



EINER FÜR ALLE, ALLE FÜR EINEN

Mission horizons: die Möglichmacher

KRAFTSTOFFE VON MORGEN
MEHR WISSEN ÜBER WASSER

Liebe Leserinnen und Leser,

wir haben bei Dumas geklaut. Einer für alle, alle für einen! Seinen Musketieren machte dieser Ausruf Mut für besondere Missionen. Zu einer Raumstation fliegen und dort auch als Kommandant fungieren, das ist in der Tat etwas Besonderes. Unser Magazin-Beitrag widmet sich allerdings weniger den Helden, die gewöhnlich die Schlagzeilen machen. Wir stellen diesmal Menschen vor, die hinter den Kulissen dafür sorgen, dass beim Weltraumaufenthalt von Alexander Gerst und seiner Crew alles wie am Schnürchen läuft. Ein überaus verantwortungsvoller Job, für den Mut vielleicht nicht die wichtigste Voraussetzung ist, eher Gewissenhaftigkeit und Verantwortungsgefühl. Den Mut muss der Astronaut noch draufpacken. Denn eines wird heute scheinbar kaum beachtet: Sich von der Erde lösen und unter extremen Bedingungen nicht nur leben, sondern dabei auch anspruchsvoll wissenschaftlich arbeiten – dies ist eine wahre Herausforderung. Und hier trifft das inflationär benutzte Wort mal den Kern.

Treffend ist der Gedanke des Zusammenstehens im Interesse eines gemeinsamen Ziels aber auch für weniger Abenteuerliches. Um Herausforderungen (ja, das DLR bedient sich dieses Begriffs auch gern), wie sie die Energieversorgung, Klimaänderungen und Digitalisierung uns stellen, anzunehmen, reichen Einzellösungen nicht mehr. Ein größerer Blickwinkel ist nötig. Das Zusammenbringen unterschiedlicher Kompetenzen ist gefragt. Deshalb gibt es die DLR-Querschnittsprojekte. Eines davon, Future Fuels, Kraftstoffe der Zukunft, stellt das Magazin vor.

Mut für ihre ganz persönliche Mission brauchen auch Unternehmensgründer. Das Unternehmen EOMAP liefert Gewässerinformationen auf Basis von Weltraumdaten. Neue Wege gehen ist das eine, doch sich auf dem Markt zu behaupten, etwas anderes. Um als Gründer erfolgreich zu sein, ist beides nötig. Dr. Thomas Heege, Geschäftsführer der 2006 aus dem DLR ausgegründeten, heute 20 Mitarbeiter zählenden Firma, weiß davon zu berichten.

Und falls Sie gern noch einen Tipp für den Sommerurlaub haben wollen: Wie wäre es mit einer äußerst ungewöhnlichen Bergtour zum Matterhorn im Gasometer Oberhausen, einem Besuch der Rosetta-Ausstellung in Wien oder einer Reise zur Ars Electronica nach Linz? Auf's DLR stoßen Sie überall.

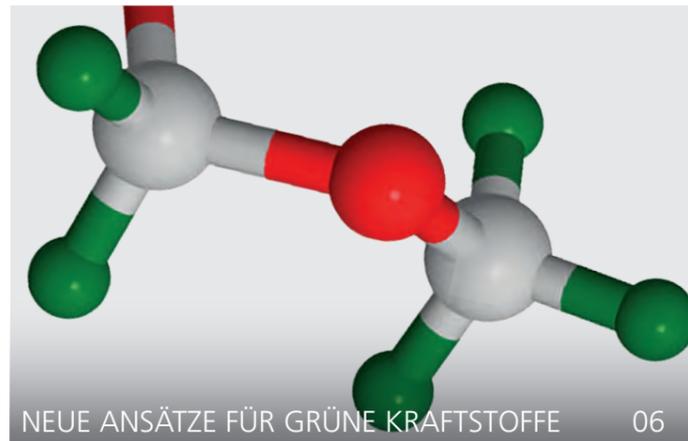
In diesem Sinne einen schönen Sommer wünscht Ihnen

Ihre Magazin-Redaktion

Bild: Christoph Otto für DLR-Magazin



EINER FÜR ALLE, ALLE FÜR EINEN 12



NEUE ANSÄTZE FÜR GRÜNE KRAFTSTOFFE 06



REISE DURCH DEN NEBEL 28

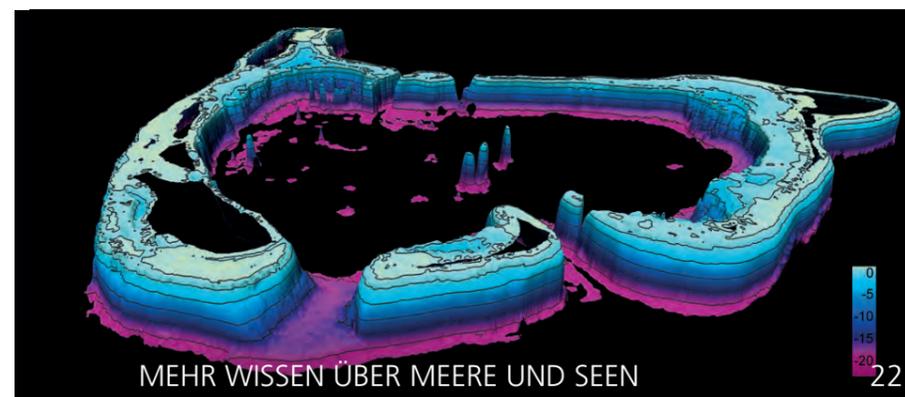


KERAMIK NACH MAß 34

Bild: Ars Electronica



IM HAUS DES DENKENS 52



MEHR WISSEN ÜBER MEERE UND SEEN 22



COOL: TINA STÄBLER 40

EDITORIAL	2
MELDUNGEN	4
KOMMENTAR	5
NEUE ANSÄTZE FÜR GRÜNE KRAFTSTOFFE	6
Das DLR-Querschnittsprojekt Future Fuels	
MELDUNGEN	10
EINER FÜR ALLE, ALLE FÜR EINEN	12
Mission horizons: das Team hinter Gerst	
DER NACHBAR FORSCHT MIT	20
Citizen Science: Bürger liefern Messdaten	
MEHR WISSEN ÜBER MEERE UND SEEN	22
Gespräch mit dem Gründer von EOMAP	
REISE DURCH DEN NEBEL	28
Lander InSight ist auf dem Weg zum Mars	
AUF DIE SCHIENE GEBRACHT	32
Der Zug der Zukunft fährt mit Brennstoffzelle	
MABANZÜGE IN SCHWARZ ODER WEIß	34
Die zwei Facetten des Werkstoffs Keramik	
PORTRÄT: COOL BLEIBEN, WENN ES HEIß HERGEHT	40
Tina Stähler will hoch hinaus	
FUNKWELLEN AUF DER SPUR	44
Der Channel Sounder analysiert die Signale	
MELDUNGEN	48
DAS MATTERHORN – TESTOBJEKT FÜR DIE DATENVISUALISIERUNG	50
Ausstellung im Gasometer Oberhausen	
IN MUSEEN GESEHEN	52
Im Haus des Denkens: Ars Electronica Linz	
REZENSIONEN	56

TESTMETHODE AUS DER LUFTFAHRT VERBESSERT WINDKRAFT-ROTORBLÄTTER

500 Sensoren messen Schwingungen direkt am Rotorblatt



Rotorblatt mit Sensoren zum Messen des Schwingungsverhaltens

300 Beschleunigungs- und 200 Dehnungssensoren sind von DLR-Wissenschaftlern direkt an einem Rotorblatt für Windkraftanlagen angebracht worden. Mit den Daten gleichen sie Verformungen des Rotorblatts millimetergenau mit dem Simulationsmodell ab. Die Forscher erhalten damit Informationen über das Schwingungsverhalten von Rotorblättern in einer bislang nicht erreichten Güte und Qualität.

Die Tests wurden im Rahmen des Projekts „SmartBlades2“ beim Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesysteme (IWES) in Bremerhaven durchgeführt. In dem Projekt, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird, entwickeln Forschungseinrichtungen gemeinsam mit Industriepartnern Technologien für größere und leistungstärkere Windkraftanlagen. Im Versuch zieht und drückt ein elektrodynamischer Schwingungserreger mit 100 Kilogramm an dem 20 Meter langen SmartBlade. Das Rotorblatt schwingt mit einem Ausschlag von 50 Zentimetern an der Blattspitze. Diese Bewegungen mit allen Materialbelastungen im Rotorblatt werden von Wissenschaftlern analysiert. Die Methode kommt aus der Luftfahrt und wurde beim DLR-Institut für Aeroelastik in Göttingen für Standschwingungsversuche an Flugzeugprototypen entwickelt. Dort wird damit die Strukturmechanik vermessen.

Auf dem Prüfstand in Bremerhaven stand ein 20 Meter langes Rotorblatt aus dem Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie (ZLP) in Stade. Neu daran ist eine geometrische Biege-Torsionskopplung. Bei Böen biegt sich das sichelförmige Blatt nicht nur nach hinten, sondern rotiert dabei in sich. Das Blatt kann damit seine Geometrie an die Strömungsverhältnisse anpassen, indem es sich bei höheren Windgeschwindigkeiten verdreht und der Kraft weniger Angriffsfläche bietet. So können Lasten an der Wurzel des Blatts selbstständig reduziert werden.

WÄRMESPEICHER-KONZEPT ERHÖHT DIE REICHWEITE VON ELEKTROFAHRZEUGEN

Prüfstand für die Untersuchung metallischer Latentwärmespeicher



Durch den Einsatz metallischer Latentwärmespeicher kann Wärme sehr effizient gespeichert werden

Mit DuoTherm haben DLR-Forscher ein Konzept entwickelt, in dem ein effizienter Wärmespeicher die Heizleistung im Elektrofahrzeug übernimmt. Kraftstoffbetriebene Fahrzeuge wärmen mit der Abwärme des Motors. Elektroautos hingegen nutzen für die Heizung dieselbe Batterie, die für den Antrieb sorgt, was die Reichweite um bis zu 50 Prozent reduzieren kann. Da Elektroantriebe ein wichtiger Baustein auf dem Weg zu einem klimafreundlichen Verkehrssystem sind, muss das Problem des Reichweitenverlusts im Winter gelöst werden. Das DuoTherm-System, entwickelt im Institut für Fahrzeugkonzepte des DLR in Stuttgart und im Institut für Materialphysik im Weltraum des DLR in Köln in Zusammenarbeit mit der Audi AG und dem ZAE Bayern, basiert auf dem Prinzip des thermischen Speichers.

Metallische Latentwärmespeicher, wie Aluminium-Silizium-Legierungen, haben eine hohe spezifische Energiedichte und eine hohe Wärmeleitfähigkeit. Sie nehmen bei einem Phasenwechsel, zum Beispiel von fest zu flüssig, sogenannte latente, also verborgene Wärme auf und können diese bei Bedarf wieder freigeben. Beispiel dafür sind Taschenwärmer, die Wärmeenergie freigeben, wenn die Flüssigkeit im Inneren erstarrt. Auf kleinem Volumen und in einer geringen Masse speichern sie mehr Energie als andere Formen von thermischen Speichern und können somit gut kompakt in Elektroautos verbaut werden.

Das Projekt DuoTherm kann neben der Reichweite und dem Komfort auch die Gesamteffizienz der Fahrzeuge maximieren. Das System soll auch Bremsenergie aufnehmen, Ladeverluste ausgleichen und die Batterie kühlen. DuoTherm kombiniert einen Hochtemperaturspeicher mit einem Niedertemperaturspeicher. So kann Verlustwärme, die häufig nur bei niedrigen Temperaturen vorliegt, gespeichert werden. Das schafft eine höhere Gesamteffizienz ohne zusätzliche Ladezeiten. Das System ist für Produzent und Endverbraucher kostengünstiger als eine Lösung durch einen zweiten Akku.

Bild: DLR/Gesine Born



Professor Dr. Pascale Ehrenfreund, Vorstandsvorsitzende des DLR

EIN NEUES DENKEN IN DER FORSCHUNG

Ein Kommentar von Pascale Ehrenfreund

Das DLR erhebt mit seiner Strategie 2030 den Anspruch, über die Vertiefung seiner klassischen Kompetenzen hinaus, verstärkt Beiträge zur Lösung aktueller und künftiger gesellschaftlicher Herausforderungen zu leisten. Zu diesen zählen die Digitalisierung, die Energiewende, die vernetzte Mobilität oder der Klimawandel. Gemeinsam ist ihnen bei aller Unterschiedlichkeit, dass sie vielschichtig sind: Neben den anspruchsvollen wissenschaftlichen und komplexen technologischen Fragestellungen unterschiedlicher Art müssen zugleich soziale, politische, wirtschaftliche und ökologische Aspekte berücksichtigt werden.

Das DLR befindet sich dabei in der besonderen Position, derart komplexe Analysen und ganzheitliche Lösungen erarbeiten zu können. Aus diesem Grund haben wir in der Strategie DLR 2030 die sogenannte Querschnittsinitiative verankert. Sie besteht derzeit aus fünf Querschnittsthemen mit insgesamt zehn Projekten, in denen jeweils Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus unterschiedlichsten Fachdisziplinen gemeinsam die genannten gesellschaftlichen Herausforderungen angehen. Der in diesem Rahmen neu geschaffene Querschnittsbereich Digitalisierung vereint Projekte zu den Themen Digitalisierung in der Wirtschaft, intelligente Mobilität, Cyber-Sicherheit und Big and Smart Data.

So schaffen wir im Projekt „Big-Data-Plattform“ die Grundlagen dafür, die in fast allen Bereichen der Forschung und Entwicklung anfallenden großen Mengen an Forschungsdaten zu analysieren und Wissen als Mehrwert daraus abzuleiten. Trotz sehr unterschiedlicher Fragestellungen der Fachdisziplinen gibt es hierbei eine große Schnittmenge an ähnlich gelagerten Problemen, bei deren Lösung die Forscherinnen und Forscher wechselseitig voneinander profitieren. Mit dem Projekt „Factory of the Future“ möchte das DLR einen Beitrag zum Thema Industrie 4.0 leisten. Robotertechnologien aus der Raumfahrt und modernste robotische Fertigungstechnologien aus der Luftfahrt werden unter Zuhilfenahme der Vernetzung im Sinne des Internet of Things weiterentwickelt. Hiermit werden innovative digitale Produktionsketten in der Fertigung ermöglicht, die zudem die sichere und effiziente Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine voranbringen. Das Projekt „Verkehr 5.0“ wiederum vereint Fragestellungen der Digitalisierung mit denen des Verkehrs. Wir forschen dabei intensiv in fast allen relevanten Bereichen – von der Einzeltechnologie des Vehikels bis zum Verkehrsmanagement des Gesamtsystems – mit dem Ziel, den automatisierten und hochvernetzten Verkehr 5.0 der Zukunft zu ermöglichen – sicher, effizient und umweltschonend.

Neben den Themen der Digitalisierung adressiert die Querschnittsinitiative zudem den Schwerpunkt Energie. Auch hier zeigt sich unmittelbar die Stärke des interdisziplinären Ansatzes: Was heutzutage unter dem Begriff der Energiewende diskutiert wird, braucht nicht weniger als ein vollkommen neuartiges Denken über unser Energiesystem. Das Energiesystem der Zukunft besteht aus vielen dezentralen Energieerzeugern, die überdies nicht kontinuierlich, sondern fluktuierend Energie einspeisen werden. Damit rückt das Problem der Zwischenspeicherung von Energie für die spätere Nutzung immer stärker in den Fokus. Dies ist ein gutes Beispiel für das soeben geforderte Umdenken: Das Projekt „GigaStore“ befasst sich in Kooperation mit dem Partnerprojekt „Future Fuels“ unter anderem damit, neue Wege und neue Formen chemischer und thermischer Energiespeicher sowohl für die Energiewende als auch für die Mobilität von morgen zu denken und zu entwerfen. Setzt man dieses Denken konsequent in Form von querschnittlichen Projekten um, entstehen Synergien von unschätzbarem Wert.

Insgesamt investiert das DLR circa 40 Millionen Euro pro Jahr in die Querschnittsinitiative. Die Unterstützung des gesamten Vorstands gewährleistet die Realisierung der interdisziplinären Projekte und die Überführung der Ergebnisse in konkrete Lösungen für die drängenden Herausforderungen unserer Zeit. Die Grenze zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung ist fließend. Viele Projekte tragen beide Aspekte in sich. Die Weltraumforschung ist ein Beispiel für diese Symbiose. Da geht es um grundlegende, ja philosophische Fragen, wie die Existenz von Leben auf anderen Planeten. Dafür ist die Entwicklung vieler Technologien notwendig: Satelliten, Raumsonden oder Raketen. Anwenden und Erkennen gehen Hand in Hand.

Eines der DLR-Querschnittsprojekte widmet sich Kraftstoffen von morgen. Lesen Sie dazu den Beitrag auf den Folgeseiten. Er enthält auch nähere Informationen zur DLR-Querschnittsinitiative und eine Aufzählung aller zehn Projekte.

NEUE ANSÄTZE FÜR GRÜNE KRAFTSTOFFE

Im Querschnittsprojekt Future Fuels erforschen Wissenschaftler aus elf DLR-Instituten die Entwicklung und Anwendung synthetischer Kraftstoffe. Diese können in Zukunft fossile Energieträger ersetzen und eine wichtige Rolle bei der nachhaltigen Umgestaltung unseres Energie- und Mobilitätssektors spielen.

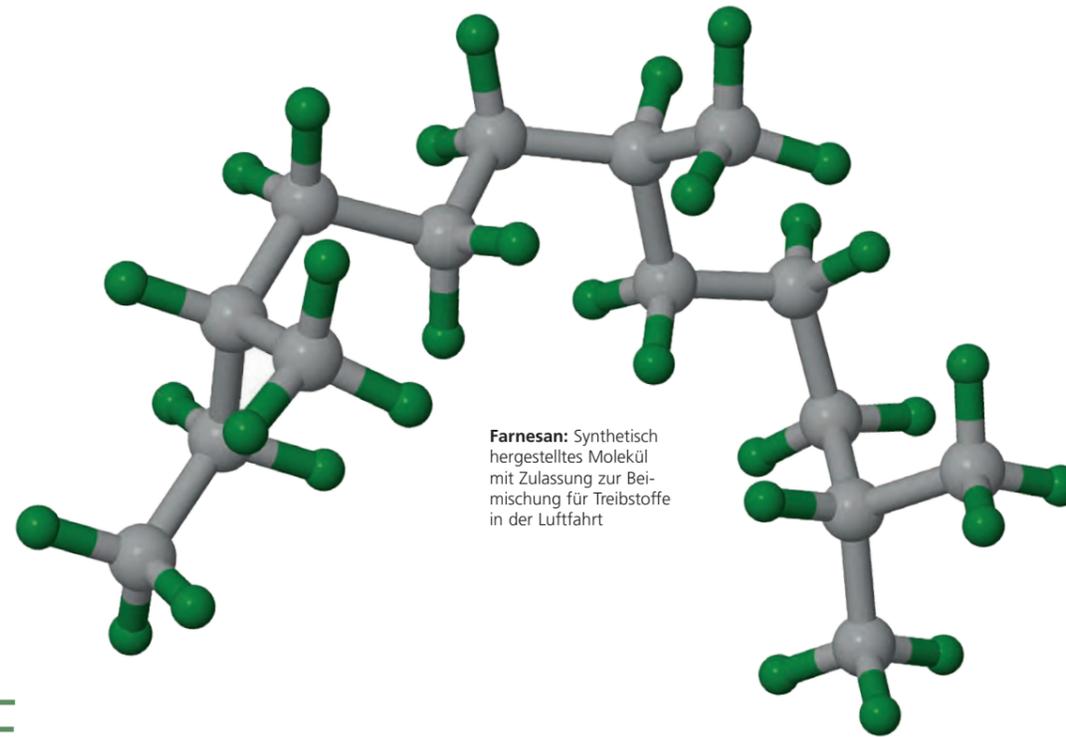
DLR-Querschnittsprojekt Future Fuels: Gemeinsam entwickeln elf Institute die Treibstoffe für morgen

Von Denise Nüssle

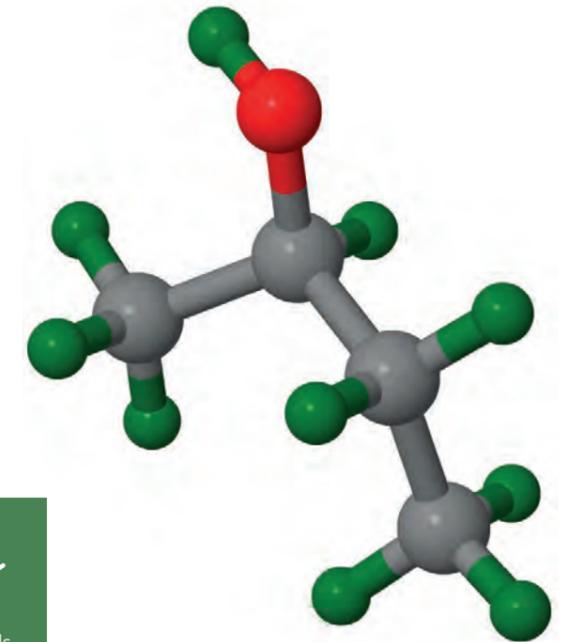
Am Anfang stehen C und H. Zwei Buchstaben, die im Deutschen gerne zusammen vorkommen. Im Periodensystem stehen sie für die Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff – die Grundbausteine aller Kraftstoffe. Beide sind auf der Erde in Form von Wasser, Luft und Biomasse im Prinzip unbegrenzt vorhanden. Kombiniert man mehrere C und H mittels chemischer Prozesse und elektrischer Energie, entstehen flüssige Kohlenwasserstoffe. Sie sind Ausgangsbasis für die sogenannten Future Fuels. Dieser Begriff bezeichnet eine Vielzahl von Kraft-, Treib- und Brennstoffen, die zukünftig in ganz unterschiedlichen Anwendungen zum Einsatz kommen und fossile Energieträger ersetzen können: in Autos, Lastkraftwagen, Zügen und Schiffen genauso wie in Flugzeugen und Raketen oder in der Energieversorgung.

