velocities.





Till IDLR/Airbus/Universität Magdeburg

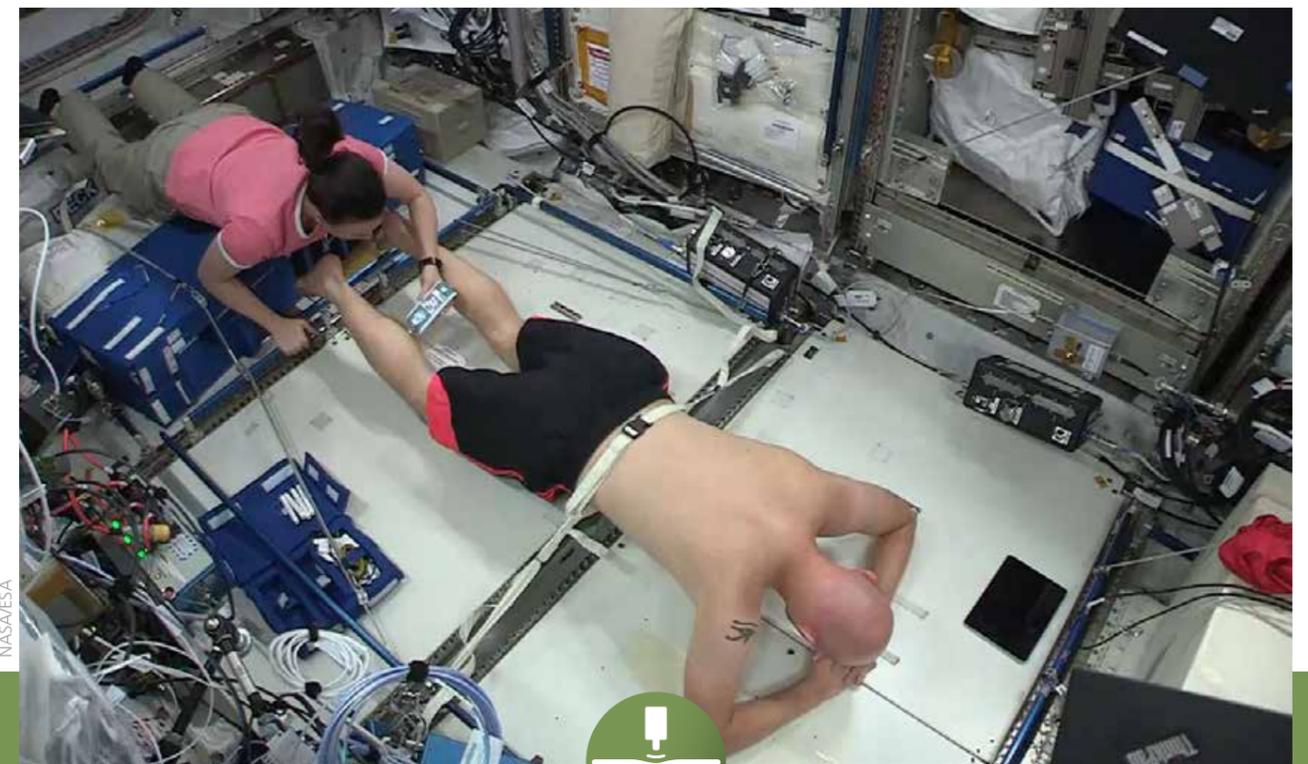


### FLUMIAS: Unter Schwerelosigkeit „live“ in Zellen schauen

Hallo, ich bin FLUMIAS – ein innovatives 3D-Fluoreszenzmikroskop und Technologiedemonstrator für sogenanntes „Live-Cell Imaging“ (Lebendzellbeobachtung) im Weltraum. Mit mir können erstmals Vorgänge in lebenden Zellen in Echtzeit unter Schwerelosigkeit beobachtet und Veränderungen direkt sichtbar gemacht werden. So gebe ich den Wissenschaftlern völlig neue Einblicke in menschliches Gewebe, Zellkulturen, Mikroorganismen und Pflanzen, die uns durch diesen technischen Fortschritt dabei helfen sollen, die Ursachen globaler Gesundheitsprobleme auf der Erde zu erkennen und zu therapieren. Ich bin – beladen mit menschlichen Makrophagen – am 2. Juli 2018 mit der Dragon-Kapsel der SpaceX CRS-15-Mission auf der ISS angekommen. Nach meinem Einbau in das „TangoLab-2“ am 3. Juli 2018 im US-amerikanischen Destiny-Modul der ISS bin ich zehn Tage lang dort oben gelaufen und habe in dieser Zeit insgesamt 1,2 Terabyte an Daten erzeugt. Um zu testen, ob ich technisch einwandfrei funktioniere, habe ich Bilder von fixierten – also chemisch stabilisierten – Zellen gemacht. Ich habe aber auch Bilder von lebenden Zellen gemacht, um den Einfluss der Schwerelosigkeit auf das Zellskelett zu erforschen. Während meiner Mission habe ich täglich Überblicksbilder zur Erde geschickt. So konnte mein Projektteam sehen, dass alles gut läuft. Gleichzeitig konnten sie den Zustand der Zellen beurteilen und Einstellungen verändern. Nach vier Wochen wurde ich zurück in die Dragon-Kapsel geladen und landete Anfang August wieder auf der Erde. Anschließend wurde ich von Houston zurück zu Airbus nach Friedrichshafen verschickt. Die großen Datenmengen werden zurzeit vom Mikroskophersteller TILL I.D. aufbereitet und von den Wissenschaftlern der Universität Magdeburg ausgewertet. Durch meine erfolgreiche Mission habe ich als Technologiedemonstrator den Weg für ein größeres Fluoreszenzmikroskop mit viel mehr Funktionen und einer Zentrifuge freigemacht, das wir hoffentlich sehr bald an Bord der ISS sehen werden.

### FLUMIAS: A 'live' investigation of cells in microgravity

Hello, my name is FLUMIAS. I'm an innovative 3D fluorescence microscope and technology demonstrator for what is called live cell imaging in space. I'm the first device ever to permit observing processes in living cells and visualising any changes directly in real time. In this way, I provide scientists with completely new insights into human tissue, cell cultures, micro-organisms, and plants – technological progress which, it is hoped, will help us to identify and treat the causes of global health problems on planet Earth. Charged with human macrophages, I arrived on the ISS on July 2, 2018, on the Dragon capsule of the SpaceX CRS-15 mission. After my installation in 'TangoLab-2' of the American Destiny module on the ISS on July 3, 2018, I worked for ten days, generating a total of 1.2 terabyte of data during that time. To test my function for technical flaws, I took pictures of cells that had been fixed, i.e. chemically stabilised. Likewise, I took pictures of living cells to explore the influence of microgravity on the cytoskeleton. During my mission, I transmitted overview images to Earth every day to show my project team that everything was going well. This also enabled them to judge the condition of the cells and change settings. After four weeks, I was loaded into the capsule again, and arrived back on Earth early in August. I was sent back from Houston to the Airbus company in Friedrichshafen. My large volumes of data are currently being processed by the microscope manufacturer TILL I.D. and evaluated by scientists of Magdeburg University. Through my successful mission, I as a technology demonstrator have paved the way for a bigger fluorescence microscope featuring many more functions and a centrifuge, which we hope to see on board the ISS very soon.



NASA/ESA



### Myotones: In Schwerelosigkeit den Muskeltonus messen

Hallo, ich bin MyotonPRO und überwache im Experiment Myotones erstmals die grundlegenden biomechanischen Eigenschaften der Skelettmuskulatur von Astronauten im Weltraum. Als tragbares Gerät in Größe eines Smartphones kann ich bei den Raumfahrern an Bord der ISS Veränderungen der Muskulatur durch fehlende Schwerkraft ganz einfach nicht-invasiv untersuchen. Hierzu messe ich die passiven Eigenschaften der oberflächennahen Skelettmuskulatur in ähnlicher Weise, wie der Arzt durch Abtasten der entspannten Muskeln Verspannungen und Verhärtungen untersucht. Ich setze einen kurzen mechanischen Impuls auf die Hautoberfläche und messe dann die Oszillation des darunter liegenden Muskels digital. Die Daten geben dann präzise Auskunft über die Elastizität, die Steifheit und den Tonus des untersuchten Muskels im Ruhezustand. So kann ich erstmals den Muskelstatus objektiv, schnell und einfach bestimmen. Auf der Erde werden meine Erkenntnisse genutzt, um Rehabilitations- und Trainingsprogramme als Maßnahmen gegen Muskel- und Knochenschwund zu verbessern und gleichzeitig die Trainingserfolge im Fitness- und Leistungssport zu bewerten. Meine Reise zur ISS begann am 2. April 2018 mit dem Raumtransporter SpaceX CRS-14. Erstmals habe ich am 19. Juni 2018 erfolgreich bei Alexander Gerst den Muskelstatus gemessen. Weiter ging es mit dem deutschen ESA-Astronauten am 6. Juli 2018 – Muskelmessung inklusive Blutabnahme und Ultraschall-Untersuchung. Jetzt habe ich erst einmal Pause, ehe weitere Messungen bei Alexander Gerst am 29. Oktober und am 5. Dezember anstehen. Danach bleibe ich an Bord der ISS und werde Messungen an weiteren Astronauten vornehmen.

### Myotones: Muscle tone measurements in microgravity

Hello, my name is MyotonPRO. As part of the Myotones experiment, I'm the first device to monitor the fundamental biomechanical properties of the skeletal muscles of astronauts in space. Being a portable device the size of a smartphone, it is easy for me to non-invasively examine changes in the muscles of astronauts that are caused by the absence of gravity on board the ISS. For this purpose, I measure the passive properties of the skeletal muscles close to the surface. I do this in nearly the same way a doctor palpates a person's relaxed muscles to check for tenseness and induration, by applying a brief mechanical impulse to the surface of the skin, after which I digitally measure the oscillation of the underlying muscle. These data precisely describe the elasticity, the stiffness, and the tone of the muscle under examination when at rest, enabling me to determine the status of the muscle objectively, quickly, and simply. On Earth, my findings will be used to improve rehabilitation and workout protocols designed to counteract muscle and bone degradation as well as to evaluate exercise outcomes in fitness and competitive sports. My journey to the ISS began on April 2, 2018, on the SpaceX CRS-14 space vehicle. The first muscle status I measured successfully was that of Alexander Gerst on June 19, 2018. My next examination of the German astronaut was on July 6, 2018 – muscle examination plus blood sample plus ultrasound scan. I will now have a break until Alexander Gerst is due for a further set of tests, which are scheduled for October 29 and December 5. After that, I will remain on board the ISS to run measurements on other astronauts.





Galina Vassilieva/IBMP Moscow

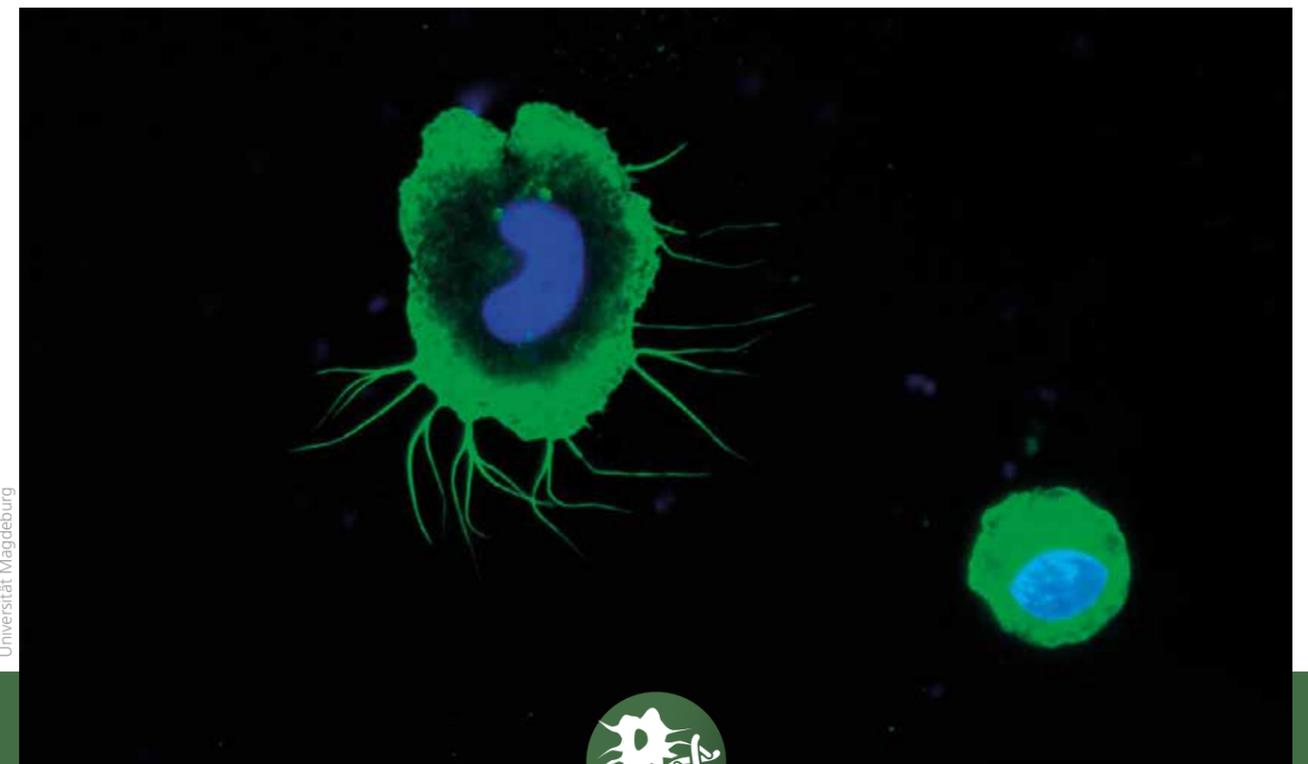


## Immuno 2: Wie verändert sich unser Immunsystem in der Isolation?

Hallo, ich bin Immuno-2 und untersuche, wie das Immunsystem von Astronauten, aber auch von Menschen auf der Erde, durch Stress geschwächt wird. Während mein Kollege FLUMIAS sich die Immunantwort auf zellulärer Ebene anschaut, habe ich den gesamten Astronauten im Blick. Denn mit mir verfolgen Wissenschaftler einen ganzheitlichen Ansatz aus biochemischen und psychologischen Analysen, um Veränderungen des Immunsystems und den Hormonspiegel von ISS-Astronauten mit deren Stressbelastung in Verbindung bringen zu können. Dank meiner Daten können dann vorbeugende und therapeutische Maßnahmen für den Einsatz am Astronauten und bei stressbedingten Erkrankungen ebenso wie bei Schwerkranken in der Intensivmedizin entwickelt werden. Fünf Astronauten und Kosmonauten haben bereits Blut-, Speichel- und Haarproben für mich gesammelt sowie Fragebögen zu Stress ausgefüllt. Auch Scott Kelly – einer der Astronautenzwillinge – hat während seines Jahresaufenthaltes auf der ISS Proben für unsere Immunforschung abgegeben, genau wie Alexander Gerst während seiner horizons-Mission. Seine Proben sind mittlerweile wieder auf der Erde angekommen und wurden an der Ludwig-Maximilians-Universität in München ausgewertet. Wenn alles gut geht, werden Messungen zur Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes zusammen mit denen der Herzfrequenz sowie zu Aktivitäts- und Ruhezyklen der Astronauten in meine Versuchsreihen auf der ISS mit aufgenommen. Dann können die Forscher die Auswirkungen von Stress auf das Immunsystem bald noch besser studieren.

## Immuno 2: How does our immune system change under isolation?

Hello, my name is Immuno-2. I investigate how stress weakens the immune system not only in astronauts but also in people on Earth. While my colleague FLUMIAS studies immune response at the cellular level, my attention is directed at the astronaut as a whole person. With me, scientists pursue a holistic approach using a combination of biochemical and psychological analyses to study changes in the immune systems of ISS astronauts and their hormone levels in dependence to their work or stress load. Thanks to my data, it will be possible to develop preventive and therapeutic measures that will benefit astronauts, people suffering from stress-related illnesses, as well as seriously ill persons in intensive care. So far, five astronauts and cosmonauts have gathered blood, saliva, and hair samples for me, besides filling in questionnaires about stress. Scott Kelly, one of the astronaut twins, also handed in samples for our immune research during his one-year stay on the ISS, as did Alexander Gerst during his Blue Dot mission. In the meantime, his samples have arrived back on Earth, where they were evaluated at the Ludwig Maximilians University of Munich. If everything goes well, my test series on the ISS will additionally include measurements of arterial oxygen saturation, heart rate, and the astronauts' activity and resting cycles. So, researchers will soon be able to study the effects of stress on the immune system even more closely.



Universität Magdeburg



## Gene Control Prime: Genregulation von Immunzellen

Hallo, ich bin Gene Control Prime. Als biologische Experimentserie auf der ISS versuche ich herauszufinden, welchen Einfluss die Schwerkraft auf die Genregulation und die Funktion von Immunzellen hat und wie sich diese Zellen an die veränderten Schwerkraftbedingungen und andere Umweltfaktoren anpassen. So möchte ich den zellulären und molekularen Ursachen für das beeinträchtigte Immunverhalten in Schwerelosigkeit auf die Spur kommen. Von Dezember 2017 bis Ende Mai 2018 hat mein Team wichtige Immunzellen – die sogenannten Makrophagen – aus dem Blut verschiedener Spender gewonnen. Diese „Fresszellen“ haben sie dann nach Florida zum Space Life Sciences Lab geschickt, wo sie mein Team ab dem 8. Juni 2018 in kleine Experimentcontainer integriert und so für die Reise zur ISS vorbereitet hat. Am 29. Juni war es dann endlich so weit: An Bord der Dragon-15-Kapsel sind meine Proben zur ISS aufgebrochen, wo sie knapp drei Tage später auch angekommen sind. Direkt nach der Ankunft sind die Experimentcontainer mit meinen Proben am 5. Juli dann in das Express Rack-6 im US-amerikanischen Destiny-Modul eingebaut und das Experiment gestartet worden. Am 14. Juli war dann auch schon die Zeit für die lebenden Zellen in der Schwerelosigkeit vorbei: Die Zellen sind für spätere Untersuchungen fixiert und die Experimentcontainer ausgebaut worden. Im Anschluss sind sie mit dem gleichen Raumtransporter, mit dem sie zwei Wochen zuvor zur Raumstation gebracht wurden, am 3. August auch wieder auf die Erde zurückgekehrt. Vier Tage später sind sie dann wieder beim Space Life Sciences Lab eingetroffen, wo meine Proben vom 7. bis zum 14. August aus den Experimentcontainern ausgebaut und zu weiteren Untersuchungen zurück in die Labore verschickt worden sind. Ich hoffe, dass meine Ergebnisse den Forschern dabei helfen werden, die generellen Ursachen von Immunschwäche zu verstehen und neue Therapien zu entwickeln.

## Gene Control Prime: Gene regulation in immune cells

Hello, I'm Gene Control Prime, a set of biology experiments performed on the ISS. I try to find out how gravity affects gene regulation and the function of immune cells, and to what extent these cells can adjust to a change in gravity and other environmental conditions. In this way, I want to get on to the cellular and molecular causes of impaired function of the immune system in microgravity. From December 2017 until the end of May 2018, my team isolated a batch of important immune cells called macrophages from the blood of various donors. They subsequently sent these macrophages to the Space Life Sciences Lab in Florida where on June 8, 2018, my team integrated them into small experiment containers to get them ready for their journey to the ISS. On June 29, the time had come. My samples flew to the ISS on board a Dragon-15 capsule and arrived nearly three days later. Immediately upon arrival on July 5, the containers with my experiments were placed into the Express Rack 6 of the American Destiny Module, and the experiment began. The time spent by the living cells in microgravity ended on July 14: this was when the cells were fixed to preserve them for later analysis, and the experiment containers were de-installed from the rack. Following this, the material was sent back to the ground on August 3 in the very same space transport vehicle that had brought them here. Four days later, they arrived back at the Space Life Sciences Lab, where my samples were removed from the experiment containers between August 7 and 14 and handed back to the original laboratories to be examined. I hope that my results will unveil the general causes of immune deficiencies and help scientists develop new treatments.





NASA/ESA



## Schmelzen auf der ISS: Maßgeschneiderte Materialien für verbrauchsärmere Antriebe

Hallo, ich bin der Elektromagnetische Levitator (EML). Mit mir lassen sich acht Millimeter große Kugelproben, beispielsweise reine Metalle, Legierungen oder dotierte Halbleiter, untersuchen. Die Probe wird durch elektromagnetische Wechselfelder berührungslos im Mittelpunkt einer Spule ausgerichtet, aufgeschmolzen und in Schwingung versetzt. Wenn die Probe abkühlt, kann ich entsprechende Daten aufnehmen. Oft bleibt die Probe auch unterhalb der Schmelztemperatur flüssig, sodass ich auch in diesem Bereich Messungen machen kann. Irgendwann muss die Schmelze aber erstarren, wobei sich rasch ein fester Körper bildet. Die Erstarrungsgeschwindigkeit kann ich dabei mit einer superschnellen Kamera filmen. Auch vor der horizons-Mission von Alexander Gerst war ich bislang schon stark im Einsatz: Bisher habe ich alle 18 Proben aus der ersten Probenkammer und circa zwei Drittel aus der zweiten verarbeitet. Dabei habe ich zahlreiche Messungen an vielen Probensystemen gemacht und Daten – insbesondere zu den thermophysikalischen Eigenschaften dieser Proben – geliefert. Hierzu gehören die Oberflächenspannung, Viskosität, spezifische Wärme, Schmelzwärme, Dichte, Volumenänderung am Schmelzpunkt und thermische Leitfähigkeit. All dies kann man unter Schwerelosigkeit genauer messen. Weil alles so gut funktioniert hat, bestand der Wunsch nach ein paar ergänzenden Messungen. Daher werde ich während der horizons-Mission verschiedene Proben aus der ersten Kammer noch einmal verarbeiten. Nachdem die Proben zur Erde zurückgekehrt sind, untersuchen Forscher die Mikrostruktur der erstarrten Proben, um neue Erkenntnisse zu den Materialeigenschaften zu gewinnen. So tragen meine Daten dazu bei, Computermodelle für industrielle Gießprozesse zu verbessern, die dann zu neuen Hightech-Materialien – beispielsweise leichteren Flugzeugturbinenschaufeln und Motorgehäusen – führen.

## Melting on the ISS: Materials tailored to greater drive economy

Hello, I'm the Electromagnetic Levitator (EML). I assist in examining spherical samples measuring eight millimetres in diameter consisting of, for example, high-purity metals, alloys, or doped semiconductors. Alternating electromagnetic fields keep the sample floating contact-free in the centre of a coil, melting it and inducing it to oscillate. As the sample cools off, I record various data. Often, samples remain liquid even below the melting point, enabling me to take measurements in that temperature range as well. At some point, however, the melt must solidify, with a solid body forming quickly. I am equipped with a superfast camera to record the speed of solidification. Even before Alexander Gerst's horizons mission I have been put to work extensively: so far, I have processed all the 18 samples from the first sample chamber as well as about two thirds of the second. Performing numerous measurements on many sample systems, I delivered data on their thermophysical properties such as surface tension, viscosity, specific heat, heat of fusion, volume change at melting point, and thermal conductivity. All these can be measured more accurately in microgravity. Because everything went so smoothly, scientists have now requested a few complementary measurements. This is why I will re-examine various samples from the first chamber during the horizons mission. After their return to Earth, researchers will study the microstructure of the solidified samples so as to obtain fresh information about their material properties. In this way, my data will help improve the computer models of industrial casting processes, which will ultimately enable the production of new high-tech materials such as lighter aircraft turbine blades or engine casings.



ROSCOMOS/ESA



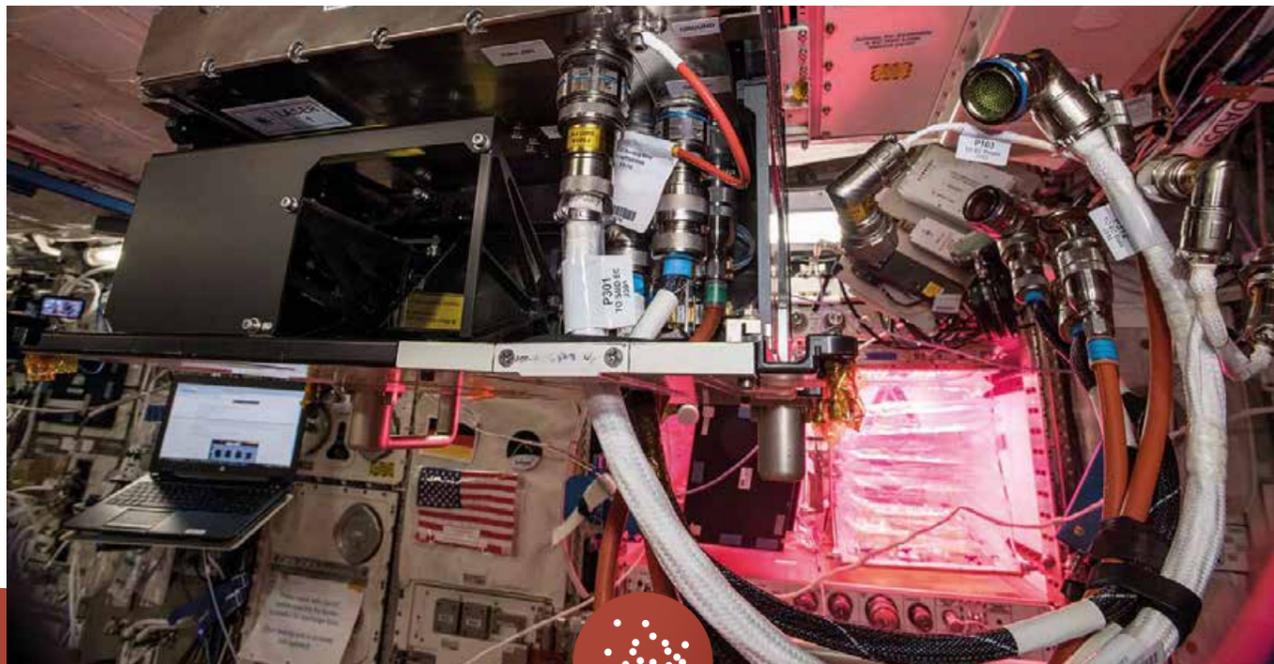
## PK-4: Plasmakristallforschung für neue technische Entwicklungen

Hallo, ich bin das deutsch-russische Plasmakristallexperiment PK-4. In Schwerelosigkeit versetze ich kalte Plasmen mit Staubteilchen und beobachte die Bewegung der einzelnen Partikel auf ihrem Weg durch das Plasma. Mit mir lassen sich Prozesse, die eigentlich auf atomarer oder molekularer Ebene ablaufen, für das menschliche Auge sichtbar machen. So bekommen die Forscher ein Werkzeug, um noch unverstandene physikalische Vorgänge auf der Ebene kleinster Teilchen zu klären und so neue technologische Entwicklungen anzustoßen. Auf der ISS wird meine Experimentkammer mit einem Gas gefüllt und durch Anlegen einer Spannung ein Plasma gezündet. Dort hinein werden Staubpartikel geschüttet. Durch Veränderungen des Gasdrucks und der Stärke des elektrischen Gleichspannungsfeldes lassen sich die Partikel zu verschiedenen Strukturen anordnen: von ungeordnet „gasförmig“ bis zu „kristallin“. Anhand meiner Aufzeichnungen können die Forscher auf atomarer Ebene verfolgen, wie ein Festkörper schmilzt, wie sich Wellen in Flüssigkeiten ausbreiten oder wie sich Strömungen verändern. Bislang habe ich Wellen, Schallwellen, Scherflüsse, Teilchenkettenbildung sowie Teilchenmischung und -entmischung untersucht. Meine ersten Ergebnisse dazu haben Forscher bereits veröffentlicht. Nach einem erfolgreichen Update meiner Hardware habe ich meine Untersuchungen im European Physiology Module (EPM) des europäischen Columbus-Moduls wieder aufgenommen und werde noch tiefer in die erwähnten Forschungsthemen eindringen. Ich hoffe, dass meine Ergebnisse die Plasmaforschung weiter voranbringen und viele neue Entwicklungen in naher Zukunft aus meiner Forschung entstehen werden.

## PK-4: Plasma crystal research for advanced technological developments

Hello, my name is PK-4 and I am a German-Russian plasma crystal experiment. In microgravity, I inject grains of dust into cold plasmas and observe the motion of each individual particle on its way through the plasma. With my help, processes that take place at the nuclear or molecular level can be made visible to the human eye. So, researchers now have a tool to investigate processes that happen on an infinitesimally small scale and are not fully understood as yet. This may lead to entirely new developments in technology. On the ISS, my experiment chamber is filled with a gas to which a voltage is applied to ignite a plasma, into which dust particles are released. By varying the gas pressure and the strength of the direct-current field, the particles can be arranged in various patterns, ranging from randomly organised 'gaseous' to 'crystalline' structures. My records permit scientists to observe at the nuclear level how a solid body melts, how waves propagate in liquids, or how flow patterns change. So far, I have examined mechanical waves, sound waves, shear flows, particle concatenation as well as particle mixing and demixing. My initial results in these fields have already been published. After a successful update of my hardware, I have resumed my investigations in the European Physiology Module (EPM) into the European Columbus module and will now devote myself to further in-depth work on the aforementioned research topics. I hope that my findings will give a further boost to plasma research and inspire many new developments in the near future.





NASA/ESA/Gerst

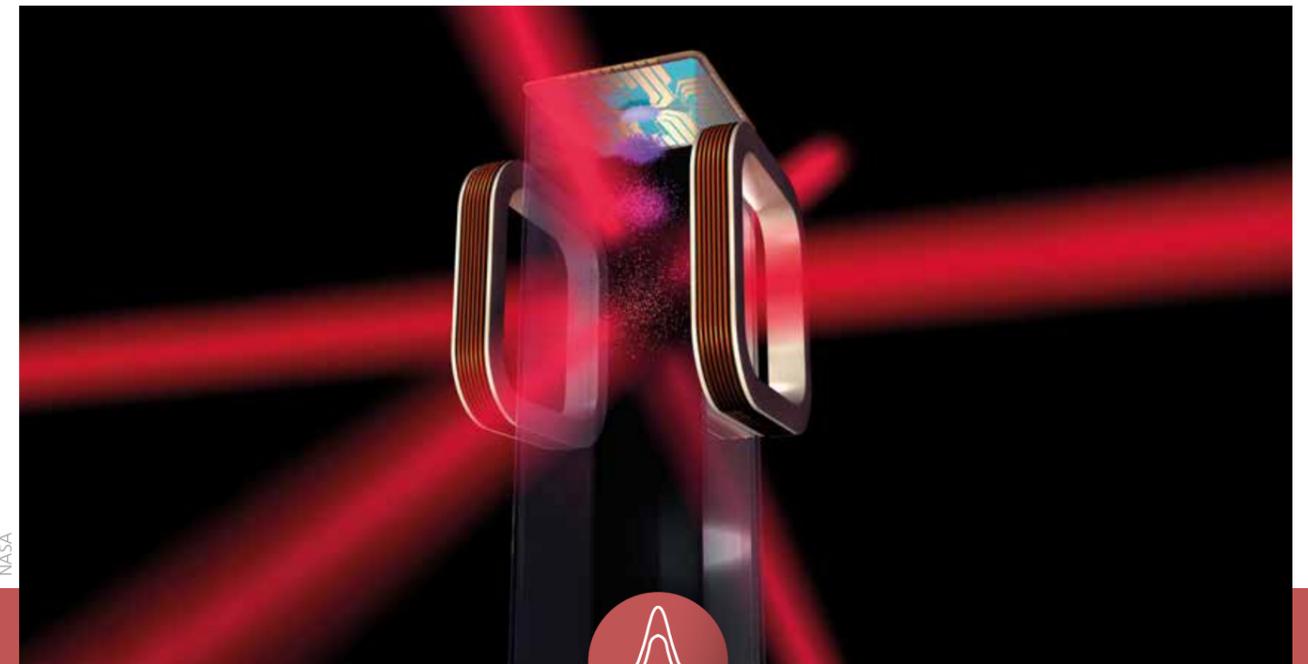


## CompGran: Granulatforschung auf der ISS verbessert Industrieprozesse auf der Erde

Hallo, ich bin das Soft Matter Dynamics/CompGran-Experiment. Ich untersuche, wie granulare Medien sich unter Schwerelosigkeit verhalten. Granulate wie Sand oder Getreide sind neben Flüssigkeiten die mengenmäßig am meisten verarbeiteten Güter. Dennoch wissen wir bislang nur wenig über ihre Reaktionen in industriellen Prozessen. Das soll sich nun durch mich ändern. Nachdem ich am 2. Juli 2018 auf der ISS eingetroffen bin, wurde ich Ende Juli in Betrieb genommen. Am 1. August ging es dann auch schon mit der ersten von zwei wissenschaftlichen Kampagnen los. In der ersten Kampagne, die am 26. September abgeschlossen wurde, habe ich die granularen Medien über sogenannte Piezos angeregt, in der zweiten, die vom 27. September bis zum 7. November laufen wird, über einen Kolben. Dabei schaue ich mir die Dynamik dieser Medien unter Schwerelosigkeit an, was für das Verarbeiten dieser Schüttgüter in industriellen Prozessen – beispielsweise bei der Verarbeitung von Getreide und Kunststoff-Granulat – sowie für die Verbesserung entsprechender Anlagen sehr wichtig ist. Da sich diese Granulate auf der Erde unter dem Einfluss der Schwerkraft sehr schnell am Boden ablagern, kann deren Bewegung nur unter Schwerelosigkeit untersucht werden. Das mache ich mit der sogenannten dynamischen Lichtstreuung. Dabei messe ich das an einzelnen Partikeln gestreute Licht, um Informationen über die Partikelgröße und -dynamik zu sammeln. Besonders interessiere ich mich für die Übergänge zwischen den verschiedenen Zuständen der granularen Medien – zum Beispiel vom flüssigkeitsartigen Verhalten zu einem erstarrten Zustand. Denn verhält sich ein granulares Medium zunächst ähnlich einer Flüssigkeit, blockieren sich die Granulateilchen bei einer geringfügigen Vergrößerung der Packungsdichte gegenseitig und hindern sich an der weiteren Bewegung. Dank meiner Forschung soll die Untersuchungsmethode dynamische Lichtstreuung zunächst weiterentwickelt und generell für granulare Medien eingeführt werden. So soll dank meiner Daten ein Messverfahren für die In-situ-Analyse granularer Medien entwickelt werden, das für die industrielle Prozessüberwachung von großem Interesse ist.

## CompGran: Granulate research on the ISS improves industrial processes on Earth

Hello, I'm an experiment called Soft Matter Dynamics/CompGran. I study the behaviour of granular media under microgravity conditions. Besides liquids, granulates like sand or grain are the goods that are industrially processed in the greatest quantities, yet we know little about their exact behaviour during these processes. I am here to change that. I arrived on the ISS on July 2, 2018, and went live at the end of the month. On August 1, the first of two scientific campaigns got underway. During the first campaign, which was concluded on September 26, I excited various granular media by a process called piezo agitation. During the second, which will run from September 27 to November 7, I will do the same thing using a piston, studying the dynamics of these media in microgravity. This will be instrumental in understanding industrial processes involving bulk goods such as, for example, grain or granulated plastic, as well as in improving the processing machinery. As granulates settle to the ground very quickly on Earth under the influence of gravity, the dynamics of granular movement can be properly examined only in microgravity. For this purpose, I use a method called dynamic light scatter, i.e. measuring the light scattered by individual particles to gather information about their dynamics. What I am particularly interested in is the transition between the various states of granular media, from a liquid-like to a solid condition. In a granular medium that behaves like a liquid at first, the granules will block each other with increasing packing density, mutually impeding any further movement. My research will serve to develop dynamic light scatter further as a method of investigation and introduce it for use with granular media in general. Eventually, my data will be the basis of a new in-situ measuring method for analysing granular media, which will be of great interest in automatic process monitoring.



NASA



## Cold Atoms Lab: Eiskalt ist nicht kalt genug

Hallo, ich bin das Cold Atoms Lab. Ich bin eine Anlage auf der Internationalen Raumstation ISS, in der Wissenschaftler ultrakalte Atomwolken aus mehreren tausend Atomen in Schwerelosigkeit beobachten können. Denn eiskalt ist in der Quantenphysik nicht kalt genug. Nur nahe am absoluten Temperaturnullpunkt bei -273,15 Grad Celsius herrschen die richtigen Bedingungen, um einen quantenphysikalischen Tsunami auszulösen – ein sogenanntes Bose-Einstein-Kondensat (BEC). Kleinste Materieobjekte – wie etwa Atome und Moleküle – führen hier ein geheimnisvolles Doppelleben: Sie verhalten sich einerseits wie ein Teilchen und andererseits wie eine elektromagnetische Welle. Ähnlich wie im Ozean dehnen sie sich bei sinkender Temperatur immer weiter aus, bis sie sich schließlich gegenseitig überlagern. Aus Tausenden einzelner dieser Materiewellen wird ein einziger großer zusammenhängender Quanten-Tsunami – das BEC. Da die einzelnen Atome in dieser Riesenwelle gewissermaßen im Takt schwingen und sich dabei wie ein einziges Riesenatom verhalten, ist ein makroskopisches, millimetergroßes Quantensystem entstanden. Genau diese Systeme untersuche ich gerade auf der ISS. Denn nur hier in Schwerelosigkeit herrschen ideale Bedingungen, um ein solches Quantensystem lange genug aufrechtzuerhalten. Bis es im Weltraum endlich losging, hatte ich allerdings einen langen Weg hinter mir. Ich wurde von 2012 bis 2018 im Auftrag der NASA beim Jet Propulsion Laboratory in Pasadena entwickelt, ehe meine Reise zur ISS am 21. Mai 2018 mit dem Raumtransporter Cygnus OA-9 begann. Drei Tage später kam ich dort oben an und wurde anschließend in ein Express Rack im US-amerikanischen Modul Destiny eingebaut. Ende August 2018 wurde meine Kalibrierung vorerst abgeschlossen, sodass ab September endlich die ersten Experimente verschiedener Wissenschaftler – auch aus Deutschland – anlaufen konnten. Ich hoffe, dass ich auch dazu beitragen kann, irdische Entwicklungen zu verbessern – zum Beispiel die weltweite Frequenzübertragung, Zeitmessung und Navigation sowie die Kartierung von Bodenschätzen.