Energiewende voranbringen, Schadstoff- und Kohlendioxid-Ausstoß senken

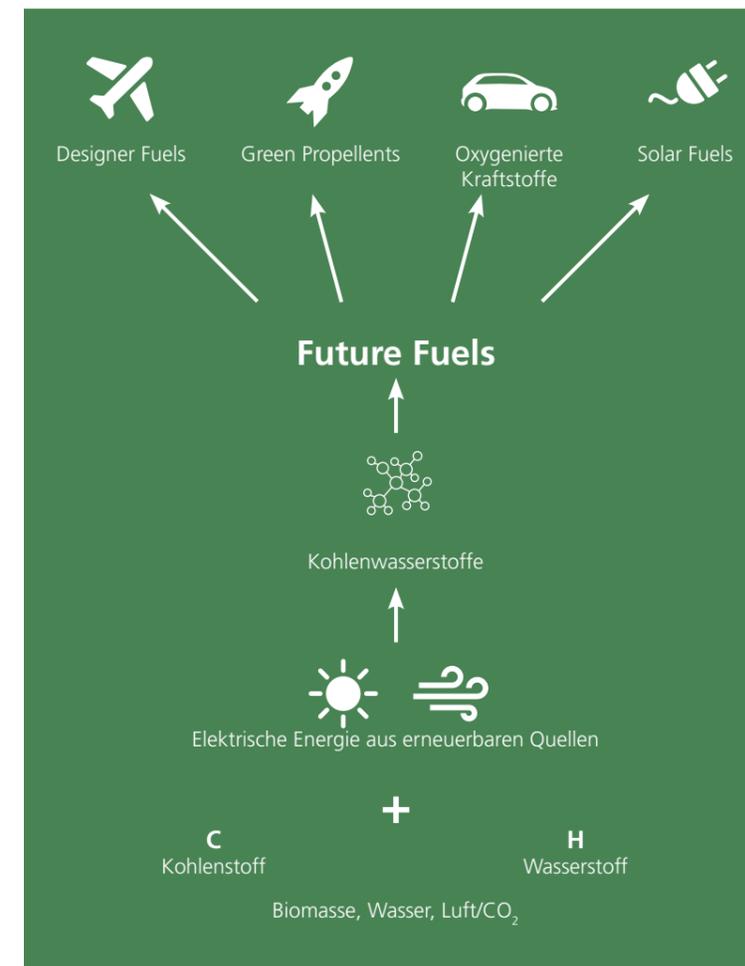
Future Fuels speichern Energie einfach, flexibel, effizient und nachhaltig. Mit diesen Eigenschaften können sie einen entscheidenden Beitrag dazu leisten, die Energiewende erfolgreich umzusetzen und globale Mobilität zu garantieren. „Die zentrale Herausforderung besteht darin, Future Fuels klimaneutral herzustellen und ihre chemischen Eigenschaften so zu gestalten, dass bei ihrer Nutzung keine oder zumindest wesentlich weniger Schadstoffe wie Rußpartikel und Stickoxide entstehen“, fasst der Koordinator des Querschnittsprojekts Future Fuels und Leiter des DLR-Instituts für Verbrennungstechnik, Professor Dr. Manfred Aigner, zusammen.



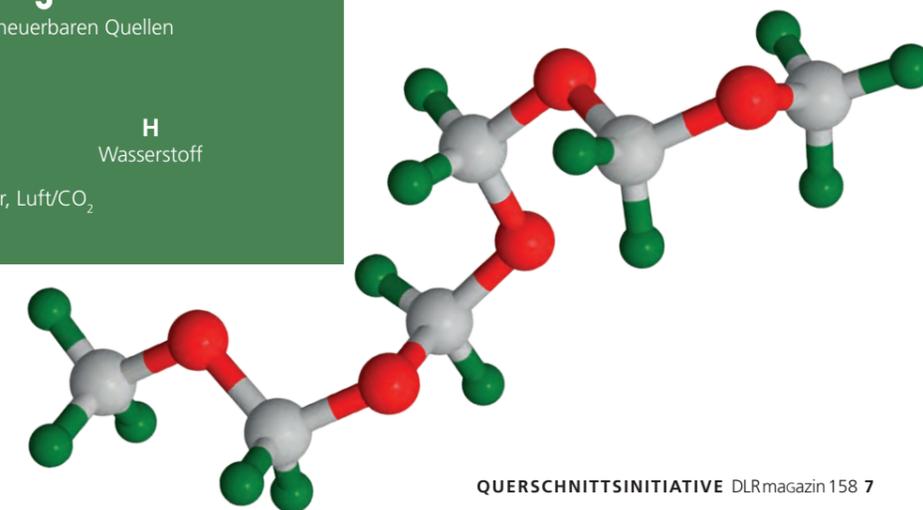
Farnesane: Synthetisch hergestelltes Molekül mit Zulassung zur Beimischung für Treibstoffe in der Luftfahrt



2-Butanol: Beispiel für einen oxygenierten Kraftstoff; Beimischungskomponente zur Erhöhung der Oktanzahl für Benzin



OME-Molekül aus der Klasse der Polyoxymethylendimethylether. Diese können als Dieselmotorkraftstoffkomponenten oder vollständige Alternative zum Dieselmotorkraftstoff verwendet werden.



DLR-QUERSCHNITTSINITIATIVE

Mit der Durchführung von Querschnittsprojekten nutzt das DLR Synergiepotenziale und schafft so einen über die bestehenden Forschungsschwerpunkte Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sowie Digitalisierung hinausgehenden technologischen Mehrwert für Deutschland. Die Themen der zehn Querschnittsprojekte sind:

DIGITALISIERUNG IN DER WIRTSCHAFT

- Global Connectivity

Globaler breitbandiger Internetzugang über Satellit und hoch fliegende Plattformen unter Einsatz lasergestützter optischer Datenübertragung

- Factory of the Future

Intelligente Robotik in der digitalisierten Produktion

- Simulation Based Certification

Simulationsverfahren als Basis für technische Zulassungen

BIG AND SMART DATA/DATA SCIENCE

- Big-Data-Plattform

Systematische Analyse großer Datensätze aus heterogenen Quellen

- Condition Monitoring for Safety Relevant Structures

Neue Diagnoseverfahren für den sicheren Betrieb komplexer Strukturen

CYBER-SICHERHEIT

- Cyber-Sicherheit für autonome und vernetzte Systeme

In der Luft- und Raumfahrt sowie im bodengebundenen Verkehr

INTELLIGENTE MOBILITÄT

- Verkehr 5.0

Automatisiertes und vernetztes Gesamtverkehrssystem

- Digitaler Atlas

Geodatenbank für den Verkehrsraum der Zukunft

Zusätzlich werden zwei Projekte zum Thema

ENERGIESPEICHER/ENERGIEEFFIZIENZ

- Future Fuels

Treibstoffe der Zukunft, chemische Hochleistungsspeicher

- GigaStore

Preiswerte Strom- und Wärmespeicher für das Energie- und Verkehrssystem der Zukunft

Im April 2018 ist Future Fuels als erstes von zehn DLR-Querschnittsprojekten gestartet. Forscherinnen und Forscher aus elf Instituten stellen sich mit dem Projekt gleich zwei gesellschaftlichen Herausforderungen: im Zuge der Energiewende eine nachhaltige, sichere und wirtschaftliche Energieversorgung für Deutschland zu entwickeln und durch einen reduzierten Ausstoß von Schadstoffen und Kohlenstoffdioxid den Temperaturanstieg in der Erdatmosphäre deutlich zu verringern. Gleichzeitig soll die Leistung der beiden Sektoren Mobilität und Energie bestehen bleiben oder sogar wachsen, um den gesellschaftlichen ebenso wie den individuellen Ansprüchen zuverlässig gerecht zu werden.

Vor allem für mobile Anwendungen, die hohe Leistungen über weite Distanzen benötigen – zum Beispiel in großen Passagierflugzeugen, schweren Transportfahrzeugen oder Containerschiffen –, sind synthetische Kraftstoffe die erfolversprechendste Lösung. Denn Future Fuels haben eine hohe Leistungsdichte (Energie pro Masse), die auf absehbare Zeit nicht mittels Batterien oder Hybrid-Lösungen realisiert werden kann. „Das Schöne an Future Fuels ist außerdem, dass wir sie in gewissen Grenzen für den jeweiligen Einsatzzweck auslegen und optimieren können. Weiterhin lässt sich für Transport und Lagerung oft die bereits vorhandene Infrastruktur nutzen, die dafür nicht oder kaum angepasst werden muss“, beschreibt der Projektleiter des DLR-Querschnittsprojekts Future Fuels, Professor Uwe Riedel – ebenfalls vom Institut für Verbrennungstechnik –, zwei wichtige Vorteile dieser synthetischen Kraftstoffe.

Großes Potenzial besitzt auch der Einsatz von Future Fuels in der Energiewirtschaft: Sie können in Gasturbinenkraftwerken zur schadstoffarmen Stromgewinnung verwendet werden oder als einfach zu handhabendes Speichermedium dienen, um im flexiblen, nachhaltigen Versorgungssystem der Zukunft Engpässe zu vermeiden, wenn beispielsweise der Strom aus Sonnen- und Windkraft nicht genügt.

Ganzheitlich und interdisziplinär forschen und entwickeln

Ziel des Querschnittsprojekts ist es, Future Fuels sowie deren Anwendung und Demonstration in Pilotprojekten zu entwickeln, und zwar mit einem ganzheitlichen Horizont: Mit seinen Kompetenzen in den Bereichen Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr deckt das DLR eine große thematische Bandbreite ab und verfügt über Expertise zu allen Anwendungen von Future Fuels in den Sektoren Mobilität und Energieversorgung. Zudem arbeiten die rund 30 am Querschnittsprojekt beteiligten Wissenschaftler mit einem systemorientierten und interdisziplinären Ansatz: Sie haben die komplette Prozesskette im Blick – von den Rohstoffen zur Herstellung von Future Fuels, über die Produktionsverfahren und Nutzung der Kraftstoffe bis hin zu gegebenenfalls noch entstehenden Restemissionen. „Wir arbeiten somit in zwei Richtungen mit einem umfassenden Ansatz. Das kann in dieser Form nur das DLR leisten“, erklärt Manfred Aigner.

Aufgegliedert in fünf Teilprojekte untersuchen die DLR-Forscher zum Beispiel, wie sich synthetische Kraftstoffe mit Sonnenenergie (Solar Fuels) herstellen lassen und sie entwickeln Konzepte für die Rückverstromung dieser Brennstoffe. Sie arbeiten an emissionsoptimierten Kraftstoffen für Verkehr und Luftfahrt (Designer Fuels) sowie fortschrittlichen „grünen Treibstoffen“ (Green Propellents) für die Raumfahrt als Ersatz für das bisher verwendete hochgiftige Hydrazin. In diesen Bereichen kann das DLR auf eine Vielzahl von Messtechniken und Methoden zurückgreifen, um die chemischen und physikalischen Eigenschaften der unterschiedlichen Future Fuels zu analysieren und in Versuchen zu testen – vom Labormaßstab bis hin zu Großversuchen mit speziell ausgerüsteten Anlagen, Fahr- und Flugzeugen. Zudem stellen die Wissenschaftler Systemanalysen und Technikbewertungen an, die das Thema Future Fuels aus einer ganzheitlichen Perspektive betrachten und Faktoren wie Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit, Versorgungssicherheit und gesellschaftliche Akzeptanz einbeziehen.

Besondere Chancen für den Wirtschaftsstandort Deutschland

Ob im Fahrzeugsektor, in der Luftfahrt, in der Energiewirtschaft oder in der chemischen Industrie – für synthetische Kraftstoffe finden sich Anknüpfungspunkte in vielen für die deutsche Wirtschaft bedeutenden Branchen. „Future Fuels bieten für den Hightech-Standort Deutschland eine besondere Chance. Sie können zu einem wichtigen Innovations-treiber werden und die globale Wettbewerbsfähigkeit unserer Industrie stärken“, beschreibt Projektkoordinator Manfred Aigner das gesamtwirtschaftliche Potenzial. „Deutschland ist stark aufgestellt in den Bereichen Technologie und Innovation, besitzt aber wenig natürliche Ressourcen und ist beim Import fossiler Kraftstoffe von einigen wenigen Ländern abhängig. Zwar wird auch mit Future Fuels eine gewisse Importabhängigkeit bestehen bleiben. Doch der Markt für Biomasse und Strom aus erneuerbaren Ressourcen für die Herstellung synthetischer Kraftstoffe wird ganz anders aussehen: wesentlich diversifizierter und mit neuen Akteuren, was mehr Wettbewerb und eine flexiblere Preisgestaltung mit sich bringt.“

Auf dem Weg zu einem ganzheitlichen Lösungskonzept aus einer Hand warten vier spannende Jahre auf das Forscherteam des Querschnittsprojekts. Einige von ihnen waren bereits beim Vorgängerprojekt mit an Bord, an dem acht DLR-Institute beteiligt waren. „Hier standen die Grundlagen und die Methodenentwicklung im Vordergrund“, führt Projektleiter Uwe Riedel aus. Das Querschnittsprojekt Future Fuels bietet den Wissenschaftlern Raum für neue Denkansätze und kreative Lösungen, keine Idee soll von Beginn an ausgeschlossen werden. Mit den ersten Pilotanlagen, die Future Fuels in einem größeren Maßstab produzieren, rechnet Projektkoordinator Manfred Aigner in zehn Jahren. Dann lassen sich auch belastbare Preiskalkulationen anstellen. „Bis dahin sind wir auf zuverlässige Rahmenbedingungen und die Unterstützung unserer Partner in Politik und Wirtschaft angewiesen, um Future Fuels als zukunftsweisende Technologie zu erforschen und den Start in die kommerzielle Anwendung vorzubereiten“, so Aigner.

Denise Nüssle ist am DLR Stuttgart verantwortlich für die Standortkommunikation.



Professor Dr. Manfred Aigner leitet das DLR-Institut für Verbrennungstechnik und koordiniert im DLR das Querschnittsprojekt Future Fuels



Professor Dr. Uwe Riedel vom DLR-Institut für Verbrennungstechnik leitet das Querschnittsprojekt Future Fuels

„Das Schöne an Future Fuels ist, dass wir sie für den jeweiligen Einsatzzweck auslegen können.“

„Future Fuels können zu einem wichtigen Innovationstreiber werden.“

FAKTEN ZUM DLR-QUERSCHNITTSPROJEKT FUTURE FUELS

Beteiligte Institute

Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie
Institut für Fahrzeugkonzepte
DLR Flugexperimente
Institut für Lufttransportsysteme
Institut für Physik der Atmosphäre
Institut für Raumfahrtantriebe
Institut für Solarforschung
Institut für Technische Thermodynamik
Institut für Verkehrsforschung
Institut für Verbrennungstechnik
Institut für Vernetzte Energiesysteme

Laufzeit: vier Jahre (2018–2021)

Finanzvolumen: 13 Millionen Euro

Systemanalyse und Technikbewertung

Institut für Vernetzte Energiesysteme
Institut für Fahrzeugkonzepte
Institut für Lufttransportsysteme
Institut für Technische Thermodynamik
Institut für Verkehrsforschung

Solar Fuels & Rückverstromung

Institut für Vernetzte Energiesysteme
Institut für Solarforschung
Institut für Technische Thermodynamik
Institut für Verbrennungstechnik

Oxygenierte Kraftstoffe

Institut für Fahrzeugkonzepte
Institut für Verbrennungstechnik
Institut für Verkehrsforschung

Designer Fuels

DLR Flugexperimente
Institut für Physik der Atmosphäre
Institut für Verbrennungstechnik

Flüssigmethan & „grüne“ Treibstoffe

Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie
Institut für Raumfahrtantriebe
Institut für Verbrennungstechnik

VERSUCHE ZUR SCHWINGUNG AM FRACHTFLUGZEUG BELUGA XL

Am neuen großen Transportflugzeug von Airbus, Beluga XL, wurden in Toulouse Standschwingungsversuche durchgeführt. Zusammen mit dem französischen Forschungszentrum für Luft- und Raumfahrt, ONERA, untersuchten DLR-Wissenschaftler das strukturelle Verhalten des Frachtflugzeugs. Die Standschwingungsversuche sind ein Schlüsselement des Versuchsprogramms für jedes neue Flugzeug zur Erlangung der zertifizierten Flugtauglichkeit. Die Versuchsdaten dienen sowohl der Anpassung und Verbesserung des mathematischen Strukturmodells des Flugzeugs, als auch der Vorhersage von Schwingungsamplituden im Betrieb. Auch der Ausschluss von Flatterrisiken in der Flugcharakteristik ist ein Thema.



In nur acht Tagen erfassten die Forscher Daten von Tests mit zwei Versuchsaufbauten: Einmal mit leerem

Rumpf und einmal mit einstellbarer, schwerer Beladung. Für die Versuche brachten die Ingenieure mehr als 600 Sensoren, 7.000 Meter Kabel und 300 Meter Glasfaser an Rumpf, Leitwerk, Triebwerken und Flügeln an. Zur Erzeugung der Flugzeug-Vibrationen wurden modernste Erregertechnologien eingesetzt.

ROSETTA-AUSSTELLUNG IN WIEN

Noch bis zum 12. September 2018 zeigt das Naturhistorische Museum Wien die Ausstellung „KOMETEN – Die Mission Rosetta. Reise zu den Ursprüngen des Sonnensystems“. Rosetta ist eines der komplexesten europäischen Raumfahrtprojekte und endete vor zwei Jahren. Die gemeinsam mit der Max-Planck-Gesellschaft gestaltete Schau zeigt ein Modell der Rosetta-Raumsonde im Maßstab 1:4 sowie des Philae-Landers und einiger Instrumente in Originalgröße. Attraktion ist eine etwa 4,3 mal 2,6 Meter große Wiedergabe des Kometen Churyumov-Gerasimenko samt seiner Oberflächendetails im Maßstab 1:1.000. Die Ausstellung hatte im Jahr 2016 im Museum für Naturkunde Berlin Premiere und wurde dort von mehr als 700.000 Besuchern gesehen.