## Cold Atoms Lab: Ice-cold is not cold enough

Hello, I'm the Cold Atoms Lab. I'm a system on the International Space Station ISS which permits scientists to observe ultra-cold clouds consisting of several thousand atoms in microgravity. For quantum physics, ice-cold is not cold enough. Only temperatures close to absolute zero at -273.15 degrees Celsius will be right for triggering a quantum-physical tsunami, a so-called Bose-Einstein condensate (BEC). Under these cold conditions, infinitesimally small pieces of matter such as atoms or molecules lead a mysterious double life: they behave like particles on the one hand and like electromagnetic waves on the other. They expand steadily as temperatures fall until they overlap in the end, like waves in an ocean. In the end, thousands of matter waves turn into a single large coherent quantum tsunami – a BEC. As the individual atoms of this giant wave oscillate synchronously, behaving like a single giant atom, they form a macroscopic millimetre-sized quantum system. These systems are exactly what I am currently studying on the ISS, for only in microgravity we have ideal conditions to maintain such a quantum system for a sufficient length of time. To be sure, I had a long way to go before my work on the station finally started. Ordered by NASA, I was developed at the Jet Propulsion Laboratory in Pasadena between 2012 and 2018 until my trip to the ISS began on May 1, 2018 on the Cygnus OA-9 shuttle. After my arrival up here three days later, I was installed in an express rack in the American Destiny module. By the end of August 2018, my calibration was temporarily terminated so that various scientists – some of them from Germany – could finally begin to run their experiments. I hope to be also able to help improving terrestrial applications, including, for example, global frequency transmission, time measurement, and navigation as well as the mapping of mineral deposits.





## Bremen heißt die Raumfahrtwelt herzlich willkommen

Der 69. International Astronautical Congress (IAC) findet vom 1. bis zum 5. Oktober 2018 in Bremen statt. Die Veranstaltung gilt als der wichtigste Raumfahrtkongress der Welt. Gegründet 1951 zur Förderung des Dialogs zwischen Wissenschaftlern aus allen Teilen der Welt und zur Unterstützung der internationalen Raumfahrtaktivitäten, bringt der IAC bis heute die Mitglieder der Raumfahrtgemeinschaft an einem Ort zusammen. Rund 3.000 Besucher werden erwartet. Die Internationale Astronautische Föderation als Ausrichter ist die weltgrößte Interessenvertretung im Bereich der Raumfahrt mit circa 300 Mitgliedern, darunter alle wichtigen Raumfahrtagenturen, -firmen und -institutionen aus über 60 Staaten. Das DLR ist mit zahlreichen Experten und einem Ausstellungsstand in Halle 5, Standnummer D50, vertreten. Hier werden die wichtigsten Projekte des DLR Raumfahrtmanagements sowie der DLR-Bereiche Raumfahrtforschung und -technologie gezeigt – darunter Exponate zu den laufenden Missionen „horizons“ des deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst und MASCOT (in Kooperation mit JAXA und CNES) zum Asteroiden Ryugu.

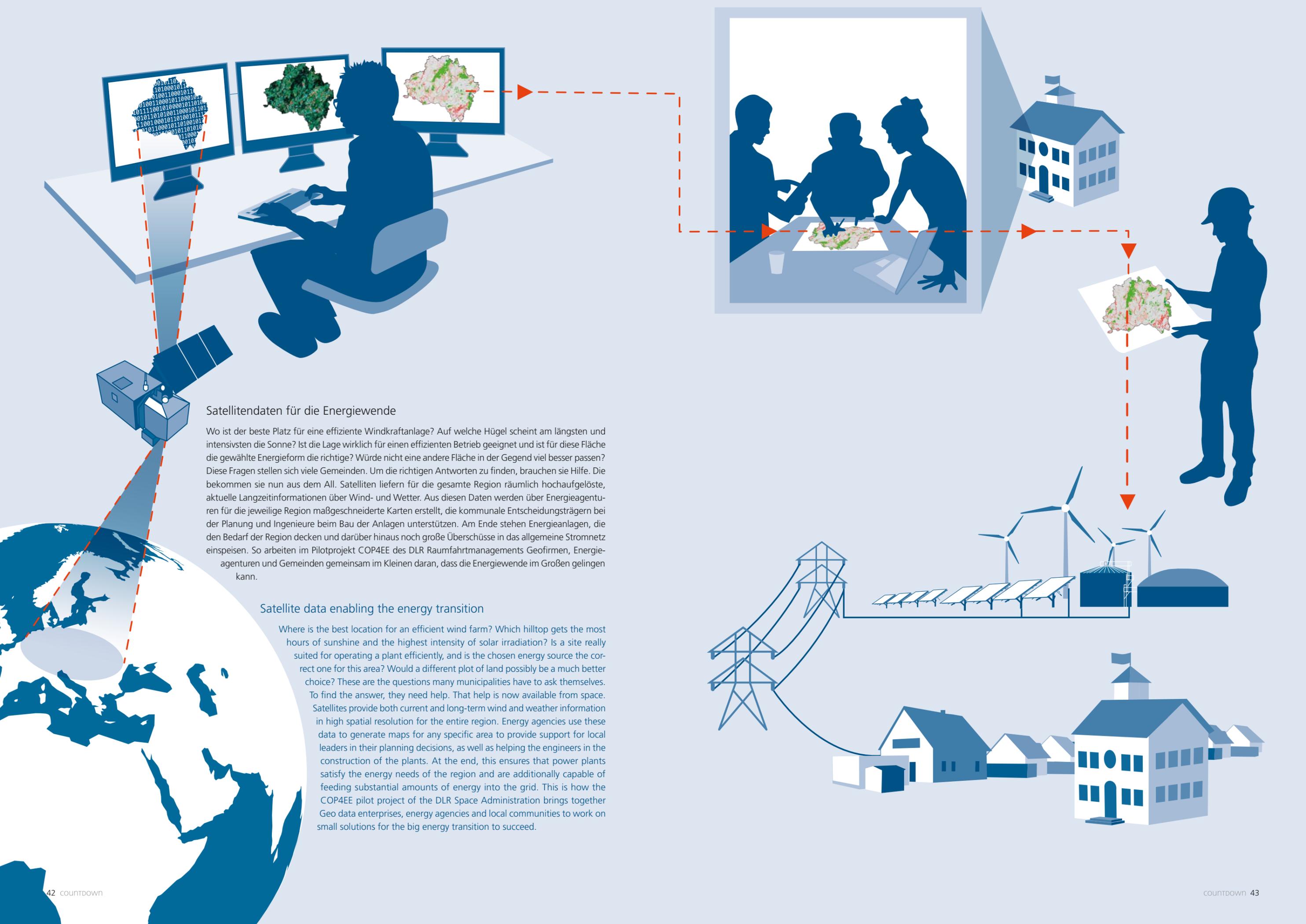
## Bremen warmly welcomes the world's space community

The 69<sup>th</sup> International Astronautical Congress (IAC) will take place in Bremen on October 1–5, 2018. The event is considered to be the world's most important conference on spaceflight. Founded in 1951 in an effort to advance the dialogue between scientists from every part of the world and to support international space activities, the IAC still today brings together members of the space community at a conference venue. About 3,000 delegates are expected to attend this year. The International Astronautical Federation as the organiser is the world's leading body representing the interests of the space sector. It has around 300 members, including all major space agencies, space tech companies and institutions from over 60 countries. DLR is represented by a large number of experts and has its own exhibition stand, no. D50, in hall 5. Here, the key projects of DLR Space Administration and DLR Space Exploration and Technology are on display – including some exhibits of current missions, such as “horizons”, carried out by Germany's ESA astronaut Alexander Gerst, and the MASCOT mission operated jointly with JAXA and CNES to explore the Ryugu asteroid.



<https://www.iac2018.org/>





### Satellitendaten für die Energiewende

Wo ist der beste Platz für eine effiziente Windkraftanlage? Auf welche Hügel scheint am längsten und intensivsten die Sonne? Ist die Lage wirklich für einen effizienten Betrieb geeignet und ist für diese Fläche die gewählte Energieform die richtige? Würde nicht eine andere Fläche in der Gegend viel besser passen? Diese Fragen stellen sich viele Gemeinden. Um die richtigen Antworten zu finden, brauchen sie Hilfe. Die bekommen sie nun aus dem All. Satelliten liefern für die gesamte Region räumlich hochaufgelöste, aktuelle Langzeitinformationen über Wind- und Wetter. Aus diesen Daten werden über Energieagenturen für die jeweilige Region maßgeschneiderte Karten erstellt, die kommunale Entscheidungsträgern bei der Planung und Ingenieure beim Bau der Anlagen unterstützen. Am Ende stehen Energieanlagen, die den Bedarf der Region decken und darüber hinaus noch große Überschüsse in das allgemeine Stromnetz einspeisen. So arbeiten im Pilotprojekt COP4EE des DLR Raumfahrtmanagements Geofirmen, Energieagenturen und Gemeinden gemeinsam im Kleinen daran, dass die Energiewende im Großen gelingen kann.

### Satellite data enabling the energy transition

Where is the best location for an efficient wind farm? Which hilltop gets the most hours of sunshine and the highest intensity of solar irradiation? Is a site really suited for operating a plant efficiently, and is the chosen energy source the correct one for this area? Would a different plot of land possibly be a much better choice? These are the questions many municipalities have to ask themselves. To find the answer, they need help. That help is now available from space. Satellites provide both current and long-term wind and weather information in high spatial resolution for the entire region. Energy agencies use these data to generate maps for any specific area to provide support for local leaders in their planning decisions, as well as helping the engineers in the construction of the plants. At the end, this ensures that power plants satisfy the energy needs of the region and are additionally capable of feeding substantial amounts of energy into the grid. This is how the COP4EE pilot project of the DLR Space Administration brings together Geo data enterprises, energy agencies and local communities to work on small solutions for the big energy transition to succeed.



# AUSSERIRDISCHE ENERGIEWENDE

Satellitendaten helfen bei der nachhaltigen Planung neuer alternativer Energieanlagen

Von Dr. Stefanie Schrader

Am 3. Juni 2011 geht ein Ruck durch Deutschland: Als Reaktion auf die Katastrophe von Fukushima beschließt die Bundesregierung den Ausstieg aus der Kernkraft. Die Laufzeitverlängerung der bestehenden deutschen Atomkraftwerke wird rückgängig gemacht. Der Atomausstieg bedeutet jedoch mehr als nur das Aus für die deutschen Kernkraftwerke. Mit ihm wurden die Weichen für eine komplette Neuausrichtung der Energieversorgung in Deutschland gestellt. Diese soll nicht nur risikofreier, sondern auch klimaverträglicher und damit nachhaltiger sein. Solar-, Wind-, Bioenergie sowie die Wasserkraft und Geothermie sollen den größten Teil der deutschen Energieversorgung abdecken. Doch bislang werden Solar- und Windparks in der Regel herkömmlich geplant: Eine Fläche wird ausgewählt. Das Gelände wird besichtigt. Kartenmaterial aus dem Katasteramt – und im Idealfall Luftbilder – stehen für die Bauplanung zur Verfügung. Vorhandene Datensätze mit Jahresmittelwerten zu solaren Einstrahlungsintensitäten oder Windstärken und -richtungen werden für eine grobe Einschätzung der Wind- und Wetterverhältnisse zu Rate gezogen – und dann wird gebaut. Doch ist die Lage für einen effizienten Betrieb wirklich geeignet? Ist für diese Fläche die gewählte Energieform die richtige? Würde sich nicht eine andere Fläche in der Gegend viel besser eignen? Diese Fragen können nur beantwortet werden, wenn für die gesamte Region räumlich hochaufgelöste, aktuelle und über einen langen Zeitraum erhobene Informationen über Wind und Wetter mit in die Planung einfließen. Erdbeobachtungssatelliten sind ideal dafür geeignet, diese Informationen kontinuierlich zur Verfügung zu stellen. Genau das geschieht im Pilotprojekt COP4EE – Copernicus für erneuerbare Energien. Ein Beitrag des DLR Raumfahrtmanagements, um Politik und Gesellschaft bei der Energiewende nachhaltig zu unterstützen.

## ENERGY TRANSITION AIDED FROM SPACE

Satellite data for sustainable planning of new alternative energy facilities

By Dr Stefanie Schrader

On June 3, 2011, Germany experiences a wake-up call: in response to the Fukushima disaster, the Federal Government decides to phase out nuclear power, reversing its earlier decision to extend the lifetime of the existing German nuclear power plants. However, the implications of the nuclear phase-out decision are wider than merely switching off the power stations. The decision leads to a complete rearrangement of Germany's energy sector: the system is to become not only less hazardous but also more climate-friendly and thus more sustainable. The aim is to cover most of Germany's energy demand by solar, wind, and bioenergy as well as hydro and geothermal power. So far, however, the planning for solar and wind parks has been handled very much the conventional way: a plot of land is chosen. People inspect the terrain. Land registry maps and – ideally – aerial photographs are made available to the planning teams. Existing datasets on annual average insolation intensities and wind speed and directions are consulted to obtain a rough assessment of the prevailing wind and weather conditions – and subsequently, construction begins. But is the location really the most suitable one for an efficient operation? Is the form of energy selected the right one for the area and region? Would a different site in the area not be far more suitable? All these questions can be answered only on the basis of up-to-date and long-term high-resolution information about wind and weather for the region as a whole. Earth observation satellites are ideally suited for providing that information on a continuous basis. This is now happening under the COP4EE (Copernicus for renewable energy) pilot project. It is a contribution made by the DLR Space Administration to support the German politicians and people in managing the energy transition.

Ein Windrad in einem Dorf macht noch keine Energiewende. Versuchen allerdings viele Gemeinden, den Umstieg auf erneuerbare Energieträger zu schaffen, wird das die Wende vorantreiben. Satellitendaten helfen bei der Planung.

One single wind turbine in a village does not make an energy transition. However, if many local communities decide to go for renewable energy sources, this will boost this process. Satellite data support planning decisions.



Evi Blink/DLR

Wie aus Satellitendaten Informationen für kommunale Entscheidungsträger werden: Achim Hill, Geschäftsführer der Energieagentur Region Trier GmbH, hilft Gemeinden bei der Entscheidung, welche Energieform an welchem Ort die besten Möglichkeiten für die maximale Energieausbeute bietet und unterstützt sie bei der Planung der Anlagen.

How satellite data are turned into valuable decision support for local leaders: Achim Hill, managing director of Energieagentur Region Trier GmbH, helps local decision makers make optimum energy choices with the best yield prospects for each location, backing them up in the entire planning process.

## Ein Land schafft die Wende?

Mit dem Ausstieg aus der Kernkraft musste die landesweite Energieversorgung neu ausgerichtet werden. Energie sollte nicht nur sicher, sondern auch „sauber“ werden. Die Lücke aus der fehlenden Versorgung durch Kernkraft sollte klimaverträglich und nachhaltig geschlossen werden – also nicht durch fossile Quellen wie die Kohle. So wurden erneuerbare Energien zur zentralen Säule der Energiewende. Stammen 2008 lediglich 15,1 Prozent des Bruttostromverbrauchs aus erneuerbaren Energieträgern, deckten sie im Jahr 2017 bereits mehr als 30 Prozent des gesamten Stromverbrauchs ab. Von 2017 auf 2018 wuchs ihr Anteil innerhalb eines Jahres um fast fünf Prozent auf 36,2 Prozent an. Der Anteil von erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte nahm zwischen 2008 und 2017 ebenfalls zu – von 8,5 auf knapp 13 Prozent. Während für die Wärmeenergie vor allem biogene Brennstoffe und Gase, Geothermie und Solarthermie genutzt werden, stammt der Strom aus Windenergie, Photovoltaik, Wasserkraft und biogenen Brennstoffen sowie Gasen. Im Jahr 2017 lieferte die Windkraft mit einem Anteil von rund 49 Prozent den meisten Strom. Laut einer Analyse des Umweltbundesamtes konnten durch erneuerbare Energieträger im Bereich der Stromerzeugung im Jahr 2017 fast 138 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent und im Bereich der Wärmeerzeugung knapp 34 Millionen Tonnen eingespart und damit klimaschädliche Treibhausgase reduziert werden.

## Erneuerbare Energien und ihre Tücken

Trotz aller Vorteile stellen uns die erneuerbaren Energieträger auch vor Herausforderungen. Vor allem Wind- und Solaranlagen weisen die höchste Fluktuation in der Energieproduktion auf. Da sie von den Wetterbedingungen sowie den Tages- und Jahreszeiten bestimmt werden, wechseln sich Überproduktion und Mangelsituationen ab. Um in Zeiten von Dunkelflauten eine sichere Versorgung zu garantieren, müssen andere Energieträger die Grundlast absichern. Hierzu gehören momentan noch die Kohle, aber auch die Biomasse. Zudem wird die Energie oft nicht dort produziert, wo sie auch genutzt werden soll. Wie zum Beispiel bei Offshore-Windrädern vor den deutschen Küsten muss die Energie erst zum Verbraucher geleitet werden. Meist dürfen in Regionen mit dem höchsten Verbrauch – also vor allem in den Städten – keine Anlagen gebaut werden. Darum sind die erneuerbaren Energieträger und -anlagen regional bis lokal in das Netz eingebunden, was ein viel höheres Maß an Koordination und Planung erfordert.

Auf den richtigen Energiemix aus Wind, Sonne, Biomasse und Erdwärme kommt es an. Dieser muss für eine Region wie die Südeifel perfekt zugeschnitten sein, um das beste Ergebnis zu erzielen. Satellitendaten können hier bei der Planung helfen.

It's the mix that matters: the perfect combination of wind, solar, biomass and geothermal energy must be found for a region like the Südeifel district to achieve the best results. Satellite data can be a great help in the planning process.



Evi Blink/DLR

## Can Germany turn it around?

The decision to phase out nuclear energy meant that the power supply of the entire country had to be re-aligned. Energy was meant to be not only safe but 'clean' as well. Closing the gap left behind by the nuclear opt-out was to be done by climate-friendly and sustainable means, i.e. not by fossil sources such as coal. Thus, renewable energy sources became pivotal in the energy transition. While in 2008 no more than 15.1 per cent of Germany's gross power consumption came from renewables, they already supplied more than one third of the total power consumption in 2017. Within one year, from 2017 to 2018, their share increased by almost five per cent to 36.2 per cent. Similarly, the share of renewables in the energy consumed for heating and air conditioning increased from 8.5 to almost 13 per cent between 2008 and 2017. While renewable heating energy is mainly generated from biomass fuels and biogenic gas as well as geothermal and solar thermal systems, electricity comes from wind energy, photovoltaics, and hydroelectric power as well as biogenic fuels and gases. At around 49 per cent, wind power held the greatest share in electricity generation in 2017. According to a study by the Federal Environmental Agency, the use of renewable energy sources saved the equivalent of almost 138 million tonnes of carbon dioxide in power consumption and generation and nearly 34 million tonnes in heat generation in 2017, reducing the emission of harmful greenhouse gases.

## Renewable energy sources and their pitfalls

Despite all their advantages, renewable energies also come with certain challenges. For one, the production of energy from wind and solar energy plants is subject to massive fluctuation. Being dependent on weather conditions, time of day, and seasons, they vary anywhere between overproduction and shortage. To guarantee security of supply in times of non-production caused by darkness and calms, other energy carriers must cover the base load. At the moment, these still include coal but also biomass. Moreover, energy is frequently not generated at the place of consumption. One case in point is offshore windfarms along the coasts of Germany, the energy output of which needs to be transferred to mainland consumers. As a rule, in regions where consumption is the highest, i.e. mainly in cities, no wind parks may be built at all. For this reason, renewable energy sources and power plants are connected to regional and local grids. This calls for a high degree of coordination and planning.

## How can satellite data help?

So renewable energy carriers confront us with new challenges, but they also open up new opportunities for utilities, municipalities, planning bodies, and farmers as well as for companies that offer services related to space, environmental, and satellite data. Satellite data serve to monitor environmental parameters such as, for example, the intensity of solar irradiation, as well as the health status of crops and trees at several spatial and temporal scales, and help monitor any changes. The data provide important details about environmental processes and changes in natural resources – in other words, exactly the factors that make renewable energies such a challenge. At the same time, the exploitation of satellite data is becoming easier all the while. A constant supply of information and data products is becoming available in continuously improving quality from national and international missions and programmes. These include the data delivered by the German TerraSAR-X and TanDEM-X missions and the Rapid Eye system as well as the European Copernicus and EUMETSAT programmes.



Petry

Moritz Petry

## COUNTDOWN-Interview mit Bürgermeister Moritz Petry

**Herr Petry, Sie sind Bürgermeister der knapp 20.000 Einwohner starken Verbandsgemeinde Südeifel. Wie groß ist dort der Energiebedarf heute und wie hat er sich über die letzten Jahre verändert?**

: Wir haben aktuell einen Wärmebedarf von 198 GWh und einen Strombedarf von 71 GWh. Im Jahr 2012 betrug der Wärmebedarf 210 GWh und der Strombedarf 74 GWh. Von dem Wärmebedarf werden derzeit rund 9 GWh aus regenerativen Quellen dezentral erzeugt. Die regenerative Stromeinspeisung von 148 GWh übersteigt den Stromverbrauch bereits um 108 Prozent. Den größten Anteil hat hierbei die Windstromeinspeisung mit 97 GWh. Im Jahr 2012 wurden vom Wärmebedarf 7 GWh aus regenerativen Quellen dezentral erzeugt und die regenerative Stromeinspeisung betrug 121 GWh.

## COUNTDOWN interview with mayor Moritz Petry

**Mr Petry, you are the mayor of the Südeifel Verbandsgemeinde, a local government district with a population of nearly 20,000. What is your local energy demand today, and how has it changed over recent years?**

: Our current energy use for heating is 198 GWh, and our electricity demand is 71 GWh. In 2012, heating power consumption was 210 GWh and electricity demand was 74 GWh. Regarding heating energy, about 9 GWh of the current demand come from decentralised, renewable sources. Electricity generated from renewables is currently 148 GWh, which even now exceeds consumption by 108 per cent. At this, wind power at 97 GWh contributes the biggest share. In 2012, 7 GWh of the local heating energy demand was generated from renewables in decentralised plants, and electricity feed-in was 121 GWh.

**Welchen Energiemix bezieht die Verbandsgemeinde Südeifel?**

: Wir sind mit unseren Liegenschaften überwiegend ölsversorgt, beziehen aber zum Beispiel die Wärme unseres Verwaltungsgebäudes in Neuerburg aus einem Nahwärmenetz, welches von einer Hackschnitzelanlage gespeist wird. Darüber hinaus existiert für Private und Öffentliche in der Verbandsgemeinde ein Mix aus Biogas, Photovoltaik, Windkraft sowie dem Heizen mit Scheitholz, Pellets, Holzhackschnitzeln und über Wärmepumpen.

**What is the Südeifel district's current energy mix?**

: Most properties around here are heated with oil, but our administrative building in Neuerburg is supplied by a district heating plant fired by a wood-chip system. Other private and public energy users in our district use a mix of biogas, photovoltaics, windenergy, as well as log-fired, wood-pellet and wood-chip heating systems, and some also operate heat pumps.

„Wir können mittels Flächennutzungsplanung so effizient mit unseren Flächen umgehen, dass wir einen voll auskömmlichen Energiemix in der Verbandsgemeinde erreichen.“

Moritz Petry, Bürgermeister der Verbandsgemeinde Südeifel

‘Through proper land-use planning, we can achieve a higher degree of efficiency and aim for an adequate energy mix.’

Moritz Petry, mayor of the Südeifel Verbandsgemeinde

Auf den Feldern in der Südeifel wächst viel Mais, um die zahlreichen Biogasanlagen der Region zu füllen. Da die Gemeinden einem gewissen Flächendruck ausgesetzt sind, wird nun überlegt, ob sie in Zukunft stärker auf Photovoltaik setzen sollten. Satellitendaten könnten ihnen bei der Entscheidung helfen.

A considerable amount of maize is grown on these fields to feed the many anaerobic digesters in the region Südeifel. As the local community is coming under increasing pressure from land demand, people are now considering a shift to more photovoltaics in the future. Satellite data can help them in that decision.



Evi Blink/DLR

## Wie können Satellitendaten helfen?

Die erneuerbaren Energieträger stellen uns also vor neue Herausforderungen, eröffnen aber auch neue Möglichkeiten für Versorger, Städte, Gemeinden, Planungsverbände, Landwirte sowie für Unternehmen, die mit Raum-, Umwelt- und Satellitendaten arbeiten. Mit Satellitendaten können Umweltparameter wie zum Beispiel die Intensität der Sonneneinstrahlung oder der Gesundheitszustand von Ackerpflanzen und Bäumen innerhalb verschiedener räumlicher und zeitlicher Ebenen erfasst und Veränderungen entdeckt werden. Damit liefern diese Daten wichtige Details über Umweltprozesse und Veränderungen natürlicher Ressourcen – also genau die Faktoren, die erneuerbare Energien so herausfordernd machen. Dabei wird die Nutzung von Satellitendaten immer einfacher, da stetig mehr Informationen und Datenprodukte aus nationalen und internationalen Missionen und Programmen in immer besserer Qualität zur Verfügung stehen. Hierzu gehören Daten der deutschen TerraSAR-X und TanDEM-X-Missionen, des Rapid Eye-Systems sowie der europäischen Copernicus- und EUMETSAT-Programme.

## Planungshilfe aus dem All

Durch den Einsatz von Satellitendaten können Regionen, Gemeinden und Städte Strategien für die Energieversorgung entwickeln und so die Energiewende unterstützen. Gerade für kleine Gemeinden ist eine exakte Planung der Energieanlagen wichtig. Wo muss der Windpark entstehen, um die höchste Energieeffizienz zu liefern? Welche Fläche eignet sich ideal für Solaranlagen? Wie kann eine Region ihren Nahwärmebedarf sowie den eigenen Strombedarf vollständig decken und zusätzlich Energie exportieren? Wie lässt sich die Nutzung von Biomasse ausbauen, ohne weitere landwirtschaftliche Flächen dafür zu nutzen? Die Antworten auf alle diese Fragen kommen aus dem All.

## COP4EE – Energiewende leicht gemacht

Im Projekt COP4EE liefern Satellitendaten eine Entscheidungsgrundlage, für welche erneuerbaren Energieträger die verfügbaren Flächen in einer Region geeignet sind. Optische Satellitendaten von Sentinel-2 und Rapid Eye werden unter anderem genutzt, um die Menge an verfügbarer Biomasse in Forstgebieten und auf Ackerflächen abzuschätzen. Mit Radardaten wie denen von Sentinel-1 und TerraSAR-X kann zudem die Wachstumsgeschwindigkeit abgeleitet werden. So entstehen Informationskarten, die genau zeigen, welche Flächen für welchen erneuerbaren Energieträger am besten geeignet wären. Dadurch ist neben der Potenzialanalyse auch ein regelmäßiges Monitoring der Flächen möglich, wodurch Veränderungen schnell erkannt werden können – insbesondere im Bereich der Biomasse. Für die Potenzialanalyse werden nur Flächen in einer Region berücksichtigt, die wirklich nutzbar wären – also nicht bereits durch eine Energieanlage bebaut oder verplant oder durch rechtliche Vorgaben oder sonstige Einschränkungen von einer Nutzung ausgeschlossen sind. Ökonomische, ökologische und rechtliche Aspekte werden bei jeder Analyse beachtet.



Evi Blink/DLR

Auch Windkraftanlagen versorgen die Verbandsgemeinde Südeifel mit reichlich Strom. 97 Gigawattstunden haben diese Anlagen im Jahr 2017 insgesamt ins Stromnetz der Verbandsgemeinde Südeifel eingespeist und sind damit ein Energieträger mit Zukunft für diese Region.

Wind farms supply the Südeifel district with plenty of electricity. The annual output of these turbines fed into the Südeifel grid was 97 gigawatt hours in 2017, which makes them an energy source with great future potential for the region.

## Planning assistance from space

The use of satellite data will enable regional governments and municipalities to develop energy supply strategies that will support the energy transition. Exact planning is important especially for the energy systems serving small communities. Where will a wind park have to be built to ensure maximum energy efficiency? Which site is ideal for solar power systems? How can a region completely cover its local heating and electricity needs and even export energy at the same time? How can power generation from biomass be enhanced without using yet more agricultural land for the purpose? The answers to all these questions come from space.

## COP4EE – energy transition made easy

Under the COP4EE project, satellite data provide a basis for deciding which renewable energy sources are suitable for the land available in a particular region. One possible use of visual satellite data from Sentinel-2 and Rapid Eye is to estimate the volume of available biomass in forests and arable land. Radar data like those delivered by Sentinel-1 and TerraSAR-X have the additional benefit of indicating the speed of growth. In this way, information maps can be generated which indicate exactly what sites might be most suitable for which renewable energy source. Besides assessing local potential, the land can be monitored regularly so that any changes can be identified quickly, particularly changes affecting biomass. When analysing potentials by using satellite data, only those sites within a region are taken into account which are actually available, i.e. sites that are not already occupied by or reserved for a power plant, or are excluded from use by land use requirements or other legal restrictions. Economic, ecological, and legal aspects are taken into account in every analysis.

## Was kann eine Gemeinde wie die Verbandsgemeinde Südeifel dafür tun, dem Klimawandel energietechnisch entgegenzuwirken?

: Wir können mittels Flächennutzungsplanung so effizient mit unseren Flächen umgehen, dass wir einen voll auskömmlichen Energiemix in der Verbandsgemeinde erreichen und die regenerative Wärmeerzeugung und Stromeinspeisung noch steigern.

## What can a local authority like that of the Südeifel district do in terms of energy use to combat climate change?

: Through proper land-use planning, we can achieve a higher degree of efficiency and aim for an adequate energy mix, and further increase the amount of energy from renewables that we feed into the grid.

## Wie kam es dazu, dass die Verbandsgemeinde Südeifel beim COP4EE-Projekt mit dabei ist?

: Die regionale Energieagentur in Trier lud uns ein, dieses Projekt kennenzulernen. Obwohl der erste Termin nicht zustande kam, blieben wir am Thema dran und reagierten auf die Anfrage von Dr. Lessing von DELPHI. In einem ersten Termin in Neuerburg zeigte er uns mit den Kooperationspartnern im Detail die Möglichkeiten des Projekts.

## What were the reasons for the Südeifel district to participate in the COP4EE project?

: It was the regional energy agency in Trier that introduced us to the project. Although the first meeting to which we had been invited had to be cancelled, we continued to pursue the matter and responded to the DELPHI survey we received from Dr. Lessing. At a first meeting in Neuerburg, he and other cooperation partners gave us details about the potential of the project.

## Wie haben Satellitendaten Ihrer Gemeinde bislang bei Planung und Nutzung von Energieanlagen geholfen und wie werden Erdbeobachtungsdaten das in der Zukunft tun?

: Bis heute haben wir uns eines solchen Instruments nicht bedient. Allerdings haben wir trotz dünner Besiedlung einen gewissen landwirtschaftlichen Flächendruck in der Verbandsgemeinde. Dies resultiert aus einer hohen Dichte von Biogasanlagen, die gefüllt werden müssen. Wir wollen uns der Frage stellen, welches Potenzial unsere gesamte Gemeindefläche von circa 365 Quadratkilometern abbildet. Dies könnte uns die Erkenntnis liefern, vielleicht stärker auf Photovoltaik oder nachwachsende Rohstoffe zu setzen als auf die bisherigen Nutzungen.

## In your planning policy concerning energy generation: to what extent has your district been using satellite data so far, and what benefit do you expect from Earth observation data in the future?

: This is a planning instrument we have not used yet. That said, we are under considerable pressure concerning land use, given that we have a high density of anaerobic digesters that need to be fed. We intend to take a closer look at the potential of our 365-square kilometer area. We might find that we need to do more in terms of photovoltaics and renewable biomass rather than relying on concepts of the past.



Die Verbandsgemeinde Südeifel überlegt gerade, die Hauptlast ihrer Energieerzeugung von Biogas in Richtung Photovoltaik zu verschieben. In dieser Region stehen schon einige Anlagen. Wie sich dieses Vorhaben umsetzen lässt und wo der effizienteste Platz für Photovoltaik liegt, können auch Satellitendaten zeigen.

People from the Südeifel are currently considering a shift from biogas to photovoltaics as main ingredient of their energy mix. Some solar installations are already up and running in this region. Satellite data can be instrumental in deciding exactly how to make that plan work, and where photovoltaic systems might most efficiently be installed.

Durch den Einsatz von Satellitendaten können solche Analysen regelmäßig für eine ganze Region innerhalb kurzer Zeit wiederholt werden. Dadurch können Firmen – wie die im COP4EE-Konsortium zusammengeschlossenen – einen Informationsdienst für ihre Kunden anbieten, der flächenscharf Informationen liefert, einen Überblick auch über größere Gebiete und Regionen bietet und regelmäßig aktualisiert werden kann. Die Potenzialanalyse bietet darüber hinaus auch die Möglichkeit, für Planungsszenarien genutzt zu werden. Da es Flächen gibt, die für verschiedene Energieträger gleich gut geeignet wären, entstehen verschiedene Varianten für die Nutzung. Sind auf einer Fläche Windenergieanlagen genauso effektiv wie Photovoltaikanlagen, können unterschiedlichste Planungsszenarien simuliert werden. Zudem lassen sich die Folgen von individuellen Wünschen für bestimmte Energieträger einer Region oder Gemeinde abschätzen. Das Projekt COP4EE wird von dem Unternehmen DELPHI IMM GmbH koordiniert. Beteiligt sind außerdem die Remote Sensing Solutions GmbH, die M.O.S.S. Computer Grafiksysteme GmbH sowie die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. Als Kooperationspartner für die Pilotphase in Rheinland-Pfalz sind die Energieagentur Rheinland-Pfalz und die Stadtwerke Trier mit dabei.

Satellite-based analyses like these may be regularly repeated for a whole region within short intervals. This enables companies like the service providers of the COP4EE consortium to offer information to their clients which either strictly focuses on a specific area, or covers larger areas and regions, and may optionally be used for wider planning scenarios as well. Given that some areas are equally suitable for different energy sources, the data can be used to create several different exploitation variants. If wind energy and photovoltaic plants are potentially equally effective in a particular area, different planning scenarios can be simulated. Moreover, the consequences of a regional or local government's individual preferences for a particular energy source can be assessed. The project coordinator of COP4EE is DELPHI IMM GmbH. Further participating companies include Remote Sensing Solutions GmbH, M.O.S.S. Computer Grafiksysteme GmbH, and Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. During its pilot phase, the project has also been joined by the energy agency of Trier as well as Stadtwerke Trier.

„Die regenerative Stromerzeugung von 148 Gigawattstunden übersteigt den Stromverbrauch bereits um 108 Prozent.“

Moritz Petry, Bürgermeister der Verbandsgemeinde Südeifel

‘Electricity generated from renewables is currently 148 gigawatt hours, which even now exceeds consumption by 108 per cent.’

Moritz Petry, mayor of the Südeifel Verbandsgemeinde

## Welche erneuerbaren Energieträger sind wirklich „sauber“?

**Wasserkraft** und **Windkraft** sind seit Jahrtausenden als Energieträger bekannt und werden weltweit genutzt. Die Wasserkraft wurde als erster erneuerbarer Energieträger für die Stromversorgung privater Haushalte und Gewerbe genutzt – ein Pionier der klimaverträglichen und nachhaltigen Energieversorgung. Da für den Bau vieler großer Wasserkraftwerke Wasserläufe angepasst sowie der Lebensraum von Fischen und anderen aquatischen Tieren nachhaltig verändert wurde, erfolgte der Bau dieser Anlagen nicht immer umweltverträglich. Bei heutigen Baumaßnahmen wird zum Beispiel über Fischtreppen versucht, schwere Eingriffe in die Natur zu verhindern. Die Windenergie ist zwar ein ebenso alter Energieträger. Doch erst mit der Entwicklung effizienterer Windräder konnte diese Energie zur zentralen Versorgung genutzt werden.



**Photovoltaik** wird seit den 1970er-Jahren, der Ölkrise und der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl 1986 vermehrt eingesetzt. Photovoltaikanlagen werden durch neue Beschichtungsmaterialien immer effizienter. Man unterscheidet zwischen Photovoltaik auf Dächern und Freiflächen am Boden.



Der Einsatz von **Biomasse** wird kontrovers diskutiert. Sie ist jedoch grundlastfähig, aktiv regelbar und damit unverzichtbar. Biomasse ist neben der Wasserkraft der einzige Energieträger, der aktiv geregelt werden und somit die Aufgabe der Grundlastversorgung übernehmen kann. Biomasse bedeutet nicht nur Mais, Raps und Zuckerrüben, sondern umfasst auch Restholz aus Wäldern und Kurzumtriebsplantagen (KUP) sowie Reststoffe wie Gülle, Stroh, Bioabfälle und Klärschlamm.



Die **Geothermie** ist ebenfalls ein zuverlässiger erneuerbarer Energieträger, der Bau von Anlagen jedoch nicht immer umweltverträglich. Geothermie wird derzeit hauptsächlich für die Wärmeversorgung eingesetzt.



## What renewable energy sources are really 'clean'?

**Water power** and **wind power** have been known as renewable energy sources for thousands of years and are used worldwide. Hydroelectric power was the first to emerge, providing electricity to private households and businesses, pioneering the climate-friendly and sustainable supply of energy. However, as the construction of big hydroelectric power plants led to changes in free-flowing watercourses and the habitats of fish and other aquatic animals, such power stations have not always been built in an environment-friendly manner. Today's construction projects try to prevent such severe interferences with nature by installing fish ladders, for example. Wind, of course, is an energy carrier with an equally long history, but it was only the development of efficient wind turbines that enabled it to be used for centralised power supply.

Since the 1970s, the oil crisis, and the nuclear disaster in Chernobyl in 1986, **photovoltaics** has seen a constant growth. Photovoltaic systems are continually becoming more efficient thanks to new solar-panel coating materials. We distinguish two kinds of systems, those on roofs and those on the ground.

The use of **biomass** is controversially discussed. However, it is capable of securing base loads and can be actively regulated, which makes it indispensable. Besides hydroelectric energy, biomass is the only other energy source that can be regulated actively and is capable of keeping the provision of base load energy steady. Biomass includes not only maize, rapeseed, and sugar beet but also surplus wood from forests and short-rotation coppices (SRC) as well as residual matter like liquid manure, straw, bio-waste, and sewage sludge.

**Geothermics** is another reliable source of renewable energy, but building new plants can be risky due to the drilling process. At present, geothermal energy is mainly used in heating systems.



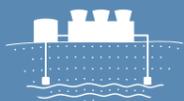
In der Südeifel stehen viele Windkraftanlagen. Sie haben mit einer Einspeisung von 97 Gigawattstunden im Jahr 2017 den größten Anteil daran, dass die regenerative Stromerzeugung den Stromverbrauch der Verbandsgemeinde Südeifel bereits um 108 Prozent überschritten hat.

The Südeifel region has many wind turbines. Their output of 97 gigawatt hours in 2017 has been the main reason why the proportion of power generated from renewables in the Südeifel district has already exceeded total consumption by 108 per cent.