Wer keine Gelegenheit hat, die Ausstellung in Wien zu besuchen, kann über die DLR-App „DLR COMETS“ (kostenlos herunterzuladen im iTunes Store oder im Google Play Store, für Tablets optimiert) einen virtuellen Rundgang durch die Ausstellung machen. So ein Rundgang ist auch auf der Webseite „Virtueller Rundgang“ (für die Browser: Firefox, Chrome und Safari) möglich.

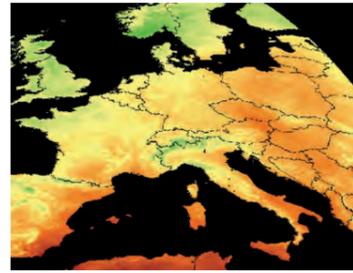


WETTERVORHERSAGE FÜR EIN STABILES ENERGIESYSTEM

Mit Auswirkungen von Wettereinflüssen auf das Energiesystem befasste sich die 5. Fachtagung Energiemetereologie. Das DLR richtete sie Anfang Juni 2018 gemeinsam mit der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft und der Universität Oldenburg in Goslar aus.

Rund 100 Experten aus der Energiewirtschaft und der Forschung interessierten sich für das Thema, vor allem wegen der zunehmenden Einspeisung von Wind- und Sonnenstrom ins Energiesystem.

Das Systemverhalten der erneuerbaren Energien steht in Wechselwirkung mit den Wetterbedingungen. Deshalb stand in diesem Jahr die präzise Quantifizierung und Vorhersage von Ressourcen für Wind- und Solarenergie im Mittelpunkt. Diese Daten können zum Beispiel die tägliche Stromnetzführung unterstützen oder auch die Steuerung von energieeffizienten Gebäuden. In den Vorträgen ging es in diesem Zusammenhang unter anderem um die Zeitmuster von Windenergieertrag und der Heizlast von Gebäuden, um satellitenbasierte Echtzeit-Solarstrahlungsdaten für PV-Hochrechnungen und um die Vorhersage von Mineralstaub-Partikeln in der Atmosphäre.



PREMIEREN BEIM PARABELFLUG

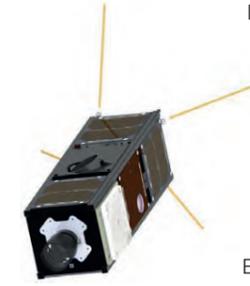
Als am 5. Juni 2018 das Parabelflugzeug Airbus A310 ZERO-G vom Flughafen Bordeaux-Mérignac abhob, kam es zu gleich drei Premieren: Erstmals waren an Bord nur lebenswissenschaftliche Experimente bei einer Kampagne des DLR, der Europäischen Weltraumorganisation ESA und der französischen Raumfahrtagentur CNES. Diese wurden allerdings drei unterschiedlichen Schwerkraftbedingungen ausgesetzt. Und: Zum ersten Mal war die US-amerikanische Weltraumbehörde NASA mit dabei.



Nach einem Steigflug, in dem 1,8 G an Bord herrschten und die Passagiere fast doppelt so schwer waren wie auf der Erde, folgten statt der normalerweise 22 Sekunden langen Null-G-Phase, also der Schwerelosigkeit, drei spezielle Formen einer Parabel.

Dabei waren anstelle von Null-G nur ein Viertel, die Hälfte sowie drei Viertel der irdischen Schwerkraft vorhanden. Damit bekamen die Forscher die einzigartige Chance, biologische und physiologische Systeme zu beobachten und zu verstehen, wie die zugrunde liegenden Mechanismen bei unterschiedlichen Schwerkraftbedingungen funktionieren. Die drei deutschen Experimente an Bord gingen folgenden Fragestellungen nach: Wie wirkt sich die Schwerelosigkeit auf die Kontrolle unserer Muskeln aus? Wie leistungsfähig sind wir mental unter diesen Bedingungen? Was bedeuten die Schwellenwerte für die Wahrnehmung von Gravitation bei Pflanzen?

MINI-LASERTERMINAL FÜR KLEINSTSATELLITEN



DLR-Wissenschaftler haben zusammen mit der Firma Tesat-Spacecom ein System entwickelt, mit dem große Datenmengen per Laserlicht auf Kleinstsatelliten übertragen werden können. Das miniaturisierte und extrem leistungsstarke Laserterminal bestand den „Critical Design Review“ und wird nun für seinen ersten Start auf einem CubeSat Ende 2018 gefertigt.

Optische Kommunikation, also die Übertragung von Daten per Laserlicht, ermöglicht sehr hohe Datenraten und gilt als „kabellose Glasfaseranbindung“. Im Projekt OSIRIS (Optical Space Infrared Downlink System) bringt das DLR-Institut für Kommunikation und Navigation diese Schlüsseltechnologie auf Satelliten zur Anwendung. Die OSIRIS-Nutzlast hat auf einer Fläche von zehn mal zehn Quadratzentimetern Platz, ist drei Zentimeter hoch und 300 Gramm leicht. Das Laserkommunikationssystem überträgt Daten mit einer Rate von 100 Megabit pro Sekunde – das ist mehr als die hundertfache Datenrate herkömmlicher funkbasierter Systeme.

Optimiert ist das Laserterminal für den Einsatz auf sogenannten CubeSats, würfelförmigen Kleinstsatelliten, die kostengünstig sind und mit hochauflösenden Kameras und Messgeräten ausgestattet werden können. Bisher werden die Daten per Funk übertragen, doch gerade Erdbeobachtungsmissionen erzeugen ein hohes Datenvolumen. Nun steht ein leistungsstarkes optisches Kommunikationssystem zur Verfügung, wodurch sich auch die Fähigkeiten der Kameras besser nutzen lassen.

E-MOBILITÄT IM ALLTAGSCHECK

Welche Erwartungen haben Nutzer an Elektrofahrzeuge und wie bewähren sie sich im Alltag? Dieser Frage gingen DLR-Wissenschaftler in einer Studie nach. Dafür begleiteten sie im Modellprojekt „elektrisch mobil“ den gewerblichen Einsatz elektrischer Fahrzeuge.

Über einen Zeitraum von drei Jahren erprobten mobile Pflegedienste und Serviceeinrichtungen der Erzdiözese Freiburg 15 elektrische Fahrzeuge in der Praxis. Die Forscher untersuchten parallel dazu den realen Energiebedarf und die Kosten für Anschaffung, Nutzung sowie die benötigte Infrastruktur. Sie errechneten die Kohlenstoffdioxidemissionen aus Stromerzeugung und Batterieherstellung und erhoben Daten zu den Erwartungen und Erfahrungen der Nutzer. Die Studie zeigte, dass die Nutzer mit ihren Elektrofahrzeugen zufrieden waren, trotz Einschränkungen bei der Reichweite und gelegentlichen technischen oder logistischen Problemen, beispielsweise beim Laden. Gut fanden sie die Geräuscharmheit, den Fahrspaß sowie das Beschleunigungsverhalten. Auch die Reaktionen des Umfelds wurden positiv wahrgenommen. Allerdings erwies sich die Installation der Ladeinfrastruktur als aufwändig. Und die Kosten sind ohne Förderung immer noch höher als bei vergleichbaren Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb.



Bild: Roger Koeppe/ErzbistumFreiburg
Elektroautos: Für kurze Fahrten zu Patienten bewähren sie sich.

REGIONALMELDUNGEN

BERLIN: Von A wie Ampeln steuern bis Z wie Zug der Zukunft – im DLR Berlin gab es am 9. Juni wieder viel zu erleben, Neues zu erfahren und Interessantes zu wissen. Rund 5.000 Gäste kamen zur diesjährigen Langen Nacht der Wissenschaften an den DLR-Standort Berlin-Adlershof. Sie erlebten einen Lastenrad-Parcours, einen Flug über den Roten Planeten, hörten leisere Triebwerke und sahen die Erde von oben.

BRAUNSCHWEIG: Piloten, Wissenschaftler und Industrievertreter berichten einmal monatlich in der Aula des Hauses der Wissenschaft oder auch auf Exkursionen über ihre Arbeit und geben einen Ausblick auf das Fliegen in der Zukunft. Die nächsten Termine: 31. August – Exkursion zu MTU Hannover, 24. September – Unbemannte Flugsysteme in der Klimaforschung, 29. Oktober – Fertigungsmethoden für den Segelflug, 26. November – Luftgestützte Inspektionssysteme, 10. Dezember 2018 – Entwicklung eines Amphibienflugzeugs. Der Eintritt ist frei. (www.hausderwissenschaft.org/wissens-welle/luftfahrt-der-zukunft.html, E-Mail-Kontakt: jasmin.begli@dlr.de).

HAMBURG: Autonom fahrende Busse sollen einfach, angenehm und mit einem hohen Sicherheitsgefühl nutzbar sein. Dazu startete am 1. Juni 2018 in Hamburg das Projekt HEAT (Hamburg Electric Autonomous Transportation). Die DLR-Wissenschaftler wollen zusammen mit ihren Partnern nachweisen, dass die autonom fahrenden Kleinbusse im öffentlichen Nahverkehr erfolgreich eingesetzt werden können. Neben dem eigens für dieses Projekt entwickelten Fahrzeug sind Fragen zur verkehrs- und informationstechnischen Infrastruktur, zur digitalen Leittechnik und zu den technischen Schnittstellen Gegenstand des Vorhabens.

NEUSTRELITZ: Im DLR Neustrelitz fand in den ersten beiden Juli-Wochen Teil 1 des Joint Space Weather Summer Camp 2018 statt. Jeweils acht Studierende aus Deutschland, Südafrika und den USA erhielten Einblick in die aktuelle Forschung zum Thema Weltraumwetter. Veranstalter sind das DLR, die South African National Space Agency (SANSA) und die University of Alabama in Huntsville. In der zweiten Hälfte des Camps waren die Studierenden zu Gast an der University of Alabama in Huntsville.

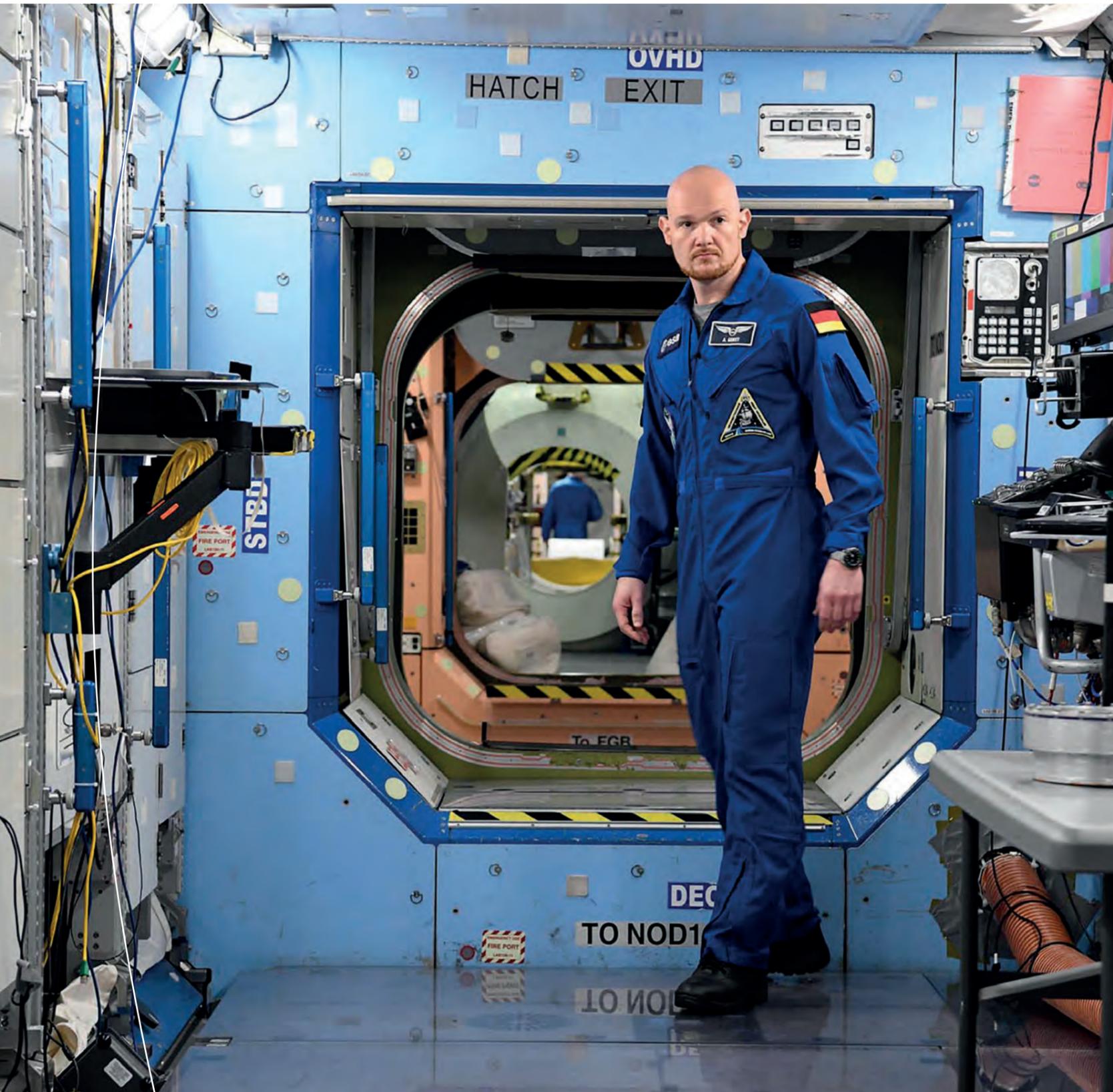
OBERPFAFFENHOFEN: Achtzehn Monate nach ihrem letzten Rekord haben DLR-Wissenschaftler, diesmal gemeinsam mit ADVA, einem Anbieter von Open-Networking-Lösungen, mit 13,16 Terabit pro Sekunde einen neuen Weltrekord in der optischen Freistrahldatenübertragung aufgestellt. Mit dieser Datenrate könnten alle gedruckten Bücher der Welt in etwa einer halben Minute übertragen werden. Ziel der Kommunikation mittels Laser ist es, ländliche Gebiete, die nicht an ein terrestrisches Breitbandnetz angeschlossen sind, vom Satelliten aus mit Informationen zu versorgen.

DLR.DE: MELDUNGEN AUF DER DLR-WEBSITE UND DER DLR-NEWSLETTER

Alle Meldungen können in voller Länge und mit Bildern oder auch Videos online im News-Archiv eingesehen werden. Möchten Sie die Meldungen per E-Mail zugeschickt bekommen, abonnieren Sie einfach den Newsletter.

DLR.de/meldungen

DLR.de/newsletter



Alexander Gerst – hier noch mit festem Boden unter den Füßen –
im Trainingsmodul bei den letzten Übungen für seinen zweiten Flug zur Internationalen Raumstation ISS

Bild: Christoph Otto für DLR-Magazin

EINER FÜR ALLE, ALLE FÜR EINEN



Mission horizons:

Alexander Gerst hat zwei Teams – eines im All und eines auf der Erde

Wenn Astronaut Alexander Gerst ein halbes Jahr lang in der Schwerelosigkeit lebt und arbeitet, dann – so sagt er – steht er auf den Schultern von vielen. Von denen, die am Boden dafür sorgen, dass er seine Aufgaben in der Internationalen Raumstation ISS optimal erfüllen kann. Weltweit von den USA über Russland und Japan bis hin zu Deutschland sitzen Menschen in den Kontrollzentren und unterstützen im Schichtbetrieb rund um die Uhr seine „horizons“-Mission im All. Jahrelang wurden Experimente geplant, ausgewählt, vorbereitet und zur ISS transportiert. Trainer bereiteten Gerst auf fast jeden Handgriff vor, den er während Start, Aufenthalt in der ISS und Landung machen muss. Ganze Teams kümmern sich darum, dass der Astronaut in seinem himmlischen Domizil Essen, Nachrichten oder auch seine Lieblingsserien vorfindet. Kaum zu zählen sind die vielen Helfer am Boden. Manche arbeiten mit ihm persönlich, andere werden ihn nie kennenlernen. Gemeinsam ist ihnen eines: Sie sind hinter den Kulissen ein wichtiger Teil der Mission – und ohne sie könnte Alexander Gerst nicht arbeiten. Wir stellen sechs Frauen und Männer im Hintergrund und ihre Aufgaben vor.

DER TRAINER

Kennt das Columbus-Raumlabor in- und auswendig: Norbert Illmer, „Eurocom“ der ersten Stunde



Norbert Illmer

Training, Training und noch einmal Training. Für Alexander Gerst haben die letzten Jahre vor allem genau daraus bestanden. Wie man das russische Soyuz-Raumschiff fliegt, hat er in Russland gelernt, in Houston hat er unter anderem im riesigen Wasserbecken für Weltraumausstiege trainiert. In Köln hat Norbert Illmer vom DLR dafür gesorgt, dass der deutsche Astronaut das europäische Forschungslabor Columbus in- und auswendig kennt. Dabei ist er selbst das erste „Versuchskaninchen“, wenn es neue Inhalte im Training geben muss. „Die Instrukturen halten die Trainingseinheiten auf dem neuesten Stand – und ich gehe die Lektion dann noch einmal durch, bevor wir sie in den Stundenplan der Astronauten übernehmen“, sagt Illmer. Mal ändert sich etwas am Kommunikationssystem, das die wissenschaftlichen Nutzer am Boden verwenden, um Kommandos

an ihre Nutzlasten im All zu senden. „Der Astronaut muss das System verstehen, um bei Bedarf auch mal einen Stecker ziehen zu können oder ein Kommando einzugeben.“ Mal kommen neue Experimentieranlagen hinzu. Und das System verstehen und beherrschen, das kann nur derjenige, der es regelmäßig studiert und trainiert hat.

Aber auch wenn Alexander Gerst schon längst durch die Internationale Raumstation schwebt und das System Columbus gut funktioniert, ist Norbert Illmer ganz dicht an der horizons-Mission dran: Er sitzt im Europäischen Astronautenzentrum jede zweite Woche an der Konsole und arbeitet mehrere Tage zusammen mit dem Astronauten. Gerst in der ISS, Illmer am Boden – ein Team sind sie dennoch. „Eurocom“ nennt sich die Position, bei der Illmer sich in das weltumspannende Netz der Kontrollräume einklinkt und die Arbeiten im Columbus-Modul betreut. Er ist dann der direkte Kommunikationspartner für alle Astronauten, die unter europäischer Verantwortung die verschiedenen Experimente bedienen und durchführen. Eigentlich ist Englisch dabei die übliche Sprache. Aber wenn der Tag im All gut und entspannt läuft, ist auch mal ein deutscher Satz zu „Astro-Alex“ möglich. „Es ist für alle Beteiligten gut, wenn man nicht nur die Experimente abarbeitet, sondern auch mal etwas Persönliches sagt, mal einen kleinen Flachs macht.“

Illmer hat im DLR mit der D2-Mission angefangen. Seitdem, so sagt er, war er bei allen Missionen irgendwie immer mit am Ball. Thomas Reiter bei der Euromir'95. Reinhold Ewald bei der MIR'97. Als 2008 das Columbus-Modul zur ISS startete, saß Illmer an der Konsole. Und jetzt also die horizons-Mission mit Alexander Gerst. „Im Team hier bin ich der letzte Eurocom der ersten Stunde.“ An der Konsole funktioniert alles in Echtzeit. Im Fall der Fälle muss schnell reagiert werden. „Adrenalin ist da natürlich auch mit im Spiel“, sagt er. Komplexe Aktionen müssen detailliert und präzise vorbereitet werden. „Wenn dann alles 1A läuft, gibt einem das schon ein gutes Gefühl.“

DER UNTERSTÜTZER

Auf dem schmalen Grat zwischen Vorschrift und Astronautenwünschen: Antonio Fortunato vom Astronauts Operations Team

Antonio Fortunato weiß, wie Alexander Gerst die letzten Tage vor seinem Start zur Internationalen Raumstation verbracht hat. Er kennt die persönlichen Gegenstände, die der deutsche Astronaut auf seine Reise ins All mitgenommen hat. Und er hat dabei geholfen, die Taschen mit der Kleidung zu packen, die Alexander Gerst direkt nach seiner Rückkehr von der ISS benötigt. Fortunato gehört zu dem Team des DLR, das am Europäischen Astronautenzentrum der ESA in Köln für die Unterstützung der Astronauten zuständig ist.