Autor: **Dr. Stefanie Schrader** ist in der Abteilung Erdbeobachtung des DLR Raumfahrtmanagements zuständig für das Thema Energie. Sie leitet das Projekt COP4EE und hilft damit, die Energiewende auch in kleineren Gemeinden voranzutreiben.

Author: At the DLR Space Administration's department of Earth observation, **Dr Stefanie Schrader** is responsible for energy. In her role as COP4EE project leader she helps small local communities in their effort to move the energy transition forward.



## Geothermie – Energieform mit Zukunft

Geothermische Quellen haben bislang nur einen sehr geringen Anteil an der regenerativen Energieerzeugung in Deutschland. Auf lange Sicht könnte sich das allerdings ändern. Daher wird aus geologischen Katastern geprüft, ob sich die geplante Region für eine geothermische Stromerzeugung eignet. Dabei wird zwischen oberflächennaher und Tiefengeothermie unterschieden. Für beide Energieformen kann über eine Strukturanalyse auf Basis der Satellitenbilddaten ermittelt werden, ob neben Gebäuden genügend Flächen für einen sinnvollen Einsatz dieser Energieformen vorhanden sind. Zum Einsatz kommen aktuelle und bestehende Produkte wie zum Beispiel der Copernicus Urban Atlas. Für die Tiefengeothermie werden diese Informationen mit geologischen Daten verglichen.

## Geothermics – energy with a future

So far, the share of geothermal sources in the generation of renewable energy in Germany has been very low. However, this might change in the long run. Therefore, geological land registers are being consulted to see if a region might be suitable for geothermal power generation. Here, a distinction has to be made between near-surface geothermics and deep geothermal energy. With regard to both forms of energy, a structural analysis based on satellite image data will show whether there is sufficient space not only for buildings but also for a meaningful exploitation of this energy. The products used for the purpose are up-to-date and available like, for instance, the Copernicus Urban Atlas. For deep geothermics, satellite information is additionally compared with geological data.



euroluftbild.de/Werner Riehm/dpa



## Windkraft – Energieform mit schwankenden Strommengen

Hat das geplante Gelände das Potenzial für einen effizienten Windpark? Um das herauszufinden, werden zunächst mit Hilfe von optischen und Radardaten von Satelliten die Geländestrukturen ermittelt. Im zweiten Schritt werden unter Berücksichtigung der regionalen Abstandsvorschriften zu Infrastrukturen, Naturschutzflächen und Gewässern sogenannte Flächen für den Bau von Windenergieanlagen bestimmt. Innerhalb dieser Flächen wird anhand der Windgeschwindigkeit und des Leistungsparameters der jeweiligen Windenergieanlage ein Energieertrag des potenziellen Windparks berechnet.

## Wind power – an energy form with fluctuations

Does the site envisaged have the potential for an efficient wind park? The first step to answer that question is to determine the structure of the terrain with the aid of optical and radar data from satellites. In the second step, suitable areas for the construction of wind energy plants will be identified, taking into account any regional regulations regarding distances to infrastructures, nature conservation zones, and bodies of water. Within these areas, the energy yield of the potential wind park will be computed based on wind velocities and the performance parameters of the wind energy generator in question.



Evr Blink/DLR



## Sonnenstrom – Energieform mit Schattenseiten

Ist das geplante Gelände ideal für eine Solarthermie- oder Photovoltaik-Anlage geeignet? Um diese Frage zu beantworten, wird das Solarpotenzial unter anderem auf Basis von Sentinel-Daten sowohl für Frei- als auch für Dachflächenanlagen regelmäßig ermittelt. Für die Analyse des Potenzials freier Flächen wird die Nutzung der Landoberfläche regelmäßig aus Copernicus-Daten abgeleitet. Die Untersuchung des Dachflächenpotenzials basiert auf einem Verfahren, das Informationen aus Sentinel-Daten mit Katasterinformationen kombiniert. Hier spielt auch der Schatten eine entscheidende Rolle: Wie groß ist die Schattenfläche und wie lange ist die geplante Freiflächenanlage ohne Sonnenenergie? Welche Energieverluste entstehen dadurch? Diese Daten werden für die Flächen berechnet und in die Potenzialbestimmung mit einbezogen.

## Solar power – an energy form with shady aspects

Is the area under consideration ideal for a solar thermal energy or photovoltaic plant? To answer that question, solar potentials are regularly determined on the basis of, amongst others, Sentinel data both with regard to free-standing as well as for rooftop installations. To analyse the potential of an unoccupied area, information on land use is regularly derived from Copernicus data. The investigation of the rooftop potential is based on a method that combines land-registry with Sentinel information. Shaded areas constitute a crucial aspect. How large is the shadow, and for how long will the envisaged open-space installation be without solar energy? How big are the losses caused by this? All data is analysed and taken into consideration when determining an area's potential.



Evr Blink/DLR



## Biomasse – die zuverlässige Energieform

Wind- und Solarenergie sind nicht immer und überall gleich stark vorhanden. Ihre Einspeisung ist von Wetterbedingungen sowie der Tages- und Jahreszeit abhängig. Diese Schwankungen der Strommengen sind eine große Herausforderung für die Energiewende. Sie können kurzfristig zu einer Überproduktion oder zu einem Mangel führen, der durch ein effizientes Last- und Einsatzmanagement mit Energie aus konventionellen Kraftwerken oder mit Bioenergie ausgeglichen werden kann. Beim Ausbau der erneuerbaren Energien steigt also die Bedeutung dieser Anlagen. Satellitendaten können hier bei der Planung helfen. Produzieren die Bauern in der Nähe genug Biomasse? Sind die Äcker für den Anbau dieser Pflanzen überhaupt geeignet und wie entwickelt sich die Biomasse saisonal? Welchen „Speicher“ muss die Biomasse als regelnder Energieträger in einer Region bereitstellen? Diese Fragen können Satellitendaten beantworten.

## Biomass – the reliable energy form

Wind and solar energy vary from time to time and from place to place. The power generated depends on weather conditions, the time of day, and the season. These fluctuations in the volume of electricity present a great challenge for the energy transition. They may rapidly lead to overproduction or, alternatively, to shortages; the latter must then be compensated with energy from conventional power plants or with bio-energy under an efficient load and usage management. Therefore, the importance of the last-named systems increases as renewable energy sources are developed. Here, satellite data may be helpful to planners. Do farms in the vicinity produce enough biomass? Is the arable land at all suitable for growing such energy crops, and how does the amount of available biomass develop seasonally? What 'reserves' should the operators of biomass digesters hold in readiness to provide enough fuel for the region? These questions can be answered by satellite data.



Evr Blink/DLR



### Bereit für die Reise zum Merkur

Die europäisch-japanische Mission BepiColombo soll am 19. Oktober 2018 auf einer Ariane 5-Trägerrakete vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou (Französisch-Guayana) abheben und nach sieben Jahren Flugzeit den Planeten Merkur erreichen. Die nach dem italienischen Mathematiker und Ingenieur Giuseppe „Bepi“ Colombo (1920–1984) benannte Mission soll den sonnennächsten Planeten detailliert erforschen und neue Erkenntnisse über die Entstehung des gesamten Sonnensystems, insbesondere der erdähnlichen „terrestrischen“ Planeten erbringen. BepiColombo besteht aus zwei wissenschaftlichen Satelliten – dem europäischen „Mercury Planetary Orbiter“ (MPO) und dem japanischen „Mercury Magnetospheric Orbiter“ (MMO). Das „Mercury Transfer Module“ (MTM) wird beide Sonden bis zum Merkur transportieren, den sie ab dem Jahr 2025 auf unterschiedlichen Umlaufbahnen erkunden. Die europäische Sonde wird auf einer niedrigen polaren Umlaufbahn die Oberfläche kartografieren und die innere Zusammensetzung des Planeten erforschen, während die japanische Sonde Merkurs Magnetfeld und dessen Wechselwirkung mit dem Sonnenwind untersuchen soll. Das Institut für Planetologie der Universität Münster, die Technische Universität Braunschweig, das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) in Göttingen und das DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin-Adlershof sind mit unterschiedlichen Instrumenten am MPO beteiligt. Neben der Eigenfinanzierung durch die wissenschaftlichen Institute fördert das DLR Raumfahrtmanagement mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie maßgeblich die deutschen Beiträge bei der europäischen Weltraumorganisation ESA. Industrieller Hauptauftragnehmer der ESA für die Mission ist AIRBUS in Friedrichshafen. Mehr über diese wichtige Mission erfahren Sie in der nächsten Ausgabe der COUNTDOWN. Im Bild: die europäische MPO-Sonde beim Test der Sonnensegel in Kourou

### Ready for take-off to Mercury

The European-Japanese mission BepiColombo is scheduled to take off on October 19, 2018 on an Ariane 5 launcher from the European spaceport of Kourou (French Guiana), reaching the planet Mercury after a flight of seven years. Named after the Italian mathematician and engineer Giuseppe 'Bepi' Colombo (1920–1984), the mission will explore our Sun's nearest neighbour planet in detail and discover fresh insights into the formation of the solar system in general and of Earth-like 'terrestrial' planets in particular. BepiColombo consists of two scientific satellites – the European Mercury Planetary Orbiter (MPO) and the Japanese Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO). Both these probes will be carried on the Mercury Transfer Module (MTM) to planet Mercury, which they will investigate on different orbits from 2025 onwards. Flying on a low polar orbit, the European probe will map the surface and explore the internal composition of the planet, while the Japanese probe will study Mercury's magnetic field and its interaction with the solar wind. The Institute of Planetology of Muenster University, the Technical University of Braunschweig, the Max Planck Institute for Solar System Research (MPS) in Goettingen, and the DLR Institute of Planetary Research at Berlin-Adlershof all have contributed various instruments to the MPO. Besides the funds raised by the research institutes themselves, the DLR Space Administration materially contributes towards the financing of Germany's contributions to the European space organisation ESA with funds from the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. ESA's prime industrial contractor for the mission is AIRBUS of Friedrichshafen. More about this important mission will appear in the upcoming edition of COUNTDOWN. Photo: the European MPO probe during the test of its solar panels at Kourou

# ZEHNTAUSEND NEUE PLANETEN

PLATO auf der Suche nach fremden Planetensystemen

Von Dr. Hans-Georg Grothues

Gibt es Planeten außerhalb unseres eigenen Sonnensystems? Diese Frage haben sich Philosophen in Europa schon sehr früh gestellt – zum Beispiel Demokrit im fünften Jahrhundert vor Christus oder später Giordano Bruno am Ende des 16. Jahrhunderts. Doch erst ab 1987 gab es erste Hinweise auf solche Exoplaneten, die jedoch zunächst noch mit großen Unsicherheiten behaftet waren, sich aber im Nachhinein als real erweisen sollten. Auf den Durchbruch musste man noch bis Oktober 1995 warten, als mit 51 Pegasi b erstmals die definitive Entdeckung eines Exoplaneten bekannt gegeben wurde, der um einen sonnenähnlichen Stern kreist. Mit verschiedenen Methoden durch erdgebundene Teleskope, vor allem aber mit Hilfe von darauf spezialisierten Raumsonden wie CoRoT und Kepler wurden und werden laufend weitere Exoplaneten entdeckt. Bis heute sind mehr als 3.800 weitere solcher Planeten gefunden worden. Weit über alle bisherigen und noch in Betrieb befindlichen Beobachtungsmöglichkeiten hinaus soll allerdings die Mission PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of stars) der europäischen Weltraumorganisation ESA gehen, die mehr als 10.000 weitere Planeten aufspüren und deren wichtigste physikalische Kenngrößen wie Durchmesser und Massen bestimmen soll. Insbesondere wird PLATO erdähnliche Planeten um nahe und damit helle Sterne ähnlich unserer Sonne entdecken. Die Raumsonde mit 26 Einzelteleskopen wird hauptverantwortlich von der Firma OHB System AG in Bremen gebaut, die Entwicklung der wissenschaftlichen Nutzlast von OHB in Oberpfaffenhofen (vormals Kayser-Threde GmbH) maßgeblich unterstützt. Das internationale PLATO-Wissenschaftskonsortium steht darüber hinaus unter der Leitung von Prof. Heike Rauer vom DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin. Aufbau und Betrieb des PLATO-Datenzentrums werden durch das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Göttingen koordiniert. Damit ist PLATO eine europäische Wissenschaftsmisson mit einem starken deutschen Anteil. Der Start der Mission soll 2026 erfolgen.

## TEN THOUSAND NEW PLANETS

PLATO's quest for alien planetary systems

By Dr Hans-Georg Grothues

Are there any planets outside our own solar system? European philosophers asked themselves that question very early on, among them Democritus in the fifth century before Christ and Giordano Bruno later on at the end of the 16<sup>th</sup> century. Yet it was not until 1987 that the first clues to the existence of such exoplanets began to appear. Fraught with massive uncertainties at first, these clues were eventually proved to be true. The breakthrough came only in October 1995, when it was announced that an exoplanet, 51 Pegasi b, had definitively been discovered, orbiting a Sun-like star. Now, increasing numbers of exoplanets are being found all the time. They are identified by various methods, including ground-based telescopes and, much more importantly, specialised space probes such as CoRoT and Kepler. To this day, more than 3800 planets of this type have been found. However, the PLATO mission (PLANetary Transits and Oscillations of stars) run by the European Space Agency ESA is intended to out-perform by far all past observation facilities that are still in use, tracking down more than 10,000 additional planets and determining their most important parameters such as diameter and mass. Most importantly, PLATO will discover Earth-like planets orbiting stars that are close and, consequently, bright, resembling our Sun. Carrying 26 separate telescopes, the space probe is being built under the direction of OHB System AG in Bremen, while OHB in Oberpfaffenhofen near Munich (formerly Kayser-Threde GmbH) substantially supports the development of the scientific payload. PLATO's international science consortium is led by professor Heike Rauer of the DLR Institute of Planetary Research in Berlin. Building and maintenance of the PLATO data centre is coordinated by the Max Planck Institute for Solar System Research in Goettingen. This makes PLATO a European science mission with a major German influence. The mission is scheduled for launch in 2026.

Das europäische Teleskop PLATO soll ab dem Jahr 2026 rund 10.000 neue Exoplaneten entdecken. Dafür sucht es nach minimalen Helligkeitseinbrüchen, die Exoplaneten verursachen, wenn sie vor ihrem Stern vorbeiziehen.

Europe's telescope PLATO is to discover about 10,000 new exoplanets from the year 2026 onwards. It will scan the sky for minimal dips in brightness that occur when an exoplanet passes in front of its star.



PLATO wird sich ab 2026 auf die Suche nach erdähnlichen Planeten machen, die um helle Sterne kreisen und deren Kenngrößen wie Durchmesser, Massen, Dichten und Alter bestimmen.

From the year 2026 onwards, PLATO will set out to look for Earth-like planets orbiting bright stars, and determine their key parameters such as diameter, mass, density and age.

## Exoplaneten – Tausende von neuen Welten

PLATO wird nach Planeten in den sogenannten habitablen Zonen sonnenähnlicher Sterne suchen. Hier ist der Abstand des Planeten von seinem Zentralgestirn gerade so, dass die Temperaturverhältnisse flüssiges Wasser an der Oberfläche zulassen und damit Leben wie auf der Erde möglich machen. Diese Zone befindet sich bei unserer Sonne in einem Abstand von etwa 150 Millionen Kilometern – bei leuchtschwachen, aber sehr häufigen Roten Zwergsternen in deutlich geringerer Distanz. Ob tatsächlich Wasser in flüssiger Form vorliegen kann, hängt zudem von der Natur des Planeten und seiner Atmosphäre ab.

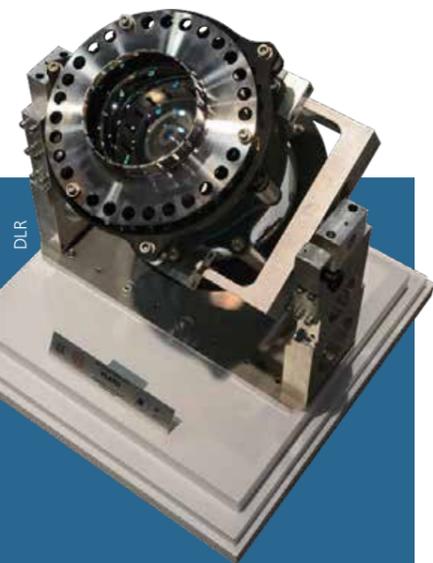
Daher soll PLATO auch die wesentlichen physikalischen Kenngrößen einer möglichst großen Zahl von Planeten bestimmen. Diese sind für eine erste Einschätzung ihrer Natur und ihrer „Bewohnbarkeit“ notwendig. Das bedeutet aber nicht, dass diese Planeten bei einer positiven Einschätzung auch tatsächlich lebensfreundlich sind. Dazu sind weitere detaillierte Beobachtungen etwa der Planetenatmosphären notwendig. Erste Versuche dazu mittels Teleskopen von der Erde aus hat es bereits gegeben. PLATO wird damit Hunderte von Gesteinsplaneten inklusive möglicher Zwillinge der Erde sowie viele Eis- und Riesenplaneten entdecken, den Aufbau ihrer Planetensysteme erkunden und damit ihre Entstehung und Entwicklung erforschen.

## Transits und „wackelnde“ Sterne

PLATO nutzt die Transitmethode, um zunächst Kandidaten für Exoplaneten zu finden. Sie machen sich bemerkbar, wenn sie sich vor ihrem Stern vorbeibewegen und diesen damit ein wenig verdunkeln. Diese meist winzigen Helligkeitseinbrüche von nur wenigen Promille bis zu wenigen Prozent bei einer typischen Dauer von einigen Stunden werden zudem häufig von Helligkeitsschwankungen des Sterns selbst überlagert. Bei erdgebundenen Beobachtungen kommen auch noch durch die Erdatmosphäre verursachte Helligkeitsänderungen hinzu. Als Weltraumobservatorium hat PLATO damit bereits einen Vorteil gegenüber Teleskopen am Erdboden.

Werden mindestens zwei aufeinanderfolgende Durchgänge vor einem Stern beobachtet, so lässt sich daraus sofort die Umlaufdauer des möglichen Exoplaneten ableiten. Die Länge der Beobachtungsdauer bestimmt damit, welche maximalen Bahnperioden noch erfasst werden können. Will man erdähnliche Planeten um sonnenähnliche Sterne finden, dann sind Messzeiten von einem Jahr oder mehr notwendig. Aus dem Helligkeitseinbruch kann zudem der Durchmesser des Planeten abgeleitet und seine Masse zumindest abgeschätzt werden.

Die Planetennatur der Kandidaten bestätigen dann endgültig Teleskope mit ihren Folgebeobachtungen von der Erde. Sie messen mit Hilfe einer hochempfindlichen Spektroskopie die geringe „Wackelbewegung“ des Sterns beim Umlauf um den gemeinsamen Schwerpunkt von Stern und Planet. Mit dieser komplementären, sogenannten Radialgeschwindigkeitsmethode lässt sich dann auch die Masse des Planeten, der zuvor im Transit beobachtet wurde, berechnen. Das Alter von Stern und Planet kann schließlich mit Hilfe der Asteroseismologie abgeleitet werden. Mit ihr können Sterne durch ihre subtilen Eigenschwingungen untersucht und so neue Erkenntnisse zu ihrer Physik gewonnen werden.