In den letzten fast zehn Jahren hat er sechs Starts von Astronauten begleitet. Immer wieder gehörte er zu denen, die per Hubschrauber zur Landestelle in der kasachischen Steppe flogen und dort einen europäischen Astronauten aus dem All in Empfang nahmen. Insgesamt dreimal hat er mit „seinem“ Astronauten die mehrwöchige Quarantäne in Baikonur absolviert, bei der die Astronauten sich auf den Start vorbereiten und möglichst wenig Kontakt zur Außenwelt haben. Drei Wochen davon hat er im Mai 2018 mit Alexander Gerst verbracht. Täglich wurde Fortunato dabei von einem Arzt untersucht, damit ausgeschlossen werden konnte, dass er den deutschen Astronauten kurz vor dessen Start vielleicht noch mit Grippe oder anderen Krankheiten ansteckte.

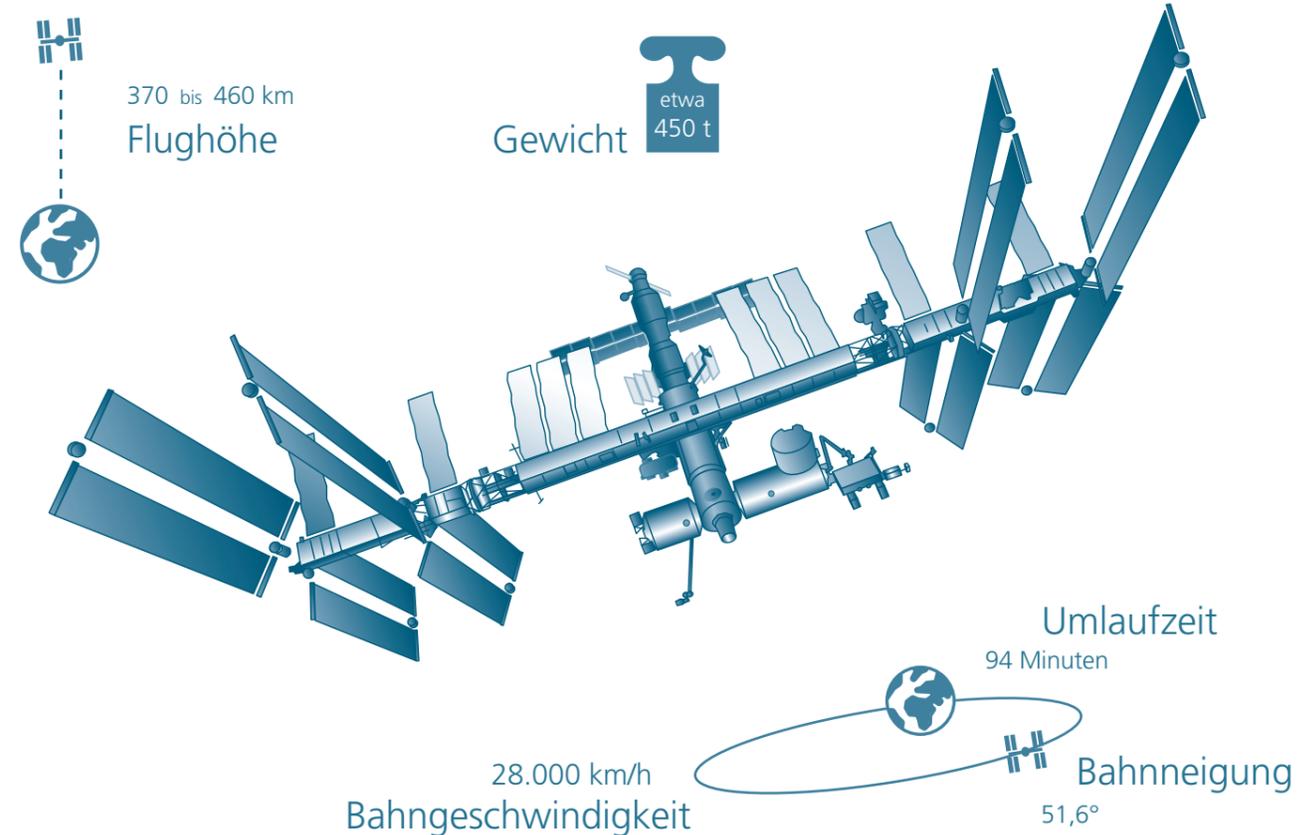
Angefangen hat seine Arbeit jedoch schon lange davor. Seine Aufgaben sind vielfältig, haben aber letztendlich immer dasselbe Ziel: Der Astronaut soll für seine Arbeit die Bedingungen erhalten, die er benötigt. Dafür sorgen die sechs Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Astronauts Operations Team. Andreas Orth und Susanne Altenburger haben dieses Mal mit Antonio Fortunato daran gearbeitet. So darf

Antonio Fortunato



jeder Astronaut für seine Mission auf der Internationalen Raumstation einen gewissen Anteil persönlich ausgewählter Speisen „bestellen“. Bei Alexander Gerst sind dies Käsespätzle, Maultaschen mit Spinat oder auch indisches Butterhähnchen. Und dafür musste ein Koch gefunden, das Probeessen für Alexander Gerst vereinbart und der Transport organisiert werden. Jeder persönliche Gegenstand, den der Astronaut zur ISS mitnehmen möchte, muss daraufhin geprüft werden, ob er nicht gegen die strikten Regeln der NASA verstößt. Damit der Astronaut in seiner Freizeit auf seiner Crew-Webseite findet, was ihn interessiert, werden während der Mission regelmäßig Lieblingsserien, Magazine, Musik oder auch Nachrichtenseiten zur ISS hochgeladen. Einmal in der Woche wird die private Videokonferenz zwischen Familie und Astronaut organisiert.

Fortunatos Arbeit ist dabei immer eine Gratwanderung – zwischen den Vorschriften und Anforderungen der amerikanischen und russischen Partner und den persönlichen Wünschen von Alexander Gerst. „Aber gerade das macht es herausfordernd und spannend“, sagt der stellvertretende Leiter des Astronauts Operations Teams. Eines ist dabei für alle Mitglieder im Team Ehrensache: Was der Astronaut zur ISS mitnimmt, wie er seine Freizeit während der Mission verbringt oder was er aus dem All mit seiner Familie am Boden bespricht – das alles gehört zur Privatsphäre des Astronauten und bleibt der Öffentlichkeit verborgen.



DER DIRIGENT

Planen, Reden, Abstimmen: Marius Bach achtet als leitender Flugdirektor auf die Einhaltung der Pläne und löst aufkommende Terminkonflikte

Meetings, Meetings und noch mehr Meetings. Als Marius Bach noch selbst an der Konsole im Columbus-Kontrollzentrum saß und die Technik des Forschungslabors in der Schwerelosigkeit steuerte, war das noch nicht so. Seit März 2018 ist DLR-Mitarbeiter Bach der leitende Flugdirektor – der „Lead Flight Director“ – und wird noch bis September dafür verantwortlich sein, dass das Team am Boden alles für einen reibungslosen Aufenthalt von Alexander Gerst auf der Internationalen Raumstation tun kann. „Die Mitarbeiter an den Konsolen vertrauen darauf, dass ich alles präzise und effektiv vorbereite.“ Deshalb sitzt Bach die meiste Zeit seines Arbeitstages mit den verschiedenen Missionspartnern bei NASA und ESA zusammen und stimmt ab, wie Gersts Arbeitstage aussehen sollen.

Täglich stehen 6,5 Stunden auf dem Arbeitsplan des Astronauten. Schon mit einem halben Jahr Vorlauf wird der erste grobe Plan erstellt, welche Aufgabe von ihm wann ausgeführt werden soll. „Und dann kommt die Echtzeit hinzu“, sagt Bach. Erfordert ein Experiment zum Beispiel mehr Aufwand oder beansprucht eine unerwartete Reparaturarbeit Zeit, die bereits für etwas anderes einkalkuliert war, wird an der Planung geschraubt. Das muss dann in die detaillierten Wochen- und Tagespläne einfließen. Bach ist dabei wie ein Dirigent, der die verschiedenen Instrumente im Orchester der Teams überblickt und lenkt. „Einer ist dafür zuständig, dass alles koordiniert wird, dass Probleme gelöst werden und alle Beteiligten einen Ansprechpartner haben – das

Marius Bach



ist meine Aufgabe.“ Jede Minute Arbeitszeit der Astronauten ist kostbar und muss effektiv genutzt werden. Als Angestellter im All verlässt sich Alexander Gerst darauf, dass er in den täglichen Konferenzen am Morgen und am Abend exakte Angaben erhält. „Es gibt viele Prozesse, die im Hintergrund ablaufen, damit eine Mission im All so läuft, wie es sich Astronauten und Wissenschaftler wünschen“, sagt Bach.

Drei Jahre hat er als Planer für das Columbus-Kontrollzentrum im DLR gearbeitet, zwei Jahre saß er als Flugdirektor im Schichtdienst an der Konsole. Als leitender Flugdirektor hat Bach jetzt keinen Schichtdienst mehr, die Konsole hat er gegen den Büroschreibtisch eingetauscht. Bis zum Start von Alexander Gerst war es noch eine vergleichsweise ruhige Zeit. Seitdem der Astronaut auf der Raumstation arbeitet, hat sich die Taktung für das Team am Boden noch einmal erhöht. „Erst wenn die Daten eines Experiments heruntergeladen sind und beim Wissenschaftler ankommen, ist für unser Team am Boden ein Haken dran.“ Und dafür sind vor allem zwei Dinge bei Bachs Arbeit wichtig: eine gute Planung – und immer wieder mit den verschiedenen Partnern reden.

DIE WÄCHTERIN

Die Fitness des Astronauten stets im Blick: Beate Fischer wacht als Biomedical Engineer im EAC darüber, dass Alexander Gerst auch gesund zur Erde zurückkommt

„Wir verstehen uns unter anderem als eine Art Gewerkschaft für Alexander Gerst.“ Wissenschaftler möchten die kostbare Arbeitszeit der Astronauten gerne bis zum letzten Moment für ihre Experimente nutzen, Astronauten in der Internationalen Raumstation ISS tendieren auch schon einmal gerne dazu, sich selbst auszubeuten und über ihre festgelegten Zeiten hinaus begeistert zu arbeiten. DLR-Mitarbeiterin Beate Fischer ist im Europäischen Astronautenzentrum (EAC) Mitglied im Team der Biomedical Engineers – und sitzt im Schichtbetrieb an der Konsole. „Und dabei achten wir schon darauf, dass die Regeln eingehalten werden und Alexander Gerst seine Ruhezeiten beachtet“. Fischer hat auch ein Auge darauf, dass die obligatorischen Sporteinheiten in der Schwerelosigkeit absolviert werden, die ein Team aus Sportwissenschaftlern am Boden zusammengestellt hat. Der Astronaut soll schließlich nicht nur gesund ins All fliegen, sondern auch fit seine Mission durchführen und gesund zur Erde zurückreisen können. „Im Kontrollraum sind wir Auge, Ohr und verlängerter Arm der zertifizierten Ärzte, die die Astronauten in ihrer Ausbildung begleiten.“

Im Medizinischen Team EAC arbeiten Ärzte, Sportwissenschaftler, Ernährungswissenschaftler, Psychologen und insgesamt zehn Biomedical Engineers zusammen, damit Astronauten – wie in diesem Fall Alexander Gerst – gesundheitlich rundum versorgt sind. Einmal wöchentlich steht dafür eine medizinische Konferenz zwischen Arzt und Astronaut auf dem Programm. Beate Fischer stellt dann sicher,

Beate Fischer



dass dieses Gespräch von der technischen Seite aus reibungslos funktioniert und weder Flugdirektoren noch andere Mitarbeiter an den Konsolen die private Konferenz mit ihren sensiblen Daten mitverfolgen können.

Im Kontrollraum selbst wird aber auch nicht entspannt den Astronauten bei ihrer Arbeit zugeschaut – „für uns ist nicht nur der Astronaut wichtig, sondern auch seine Umgebung“, betont Fischer. In Echtzeit kommen Daten von der ISS an: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sauerstoffgehalt oder auch der Kohlendioxidgehalt gehören dazu. All das kann Auswirkungen auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Alexander Gerst haben und muss im Blick gehalten werden. „Bei kritischen Situationen informieren wir dann direkt die Ärzte.“ Und dann wartet auch noch die riesige Masse an elektronischen Dokumenten auf den Biomedical Engineer an der Konsole: Stundenpläne, Prozeduren – alles wird daraufhin kontrolliert, ob es auf die Gesundheit des Astronauten eine Auswirkung haben könnte. Beate Fischer macht dies seit über 18 Jahren. Sie wäre eine schlechte Wissenschaftlerin, dafür sei sie viel zu ungeduldig. „Aber mein Job als Biomedical Engineer – der ist abwechslungsreich, da ist von Routine nur wenig zu spüren.“

Schon Monate bevor Gerst zu seiner Mission ins All startete, drehte sich für Berti Meisinger fast alles um die „Certificates of Flight Readiness“ – die endgültige Bescheinigung, dass ein Experiment alles hat, was es für einen Flug zur Internationalen Raumstation braucht: die erfolgreichen Funktionstests, die detaillierten Prozeduren, die genau vorgeben, wie es zu bedienen ist, und auch die Bestätigung, dass es für die Astronauten in der ISS keine Gefahr beispielsweise durch Ausgasungen oder scharfkantige Formen darstellt. In den regelmäßigen Sitzungen mit den Experimentbetreuern und den Kollegen aus dem DLR Raumfahrtmanagement ist Meisinger beides – motivierend und streng zugleich. „Erst wenn alles richtig vorbereitet ist, können wir die Experimente auf die verschiedenen Launcher bringen“, sagt die Missionsdirektorin.

Orbital 9, SpaceX 15, mit fast jedem Transporter gehen Experimente zur ISS, die auch Alexander Gerst während seiner Zeit im All durchführt und betreut. Regelmäßig wird in Telefonkonferenzen mit verschiedenen Teams in Europa und bei der NASA geklärt, wie der aktuelle Status ist, ob Experimente oder Zeitpläne angepasst werden müssen und wieviel Arbeitszeit der Astronauten für die Wissenschaft zur Verfügung steht.

„Die internationale Zusammenarbeit mit den unterschiedlichen Mentalitäten, die Arbeit mit dem großen Team, in dem alle dasselbe Ziel anstreben – das macht die Arbeit so spannend für mich“, sagt sie. Ein Jahr Vorbereitung und ein halbes Jahr Durchführung der Mission muss sie einplanen, „manchmal ist es schon heftig.“ Der Kontakt zu den Astronauten ist dabei eng. Wöchentlich finden Videokonferenzen mit Alexander Gerst statt, bei denen Berti Meisinger mit ihrem Team im kahlen Konferenzraum sitzt und der Astronaut schwerelos vor der Kamera schwebt, während die ISS um die Erde kreist. Und wenn es eilig ist, kann Alexander Gerst auch kurz mal die Handynummer von Berti Meisinger wählen. „Jederzeit. Das weiß er auch.“

DER DIPLOMAT

Architekt der Mission: Volker Schmid ist Missionsmanager, er recherchiert, was sinnvoll, machbar und finanzierbar ist



Volker Schmid

Volker Schmid war schon einmal auf der Internationalen Raumstation. Als Foto, das der deutsche Astronaut Alexander Gerst mit auf seine „Blue Dot“-Mission genommen hatte und nach seiner Rückkehr zur Erde wieder an Schmid zurückgab. Näher ist Schmid dem fliegenden Weltraumlabor noch nie gekommen. Eng verbunden ist er mit der ISS und Astronaut Alexander Gerst dennoch seit Jahren – Schmid ist im DLR Raumfahrtmanagement Missionsmanager und sorgt mit seinem Team dafür, dass der Astronaut während seiner Mission die Experimente deutscher Forschungseinrichtungen und Industriepartner in der Schwerelosigkeit durchführen kann. „Für uns ist der Astronaut die Spitze der Pyramide in der Aktionskette, nämlich die ausführende Hand im All“, sagt er.

Damit die ausführende Hand auch arbeiten kann, beginnt die Arbeit für das Missionsteam um Schmid schon Jahre vorher. Als Gerst im Mai 2014 zu seiner Mission „Blue Dot“ startete und für alle sichtbar durch die Raumstation schwebte, hatte der Missionsmanager bereits seit Herbst 2011 dafür gesorgt, dass über das Nationale Programm des DLR Raumfahrtmanagements – bereitgestellt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie – Experimente und Technologiedemonstrationen finanziert werden. Und auch für Gersts zweite Mission „horizons“ liefen bei Schmid die Vorbereitungen seit September 2015.

Der Missionsmanager muss nach der grundsätzlichen Planung des wissenschaftlichen Portfolios und der Ausrichtung der Mission zunächst prüfen, welche Ideen sinnvoll und machbar sind und wie diese finanziert werden können. Danach wird es vielfältig: „Wir sind dann Koordinatoren, Strippenzieher, Problemlöser, Therapeuten, Diplomaten, Politiker, Motivatoren, Projektmanager und manchmal auch Kämpfer in einem“, sagt Schmid. Und dass gerade das ihn so an seinem Job fasziniert. Wissenschaftler und Industriepartner müssen betreut, die erforderlichen Dokumente eingeholt und überprüft, der enge Austausch mit der Europäischen Weltraumorganisation ESA gepflegt werden. Würde alles immer gleich ablaufen, wäre die Arbeit überschaubar – aber keines der Experimente, die es auf die ISS schaffen, ist Routine. Mit dem Astronautenassistenten „CIMON“ bringt das Team um Schmid das erste System mit künstlicher Intelligenz auf die Raumstation. Mit Flumias steuert die DLR-Abteilung „Forschung unter Weltraumbedingungen“ ein hochauflösendes Fluoreszenzmikroskop bei, mit dem zum Beispiel das Verhalten von Zellen des menschlichen Körpers in der Schwerelosigkeit untersucht werden kann.

Schmid's Schreibtisch liegt meistens voll mit Dokumenten und Notizen. 50 deutsche Experimente sind an Bord der ISS, wenn Alexander Gerst für über sechs Monate dort lebt und arbeitet. Läuft ein Experiment im All erfolgreich, dann ist das, sagt Schmid, für ihn die Ernte seiner aufwändigen Arbeit. „Am Ende des Tages möchte unser Team davon keine Sekunde missen“, erklärt er. „Wir können große Räder drehen und Neuland betreten.“ Dass damit auch viel Stress und Druck verbunden sind, nimmt er hin. „Einfach kann jeder.“

MISSIONSDATEN

Mission:	horizons – Wissen für Morgen
Anzahl der deutschen Experimente:	circa 50
Astronaut:	Dr. Alexander Gerst (*3. Mai 1976 in Künzelsau)
Start zur ISS:	6. Juni 2018 vom russischen Kosmodrom Baikonur
Missionsdauer:	voraussichtlich 187 Tage
Docking:	8. Juni 2018

	Andrew Jay Feustel, Kommandant 
	Oleg Germanowitsch Artemjew 
	Richard R. Arnold 
	Alexander Gerst, Kommandant 
	Serena Maria Auñón-Chancellor 
	Sergej Prokopyev 
Alexej Nikolajewitsch Owtschinin 	
Nikolaj Tichonov 	
Tyler Nicklaus Hague 	
Rückkehr zur Erde: voraussichtlich 13. Dezember 2018	

Über das aktuelle Geschehen auf der Mission horizons informiert die DLR-Sonderseite

DLR.de/horizons

Dort finden Sie unter anderem Videos, eine Bildergalerie und Details zu den wissenschaftlichen Experimenten.

Manuela Braun ist in der Programmstrategie des DLR-Fachbereichs Raumfahrtforschung und -technologie für die Kommunikation der Raumfahrtthemen zuständig.

Bereit zur Mission: Zum Team von Alexander Gerst gehören nicht nur die Kollegen seiner Weltraum-Crew – auch am Boden ist ein zuverlässiges Team für ihn da.



DER NACHBAR FORSCHT MIT

Wissenschaftler sammeln Informationen, analysieren sie, werten sie aus. Überall vor Ort sein können sie indessen nicht. Sie können auch nicht alle Daten erfassen und überprüfen. Ebenso wenig kennen sie alle wissenschaftlichen Fragestellungen, die von der Gesellschaft aufgeworfen werden. Über „Citizen Science“, die Bürgerwissenschaften, erhalten Wissenschaftler dabei tatkräftige und umfangreiche Unterstützung. Profitieren können beide Seiten von der Kooperation: Die Forscher erhalten Daten, die ihre wissenschaftlichen Informationen ergänzen und einen neuen Blickwinkel ermöglichen. Die Bürger sind so nah am Forschungsobjekt, wie es nur selten möglich ist. Und sie tragen zur Mehrung des Wissens bei.

Teamarbeit zwischen Wissenschaftlern und Bürgern

Von Manuela Braun

Der Farn an und für sich hat es gerne feucht an den Wurzeln. Wo er gedeiht, ist die Bodenfeuchte hoch. Und die hat wiederum eine Auswirkung auf die Daten, die von Radarsatelliten bei der Erdbeobachtung aus dem All erfasst werden. Genauer kann man dies aber noch nicht einschätzen. „Man vermutet, dass die Bodenfeuchte Einfluss darauf hat, wie der Radarstrahl zum Satelliten reflektiert wird“, sagt Dr. Friederike Klan. „Aber wie genau der Einfluss sich bemerkbar macht, dazu gibt es noch einen großen Bedarf an weitergehenden Untersuchungen und Messdaten.“ Dies wäre wichtig, um die mit den Satelliten gewonnenen Daten zur Erfassung der Biomasse besser be- und auswerten zu können. Und damit kommt jemand ins Spiel, der bisher noch relativ selten in die wissenschaftliche Forschung einbezogen wurde: der Bürger.

Messungen für die Klimamodelle

Mit der Gründung des DLR-Instituts für Datenwissenschaften im August 2017 soll dieser potenzielle Partner am Boden in Zukunft eine größere Rolle spielen. Friederike Klan leitet dort die Arbeitsgruppe „Bürgerwissenschaften“ – diese Verknüpfung des irdischen Farns mit dem himmlischen Satellitenblick ist eines der ersten Projekte, das sie mit Hilfe von Bürgern umsetzen will. Kooperationspartner ist dabei die Friedrich-Schiller-Universität Jena. Das Prinzip dabei ist einfach: Wo der Satellit nicht das letzte Detail erfassen kann und die Bodenfeuchte gegebenenfalls Daten verfälschen könnte, werden diese Vor-Ort-Messungen von Bürgern übernommen. An vorab festgelegten Bäumen im Testgebiet bei Trockenborn-Wolfersdorf – gut 20 Kilometer südlich von Jena – sollen Schüler Fotos an diesen Messpunkten aufnehmen und die durchschnittliche Höhe des Farns messen. Beides, so der Plan, wird dann in einer vom DLR erstellten App eingetragen und geht zur Verarbeitung über das DLR an die Friedrich-Schiller-Universität. Die aus diesen Daten gewonnenen Informationen fließen anschließend in die Auswertung der Radarbilder aus dem All ein – und verbessern letztendlich die mit Satellitendaten berechneten Modelle zur Biomasseveränderung, zum Kohlenstoffhaushalt und zum Klimawandel.

Noch ist das Projekt am Anfang. Vieles, was sich so einfach anhört, braucht grundlegende Techniken und Methoden. Bäume als Messpunkte festzulegen, ist unproblematisch. – Aber wie findet der Bürger diesen Messpunkt, wenn es in dem Waldgebiet keinen guten GPS-Empfang gibt, mit dessen Hilfe er den Baum orten kann? Daten, die sich von den Wissenschaftlern nicht exakt einem Messpunkt zuordnen lassen, sind aber wertlos. „Man könnte einen QR-Code zum Einscannen am Baum anbringen, aber dann muss man schon sehr nah am Messpunkt sein, um diesen zu entdecken“, wirft Friederike Klan ein. „Eine Lösung könnte sein, einen Bluetooth-Sender zu installieren, den ein Handy aus größerer Entfernung erkennen kann.“ Und auch die Qualität der gemeldeten Daten muss gewährleistet sein. Und vor allem: Wie motiviert man Bürger dazu, sich für das Projekt zu engagieren und sorgfältig Farnhöhen zu messen und zu melden?

Techniken für die Bürgerwissenschaften

Mit der neu gegründeten Arbeitsgruppe sollen genau diese Fragen untersucht werden. Nicht nur für ein einzelnes Projekt, sondern für den Einsatz von Bürgerwissenschaften in den unterschiedlichsten Bereichen. „Wir forschen unter anderem daran, wie die von Bürgern erfassten Daten Bedeutung erhalten.“ Dafür müssen beispielsweise Computer lernen, diese Daten zu verstehen und automatisch auszuwerten. Auch die Methode, wie die Bürger Daten erfassen und teilweise auch auswerten können, ist ein Forschungsgebiet am DLR-Institut für Datenwissenschaften.

Die möglichen Einsatzgebiete der Bürgerwissenschaften sind vielfältig, die Projekte fordern Kreativität. So lässt sich Lärm beispielsweise leicht vermessen, aber das subjektive Empfinden des Geräuschpegels können nur Bürger beisteuern. Social-Media-Daten können in Katastrophenfällen eine Einschätzung der Situation vor Ort ermöglichen – wenn man die vertrauenswürdigen Informationen herausfiltert. Bauern und Schüler könnten gemeinsam dazu beitragen, dass man die Wachstumsstadien von Pflanzen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen besser erfasst. „Bei den Projekten gibt es wenig Routine“, betont Klan. Allen gemeinsam ist aber, dass sie auf grundlegenden Konzepten und Methoden basieren müssen.

Schritt für Schritt will die DLR-Wissenschaftlerin mit ihrer Arbeitsgruppe dazu beitragen, dass aus Bürgern und Wissenschaftlern ein effektiv arbeitendes Team wird. „Zurzeit haben Bürger noch kaum direkten Kontakt zu Forschern und ihren Studienergebnissen“, weiß die Datenwissenschaftlerin. „Dabei sind sie diejenigen, deren Leben von der Umsetzung der Studienergebnisse direkt beeinflusst wird.“ Mit den ersten Projekten beginnt die Arbeit nun. Ein zukünftiges Ziel hat sich das DLR-Institut auch schon gesetzt: „Wir planen ein Bürgerlabor, zu dem interessierte Bürger kommen können, Ideen einbringen und gemeinsam mit Forschern eigene wissenschaftliche Projekte verwirklichen können.“

DLR-Institut für Datenwissenschaften

Mitarbeiterzahl: 65 (geplant)
Direktor (komm.): Dr. Robert Axmann
Anschrift: Mälzerstraße 3, 07745 Jena
Telefon: 02203 601-3139
Website: DLR.de/DW

Weitere Informationen
zum Bereich Bürgerwissenschaften
friederike.klan@dlr.de



Der Wald bei Trockenborn-Wolfersdorf südlich von Jena, vom Satelliten aus gesehen. In dem Testgebiet sollen Bürger mit Messungen am Boden dazu beitragen, dass Bilder auf der Basis von Satellitendaten in ihrer Aussage noch präziser werden.



Wie hoch ist der Farn unter den Bäumen? Bürger ergänzen die wissenschaftliche Arbeit mit wichtigen Vor-Ort-Daten.



Dr. Thomas Heege

Geboren 1966 in Bonn, aufgewachsen in Bonn und Kiel, verheiratet, zwei Kinder, Studium der Physik (Kiel und Konstanz) mit Schwerpunkt auf Umweltp Physik, Diplomarbeit am Institut für Umweltp Physik in Heidelberg und am Gewässerbiologischen Institut Konstanz, Doktorarbeit am Institut für Weltraumwissenschaften der Freien Universität Berlin. 1996 bis 2006 wissenschaftlicher Angestellter und Projektleiter im DLR.

MEHR WISSEN ÜBER MEERE UND SEEN

Alles begann 1996 mit Forschungsarbeiten beim DLR im Rahmen des Sonderforschungsbereichs Bodensee. Thomas Heege, damals Wissenschaftler im Earth Observation Center des DLR, legte mit seiner Doktorarbeit zum Thema „Gewässerfernerkundung am Bodensee“ den Grundstein für ein global gefragtes Unternehmen: EOMAP. 2006: das Jahr der Ausgründung aus dem DLR. In den Anfangsjahren fokussierten sich die Arbeiten von EOMAP auf die Kartierung des Seegrunds mit flugzeuggestützten Sensoren. Die Kartierung von Wassertiefe war zunächst nur ein Nebenprodukt dieser Entwicklungen. Heute spielt das zwanzig Mann starke Unternehmen eine Schlüsselrolle im Bereich Gewässerfernerkundung. Miriam Poetter, im DLR Oberpfaffenhofen für die Kommunikation zuständig, sprach mit dem Gründer, Dr. Thomas Heege.

Herr Dr. Heege, die von Ihnen 2006 gegründete Firma liefert Informationen über Gewässer auf Basis von Daten aus dem All und das global – in welcher Form und für wen?

▪ Erdbeobachtung hat einen sehr direkten gesellschaftlichen Nutzen: Durch Satellitendaten können beispielsweise Frühwarnsysteme für Unwetter und Extremereignisse aufgebaut und verbessert werden. Auch lässt sich durch Daten zu Klimafragen der Klimawandel besser verstehen. EOMAP generiert und vermarktet weltweit Karten- und Softwareprodukte sowie Online-Lösungen für das Umweltmonitoring von Küsten- und Binnengewässern. Zu unseren Kunden zählen Umweltbehörden ebenso wie maritime Unternehmen und Raumfahrtagenturen weltweit. Wir liefern beispielsweise die größten satellitengestützten Kartierungen von Wassertiefen, des Seegrunds oder auch zur Wasserqualität. Unsere Dienste umfassen auch das Monitoring tagesaktueller Sedimentverteilungen bei Offshore-Baumaßnahmen. Außerdem entwerfen wir neue Kartierungstechniken für küstennahe Bereiche, entwickeln operationelle Atmosphärenkorrekturverfahren und koordinieren wissenschaftliche Projekte an unterschiedlichen internationalen Forschungseinrichtungen. Unsere Services und Entwicklungsdienstleistungen bieten wir weltweit an. Grundlage sind Daten verschiedener satelliten- und flugzeuggestützter Sensoren von Gewässern, beispielsweise in Arabien, Afrika, Australien, Vietnam, Indonesien und Deutschland.

Etwa 70 Prozent der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt. Doch das für das Leben auf der Erde entscheidende Süßwasser hat nur einen Anteil von weniger als drei Prozent an den globalen Wasserreserven. Viele dieser Gewässer sind akut gefährdet. Ihre Belastung ist vor allem das Ergebnis der menschlichen Lebensweise. Hauptgefahr ist der Eintrag von Schadstoffen in die Gewässer. Das wirkt sich auf die Wasserqualität und die darin lebenden Organismen aus.

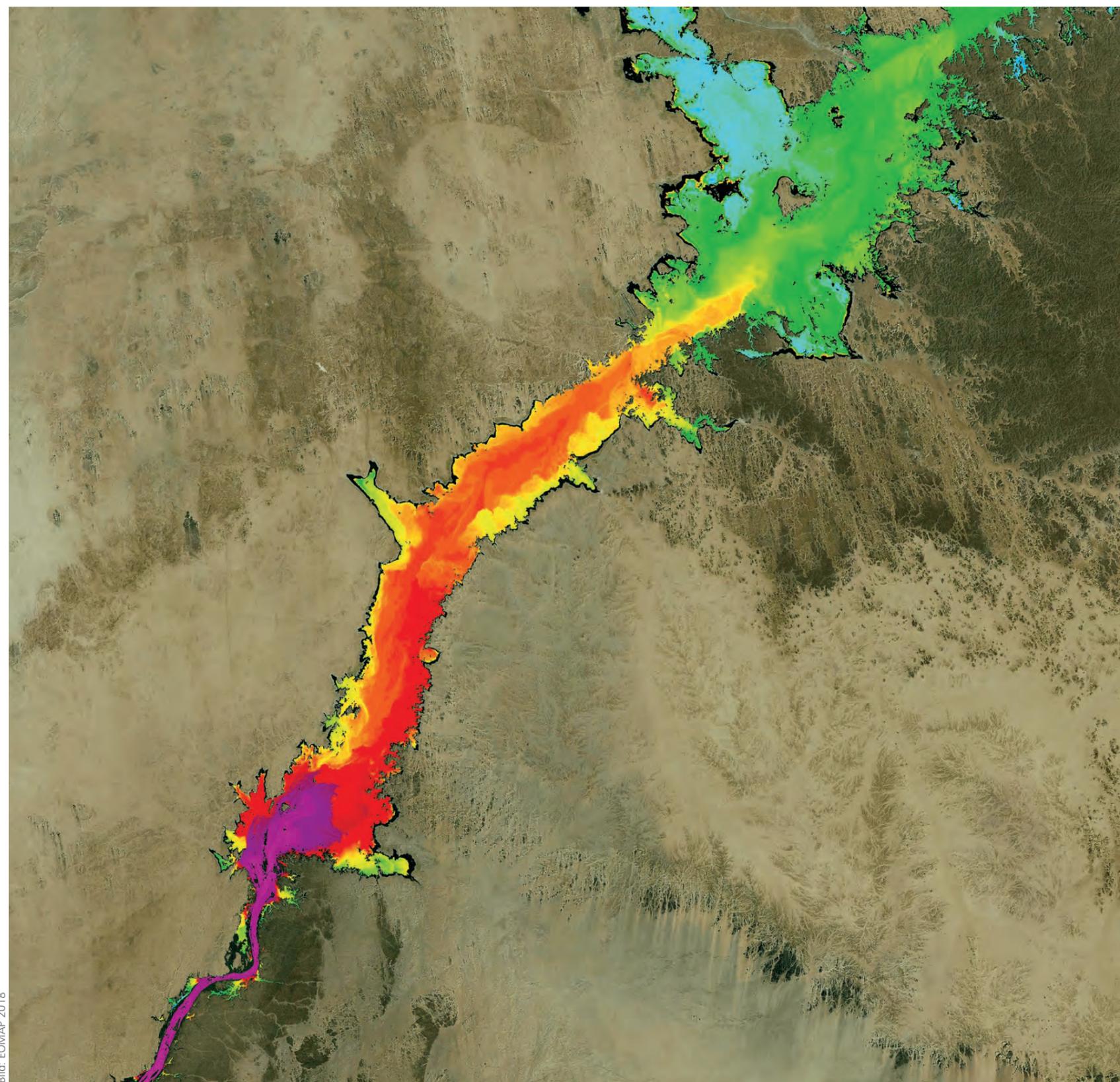


Bild: EOMAP 2018

Nil in Ägypten und im Sudan im August 2016: Sedimentkonzentration im Nil und am Assuan Staudamm während der Regenzeit. Rot und Violett zeigen extrem hohe Partikelmengen im Fluss, die vom Regen hineingeschwemmt wurden.

Geht es EOMAP nur um Gewässer oder bedienen Sie im Bereich der Erdbeobachtung noch andere Markt-Segmente?

Die Erkundung von Flachwasserbereichen ist für viele Disziplinen von Interesse: von der Ökologie über die Hochwasservorsorge bis hin zur maritimen Industrie. Hafenbehörden, Wasserschiffahrtsstraßen, Fischerei, Offshore-Industrie, Umweltbehörden – es besteht Bedarf an differenzierten topografischen Daten aus Binnengewässern, künstlichen Stauseen und küstennahen Meeresregionen bis zu einer Tiefe von etwa drei bis fünf Metern. Die Gewässerfernerkundung bleibt unsere Kernkompetenz, denn hier haben wir den Markt in den letzten zehn Jahren angeführt. Wir haben von Anfang an darauf geachtet, robuste, operative Verarbeitungsketten für die Erzeugung unserer digitalen Produkte aufzubauen. Wir bieten daher auch Dienstleistungen rund um Big Data an, also große Mengen an Erdbeobachtungsdaten. Hierzu gehören auch automatisierte Vorverarbeitungs- und webbasierte Visualisierungslösungen. Darüber hinaus sehen wir bei einigen unserer größeren Kunden, wie dem niederländischen Unternehmen Van Oord, Interesse an bedarfsorientierten breitbandigeren, täglich verfügbaren Informationsservices. Van Oord ist eines der weltweit führenden Unternehmen in der Branche. Es hat sich auf die Gebiete Nassbaggerei, Landgewinnung, Wasserbau und Küsteningenieurwesen spezialisiert. Dafür bieten wir eigenständige EOMAP-Softwarelösungen und professionelle Online-Schnittstellen an, um so die neue Informationsflut nutzbar zu machen.

Worin liegt Ihre besondere Stärke?

Wir zeichnen uns durch qualitätsgesicherte Services mit Hightech-Datenanalyse-Verfahren aus. Darüber hinaus sind die Produktionsautomatisierung komplexer Verfahren und der automatisierte Datenzugriff auf Erdbeobachtungsdaten Teil unseres Qualitäts-Services. Die kundenorientierte Integration verschiedenster Informationsprodukte zu Lösungen bis hin zum Umweltconsulting mit entsprechenden Projektmanagement-Strukturen sind weitere Merkmale, mit denen wir uns von anderen Wettbewerbern abheben.

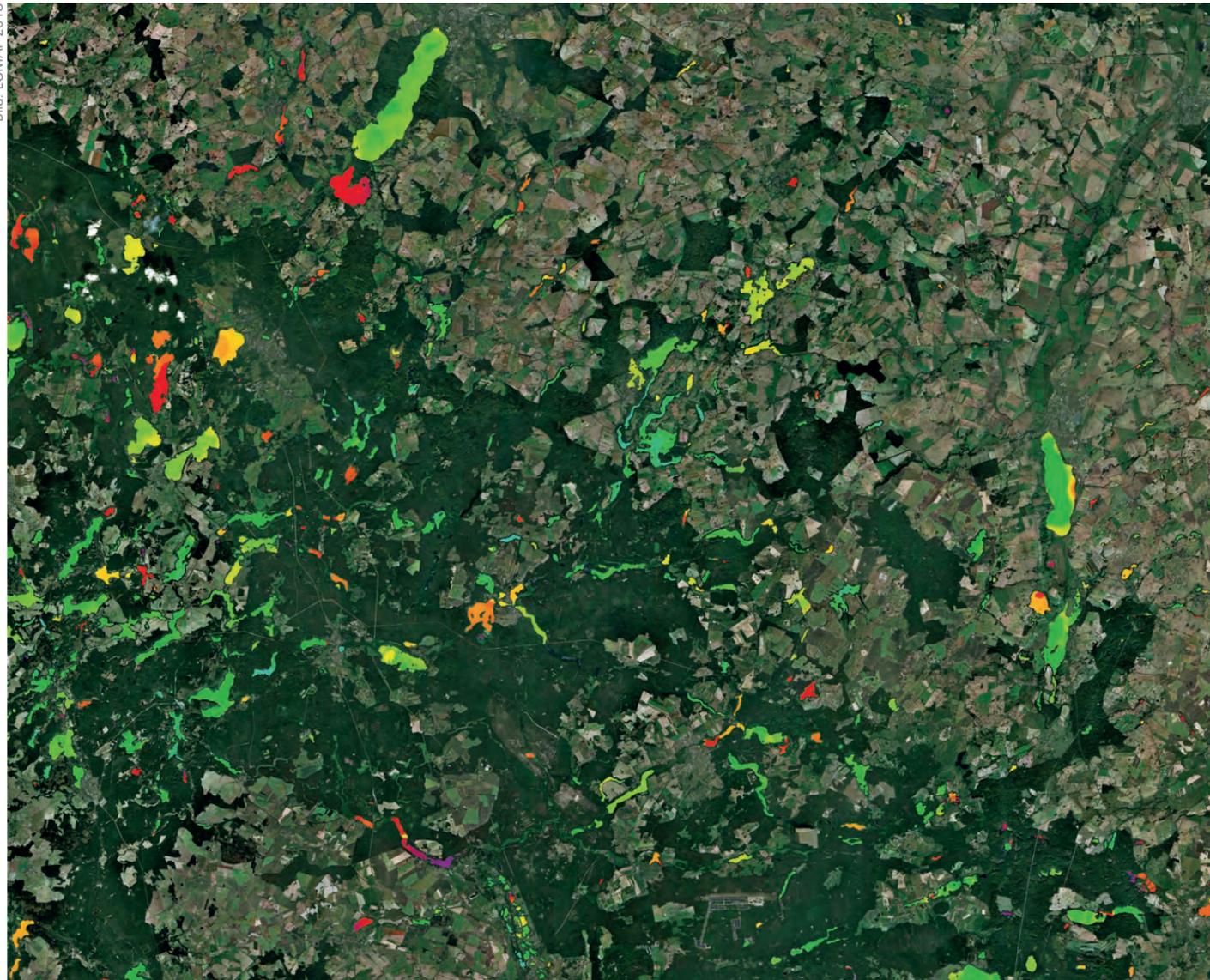
Haben Sie Anwendungsbeispiele?