Das europäische Weltraumteleskop PLATO wird nach Planetensystemen suchen, die unserem Sonnensystem ähnlich sind – und vielleicht eine zweite Erde aufweisen. Dazu werden 26 einzelne Teleskope auf einer Beobachtungsplattform zusammengeschaltet und gebündelt. Im Bild: ein Prototyp der Teleskope

The European space telescope PLATO will be looking for planet systems that resemble our solar system – and that could potentially contain a second Earth. To do this, it combines the signals from 26 individual telescopes and bundles them on a single observation platform. The photo shows a telescope prototype.

## Exoplanets – thousands of new worlds

PLATO will search for planets in the so-called habitable zones of Sun-like stars. This is where the distance between a planet and its central star is just in the range where temperatures permit liquid water to exist on the surface, so that life may evolve like that on Earth. In the case of our Sun, that zone is at a distance of about 150 million kilometres, whereas in the case of red dwarfs, which are faint but very numerous, the distance is distinctly smaller. Moreover, whether or not it is possible for water to exist in the liquid state also depends on the nature of a planet and its atmosphere.

PLATO will therefore be designed to determine the essential physical characteristics of as many planets as possible. These characteristics are required for tentatively assessing the nature and ‘habitability’ of a planet. If a planet has been classified positively, this does not necessarily mean, however, that it is friendly to life. To ascertain that, further detailed observations – of the planet’s atmosphere, for instance – will be needed. The first attempts to do so from Earth have already been made, using ground-based telescopes. PLATO will discover hundreds of rocky planets, including possible twins of Earth, as well as many icy and giant planets, explore the structure of their planetary systems, and thus investigate their origin and evolution.

## Transits and ‘wobbling’ stars

PLATO will use the transit method to identify possible exoplanet candidates. These reveal themselves by passing in front of their star, darkening it a little. Ranging between a few thousandths and a few per cent and typically lasting for some hours, these small dips in brightness are frequently superseded by fluctuations in the luminosity of the star itself. Moreover, Earth-based observations are often marred by additional changes in brightness caused by the terrestrial atmosphere. Therefore, the fact that PLATO is a space-based observatory gives it a clear advantage over telescopes on the ground.

Once at least two successive transits in front of a star have been observed, the orbital period of the hypothetical exoplanet can be computed immediately. The maximum orbital periods that can be measured are therefore determined by the duration of the observation. To find Earth-like planets orbiting Sun-like stars, measuring time will have to be one year or more. The dip in brightness may also serve as a basis to determine the diameter of a planet and for at least estimating its mass.

The final confirmation of the planetary nature of a candidate will have to come from follow-up observations by telescopes on Earth. Using highly sensitive spectroscopy they measure the star’s tiny wobbling motions as it orbits around the common centre of gravity of the star and the planet. This complementary so-called radial velocity method also permits computing the mass of the planet that was previously observed in transit. The age of both the star and the planet may then be derived with the aid of asteroseismology, which uses subtle natural vibrations to examine stars and to gain new insights into their physical properties.



DLR

Prof. Heike Rauer

COUNTDOWN-Interview mit Prof. Heike Rauer, Principal Investigator von PLATO und Direktorin des DLR-Instituts für Planetenforschung, Berlin

### Welche Bedeutung hat PLATO für die Erforschung von Exoplaneten und die Asteroseismologie?

: Die Mission PLATO hat das Ziel, extrasolare Planeten zu finden und ihre primären Parameter Radius, Masse, mittlere Dichte und Alter zu bestimmen. Im Fokus stehen dabei terrestrische Planeten, die sich in der habitablen Zone sonnenähnlicher Sterne bewegen. Der Fokus auf sonnenähnliche Sterne ist wichtig, damit wir Vergleichssysteme ähnlich unserem Sonnensystem finden. Wir möchten wissen, ob unser Sonnensystem einmalig oder ein typisches System seiner Art ist. Und natürlich, wie häufig erdähnliche Gesteinsplaneten mit dem Potenzial für Leben sind. Dies unterscheidet PLATO von seinen Vorgängermissionen, die entweder Planeten um lichtschwache Sterne untersuchten, für die oft nicht alle primären Parameter bestimmt werden konnten (Kepler/K2 und CoRoT), oder auf kühlere, sogenannte M-Zwerg ausge richtet sind (TESS). Die hellen Zielsterne von PLATO eröffnen auch die Möglichkeit, eine große Zahl von Objekten durch Asteroseismologie zu untersuchen, das heißt ihre Eigenschwingungen zu messen. Auf diese Weise erhalten wir ihr Alter, das uns gleichzeitig das Alter der umlaufenden Planeten gibt. Diese Daten der PLATO-Mission ergänzen sich ideal mit der gerade laufenden Gaia-Mission der ESA.

COUNTDOWN interview with Professor Heike Rauer, Principal Investigator of PLATO, Director of the DLR Institute of Planetary Research, Berlin

### How important is PLATO for the exploration of exoplanets and for asteroseismology?

: The objective of the PLATO mission is to find extrasolar planets and to determine their primary parameters, i.e. radius, mass, mean density, and age. It will focus on terrestrial planets that move within the habitable zone of Sun-like stars. Focusing on Sun-like systems is important because it enables us to make proper comparisons with our own solar system. We want to know whether our solar system is unique, or just a very typical system of its kind. Also, of course, we want to know how common it is for Earth-like rocky planets to have the potential for harbouring life. This is what distinguishes PLATO from its precursor missions which either investigated planets orbiting faint stars whose primary parameters could often not be determined completely (Kepler/K2 and CoRoT) or aimed at cooler M-type dwarf stars (TESS). The bright stars to be targeted by PLATO also offer an opportunity of investigating a large number of objects by means of asteroseismology, i.e. by measuring their natural oscillation. This gives us their age and, by the same token, the age of the planets that orbit them. These data from the PLATO mission perfectly complement ESA’s current Gaia mission.

„Die PLATO-Mission trägt dazu bei, die deutsche Community zu stärken und auf europäischer Ebene zu vernetzen.“

Prof. Heike Rauer, Principal Investigator von PLATO und Direktorin des DLR-Instituts für Planetenforschung, Berlin

„The PLATO mission strengthens the position of German scientists and helps them build networks with the research community at a European level.“

Professor Heike Rauer, Principal Investigator of PLATO, Director of the DLR Institute of Planetary Research, Berlin



### Missionsdaten von PLATO | Mission data of PLATO

Start   Launch:	2026 vom Startplatz Kourou (Französisch-Guayana)   2026 from space port Kourou (French Guiana)
Trägerrakete   Launcher:	Soyuz-Fregat2-1b
Orbit   Orbit:	Halobahn/Libration um den Lagrangepunkt L2 (Erdabstand etwa 1,5 Millionen Kilometer) Halo orbit/libration around Lagrange point L2 (distance to Earth about 1.5 million kilometres)
Missionsdauer   Mission duration:	mindestens 4 Jahre   minimum 4 years
Masse der Sonde   Mass of the probe:	2.150 Kilogramm   2150 kilogrammes
Äußere Abmessungen der Sonde External dimensions of the probe:	etwa 2,5 Meter Durchmesser x 5 Meter about 2.5 metres diameter x 5 metres
Masse der Nutzlast   Mass of the payload:	540 Kilogramm (ohne optische Bank)   540 kilogrammes (without optical bench)
Elektrische Leistungsaufnahme Electric power input:	1.650 Watt (voller Nutzlastbetrieb) 1650 watts (total payload operations)
Telemetrierate der Sonde   Telemetry of the probe:	36 Mbit/s im K-Band (Downlink)   36 Mbit/s in K-Band (downlink)
Missionsbetrieb   Mission operations:	European Space Operations Centre (ESOC), Darmstadt (Deutschland   Germany)
Wissenschaftlicher Betrieb   Scientific operations:	European Space Astronomy Centre (ESAC), Villafranca (Spanien   Spain)

### Von der Entdeckung zur Physik

PLATO wird die Durchmesser der entdeckten Planeten mit hoher Genauigkeit bestimmen und deren Massen dann aus Folgebeobachtungen ableiten. So können unmittelbar eine mittlere Massendichte berechnet und erste Schlüsse auf die Natur der Exoplaneten gezogen werden. Große Gasplaneten wie Jupiter und Saturn weisen deutlich geringere Dichten als Gesteinsplaneten wie Venus, Erde oder Mars auf. Darüber hinaus sollen Sternmassen, -radien und -alter bestimmt und helle Zielobjekte unter den Sternen mit Planeten für spektroskopische Folgebeobachtungen von Planetenatmosphären identifiziert werden. Erwartet wird die Entdeckung von mehr als 10.000 neuen Planeten – davon bis zu 2.000 mit Durchmessern kleiner als zwei Erddurchmesser. Von diesen dürften nach aktuellen Schätzungen zwischen einigen wenigen und einigen Hundert in den habitablen Zonen ihrer Sterne liegen.

Neben erdähnlichen Gesteins- und Eisplaneten werden PLATO auch viele Planetentypen „ins Netz gehen“, die in unserem Sonnensystem nicht vorkommen. Dazu zählen etwa

- „Heiße Jupiter“: Riesenplaneten, die ihre Sterne auf sehr engen Bahnen in wenigen Tagen umkreisen,
- „Mini-Neptune“: Gasplaneten mit kleinerem Durchmesser als Neptun,
- „Super-Erden“: d. h. Gesteinsplaneten mit mehr als zwei und weniger als etwa zehn Erdmassen.

Viele dieser Planeten werden in Systemen um sonnenähnliche Sterne mit mehreren Planeten gefunden werden – aber auch um Rote Zwergsterne, Doppel- und Mehrfachsterne, Riesensterne und Weiße Zwerge.

### 26 Teleskope blicken in den Himmel

PLATO wird Transits mit 26 simultan arbeitenden Kameras beobachten, die auf einem Satelliten montiert sind. Die Plattform wird hauptverantwortlich von der Firma OHB System AG in Bremen gebaut. Erstmals liegen Entwicklung und Herstellung eines kompletten Wissenschaftsatelliten für die ESA bei dem deutschen Raumfahrtkonzern aus der Hansestadt. Jede der Kameras ist mit einer Weitwinkeloptik ausgerüstet und verfügt über vier Sensoren (CCDs) mit jeweils 4.510 x 4.510 Bildpunkten. Insgesamt werden also 104 CCDs eingesetzt. Das kombinierte Gesichtsfeld aller Einzelkameras erfasst rund fünf Prozent des gesamten Himmels in einer Beobachtung – zum Vergleich: Das Weltraumteleskop Kepler untersucht gerade einmal 0,25 Prozent. Alle 25 Sekunden nehmen 24 der Kameras ein Bild auf. Die beiden übrigen haben mit 2,5 Sekunden eine zehnmal kürzere Belichtungszeit. Diese „schnellen Kameras“ sollen vor allem die hellen Sterne beobachten, deren Bilder bei längeren Aufnahmezeiten überbelichtet würden. Eine umfangreiche Datenverarbeitungselektronik an Bord der Sonde filtert die Zielobjekte heraus und erstellt von jedem Stern ein kleines Bild („Imagette“). Diese werden komprimiert und zusammen mit weiteren Daten zur Erde übertragen, wo sie dann weiterverarbeitet werden.

### From discovery to physics

PLATO will determine the diameters of the planets it discovers with a high degree of precision and derive their mass from follow-up observations. In this way, mean mass density may be computed directly and tentative conclusions can be drawn regarding the exoplanets' nature. Large gas planets like Jupiter and Saturn feature markedly lower densities than rocky planets like Venus, Earth, or Mars. Further objectives include determining the mass, radius, and age of stars and identifying bright objects among the stars with planets as targets for spectroscopic follow-up observations of planetary atmospheres. It is expected that more than 10,000 new planets will be discovered, as many as 2000 of them with diameters smaller than two Earth diameters. Of these, between a few and a few hundred should be within the habitable zone of their respective stars, according to current estimates.

Besides Earth-like rocky or icy planets, PLATO is sure to catch many planet types that do not occur in our solar system. These include, for example,

- 'Hot Jupiters', giant planets which travel around their stars in very close orbits with periods of days;
- 'Mini-Neptunes', gas planets with a diameter smaller than that of Neptune; and
- 'Super-Earths', rocky planets with a mass of more than two but less than about ten times that of Earth.

It is assumed that many of these planets will be found in systems of several planets circling around not only Sun-like stars but also red dwarfs, binaries or multiple stars, or white dwarfs.

### 26 telescopes looking up into the sky

PLATO will observe transits with 26 simultaneously operating cameras mounted on a satellite. The platform will be built under the direction of OHB System AG in Bremen. It is the first time that the space company based in the Hanseatic city will be responsible for the development and manufacture of an entire science satellite. Each camera is equipped with a wide-angle lens and four sensors (CCDs) of 4,510 x 4,510 pixels each. This means that 104 CCDs will be employed in total. The combined field of view of all the cameras will cover around five per cent of the entire sky in one observation. To put that in perspective: the Kepler space telescope manages just about 0.25 per cent. Every 25 seconds, 24 of the cameras will take an image, the exposure time of the two remaining ones being ten times shorter at 2.5 seconds. These 'fast cameras' are mainly intended to study bright stars whose images would be over-exposed at longer exposure times. A high-capacity data processing system on board the probe sifts out the target objects and generates a small picture of every star ('imagette'). These will be compressed and transmitted to Earth for further processing together with other data.

### Was bedeutet PLATO insbesondere für die Wissenschaft in Deutschland und die wissenschaftliche Zusammenarbeit in Europa auf dem Gebiet der Planetenforschung?

: Die Entdeckung extrasolarer Planeten vor etwa 20 Jahren hat die Planetenforschung über die reine Erforschung des Sonnensystems hinaus erweitert. Heute können wir unser Planetensystem direkt mit anderen Systemen vergleichen. PLATO eröffnet der deutschen Wissenschaftsgemeinschaft die Möglichkeit, diese neuen Entwicklungen des Forschungsgebiets aktiv voranzubringen und eine ESA-Mission führend mitzugestalten. Die Mission trägt dazu bei, die deutsche Community zu stärken und auf europäischer Ebene zu vernetzen.

### How significant is PLATO for German science in particular and for European scientific collaboration in the field of planetary research in general?

: The first discovery of extrasolar planets about 20 years ago expanded the remit of planetary research beyond the exploration of our own solar system. Today, we are able to compare our planetary system directly with other systems. PLATO provides the German science community with an opportunity to actively push the boundaries of this new research area forward and to play a leading part in the design of an ESA mission. The mission strengthens the position of German scientists and helps them build networks with the research community at a European level.

### Was sind die größten Herausforderungen bei PLATO?

: Die 26 Kameras von PLATO müssen sehr genau auf ein Bildfeld ausgerichtet bleiben, weshalb zwei „schnelle“ Kameras Daten für das Lageregelungssystem des Satelliten liefern. Außerdem wird PLATO beim Start 2026 die größte CCD-Detektorfläche verwenden, die je bei einer Wissenschaftsmision geflogen ist. PLATO entdeckt Planeten mit der Transitmethode. Für terrestrische Planeten sind die dabei gemessenen Signale sehr klein, was ein extrem rauscharmes Instrument verlangt. Ein solches Instrument zu bauen, stellt in der Tat die größte technische Herausforderung dar. Im organisatorischen Bereich besteht die Herausforderung darin, ein sehr großes und internationales Konsortium zu koordinieren. Hier kommen uns die Erfahrungen aus anderen Satellitenmissionen zugute.

### What are the greatest challenges associated with PLATO?

: PLATO's 26 cameras must remain aligned on to one particular image field, which is why two 'fast' cameras have been reserved for supplying data to the satellite's attitude control system. Moreover, when PLATO takes off in 2026 it will be using the largest CCD detector panel that ever flew on a scientific mission. PLATO discovers planets by the transit method. The signals which this method provides for terrestrial planets are very small, which means that an extremely low-noise instrument is needed. Building such an instrument represents an enormous technical challenge indeed. As far as organisation is concerned, the challenge is the need to coordinate a very large international consortium. In this respect, we will benefit from our previous experience with other satellite missions.

## Entdeckungen von Exoplaneten | Discovered exoplanets

Weltraumteleskope Space telescope	Start Launch	Ende der Mission End of the mission	Entdeckte/erwartete Exoplaneten Discovered/expected Exoplanets (Stand   Status: 31.07.2018)
Hubble Space Telescope	24.04.1990	noch aktiv   working	6
Spitzer Space Telescope	25.08.2003	noch aktiv   working	3
CoRoT	27.12.2006	02.11.2013	36
Kepler	07.03.2009	15.08.2013	2.327
K2 (Kepler)	16.05.2014	Ende   end of 2018	323
TESS	19. April 2018	nach   beyond 2020	> 1.500 (erwartet   expected)
CHEOPS	1. Halbjahr   1 <sup>st</sup> half year of 2019 (geplant   scheduled)	2022 / 2024	~100 (erwartet   expected)
PLATO	Ende   end 2026 (geplant   scheduled)	2031 / 2033	> 10.000 (erwartet   expected)
Erdgebundene Teleskope Telescopes on Earth			1.085

Nach dem Start wird PLATO zunächst in den Lagrangepunkt L2, rund 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt auf der sonnenabgewandten Seite, driften. Danach schließen sich innerhalb der nominalen Missionsdauer von vier Jahren zwei Langzeitbeobachtungen von jeweils zwei beziehungsweise drei und einem Jahr an. In einer Missionsverlängerung sollen dann gezielte Beobachtungen von kürzerer Dauer (Monate) folgen. Insgesamt wird mit einer Lebensdauer von sechseinhalb Jahren gerechnet.

Das Bodensegment von PLATO besteht aus dem Missionskontrollzentrum beim European Space Operations Centre (ESOC) in Darmstadt sowie weltweit verteilten Sende- und Empfangsstationen und einem wissenschaftlichen Betriebszentrum, das für die Missionsplanung, die Weiterverarbeitung der Daten und die Erstellung der Datenprodukte verantwortlich ist. Das wissenschaftliche Betriebszentrum wird beim European Space Astronomy Centre (ESAC) in der Nähe von Madrid eingerichtet. Ein auf verschiedene europäische Standorte verteiltes PLATO-Datenzentrum stellt alle notwendigen Algorithmen und Werkzeuge bereit, überprüft die Datenprodukte, stellt sie den Wissenschaftlern und der Allgemeinheit zur Verfügung und archiviert sie anschließend.

### Internationales Konsortium unter deutscher Führung

Entwickelt und gebaut wird die Nutzlast durch ein internationales Konsortium aus vielen Ländern, die jeweils Beistellungen zur Hard- und Software liefern. Dazu gehören wissenschaftliche Institute und Unternehmen aus Deutschland, Großbritannien, Italien, Frankreich, Spanien, der Schweiz, Belgien, Ungarn, Portugal, den Niederlanden, Österreich, Schweden, Dänemark und Brasilien. Das Konsortium steht unter der Leitung von Prof. Heike Rauer vom DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin. Die Sonde, das Start- und Trägersystem, das Bodensegment und der Betrieb der Sonde werden durch die ESA verantwortet, Aufbau und Betrieb des PLATO-Datenzentrums durch das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Göttingen koordiniert. Die Entwicklung eines Teils der Nutzlast, des Datenzentrums sowie des deutschen Anteils am Betrieb von PLATO bis 2030 wird mit rund 51 Millionen Euro durch das DLR Raumfahrtmanagement in Bonn mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gefördert.

After the launch, PLATO will first drift to the L2 Lagrangian point, around 1.5 million kilometres away from Earth on the side that faces away from the Sun. Afterwards, PLATO will carry out two long-range observations of two years each or three years and one year, respectively within the nominal duration of the mission, which is four years. During an extension of the mission, shorter, targeted observations (each of several months) will follow. All in all, PLATO's life is expected to last six and a half years.