Den Agrarsektor. Wir haben Fruchtbäume für das Umweltministerium gezählt: Dazu verarbeiteten wir hochauflösende luftgestützte Lidardaten für ein Bundesland. Für transnationale Geländemodelle haben wir Land- und Wasser-Höhenmodelle verarbeitet und zusammengefügt. Erst vor Kurzem hat uns wiederholt das United Kingdom Hydrographic Office beauftragt, um diesmal die Satelliten-Bathymetrie für sieben Atolle in den Malediven durchzuführen. Und wir liefern aktuell satellitengestützte Bathymetriedaten für Kartierungen des Great Barrier Reefs. Auch im satellitengestützten Wasserqualitätsmonitoring haben wir gute kommerzielle Projekte: So wurden wir beauftragt, saisonale Trübungs- und Sedimentparameterdaten des Flusssystemes in Georgien zu liefern – als Entscheidungshilfe für die Entwicklungspläne einer Hydropoweranlage dort.

Wie sehen Sie die weitere Entwicklung des Markts auf diesem Gebiet?

Die Vorteile satellitengestützter Umweltdaten sind schon seit einigen Jahren bekannt. Die Auftragslage entwickelt sich sehr positiv, insbesondere dank wachsender Marktakzeptanz in den beiden vergangenen Jahren. Durch die bessere Verfügbarkeit von Satellitendaten, genauere Sensoren sowie weiterentwickelte Auswertungsmethoden – also das routinemäßige Monitoring von Umweltauswirkungen für beispielsweise stark

Bild: EOMAP 2018



Mecklenburger Seenplatte im Juni 2016 mit Tollensesee: Die Algenkonzentration unterscheidet sich deutlich von See zu See.

industrialisierte Gebiete – besitzen unsere Informationsdienstleistungen einen hohen Reifegrad und eignen sich hervorragend für den operativen Einsatz.

Welche Zukunftspläne haben Sie mit EOMAP – vor dem Hintergrund, dass mehr und mehr Anbieter auf den Markt drängen?

In der Tat ist Konkurrenz da. Wir sehen das positiv. Nicht nur als Katalysator für die eigene Weiterentwicklung, sondern auch als ein Zeichen dafür, dass die Gewässerfernerkundung immer stärker nachgefragt wird. Kunden sind bereit, für hochwertige Services zu verschiedensten Fragestellungen zu zahlen; und zwar von der maritimen Industrie über den Sicherheitsbereich bis hin zu Behörden und internationalen

Institutionen. Deshalb ist es unsere erste Priorität, unseren Status als führenden Technologie-Anbieter in diesem Sektor zu festigen und weiterhin auf Qualitätsprodukte und Zuverlässigkeit zu setzen. Ohne zu viel über unsere Technologieentwicklungspläne verraten zu wollen: Wir sehen durchaus die Möglichkeit, Technologien aus anderen Disziplinen in unsere Anwendungsbereiche zu integrieren. Unsere Markterfahrung hat uns gezeigt, dass die enge Zusammenarbeit mit verschiedenen komplementären Industrien wichtig ist. Ein gutes Beispiel ist unsere Partnerschaft mit dem Fugro-Konzern, der weltweit größten geophysikalischen Unternehmensgruppe.

EOMAP auf einen Blick:

Gründung: 2006
Mitarbeiterzahl: 20
Schwerpunkte: Erdbeobachtung, Gewässerfernerkundung, Big Data Processing, Nachhaltigkeit, Umweltmonitoring, Umweltschutz, Klima, Softwareprodukte, Online-Tools, Kartenprodukte
Hauptsitz: Seefeld, Zweitniederlassung: Queensland, Australien
Geschäftsführung: Dr. Thomas Heege, Chief Executive Officer (CEO); Dr. Knut Hartmann, Chief Operating Officer (COO); Dr. Magnus Wettle, Managing Director EOMAP Australia Pty Ltd

www.eomap.com

Aus EOMAP-Sicht: Was sind die aktuellen Herausforderungen für die Erdbeobachtungsindustrie?

Die eigentliche Stärke der Fernerkundung – die flächendeckende, unabhängige Bereitstellung zeitlich und räumlich immer höher aufgelöster Informationen – ist auch ihre größte Herausforderung. Die Kunden müssen diese Informationen gut nutzen können, das heißt, wir müssen das Wissen verlässlich und in einer vorhersagbaren Produktqualität zur Verfügung stellen. Das ist alles andere als trivial. Denn Satellitenaufnahmen unterliegen vielfältigen Einflussfaktoren. Hier kommt es beispielsweise auf die genaue Korrektur von störenden Effekten, wie variierender Atmosphäre, an. Unsere Kunden erwarten immer bessere Hightech-Verfahren und qualitätsgesicherte Produktionsprozesse. Zudem liefern die Erdbeobachtungsservices oft nur Teilaspekte benötigter Informationen, sodass die Integration und Informationsreduktion entsprechend den Kundenwünschen ein weiterer Anspruch an unsere Arbeit ist. Angesichts des Big-Data-Big-Picture-Hintergrunds der Erdbeobachtungstechnologie spielen oft auch Regierungsbehörden eine Rolle. So müssen die zunehmenden Datenmengen der europäischen Satelliten auch jederzeit sicher abrufbar sein – zum Beispiel für den volloperationellen Zugriff durch kommerzielle Service-Provider wie uns. Dies kann jedoch auch dazu führen, dass bereits eingesetzte – öffentlich finanzierte – Technologien abermals entwickelt und im Markt frei angeboten werden.

Zur Umsatzentwicklung: Wo liegt ein geografischer Schwerpunkt von EOMAP und wo sehen Sie das größte Potenzial?

Zwei Faktoren haben großen Einfluss darauf, wie Erdbeobachtungsservices genutzt werden und wie hoch das Anwendungspotenzial ist: die ökonomische und ökologische Nachfrage sowie das Bewusstsein und Verständnis der Kunden für die Erdbeobachtungslösungen. Dies variiert weltweit erheblich. Zum Beispiel ist der Wissensstand über die Anwendungsmöglichkeiten von satellitengestütztem Monitoring in Australien hoch – denkt man beispielsweise an das Great Barrier Reef mit seinen ökonomischen und ökologischen Anforderungen. Gleiches gilt für Länder wie die Niederlande mit einer starken Projektmanagement- oder Explorationsindustrie, die unsere Services für Projekte auf der ganzen Welt einsetzen. Diesen Bedarf sehen wir auch in Ländern wie Südamerika oder in

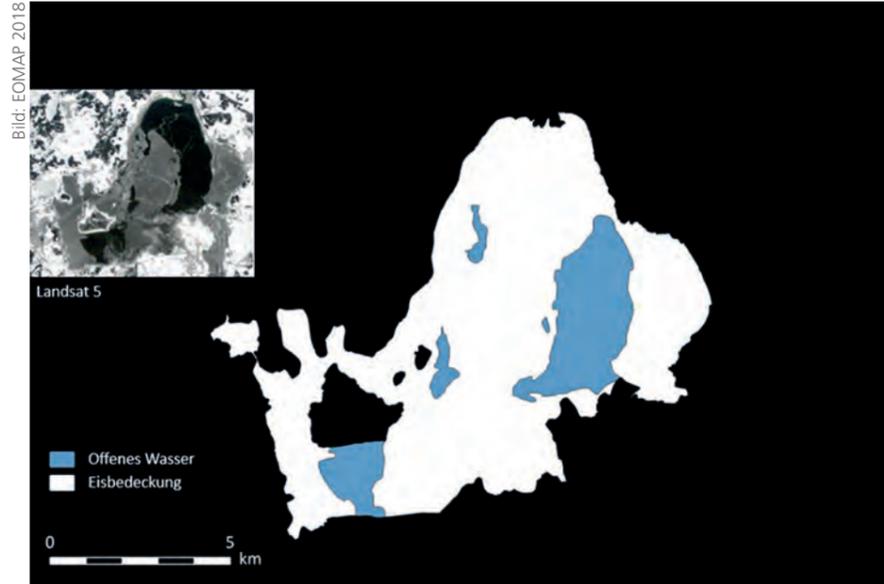
afrikanischen Staaten. Die Arbeit der UNESCO, Schwellenländer beim Capacity Building zu unterstützen, schätzen wir in diesem Zusammenhang sehr. Wir haben für die Internationale Initiative zur Wasserqualität der UNESCO das „World Water Quality Portal“ für Wasserqualitätsdaten aller weltweiten Binnen- und Küstengewässer entwickelt. Mit diesem Online-Portal stehen politischen Institutionen, staatlichen Umweltbehörden, der maritimen Industrie und universitären Einrichtungen flächendeckend wichtige Wasserqualitätsinformationen zur Verfügung.

Wie lief das letzte Jahr für EOMAP und wie geht es weiter?

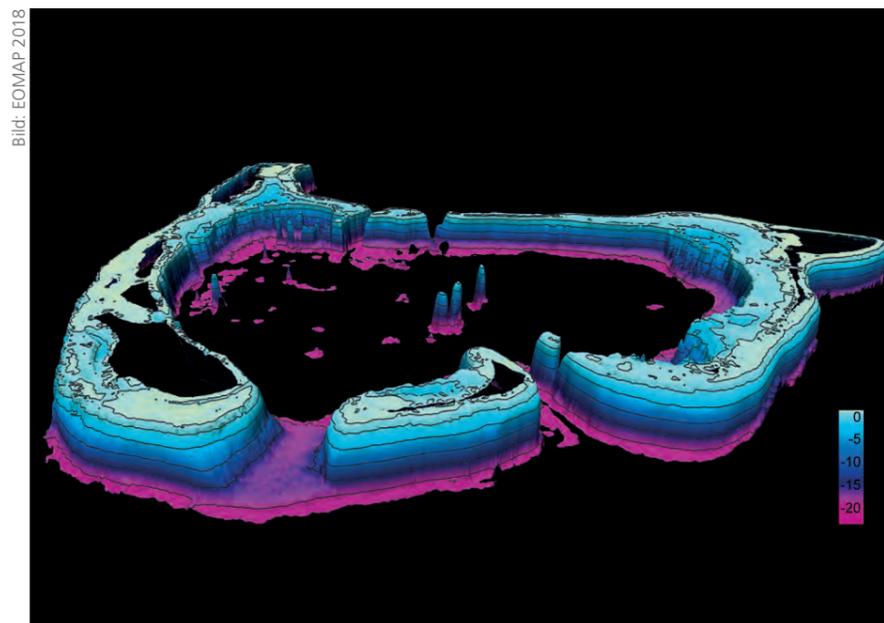
2017 war ein großartiges Jahr für uns. Wir werden dennoch einige Jahre weiter in Capacity Building sowie in den Ausbau von Kapazitäten und Service-Konzepten investieren müssen, bis Erdbeobachtungs-Lösungen weltweit selbstverständlich sind. Die kommenden Jahre werden geprägt sein von zwei Aspekten: systematischer Ausbau des internationalen Geschäfts in unseren Kernsegmenten mit einer Erweiterung der Informationsdienste. Technisch geht es um den Ausbau und die modulare Verknüpfung verschiedenster volloperationeller Prozesse bis hin zu den unterschiedlichsten Kunden-Informations- und Entscheidungsplattformen.

Was ist Ihnen beim Führen der Geschäfte von EOMAP besonders wichtig?

Drei Dinge: flache Hierarchien mit wertschätzender Arbeitsatmosphäre, um die exzellenten Fähigkeiten jedes Einzelnen für das ganze interdisziplinäre Team zu erschließen. Des Weiteren: mit diesem Team einsatzfähige Spitzen-Technologien zu entwickeln. Und eine kundenorientierte Servicementalität – also das Vertrauen unserer internationalen Kunden, dass es sich lohnt, Hightech-Dienstleistungen als effizienten Bestandteil in ihrem Business einzusetzen. Wir sind sehr stolz darauf, dass wir mit dieser Strategie mehrere Weltneuheiten erreichen konnten: wie 2014 erstmals die vollständige Kartierung der Wassertiefe des Great Barrier Reefs in hoher Auflösung – mit Hilfe von Satellitendaten. Oder 2018 die Bestimmung der Wasserqualität in Flüssen, Binnen- und Küstengewässern weltweit – wieder flächendeckend und natürlich mit Satellitendaten. Ein starker und äußerst wichtiger Partner war dabei das DLR-Technologiemarketing, von dem EOMAP seit der Ausgründung auf vielfältige Weise unterstützt wird.



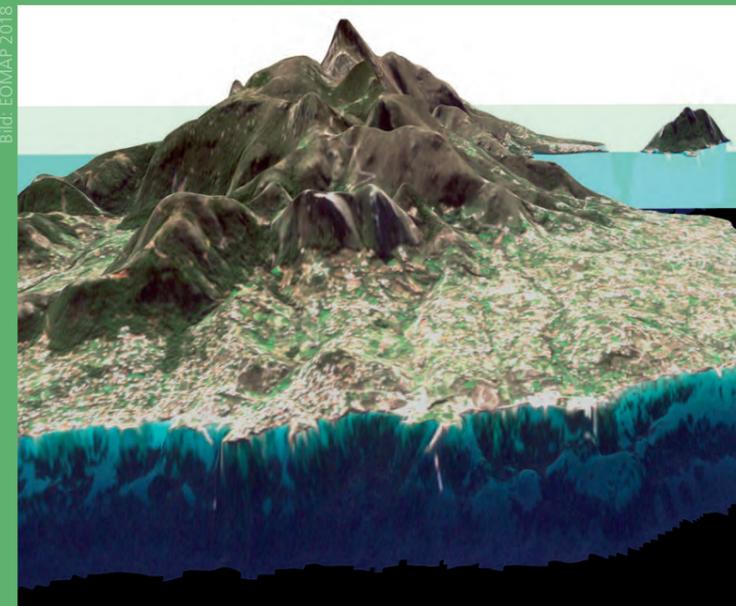
Im Rahmen einer Studie – beauftragt durch das bayerische Landesamt für Umwelt – wurde für drei bayerische Seen (Ammersee, Starnberger See und Chiemsee) die Eisbedeckung in den letzten 25 Jahren (1992 bis 2017) anhand von Satellitendaten rekonstruiert



Durch den Einsatz von Flachwasserbathymetrie (Satellite Derived Bathymetry) konnte beispielsweise Shell Qatar Kosteneinsparungen von einer Million US-Dollar verzeichnen – Einsparungen, die mit traditionellen bathymetrischen Verfahren nicht hätten erreicht werden können. Flachwasserbathymetrie ermöglicht Tiefenkartierungen, ohne kosten- und zeitintensive Vor-Ort-Messungen durchführen zu müssen.



Die Farben zeigen die Sedimentverteilung im Fluss Enguri, Georgien, im Juni 2016. EOMAP hat die Wasserparameter Trübung und Sedimentgehalt für das Flusssystem in Georgien analysiert. Die Daten waren Entscheidungshilfe für Stucky Ltd, die den dortigen Sektor für erneuerbare Energien für die georgische Regierung strategisch bewertet.



Flachwasser-Bathymetrie (Satellite Derived Bathymetry), Griechische Inseln im Ägäischen Meer, Griechenland. Daten wie diese wurden an das EMODnet Bathymetry Portal geliefert.

GLOSSAR

SONDERFORSCHUNGSBEREICH BODENSEE

Um besonders anspruchsvolle Forschungsprojekte voranzutreiben, fördert die Bundesregierung seit 50 Jahren langfristige (bis zu zwölf Jahre) und fachgebietsübergreifende Projekte. Der Sonderforschungsbereich Bodensee (SFB Stoffkreislauf Bodensee und SFB Bodensee-Litoral) widmete sich der interdisziplinären Grundlagenforschung in den Themenfeldern Bodenstoffkreislauf und Bodenlitoral. Für das DLR und die Fernerkundung bedeutete dieses Langzeit-Projekt den Einstieg in die anwendungsorientierte Entwicklung der Verfahren und es war die Basis für die Technologien, die zur Firmenausgründung von EOMAP führten.

SEDIMENTE/SEDIMENTVERTEILUNG

Sedimente im geowissenschaftlichen Sinn sind verschiedene organische und/oder mineralische Partikel, die im Wasser transportiert werden oder am Grund eines Gewässers abgelagert beziehungsweise akkumuliert sind. Durch die räumliche Messung der Sedimente im Wasser kann auf deren Ursprung und Transportwege geschlossen werden.

OFFSHORE-BAUMABNAHMEN

beinhalten beispielsweise die Errichtung von Offshore-Windfeldern (typischerweise unterhalb der Wasseroberfläche, in Küstennähe oder auf offener See). Hierzu gehören die Seekabelverlegung, Bagger-Maßnahmen zur Vertiefung von Fahrrinnen, das Einspülen der Kabel und die dazugehörigen begleitenden Arbeiten.

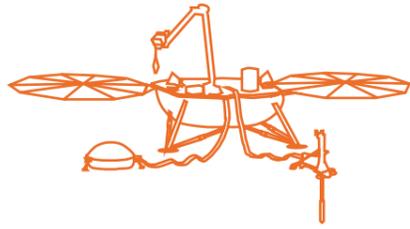
ATMOSPHÄRENKORREKTURVERFAHREN

Rechnerische Verfahren zur Minimierung des Einflusses von Atmosphärenzuständen auf Satellitenbilddaten.

BATHYMETRIE

Messverfahren und -methoden zur Bestimmung von Wassertiefen. Aus der Vermessung der topografischen Gestalt der Gewässerböden, Meeresböden und Seegründe entstehen unter anderem Karten zum Tiefenprofil von Ozeanen.

REISE DURCH DEN NEBEL



Am 5. Mai 2018 um 4.05 Uhr startete die Mission InSight zum Mars. Die Wissenschaftler werden zum ersten Mal das Innere des Roten Planeten erkunden – mit einem Seismometer und einem Sondenpaket für Temperatur- und andere physikalische Messungen. Am 26. November 2018 wird der Lander auf dem Mars aufsetzen. Beim Start fieberten Wissenschaftler, Medien und die Bewohner des kalifornischen Städtchens Lompoc mit.

Der Mars-Lander InSight hat sich auf den Weg gemacht

Von Manuela Braun

Die Zeichnung auf der Titelseite der „Santa Barbara News-Press“ zeigt in immer größer werdenden Kreisen an, in welchem Gebiet man die Atlas-Trägerrakete sehen wird – genau im Zentrum: die Kleinstadt Lompoc. Lompoc kommt aus der Sprache der Chumash-Indianer, die der Region den Namen „Land der vielen Seen“ gaben. Heute nennt sich die Kleinstadt im kalifornischen Santa Barbara Valley „Stadt der Blumen“. Mehr als 42.000 Einwohner, direkt am Highway 1 und umgeben von einer lieblichen Hügellandschaft. Die Küste mit ihren Stränden liegt quasi vor der Haustür. An den Ausfallstraßen reihen sich Läden von Fastfood-Ketten, Autohäuser und Einkaufszentren aneinander. Das Stadtzentrum ist klein, rund um die H Street und die Cypress Avenue verläuft der Heritage Walk. Eine Meile lang führt er an historischen Häusern und unter mächtigen Bäumen entlang, die Vergangenheit reicht bis ins Jahr 1870 zurück. Die Leuchttafel über dem alten Lompoc Theater hat schon lange keine Kinofilme mehr beworben. Und dann, nur wenige Schritte von den historischen Gebäuden entfernt, das erste Wandgemälde: Über einer orangefarbenen leuchtenden Feuerwolke sind mächtige Triebwerke und eine Rakete zu sehen. Die Titan-2, die im Jahr 2003 von der Vandenberg Air Force Base in Lompoc startete, zündet auf der Fassade eines Gebäudes.

Eine Kleinstadt im Weltraumfieber

Der kleine Ort hat Raumfahrttradition – seit 1958 starten von der Vandenberg Air Force Base Satelliten ins All. Den Anfang machte der Satellit „Discoverer 1“. 1984 war sogar eine Startrampe für die Spaceshuttles ausgestattet worden – das Unglück mit dem Spaceshuttle Challenger 1986 setzte den Plänen, die Raumfähren von der kalifornischen Luftwaffenbasis aus zu starten, ein Ende. Die Funktion als Weltraumbahnhof verlor die Air Force Base nicht: Insgesamt rund 2.000 Starts erfolgten bis heute von dem Standort in Kalifornien. Am 5. Mai um 4.05 Uhr Ortszeit soll eine weitere Tradition beginnen: Mit einer Atlas-Trägerrakete wird der Marslander InSight zum Roten Planeten starten und somit zum ersten Mal eine Mission zu einem anderen Planeten von der Air Force Base aus fliegen.

Lompoc bereitet sich vor. Tausende von Zuschauern, so schreibt es die „Santa Barbara News-Press“, werden zum Mars-Start erwartet. Der städtische Flughafen wird in der Nacht von Freitag auf Samstag um 2.30 Uhr seine Pforten öffnen, die zweite Möglichkeit, gemeinsam den Start zu verfolgen, bietet die St. Mary's Episcopal Church, nördlich des Stadtzentrums. Von beiden Orten aus soll man die Flugbahn der Atlas-Trägerrakete gut verfolgen können. Am Hancock College von Lompoc werden zwei neue Wandbilder der Raumfahrt gewidmet: Ein Gemälde zeigt einen Satelliten und einen Himmelskörper, das andere, meterhoch, ist das Bild einer Studentin, die einer startenden Rakete hinterherschaut. „Looking to the Future“, der Blick in die Zukunft, lautet der Titel des Gemäldes.



57 Meter hoch ragt die Atlas-Trägerrakete in den kalifornischen Küstennebel bei Lompoc. An der Spitze sitzt der Mars-Lander InSight.



Lompoc an der kalifornischen Küste ist eine Weltraumstadt. Davon zeugen die vielen Wandgemälde. Über 2.000 Starts erfolgten seit 1958 von der Vandenberg Air Force Base.

Den ersten Dämpfer erhält die Vorfreude zwei Tage vor dem Starttermin durch 1st Lieutenant Kristina Williams. Die Wetter-Offizierin der Vandenberg Air Force Base verkündet auf einer Pressekonferenz gute und schlechte Nachrichten: Zunächst einmal spräche nichts gegen einen erfolgreichen Start, allerdings liege die Sichtbarkeit nur bei 20 Prozent. An der Küste wabert jeden Morgen der Nebel vom Meer kommend übers Land – und für den 5. Mai ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass der Meeresnebel immens sein wird, wenn er am Samstagmorgen über das Gebiet der Vandenberg Air Force Base zieht.

Die inneren Werte des Mars

Die Atlas-Trägerrakete wird eine kostbare Fracht an Bord haben: den amerikanischen Lander InSight, der sich dem Inneren des Mars widmen wird – schließlich nennt sich die Mission „Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport“. Die zwei wichtigsten Instrumente auf dem Landegerät der amerikanischen Weltraumbehörde NASA steuert Europa bei. Ein internationales Konsortium unter französischer Führung hat das Seismometer SEIS für die Mission entwickelt und gebaut, mit dem zum ersten Mal unmittelbar auf der Planetenoberfläche die von Marsbeben und Meteoriteneinschlägen ausgehenden Wellen aufgezeichnet werden sollen. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt schickt einen „Maulwurf“ zum Mars – die Rammsonde HP³ (Heat Flow and Physical Properties Package), die bis zu fünf Meter tief in den Marsboden vordringen und dabei ein Flachbandkabel mit 14 empfindlichen Temperatursensoren mit sich in den Untergrund ziehen soll.

„Auf der Erde haben wir diese Plattentektonik, wo Gesteinsplatten gegeneinander laufen, ständig neu gebildet und verschluckt werden – das gibt es auf dem Mars nicht“, sagt Professor Tilman Spohn, der als wissenschaftlicher Leiter für HP³ in Kalifornien vor Ort ist. „Der Mars ist überdeckt von einer unbeweglichen, festen äußeren Schicht, und hier und dort wird diese von Vulkanen durchbohrt. Wir wissen bis jetzt nicht, warum das bei der Erde anders ist als beim Mars und allen anderen erdähnlichen Planeten.“ Während die Erde durch ihre Plattentektonik viele Veränderungen erfahren hat, hat sich der Mars seit seiner Entstehung vor 4,5 Milliarden Jahren weniger radikal verändert. Der Maulwurf und vor allem die Sensoren auf dem Flachbandkabel sollen deshalb messen, wie viel Wärme heute noch aus dem tiefen Inneren des Mars strömt. Daraus kann man die Temperatur im Inneren rekonstruieren, aber vor allem auch die „Wärmekraftmaschine Mars“ besser verstehen. „So wie der Ingenieur die Leistung eines Motors aus seiner Temperatur ableiten kann, können wir die planetare Wärmekraftmaschine mit Hilfe des Wärmeflusses charakterisieren. Wieso Wärmekraftmaschine? Nun, all die Erdbeben, Gebirge, Vulkane, Plattenbewegungen sind die Werke der

Kraftmaschine. Und man lernt vor allem durch den Vergleich – was wir über den Mars erfahren, hilft uns, die Erde und ihre Entwicklung besser zu verstehen.“

Tiefenrekord im Planetensystem

Eine vollautomatische Rammsonde, die sich zentimeterweise bis zu fünf Meter tief in den Boden vorarbeitet und selbst bei kleineren Steinen ausweichen und sich erneut ausrichten kann – das hat es in der Planetenforschung bisher noch nicht gegeben. Für ähnliche Messungen auf dem Mond kamen Astronauten zum Einsatz. 1972, während der Apollo-17-Mission, nutzten Eugene Cernan und Jack Schmitt einen handbetriebenen Bohrer, um in immerhin 2,3 Meter Tiefe Wärmeflussmessungen vorzunehmen. Auf dem Mars fällt der bisherige Tiefenrekord deutlich sparsamer aus: Mit dem amerikanischen Marslander Phoenix gruben die Forscher sich lediglich 18 Zentimeter in den Marsboden hinein.

Letzter Blick auf die Rakete

Jetzt sind Lander und Instrumente hinter einer Verkleidung verborgen und warten an der Spitze der Atlas-Trägerrakete auf den Start. Am Freitagabend, kurz nach 23 Uhr, ist es so weit: Zentimeterweise rollt der hohe Versorgungsturm, der die Rakete bisher verborgen hatte, auf Rädern zurück. Die Arbeiter mit ihren Sicherheitshelmen auf dem Kopf scheinen winzig klein neben dem über 60 Meter hohen Giganten. In sicherem Abstand hat sich eine Menge von Zuschauern gesammelt. Filmkameras laufen, Handys werden gezückt, Fotoapparate klicken. Das ist die letzte Gelegenheit, die Atlas-Trägerrakete zu sehen, bevor sie InSight auf seine Sechs-Monats-Reise zum Mars bringt. Die Temperaturen im normalerweise eher warmen Kalifornien sind zur Nacht hin beträchtlich gefallen. Kälte kriecht vom Boden aus in die Knochen. Majestätisch ragt die 57 Meter hohe, weiße Rakete an der Rampe empor. Der Nebel ist mittlerweile in dicken Schichten vom Meer aufs Land gezogen. Grelle Scheinwerfer tasten wie Lichtfinger durch die Nacht und werden schließlich auf die Rakete ausgerichtet. Knapp über dem Boden steht die Rakete nun im Rampenlicht, um die Spitze mit dem InSight-Logo treibt der Nebel in Fetzen. Keine guten Aussichten für einen Start mit klarer Sicht. Nur noch fünf Stunden, dann wird – wenn alles gut geht – im Kontrollraum der Knopf gedrückt, der die Mission zum Mars starten wird.

Noch bis zum 8. Juni ist die Konstellation von Erde und Mars günstig, sodass der Flug zum Roten Planeten nur sechs Monate dauert. Wenn InSight bis dann noch nicht starten konnte, wäre ein neuer Start erst wieder in zwei Jahren möglich. Schon einmal wurde die Mission um zwei Jahre verschoben – beim französischen Instrument SEIS war ein Vakuumleck aufgetreten, der Start im März 2016 war

somit gestrichen. Für die Wissenschaftler bedeutete dies damals: Bangen um die Mission. Die InSight-Mission gehört zum Discovery-Programm und unterliegt dessen strengen Regeln – diese sehen eine kurze Entwicklungsdauer, einen pünktlichen Start und einen engen Kostenrahmen vor. Schließlich fiel die Entscheidung: Für InSight wich die NASA von diesen strikten Regeln ab. Die Mission erhielt Aufschub, an SEIS wurde nachgebessert; auch das HP³-Team nutzte die Zeit, um die Verlässlichkeit des Instruments zu optimieren.

Warten im Dunkeln

Nachts sammeln sich die Zuschauer im Dunkeln, um den Start zum Mars zu sehen. Autos reihen sich entlang der Zufahrtsstraßen zur Vandenberg Air Force Base. Wer nicht auf die Luftwaffenbasis zum Start kommt, parkt auf Seitenstreifen, steht am Flughafen in Lompoc oder fährt zur Kirche, die ein wenig erhöht im Ort steht. Die Air Force Base hat Medien und Wissenschaftler auf dem Gelände zugelassen. „Hawk’s Nest“ und „Gravel Pit“ heißen die Standorte, die die Armee für den Start vorbereitet hat. Der „Gravel Pit“ ist eine große Kiesgrube, fast schon mondartig karg – und eisigkalt. Dort hinten, in diese Richtung, so die Anweisung, wird InSight in den Himmel starten. Im Düsternen richten sich Kameraobjektive aus. Aus dem Lautsprecher tönen die Stimmen aus dem Kontrollraum. Kurz vor vier Uhr morgens schallt ein „Go“ nach dem anderen über die Fläche. Jede Einheit, jedes System muss grünes Licht geben. Am Ende der Prozedur hört man die Stimme des Launch-Direktors: „Wir haben ein Go für InSight!“ Tilman Spohn ballt für einen kurzen Moment triumphierend die Faust. „Sehr gut!“, sagt er. Der Start ist in greifbare Nähe gerückt, auf dem „Gravel Pit“ steigt die Spannung.

Grollender Start zum Mars

Auf die Sekunde genau beginnt der Countdown. „6, 5, 4 ...“ Jeder hält den Atem an, sucht im Dunkeln nach den Anzeichen einer feuernden Rakete. „3, 2, 1 ...“ Ein dumpfes Grollen rollt nach einer sich unendlich anfühlenden Zeit auf die Kiesfläche zu. Direkt an der Startrampe zündet gerade eine Atlas-Trägerrakete mit einer leuchtenden Feuerwelle und hebt um 4.05 Uhr mit InSight zum Mars ab.

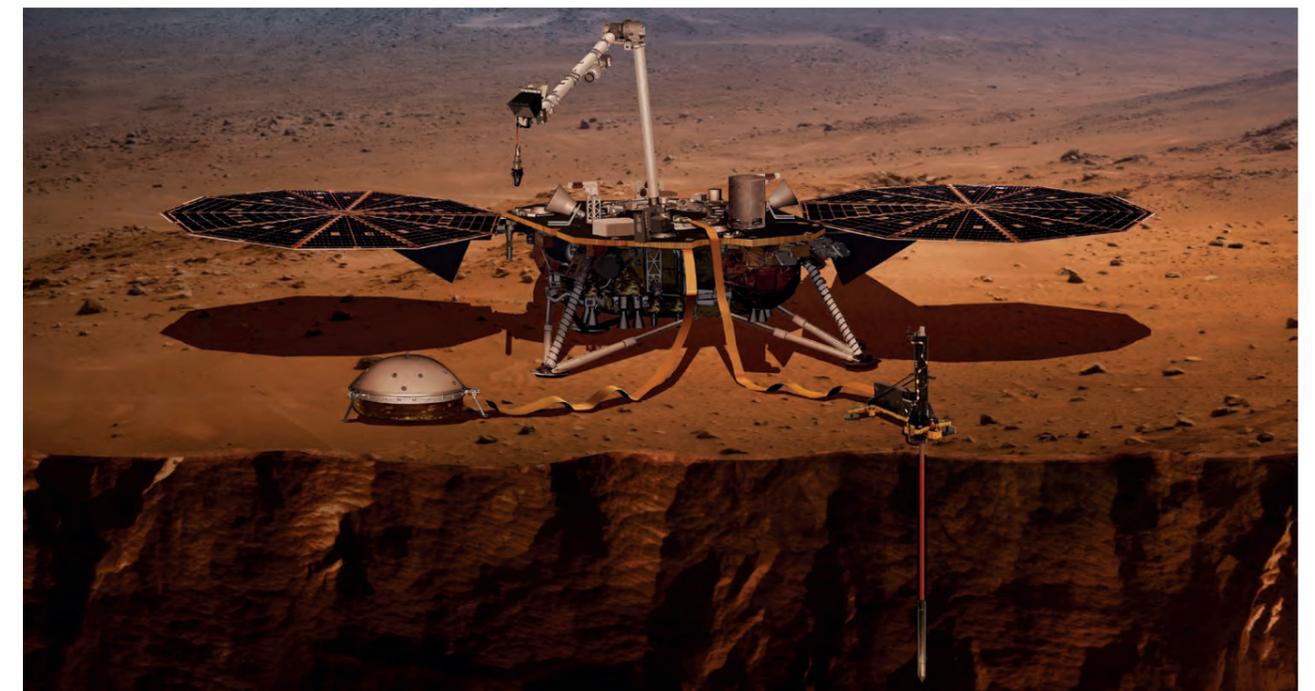
Das orangefarbene Leuchten wird von Nebelschwaden reflektiert, die die Rakete einhüllen. Das zeigen allerdings nur die Kameras, die direkt vor Ort installiert sind. Auf dem „Gravel Pit“, dem „Hawk’s Nest“ und auf den Seitenstreifen der Zufahrtsstraßen bleibt es hingegen düster. 30 Sekunden lang ist das Fauchen der startenden Rakete zu hören. Dann wird es ruhig. Für einen Moment schweigen alle. Gerade hat die Mission InSight begonnen. Gehört haben es alle, gesehen hat es im Küstennebel niemand. Nur wer in großer Entfernung südlich von Lompoc in den Himmel blickte, konnte einen kleinen, leuchtenden Punkt aufsteigen sehen.

Die Anspannung fällt ab. Am Flughafen in Lompoc kommt Applaus auf, gemischt mit enttäuschem Seufzen. Aber allein schon das Geräusch der Atlas-Trägerrakete hat beeindruckt. 485 Millionen Kilometer muss InSight nun zurücklegen, bevor der Lander am 26. November 2018 auf dem Roten Planeten in der Ebene Elysium Planitia aufsetzt. Ein Roboterarm wird dann die Instrumente SEIS und HP³ greifen und auf dem Marsboden platzieren. „Und dann beginnen unsere Messungen“, sagt Tilman Spohn. Durchgefroren auf dem „Gravel Pit“ und dennoch glücklich, dass „sein“ Maulwurf auf dem Weg zum Mars ist.

Die Schlagzeile des „Lompoc Record“ vom 6. Mai 2018 ist eindeutig: „Launch makes history“. Ein Start macht Geschichte.

DLR.de/InSight

Bis in fünf Meter Tiefe soll sich die Rammsonde HP³ des DLR in den Marsboden vorarbeiten



AUF DIE SCHIENE GEBRACHT

Züge mit Brennstoffzelle fahren emissionsfrei und benötigen keine Oberleitung. Auf nicht elektrifizierten Strecken sind sie eine nachhaltige Alternative zu Dieselfahrzeugen. – Von den fast 40.000 Kilometern, die das Schienennetz in Deutschland umfasst, sind rund 60 Prozent elektrifiziert – also mit einer Oberleitung versehen. Diese stellt den Strom für die Elektromotoren des Zuges bereit. Stammt der Strom dafür aus erneuerbaren Quellen, so ist der Bahnverkehr auf den elektrifizierten Haupt- und Hochgeschwindigkeitsstrecken schon heute frei von Kohlenstoffdioxid und Schadstoffen. Anders ist die Situation auf Regional- und Nebenstrecken: Hier gibt es oft keine Oberleitungen, weil die Elektrifizierung zu kostenintensiv ist. Auf diesen Schienenabschnitten fahren deshalb Züge mit Dieselmotoren. Wie im Straßenverkehr entstehen dabei klima- und umweltschädliche Emissionen, neben Kohlenstoffdioxid sind das vor allem Stickoxide und Rußpartikel.

Forschung an der Schnittstelle zwischen Energie und Verkehr

Von Denise Nüssle

Zukunftsweisend für die Schiene: Brennstoffzelle statt Diesel

Als effiziente und nachhaltige Alternative zum Dieselfahrzeug forscht das DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte in Stuttgart gemeinsam mit Partnern aus der Industrie erfolgreich an Brennstoffzellenantrieben, die speziell auf die Anforderungen des Schienenverkehrs ausgelegt sind. Mit an Bord des Zuges müssen das Brennstoffzellensystem selbst, Wasserstofftanks, eine Batterie sowie Elektromotoren. In der Brennstoffzelle läuft eine chemische Reaktion ab, bei der Wasserstoff mit Sauerstoff reagiert und Strom entsteht. Dieser treibt die elektrischen Motoren an. Die Batterie speichert beim Bremsen wiedergewonnene Energie, hilft bei Leistungsspitzen und sorgt dafür, dass das Brennstoffzellensystem möglichst im Idealpunkt – also besonders effizient und gleichmäßig – gefahren werden kann. „Die heute realisierbare hohe Leistungsdichte und kompakte Bauweise macht die Brennstoffzelle als emissionsarme, flexible und effiziente Technologie für den Bahnsektor sehr vielversprechend“, erklärt Dr. Joachim Winter, Zugforscher und Leiter des DLR-Großprojekts Next Generation Train (NGT). Mit einer Reichweite von bis zu eintausend Kilometern sieht DLR-Wissenschaftler Winter als Einsatzgebiet vor allem den Regional- und Güterverkehr. Mit rein batterie-basierten Konzepten lassen sich zwar kurze, nicht elektrifizierte Strecken überbrücken. Doch das wesentlich höhere Gewicht und lange Ladezeiten sprechen zurzeit gegen diesen Ansatz.

Umfassende DLR-Kompetenz für Industrie und Politik

Von der Konzeption des Brennstoffzellenaggregats über realitätsnahe Komponententests auf speziellen Prüfständen bis hin zum Einbau des neuen Antriebsstrangs in Demonstrationszüge und die Begleitung erster Testfahrten – das DLR hat Schienenfahrzeughersteller bereits in mehreren Projekten mit seinem umfassenden Know-how bei der Technologieentwicklung unterstützt und berät Entscheidungsträger aus Politik und Industrie. Das Interesse bei Akteuren und Aufgabenträgern in der Industrie und in regionalen Verkehrsverbänden ist groß: Die meisten im Bahnsektor tätigen Unternehmen beschäftigen sich mit der Umrüstung ihrer Züge von Diesel- auf Brennstoffzellenantrieb. Das Land Niedersachsen hat bereits 14 Brennstoffzellenzüge bestellt. Baden-Württemberg, Hessen und Schleswig-Holstein bereiten entsprechende Ausschreibungen vor. Auf Grün stehen die Signale bereits für zwei Brennstoffzellenzüge, die im Rahmen eines vom Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (NIP) geförderten Projekts mit wissenschaftlicher Begleitung des DLR gebaut wurden. Die Regionalzüge werden seit Herbst 2016 erprobt und sollen noch im Sommer 2018 in Niedersachsen auf den Strecken zwischen Cuxhaven beziehungsweise Buxtehude und Bremerhaven in den Fahrgastbetrieb gehen – weltweit eine Premiere. „Aktuell ist der Antriebsstrang mit Brennstoffzelle etwa doppelt so teuer wie die konventionelle Dieselvariante. Die Preise werden deutlich sinken, je näher die Serienfertigung kommt. Gleichzeitig ist damit zu rechnen, dass fossile Energieträger sich weiter verteuern“, meint DLR-Wissenschaftler Winter zum Kostenaspekt. Was die technologische Seite betrifft, so sieht der Zugexperte großes Potenzial: „Neue Werkstoffkombinationen werden Verbesserungen bei Kapazität und Zyklfestigkeit ermöglichen, die Systeme werden kleiner und das Packaging effizienter.“



Bereit für erste Fahrten mit Brennstoffzellenantrieb: der Coradia iLint der Firma Alstom

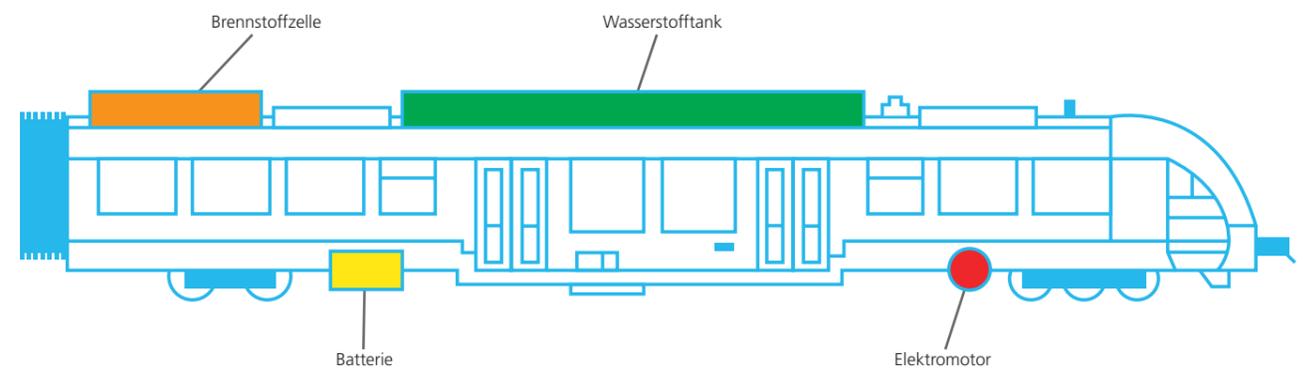
Bild: Alstom/Michael Wittwer

Wasserstoffinfrastruktur – ein Nadelöhr?

Ob fürs Auto oder den Zug, die Brennstoffzellentechnologie benötigt eine eigene Wasserstoffinfrastruktur. Der Verkehr auf der Schiene hat, was diesen Punkt betrifft, einen entscheidenden Vorteil: Strecken, Zugtaktung und Tankpunkte lassen sich sehr genau und mit großem zeitlichem Vorlauf planen. Gleichzeitig nimmt der Zugverkehr zuverlässig große Mengen Wasserstoff ab, grob geschätzt rund 200 Kilogramm pro Triebzug und Einsatztag. Während der Straßenverkehr ein möglichst engmaschiges Netz an Wasserstofftankstellen benötigt, kommt die Schiene mit wenigen, zentralen Knotenpunkten zum Betanken aus. Dort würde es sich zudem lohnen, Elektrolyseanlagen zur Wasserstoffproduktion aufzustellen. Um die Größe solcher Anlagen zu bestimmen, entwickeln die DLR-Forscher unter anderem entsprechende Simulationsmodelle. „Solche Infrastrukturknotenpunkte könnten auch in der Nähe von Industrieparks angesiedelt sein. Dort ist oft bereits eine Wasserstoffinfrastruktur vorhanden oder Wasserstoff entsteht als Nebenprodukt, zum Beispiel in der chemischen Prozessindustrie“, erklärt Winter. Gleichzeitig könnten diese Knotenpunkte und die dort zunächst für den Schienenverkehr aufgebaute Wasserstoffinfrastruktur ebenfalls von Autos und Bussen mit Brennstoffzellenantrieb genutzt werden, beschreibt er eine weitere interessante Schnittstelle.

Sektorenkopplung: grüner Wasserstoff – Speicher plus Treibstoff

Für eine nachhaltige und klimafreundliche Mobilität, die einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Energiewende leistet, ist entscheidend, wie der Wasserstoff produziert wird. Erst sogenannter grüner Wasserstoff, für dessen Produktion Strom aus regenerativen Quellen wie Wind- oder Sonnenkraft zum Einsatz kommt, macht den ganzen Prozess emissionsfrei. Seit geraumer Zeit arbeiten Bund und Länder an Lösungen, um erneuerbare Energien in Form von Wasserstoff zu speichern. „Vor diesem Hintergrund können Brennstoffzellenzüge zu einem Beispiel für die erfolgreiche Kopplung der Sektoren Energie und Verkehr werden“, bilanziert DLR-Forscher Joachim Winter. Aktuell ist grüner Wasserstoff aufgrund hoher Steuern und Abgaben hinsichtlich der Kosten nicht konkurrenzfähig. Ein Lösungsansatz wäre es, Brennstoffzellenzüge vom Trassenpreis, der für die Nutzung der Schieneninfrastruktur anfällt, zu befreien.



Quelle: Wolfram Schwab, Alstom Transport Deutschland GmbH, 15. Internationale Sfz-Tagung Dresden, 1.–3. März 2017, der Coradia iLint



Prof. Dr. Martin Schmücker ist habilitierter Materialwissenschaftler, außerplanmäßiger Professor an der TU Clausthal und Honorarprofessor an der HS Koblenz. Er forscht seit 1992 im DLR und leitet seit 2017 kommissarisch die Abteilung Struktur- und Funktionskeramik im DLR-Institut für Werkstoff-Forschung in Köln.

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Koch leitet seit 2011 die Abteilung Keramische Verbundstrukturen und ist seit 2015 stellvertretender Direktor des DLR-Instituts für Bauweisen und Strukturtechnologie in Stuttgart.



MAßANZÜGE IN SCHWARZ ODER WEIß

Die vielen Facetten des Werkstoffs Keramik

Keramik begegnet uns im Alltag in vielerlei Gestalt. Kaum schenken wir ihr Beachtung, sofern sie nicht zerbricht. Dieser Makel haftet dem Material an, seit die Menschen es vor Jahrtausenden für die Nutzung erschlossen. Doch was wissen wir eigentlich über die Eigenschaften dieses nichtmetallischen Werkstoffs? Welches Potenzial bieten moderne, hochtechnische Verbundkeramiken? Bietet der Werkstoff Chancen bei der Lösung globaler Herausforderungen? Und was hat es eigentlich mit schwarzer und weißer Keramik auf sich? Antworten auf diese Fragen geben Professor Dr. Martin Schmücker vom Institut für Werkstoff-Forschung im DLR Köln und Professor Dr.-Ing. Dietmar Koch vom Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie im DLR Stuttgart.

Beide forschen Sie an einem Werkstoff, der weiter verbreitet ist, als man es sich gemeinhin vorstellt. Wo finden wir überall faserverbundkeramische Verbundwerkstoffe?

: Koch Die Autobremse war vor 20 Jahren das erste kommerzielle Produkt in Deutschland. Auch die Ausrüstungen in Hochtemperaturöfen können mit keramischen Faserverbunden viel effektiver gestaltet werden. Überall dort, wo man hohe Temperaturen braucht, mit Korrosion zu tun hat und noch komplexer bauen möchte, versucht man heutzutage, die Faserverbundkeramik einzusetzen.

: Schmücker Faserverbundkeramik ist ein vergleichsweise neuer Werkstoff. Er wurde entwickelt, um die positiven Eigenschaften der Keramik, wie Beständigkeit gegenüber hohen Temperaturen, Korrosion und Oxidation, zu nutzen sowie das große Manko der Keramik, die Sprödigkeit, durch den Einsatz von Fasern zu umgehen.

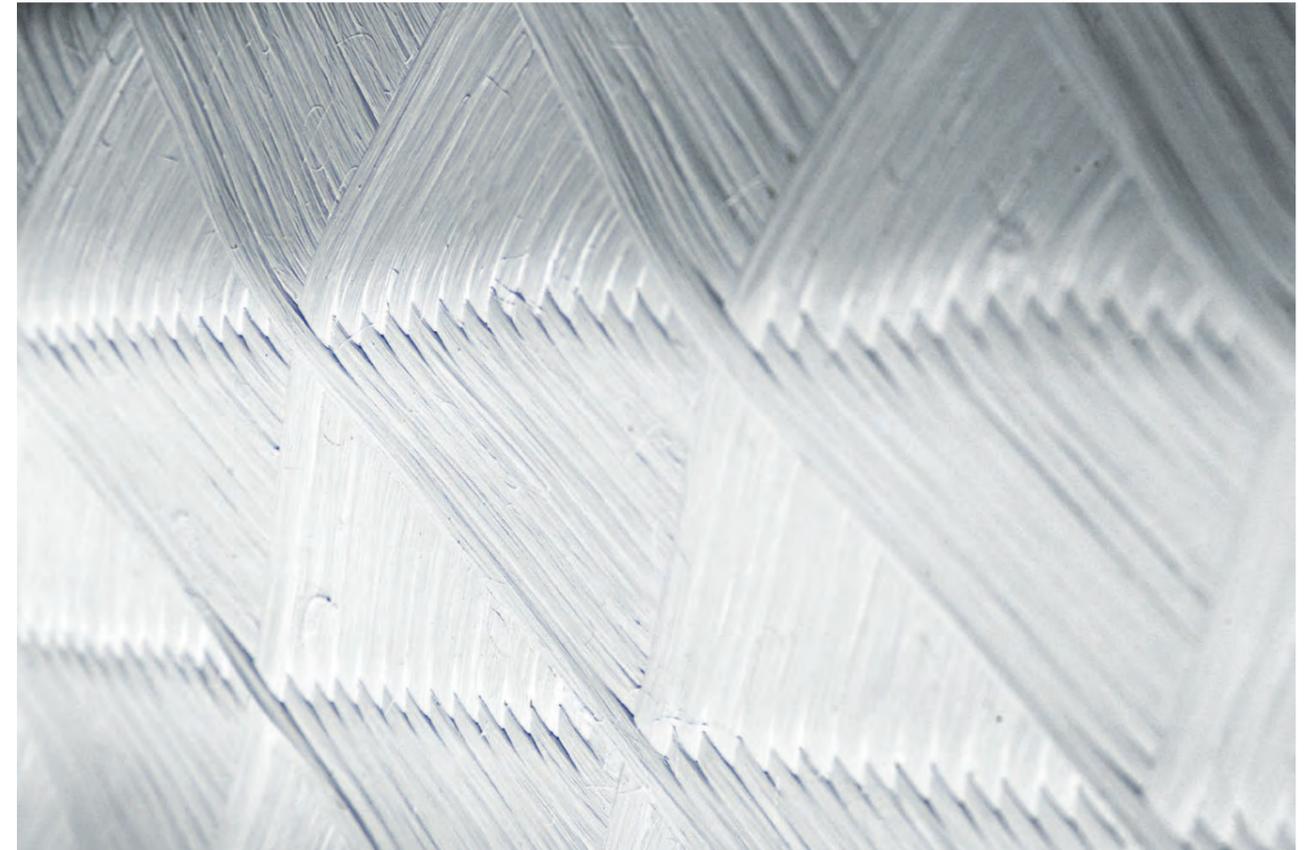
Sie beschäftigen sich mit unterschiedlichen Arten von Keramik, schwarzer und weißer. Wo liegen die Unterschiede?

: Schmücker Die weiße Keramik ist sogenannte Oxidkeramik. Ihr Vorteil ist, dass sie nicht mehr oxidieren kann, also gegenüber Luft- und Sauerstoffatmosphäre stabil ist. Ein Nachteil ist, dass die chemische Bindungsfestigkeit solcher Oxidmaterialien etwas schwächer ist, was unter anderem die Festigkeit bei hohen Temperaturen negativ beeinflusst. Die Schwarzeramik hingegen besteht aus Kohlenstoff, Siliziumcarbid oder artverwandten Verbindungen. Beide Keramikgruppen haben Vor- wie Nachteile. Die weiße Oxidkeramik hat bei Langzeitanwendungen unter oxidierenden Bedingungen die Nase vorn. Die schwarze Nichtoxidkeramik bei sehr hohen Temperaturen ...

: Koch ... sehr hoch bedeutet bei uns ab 1.100 Grad Celsius aufwärts. Wenn wir in die Flugzeuggasturbine reinschauen – das ist aktuell ein absolutes Hype-Thema – werden derzeit viele Anstrengungen unternommen, um auch dort keramische Faserverbundstoffe einzusetzen. Da schaut man genau hin: Was kann ich noch oxidisch einbauen und was muss ich nichtoxidisch machen? Überall dort, wo ich oberhalb der 1.100 Grad bin, versuche ich, schwarze, also nichtoxidische, Faserverbundkeramik einzusetzen. Diese muss allerdings noch beschichtet werden, um den Werkstoff vor der Oxidation zu schützen.

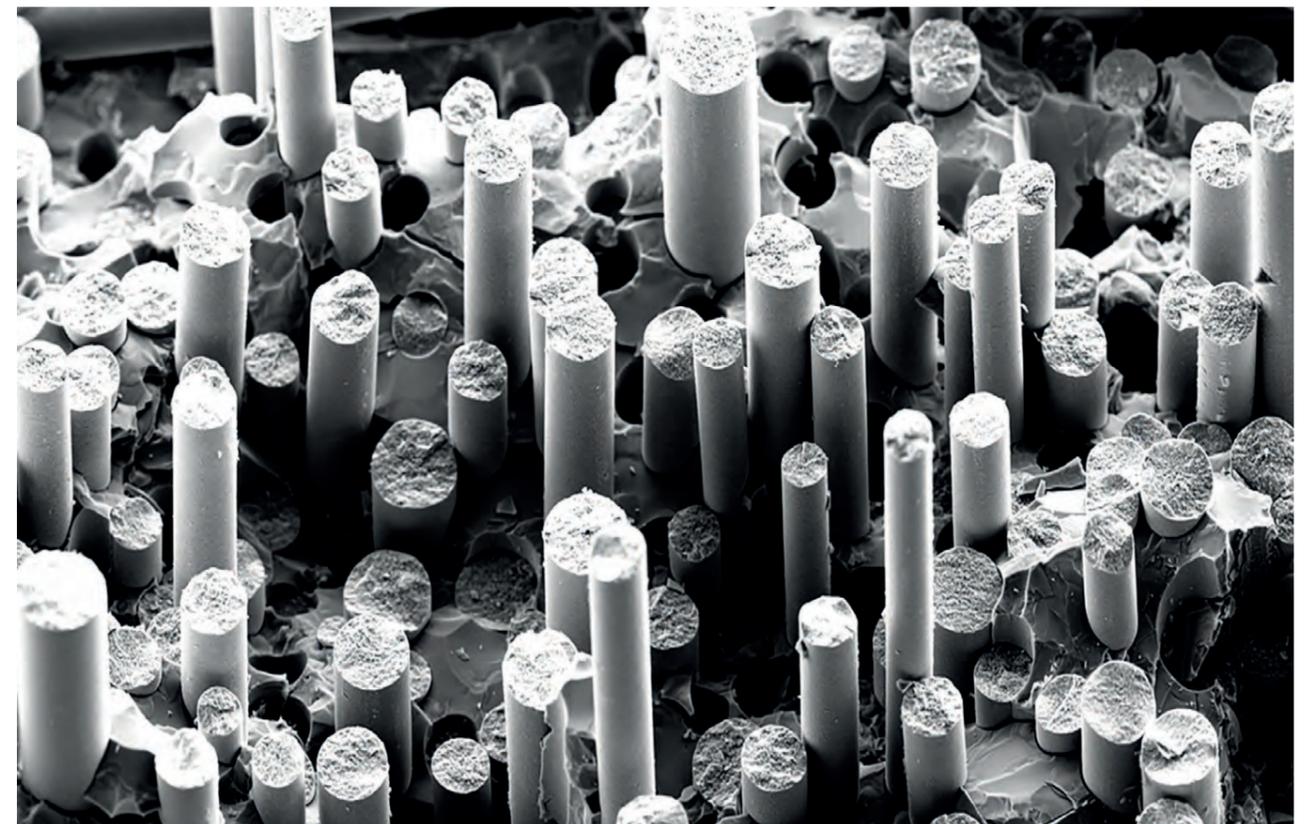
Wo liegen die Herausforderungen bei den Fertigungsverfahren? Herr Schmücker, Sie arbeiten beispielsweise an neuen Wickeltechniken.

: Schmücker Genau. Sie kommen etwa bei der Herstellung von Faserverbundkeramik zum Einsatz. Es läuft im Prinzip so, dass wir ein Faserbündel durch eine keramische Emulsion, einen sogenannten Schlicker, führen. Die Kunst ist, das Faserbündel



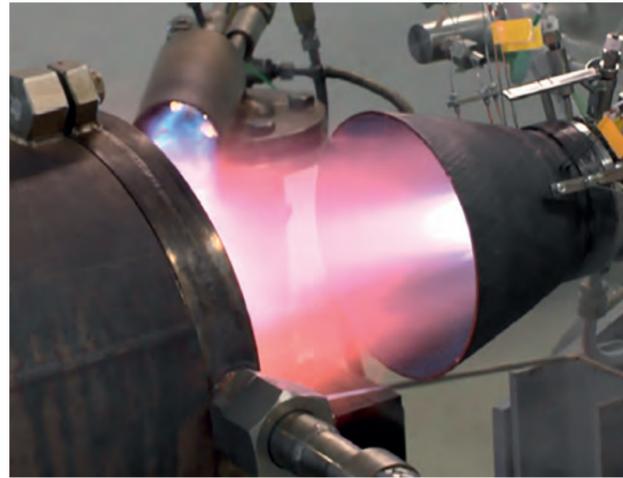
In Wickeltechnik hergestellte Struktur aus weißer Keramik

Schwarze Keramiken zeigen eine hohe Schadenstoleranz. Raster-Elektronen-Mikroskop-Aufnahme der Bruchfläche mit hochstehenden Fasern nach Versagen des Werkstoffs.

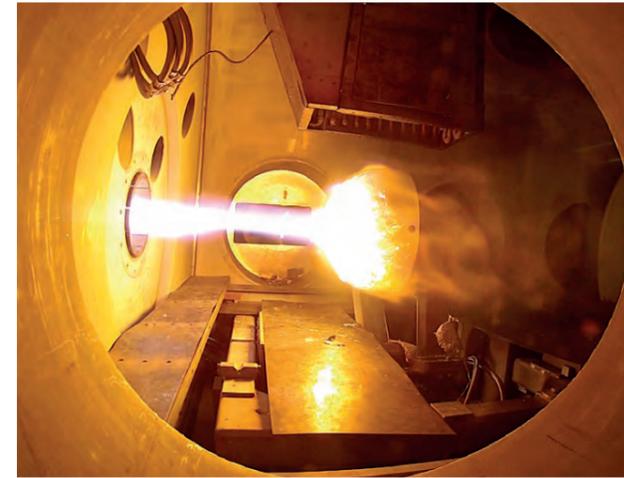




Propellerbremsscheibe für den Airbus 400 M: Der