PLATO's ground segment consists of the mission control centre at the European Space Operations Centre (ESOC) in Darmstadt, a number of transceiver stations distributed around the world, and a scientific operations centre that will be responsible for mission planning, downstream data processing, and data product development. The scientific operations centre will be set up at the European Space Astronomy Centre (ESAC) near Madrid. Distributed among various European locations, a PLATO data centre will provide all requisite algorithms and tools, check the data products, make them available to scientists and the general public, and archive them.

### International consortium under German leadership

The payload will be developed and built by an international consortium that includes many countries, each making contributions to the hardware and/or software. Members include scientific institutes and companies from Germany, Great Britain, Italy, France, Spain, Switzerland, Belgium, Hungary, Portugal, the Netherlands, Austria, Sweden, Denmark, and Brazil. Head of the consortium is Professor Heike Rauer from the DLR Institute of Planetary Research in Berlin. ESA will be responsible for the space probe, the launcher system, the ground segment, and the operations of the probe. The Max Planck Institute for Solar System Research in Göttingen will coordinate the installation and operation of the PLATO data centre. The development of part of the payload, the data centre, and the German share in the operation of PLATO until 2030 will be funded by the DLR Space Administration with around 51 million euros provided by the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy.

### Was sind die wichtigsten Voraussetzungen, um ein komplexes Vorhaben wie PLATO erfolgreich in die Tat umzusetzen?

: Wichtig ist vor allem, ein ausreichend großes Team zur Leitung und Koordinierung zur Verfügung zu haben. Hinzu kommt ein enger und produktiver Kontakt mit der beteiligten Industrie.

### What are the most important prerequisites for success in implementing a complex project like PLATO?

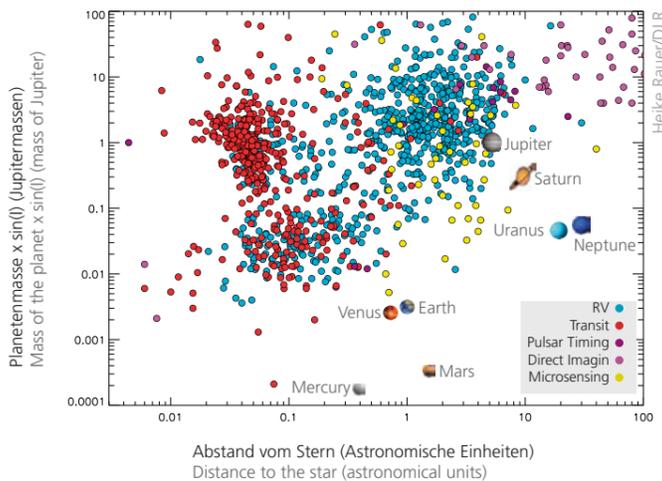
: First and foremost, it is important that the management and coordination team should be large enough. Added to that, there is the need for close and productive contact with the industry involved.

### Wie wird man Principal Investigator (PI) einer Raumfahrtmission wie PLATO?

: Der Weg zum PI von PLATO war ein spezieller Fall. Das PLATO-Konsortium hatte sich ja bereits 2011 für die M1/M2-Missionen der ESA beworben, wurde aber erst 2014 schließlich für die M3-Mission ausgewählt. Ich habe die Rolle des PI als damalige Koordinatorin des Instrumentenkonsortiums von PLATO von Claude Catala aus Paris übernommen, der sie aus nationalen Finanzierungsgründen nicht weiter verfolgen konnte.

### How does one become principal investigator (PI) of a space mission like PLATO?

: My journey to becoming PI of PLATO was special. As we know, the PLATO consortium had applied for ESA's M1/M2 missions as early as 2011 but was finally chosen for the M3 mission in 2014. At the time, I was the coordinator of the PLATO instrument consortium, and I took over the role of PI from Claude Catala of Paris who was unable to continue for national funding reasons.



Übersicht über die bis Anfang 2017 mit verschiedenen Methoden entdeckten Exoplaneten im Massenabstandsdiagramm (RV steht für die Radialgeschwindigkeitsmethode). Zum Vergleich sind die Planeten unseres Sonnensystems durch ihre Symbole repräsentiert. PLATO wird viele weitere Planeten geringer, erdähnlicher Masse und Umlaufzeiten bis zu etwa einem Jahr und länger (Abstände etwa eine Astronomische Einheit oder 150 Millionen Kilometer) entdecken.

An overview of all exoplanets identified pre-2017 with a variety of methods, shown in a mass-distance diagram (with RV standing for radial velocity method). For comparison, the planets of our own solar system are represented by their symbols. PLATO will spot many more planets that are of a low (Earth-like) mass and have orbital periods of about one year or slightly more, (orbiting their star at a distance of about one Astronomical Unit, or 150 million kilometres).



Autor: **Dr. Hans-Georg Grothues** ist PLATO-Projektleiter in der Abteilung Extraterrestrik im DLR Raumfahrtmanagement. Er hat die Meilensteine dieser Mission im Blick und koordiniert die deutschen Beiträge zu der ESA-Mission.

Author: **Dr Hans-Georg Grothues** is the project manager of the PLATO mission at the DLR Space Administration's Space Science department. He keeps track of the mission's milestones and supervises the German contribution to this ESA mission.



# PREMIERE MIT NASA AN BORD

Erste internationale Partial-G-Parabelflugkampagne für Lebenswissenschaften

Von Dr. Katrin Stang und Martin Fleischmann

Normalerweise stammen die Experimente einer wissenschaftlichen Parabelflugkampagne des DLR ungefähr gleichmäßig aus den Disziplinen Materialforschung, Physik und Lebenswissenschaften. 11 bis 13 Experimente teilen sich den Platz im Flugzeug sowie die Labore und Werkstätten am Boden. Auf der sogenannten „Inter-Agency Partial Gravity Campaign“ von ESA, CNES, DLR und NASA ist jedoch vieles anders. Lediglich acht lebenswissenschaftliche Experimente sind an Bord, die bei verschiedenen reduzierten Schwerkraftleveln durchgeführt werden. Ist es einfacher, nur wenige Experimente aus einem einzigen Fachbereich umzusetzen? Nicht unbedingt. Denn bei humanphysiologischen Experimenten braucht man nicht nur die Testaufbauten und die Bediener, die sogenannten Operatoren, sondern zusätzlich Personen als Probanden. Bei ihnen werden zum Beispiel die Veränderungen der geistigen Leistungsfähigkeit oder der neuromuskulären Kontrolle untersucht. Bei dieser besonderen Kampagne, die vom 28. Mai bis zum 8. Juni 2018 in Bordeaux – dem Heimatflughafen des Airbus A310 ZERO-G – stattfand, wurden bei den acht humanphysiologischen Experimenten bis zu drei Testpersonen pro Flugtag und Experiment benötigt – viel mehr als bei einer normalen Kampagne, wo es nur zwei bis drei humanphysiologische Experimente gibt. So ist bei der gemeinsamen Kampagne schnell die Anzahl von maximal 40 Sitzplätzen erreicht. Deshalb „leihen“ sich die Experimente die Testpersonen gegenseitig. Auch bei der morgendlichen Vorbereitung der Probanden – zum Beispiel beim Verkabeln mit Elektroden – wird es bei über 20 Testpersonen zeitlich und räumlich eng. Doch wie auf allen anderen Kampagnen fördern gerade die kleinen und großen Herausforderungen die Zusammenarbeit. Das Arbeiten im internationalen Umfeld macht den besonderen Geist dieser Kampagne aus. Man hilft sich gegenseitig und kann am Ende immer auf die langjährige Erfahrung der Novespace-Crew vertrauen, die für alle kleinen und großen Probleme Lösungen parat hatte.

## PREMIERE WITH NASA ON BOARD

First international partial gravity parabolic flight campaign for life sciences

By Dr Katrin Stang and Martin Fleischmann

Usually the experiments carried out on DLR's regular scientific parabolic flight campaigns come in equal parts from the scientific disciplines of materials research, physics and life sciences. 11 to 13 experiments share the available space on the aircraft and in the laboratory and the workshops on the ground. On the so-called 'Inter-Agency Partial Gravity Campaign', conducted by ESA, CNES, DLR and NASA, however, everything is different. This time, only eight life science experiments are on board of the aircraft, all dealing with human physiology and biology questions. During this campaign, which took place from May 28 to June 8, 2018, in Bordeaux – the home base of the parabolic aircraft Airbus A310 ZERO-G – different levels of reduced gravity are being provided for research. Is it easier to implement fewer experiments from just a single discipline? No, not necessarily. For human physiology experiments there is not only the need for the experiment hardware and the operators to run it, but also a number of people are needed who serve as test subjects. Depending on the type of experiment, the scientists measure, for example, inflight changes in cognitive performance or neuromuscular control in the test subjects. One of the limiting factors for a campaign is the aircraft's maximum seating capacity. On the extraordinary campaign of June 2018, the seven human physiology experiments required up to three test subjects per flight day and per experiment. This by far exceeds the number of participants during normal parabolic flight campaigns with only two to three human physiology experiments. To minimise the number of the required seats, the scientists shared the test subjects on this campaign. Also, having to prepare roundabout 20 people for the experiments each morning before flight – to be wired up with electrodes, for example – can also lead to bottlenecks in terms of time and space. But like on any other campaign, it is these big and small challenges that produce a sense of corporate feeling among the teams. Working together and helping each other out in an international setting gave this campaign its unique spirit. Lastly, everyone can always trust the long-standing experience of the Novespace crew, who had a solution for any minor and major hitches that occurred during the campaign.

Vom Flughafen Bordeaux-Mérignac aus starten die Parabelflüge von DLR, ESA und CNES. Hier ist der Airbus A310 ZERO-G der französischen Firma Novespace beheimatet.

Bordeaux-Mérignac Airport, the home base of the parabolic aircraft Airbus A310 ZERO-G and the 'launch site' of the parabolic flight campaigns operated by DLR, ESA and CNES



## Internationale Zusammenarbeit im Fokus

Seit fast 20 Jahren bietet das DLR Raumfahrtmanagement für Forschung unter Schwerelosigkeit wissenschaftliche Parabelflüge an. Dafür wurde von 1999 bis 2014 der A300 der Firma Novespace in Bordeaux genutzt. Im Jahr 2015 fand der Wechsel vom „alten“, stillgelegten A300 ZERO-G auf den A310 ZERO-G statt, der zuvor als Kanzlerairbus „Konrad Adenauer“ in Deutschland gedient hatte. Der A310 gehört ebenso der Firma Novespace und wird – wie sein Vorgänger – von folgenden Raumfahrtagenturen genutzt: der deutschen Raumfahrtagentur im DLR, der französischen Raumfahrtagentur CNES und der Europäischen Weltraumorganisation ESA. Auch anderen Nutzern steht das Spezialflugzeug für Mikrogravitationsforschung zur Verfügung. Neben den normalen „Schwerelosigkeitskampagnen“ einzelner Agenturen mit 30 µg-Parabeln pro Flugtag starteten ESA, CNES und DLR in den letzten Jahren drei gemeinsame Kampagnen. Dabei lag der Schwerpunkt der beiden sogenannten JEPF 1 und JEPF 2 („Joint European Partial-G Parabolic Flight“) in den Jahren 2011 und 2012 auf partieller Schwerkraft, nämlich Mond- (0,16 g) und Marsparabeln (0,38 g). Auf der dritten, der CoPF („Cooperative Parabolic Flight“), wurde der neue Airbus A310 im Jahr 2015 gemeinsam eingeweiht. Im Juni 2018 war es nach drei Jahren wieder so weit: Eine weitere internationale Parabelflugkampagne stand bevor, die gleich in mehrfacher Hinsicht etwas Besonderes war. Erstmals wurden ausschließlich lebenswissenschaftliche Experimente drei ganz unterschiedlichen partiellen Schwerkraftbedingungen ausgesetzt. Die Idee dazu kam von der internationalen Arbeitsgruppe „ISLSWG“ – einem Expertennetzwerk auf Raumfahrtagenturebene für die lebenswissenschaftliche Forschung im Weltraum.

## Konzentration auf die Lebenswissenschaften

Normalerweise ist Forschung unter Schwerelosigkeit eine interdisziplinäre Angelegenheit. Materialforscher interessieren sich zum Beispiel für die Schmelze bestimmter Legierungen. Physiker wollen herausfinden, wie sich unter anderem Flüssigkeiten oder Plasmen bei eingeschränkter Gravitation verhalten. Doch auf der „Inter-Agency Partial Gravity Campaign“ von DLR, ESA und CNES kamen ausschließlich lebenswissenschaftliche Experimente auf der knapp 100 Quadratmeter großen Experimentierfläche in den Genuss der verschiedenen Level reduzierter Schwerkraft. So sollen Lösungen gefunden werden, die den Menschen auf der Erde sowie den Astronauten im Weltall gesund und fit halten. Auf dieser besonderen Kampagne standen für die insgesamt acht Experimente drei Flugtage auf dem Plan – drei Experimente davon stammten aus Deutschland. Zum ersten Mal war auch ein lebenswissenschaftliches Experiment der US-amerikanischen Weltraumbehörde NASA an Bord des A310.

Drei Programmverantwortliche auf ihrem Weg zur partiellen Schwerkraft: Dr. Katrin Stang (DLR Raumfahrtmanagement), Sébastien Rouquette (CNES) und Neil Melville (ESA)

Three programme coordinators on their way to experiencing partial gravity: Dr Katrin Stang (DLR Space Administration), Sébastien Rouquette (CNES) and Neil Melville (ESA)



Katrin Stang/DLR



Novespace

DLR-Parabelflugprogrammleiterin Dr. Katrin Stang war bei der Kampagne im Juni 2018 selbst auch als Testperson für drei Experimente mit dabei

The DLR programme manager of the parabolic flights, Dr Katrin Stang, volunteering as a test subject for three experiments on this campaign in June 2018

## International collaboration in focus

For almost 20 years now, DLR has been offering scientific parabolic flight opportunities for microgravity research. From 1999 until 2014, the aircraft used for this purpose was an A300 owned by Novespace in Bordeaux. In 2015 the ‘old’, disused A300 ZERO-G was replaced by the A310 ZERO-G which had until then served in Germany as the Chancellor’s Airbus under the name of ‘Konrad Adenauer’. The A310 was taken over by Novespace and, like its predecessor, is now used by the space agencies DLR, ESA, and CNES as well as other users to perform microgravity research on parabolic flight campaigns. Besides the regular microgravity campaigns carried out by the individual agencies with 30 µg parabolas flown per day, DLR, ESA and CNES also conducted three joint campaigns in recent years. The focus of the 2011 and 2012 campaigns called JEPF1 and JEPF2 (Joint European Partial-G Parabolic Flight) was on partial gravity, flying a series of Lunar (0.16 g) and Martian (0.38 g) parabolas. The third joint campaign, called CoPF (Cooperative Parabolic Flight), conducted in 2015, was the inaugural flight of the new Airbus A310. Three years later, in June 2018, it was once again time for an international parabolic flight campaign. It was to be a special one in more than one way. For the first time, it was a campaign that exclusively focused on life science experiments, and these were to be conducted under three distinct sets of partial gravity conditions. The idea came from an international working party called ISLSWG, a network of experts at space agency level who specialise in life science studies in space.



## A focus on life sciences

Research under microgravity conditions is usually a multidisciplinary undertaking. Materials scientists, for example, are interested in the way in which a given alloy material will melt. Physicists want to find out how fluids or plasmas behave under reduced gravity. On this particular ‘Inter-Agency Partial-G-Campaign’ of DLR, ESA and CNES, however, only life science experiments got the benefit of a slot on the nearly 100-square metre lab area inside the A310 ZERO-G, where they were exposed to various levels of reduced gravity. The purpose of the experiments is to find answers to current scientific research questions and to develop solutions for keeping people fit and healthy, both in space and on the ground. Three days were scheduled for a total of eight experiments, three of which came from Germany. For the first time, the A310 also hosted a life science experiment from the US space agency, NASA.

## Different levels of gravity

The science community has a significant interest in conducting experiments in partial gravity instead of complete weightlessness like in a standard campaign. Based on the proposals entered by the scientists, the experiments chosen for the ISLSWG campaign were to be conducted at accelerations of 0.25 g, 0.5 g and 0.75 g. The purpose of the experiments was to investigate



Der Experimentinnenraum des Airbus A310 ZERO-G mit allen Anlagen in Flugkonfiguration

The experiment area inside the Airbus A310 ZERO-G with all experiment racks in flight configuration

Katrin Stang/DLR

## Unterschiedliche Schwerkraftlevel

Das Interesse, in partieller Schwerkraft zu forschen und nicht – wie bei den Standardkampagnen – in Schwerelosigkeit, ist bei der wissenschaftlichen Gemeinde groß. Bei der ISLSWG-Kampagne wurden, basierend auf den eingereichten und ausgewählten Experimentvorschlägen, die gewünschten Beschleunigungen von 0,25 g, 0,5 g und 0,75 g geflogen. So konnten die biologischen und physiologischen Systeme untersucht werden, um die zugrunde liegenden Mechanismen zu verstehen, Schwellenwerte zu identifizieren oder die Lücke zu den Erkenntnissen von Experimenten unter normaler Erdschwerkraft und Schwerelosigkeit zu schließen. Um die gewünschten Beschleunigungen zu erreichen, fliegen die Piloten wie bei Schwerelosigkeitskampagnen die Bahn einer Parabel – allerdings in flacherem Winkel. Wie bei  $\mu$ g-Parabeln geht das Flugzeug dabei zu Beginn des Manövers in einen Steigflug über, in dem bis zu 1,8 g an Bord herrschen und die Passagiere fast doppelt so schwer sind. Die Phasen dieser Hyperschwerkraft sind dabei unterschiedlich lang. Danach folgen – abhängig vom Manöver – unterschiedlich lange Phasen von jeweils 0,25 g (26 Sekunden), 0,5 g (37 Sekunden) oder 0,75 g (50 Sekunden). Jedes Manöver schließt wieder mit einer Phase von bis zu 1,8 g.

## NASA-Experiment und Facebook-Livestream

Parabelflüge – auch wissenschaftliche – haben in den USA eine lange Tradition. Derzeit werden dort aber keine eigenständigen wissenschaftlichen Kampagnen geflogen. An der Partial-G-Kampagne der ISLSWG hat sich die NASA mit dem umfangreichen Experiment „Gravitational Dose“ beteiligt. Bei diesem Experiment, an dem eine ganze Reihe von der NASA geförderter Wissenschaftler beteiligt waren, standen sowohl der Blutfluss und der Blutdruck in der oberen Körperhälfte als auch die Veränderung des Augeninnendrucks bei den verschiedenen partiellen Gravitationsleveln im Fokus. Die Forscher wollen damit die Reaktionen des menschlichen Körpers besser verstehen und so für Astronauten bei Langzeitaufenthalten dafür Sorge tragen, dass sie gesund und leistungsfähig bleiben. Nach dem ersten Flugtag gab es zudem ein besonderes Ereignis: Aus dem Airbus A310 Zero-G wurde ein Facebook-Livestream gesendet. 20.000 Zuschauer unternahmen am Bildschirm einen Rundgang durch den Airbus mit einer Einführung zur Kampagne durch den ESA-Astronauten Jean-Francois Clervoy. Die Experimente wurden durch die drei Programmleiter der Raumfahrtagenturen CNES, DLR und ESA sowie den Projektleiter des NASA-Experiments vorgestellt. Abschließend erklärte einer der Piloten dieser Kampagne, der französische ESA-Astronaut Thomas Pesquet, die besonderen Flugmanöver.

Die erste reine Life-Science-Kampagne unter Federführung von ISLSWG war ein voller Erfolg. Alle Experimente haben funktioniert und die Daten sind auswertbar. Den Wissenschaftlern stehen nun die finale Auswertung der Daten und die Publikation bevor – bevor es für sie vielleicht eines Tages wieder heißt: 10...5... three, two, one, pull up!

biological and physiological systems and to understand their underlying mechanisms, to identify physiological gravity perception thresholds, and to close the gap between findings obtained under terrestrial gravity and research done in weightlessness. To achieve the required acceleration, the pilots flew parabolic arcs like those flown on the microgravity campaigns but at a flatter angle. As in a  $\mu$ g flight, the plane initially goes into a steep climb, a phase during which gravity on board is up to 1.8 g, making passengers feel nearly twice as heavy as normal. The phases of hypergravity vary in length. What follows the ascent, depending on the type of manoeuvre flown, is a phase of 0.25 g (26 seconds), 0.5 g (37 seconds) or 0.75 g (50 seconds). At the end of each manoeuvre the aircraft goes into another phase of up to 1.8 g.

## NASA experiment and Facebook live stream

Parabolic flights – including scientific ones – have a long tradition in the USA. At present, however, no dedicated science campaigns are being flown. Hence, NASA participated in the ISLSWG Partial-G campaign with a large-scale experiment called ‘Gravitational Dose’. The experiment, in which a sizeable group of American scientists participated, focused on blood circulation and blood pressure in the upper half of the human body, as well as on studying how various different levels of partial gravity affect intraocular pressure. The scientists aim to learn more about the human body’s reactions, and ensure the health and fitness of astronauts on prolonged stays in space. The first campaign day ended with a special event: the Airbus A310 was demonstrated in a Facebook livestream. An audience of 20,000 took part in a guided tour of the plane, with an introductory talk given by ESA astronaut Jean-Francois Clervoy, who explained the campaign. The experiments were presented by the three project managers of CNES, DLR and ESA as well as the principal investigator of the NASA experiment. The specific flight manoeuvres were described by the French ESA astronaut Thomas Pesquet, who was also one of the campaign pilots.

The first exclusive life science campaign conducted by ISLSWG was a complete success. All experiments worked, data are now ready to be analysed. The scientists are soon going to enter the final evaluation and publication phase – until one day, maybe, they will once again hear the command: 10...5...three, two, one, pull up!

## International experts provide ideas

The International Space Life Sciences Working Group (ISLSWG) is an international network of national space agencies of the USA, Germany, France, Italy, Japan and Canada as well as the European Space Agency ESA. Its aim is to improve global cooperation in the area of space life sciences. Headed by NASA, the network brings together life science researchers from all over the world in the international arena to advance the development and efficient joint exploitation of global research facilities and resources – both on the International Space Station and beyond. An intensive exchange of information among agencies and scientists offers excellent learning opportunities and is a way to exploit the conditions of space to develop useful applications for people on Earth as well as supporting space exploration.

## Internationale Experten als Ideengeber

Die „International Space Life Sciences Working Group“ (ISLSWG) ist ein internationaler Zusammenschluss der Raumfahrtagenturen Amerikas, Deutschlands, Frankreichs, Italiens, Japans und Kanadas sowie der Europäischen Weltraumorganisation ESA, um die globale Zusammenarbeit im Bereich der „Space Life Sciences“ zu stärken. Das Netzwerk unter Vorsitz der NASA bringt nationale Agenturen und Forscher aus aller Welt im Bereich der Lebenswissenschaften auf dem internationalen Parkett zusammen, um die Entwicklung und die möglichst effiziente gemeinsame Nutzung von Forschungseinrichtungen und Ressourcen weltweit – und mit der Internationalen Raumstation ISS auch darüber hinaus – voranzutreiben. Ein intensiver Informationsaustausch zwischen den Agenturen und Wissenschaftlern sichert den Erkenntnisgewinn und hilft dabei, die besonderen Bedingungen des Welt-raums optimal zu nutzen, um Anwendungen für den Menschen auf der Erde abzuleiten und Exploration möglich zu machen.



Novespace

Premiere: Zum ersten Mal war ein lebenswissenschaftliches Experiment der US-amerikanischen Weltraumbehörde NASA mit an Bord des A310 ZERO-G

For the first time, a life science experiment from the National Aeronautics and Space Administration (NASA) was flown onboard the A310 ZERO-G



Video vom Livestream | Video of the live stream:  
<https://www.youtube.com/watch?v=KGMmQoRAnMc>

Parabelflug-Seite | Parabolic flight webpage:  
<https://www.dlr.de/parabelflug/>



Autoren: Als Leiterin des Parabelflugprogramms in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen des DLR Raumfahrtmanagements organisiert **Dr. Katrin Stang** die wissenschaftlichen Parabelflugkampagnen auf deutscher Seite. **Martin Fleischmann** betreut als Chefredakteur die Inhalte und das Layout der COUNTDOWN.

Authors: Dr Katrin Stang is the parabolic flight programme coordinator within the DLR Space Administration’s department of microgravity research. On the German side, she organises the scientific parabolic flight campaigns. Martin Fleischmann is editor-in-chief and responsible for the content and layout of COUNTDOWN.

## Die drei deutschen Experimente an Bord

Wie wirkt sich die Schwerelosigkeit auf die Kontrolle unserer Muskeln aus? Wie mental leistungsfähig sind wir unter diesen Bedingungen? Was bedeuten die Schwellenwerte für die Wahrnehmung von Gravitation bei Pflanzen? Diesen Fragen sind die drei deutschen Experimente der Partial-G-Kampagne im Juni auf den Grund gegangen.

## Warum wir in partieller Schwerkraft stolpern

Damit der Mensch sich in seiner Umwelt bewegen und mit ihr interagieren kann, braucht er fein abgestimmte Muskelbewegungen – zum Beispiel, um sich fortzubewegen oder den sicheren Stand zu kontrollieren. Gerade unter verringerter Schwerkraft müssen wir über unsere Nervenbahnen die Muskeln effektiv kontrollieren können. Tun wir das nicht, erhöht sich drastisch die Gefahr, zu stolpern. Das gilt für uns auf der Erde wie für den Astronauten im Weltraum. Doch scheinen die reduzierten Gravitationsbedingungen diese sogenannte neuromuskuläre Kontrolle in anspruchsvollen Situationen zu beeinflussen und die Stolpergefahr der Astronauten zu erhöhen. Warum das so ist, untersuchen Forscher der Universität Freiburg. Die Ergebnisse sollen das Sicherheitsrisiko der Raumfahrer bei Missionen zu anderen Planeten senken und damit ein fundamentales Sicherheitsproblem in der humanphysiologischen Weltraumforschung lösen.

## Stress und mentale Gesundheit

Stress wirkt sich negativ auf unsere mentale Gesundheit aus und belastet unsere kognitive Leistungsfähigkeit – beides Faktoren, die für den Erfolg und die Sicherheit einer Langzeitmission von Bedeutung sind. Denn das Leben unter extremen Bedingungen löst vielfältigen Stress aus. Obwohl diese Zusammenhänge schon länger bekannt sind, bleiben viele Fragen bezüglich der Ursachen neurokognitiver Leistungsfähigkeit offen. Das Team der Deutschen Sporthochschule Köln will versuchen, die Auswirkungen von Stress auf die mentale Gesundheit besser zu verstehen. So sollen adäquate Gegenmaßnahmen entwickelt werden, die zu einer Verbesserung der Sicherheit und zum Erfolg einer Langzeitmission beitragen können.

## Pflanzenwachstum in 3D und in Farbe

Für Pflanzen ist die Wahrnehmung von Schwerkraft wichtig für den Wachstumsprozess. Im Experiment der Universität Freiburg untersuchen Wissenschaftler mit Hilfe des Fluoreszenzmikroskops FLUMIAS die dynamischen Veränderungen in Zellen von *Arabidopsis thaliana* (Ackerschmalwand), die von den „Schweresteinen“ (Statolithen) ausgelöst werden. Die drei verschiedenen g-Level haben vor allem dazu gedient, die Reaktion der Pflanzen bei Schwellenwerten zu untersuchen. Die Zellen wurden dabei angefärbt und mit dem von AIRBUS im Auftrag des DLR Raumfahrtmanagements gebauten FLUMIAS-Mikroskop in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung lebend beobachtet. Ein „Schwestermodell“ von FLUMIAS mit einer neuen Technologie kam inzwischen während der horizons-Mission des deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst zum Einsatz.

## Three German experiments on board

How does reduced gravity affect muscle control? How mentally fit are we under reduced-gravity conditions? What do gravity perception thresholds mean in plants? On this Partial-G-Campaign in June, three German experiments focused on these questions.

## Why we stumble in partial gravity

For humans to be able to move around and interact with their environment, the human body needs accurately coordinated muscles for walking and standing upright securely. Under conditions of reduced gravity, it is crucial to effectively control our muscles through our neural pathways. If we don't, there is a dramatically increased risk of stumbling. This applies both to us on the ground and to astronauts in space. Yet, it appears that in difficult situations, reduced-gravity conditions affect our so-called neuromuscular control, thus increasing the astronauts' risk of stumbling. Scientists from Freiburg University are investigating the reasons for this. The results of their research are to help reduce health-and-safety hazards on future planetary missions, and thus resolve one of the fundamental problems of human-physiological space research.

## Stress and mental health

Stress has a negative impact on our mental health and compromises our cognitive capacity. These two are important factors in the success and safety of long-term space missions. Life under extreme conditions often causes stress. Although this is a long-established fact, many questions still remain open as to the causes of stress-related neurocognitive impairment. A research team from German Sport University Cologne wants to find out more about the way in which stress affects mental health. They hope to develop adequate remedies which will contribute to the overall improvement of the safety and success of long-term space missions.

## Plant growth in 3D and in colour

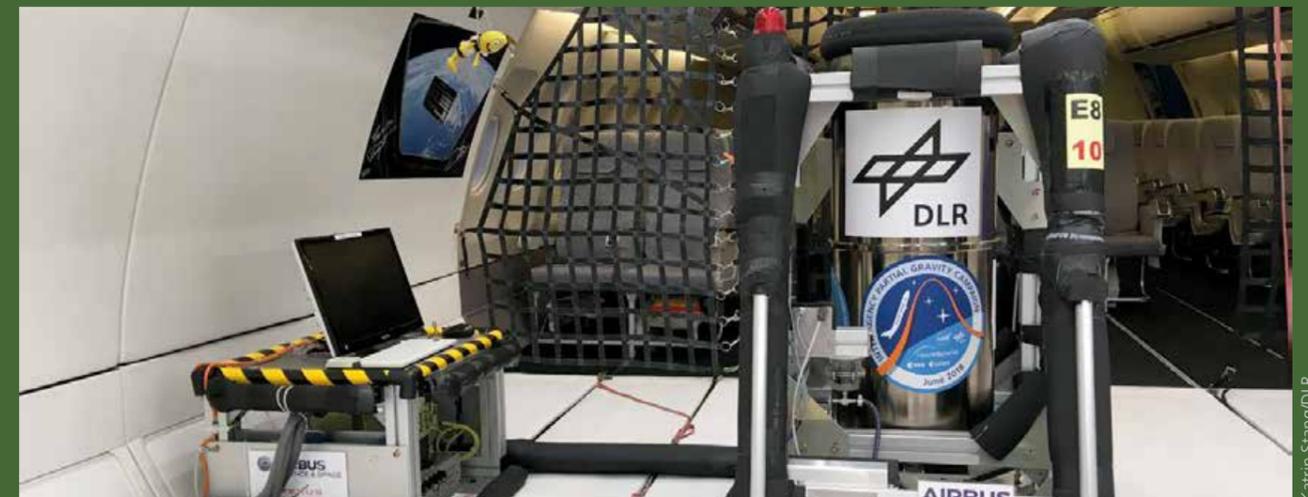
The perception of gravity is an important factor in the growth process of plants. In an experiment carried out by scientists from Freiburg University, dynamic changes in the cells of *Arabidopsis thaliana* (mouse-ear cress) caused by small granules called statoliths are analysed with the aid of a fluorescence microscope, FLUMIAS. Investigations under three different gravity levels have permitted scientists to study reactions of a cell at its perception thresholds in high temporal and spatial resolution. In the experiment, living cells have been stained and observed under the FLUMIAS microscope built by AIRBUS for the DLR Space Administration. A 'sister model' of FLUMIAS with additional technological features has also been installed on the ISS and was used by Germany's ESA astronaut Alexander Gerst on his horizons mission.



Katrin Stang/DLR



Novespace



Katrin Stang/DLR

# BUSINESS LAUNCH



Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier besuchte am 20. August 2018 das DLR in Oberpfaffenhofen. Highlight war ein Live-Call zur ISS mit dem deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst. Im Bild: Bundesminister Altmaier (rechts) neben dem DLR-Flugdirektor Marius Bach an der Konsole im Columbus-Kontrollzentrum, gemeinsam mit der DLR-Vorstandsvorsitzenden Prof. Pascale Ehrenfreund und ESA-Generaldirektor Prof. Johann-Dietrich Wörner (links)

On August 20, 2018, the Federal Minister of Economic Affairs and Energy, Peter Altmaier, visited the DLR site Oberpfaffenhofen. Highlight was a live call with the German ESA astronaut Alexander Gerst. In the picture: Federal Minister Peter Altmaier (right) besides the DLR Flight Director Marius Bach at the desk of the Columbus Control Center together with professor Pascale Ehrenfreund, Chair of the DLR Executive Board, and professor Johann-Dietrich Wörner, ESA's Director General (left)



Am 26. August 1978 brach der erste deutsche Raumfahrer ins All auf. Knapp acht Tage lang war Sigmund Jähn im Rahmen des Interkosmos-Programms im Weltraum und führte auf der sowjetischen Raumstation Salyut sechs wissenschaftliche Experimente durch. 40 Jahre nach dieser Reise wurde Sigmund Jähn in der Deutschen Raumfahrtausstellung seiner Heimatstadt Morgenröthe-Rautenkranz mit einer Feier und einem ISS-Live-Call mit dem aktuellen deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst geehrt.

On August 26, 1978, the first-ever German astronaut took off into space. On his nearly eight-day sojourn in space, Sigmund Jähn conducted six scientific experiments on board the Soviet Union's Salyut Space Station as part of the Interkosmos Programme. In his home town of Morgenröthe-Rautenkranz, 40 years after his mission, Sigmund Jähn was honoured with a celebratory reception and a live call to the ISS during which he spoke to the current German ESA astronaut, Alexander Gerst.



Links: Der neue Koordinator der Bundesregierung für Luft- und Raumfahrt, Thomas Jarzombek, hat am Tag der offenen Tür der Bundesregierung am 25. und 26. August 2018 im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie den Bruder des ISS-Crew-Assistenten CIMON getroffen.

Rechts: Der neue deutsche ESA-Astronaut Matthias Maurer (links) hat am 23. Juli 2018 das DLR Raumfahrtmanagement in Bonn besucht und auch den zuständigen DLR-Vorstand Dr.-Ing. Walther Pelzer getroffen.

Left: The new Federal Government Coordinator of German Aerospace Policy, Thomas Jarzombek, met the brother of ISS crew assistant CIMON at the open day of the Federal Government on August 25 and 26, 2018, at the Ministry of Economic Affairs and Energy.

Right: On July 23, 2018, Germany's new ESA astronaut Matthias Maurer (left) visited the DLR Space Administration in Bonn, and its responsible DLR Executive Chair Dr.-Ing. Walther Pelzer.

Auf eine große Reise mitgenommen: Als kleines Dankeschön an das horizons-Team im DLR Raumfahrtmanagement in Bonn hat der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst ein Bild der Mitarbeiter zur Internationalen Raumstation ISS gebracht. In der Cupola – der Aussichtsplattform der ISS – hat er das Bild frei schwebend vor der Erde fotografiert.

A picture taken on a long journey: as a small token of thanks to the horizons team at the DLR Space Administration, Germany's ESA astronaut Alexander Gerst took this photo with him to the space station. He took a photo of it in the Cupola – the space station's observation module – floating freely against the backdrop of planet Earth.

# SPACE CALENDAR

All the launch dates at a glance

## 2018

October 1 <sup>st</sup> –5 <sup>th</sup>	69 <sup>th</sup> International Astronautical Congress in Bremen (Germany)
October 11 <sup>th</sup>	Launch of Soyuz 56S from Baikonur (Kazakhstan; ISS expedition)
October 12 <sup>th</sup> –22 <sup>nd</sup>	Student balloon double campaign BEXUS 26/27 in Esrange (North of Sweden); carrying three experiments from German teams
October 19 <sup>th</sup>	Launch of Ariane 5 from Kourou (French Guiana); carrying the European-Japanese space science probe BepiColombo
October 30 <sup>th</sup>	Launch of Progress 71P from Baikonur (ISS logistics)
November	Launch of Soyuz from Kourou; carrying ten OneWeb satellites
November 6 <sup>th</sup>	Launch of Soyuz from Kourou; carrying the Earth observation satellite MetOp-C
November 15 <sup>th</sup>	Launch of Soyuz 57S from Baikonur (ISS expedition)
November 17 <sup>th</sup>	Launch of Antares from Wallops Island (Virginia/USA); carrying a Cygnus capsule (10 <sup>th</sup> ISS logistics flight)
November 26 <sup>th</sup>	Touchdown of the NASA Mars mission InSight; carrying the DLR experiment HP3
November 26 <sup>th</sup>	Launch of Falcon 9 from Kennedy Space Center (Florida/USA); carrying the 1 <sup>st</sup> Crew Dragon capsule to ISS (Crew Dragon Demo 1)
November 29 <sup>th</sup>	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral (Florida/USA); carrying a Dragon capsule (16 <sup>th</sup> ISS logistics flight; SpaceX CRS-16)
December 13 <sup>th</sup>	Touchdown of the Soyuz capsule carrying the German ESA astronaut Alexander Gerst

## 2019

February/March	Beginning of the isolation experiment SIRIUS at the former Mars500 habitat in Moscow (Russia)
----------------	---

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)



Der Earth Explorer-Satellit Aeolus der Europäischen Weltraumorganisation ESA ist am 22. August 2018 um 23:20 Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou (Französisch-Guayana) gestartet. Aeolus wird mit seiner neuen Lasertechnologie Windfelder rund um den Globus vermessen und so eine Schlüsselrolle für ein besseres Verständnis der Vorgänge in unserer Atmosphäre einnehmen.

ESA's Earth Explorer Aeolus satellite lifted off on a Vega rocket from Europe's spaceport in Kourou (French Guiana) on August 22, 2018, at 23:20 CEST. Using revolutionary laser technology, Aeolus will measure winds around the globe and play a key role in our quest to better understand the workings of our atmosphere.

Convajia/ESA



## Das DLR im Überblick

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

In den 20 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Dresden, Göttingen, Hamburg, Jena, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

## DLR at a glance

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

DLR has approximately 8,000 employees at 20 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Dresden, Goettingen, Hamburg, Jena, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also has offices in Brussels, Paris, Tokyo and Washington D.C.

[DLR.de/rd](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: Der kollaborative Roboter COBOT unterstützt die Ingenieure beim Heben schwerer Lasten und bei komplizierten Manövern für die Hauptstufe der neuen Ariane 6-Trägerrakete im ArianeGroup-Werk im französischen Les Mureaux. (© ArianeGroup/BLACKBEAR). The collaborative robot COBOT supports the engineers in assembling heavy components and in performing complicated manoeuvres for the new Ariane 6 rocket's main stage at the ArianeGroup facility in Les Mureaux. (© ArianeGroup/BLACKBEAR).

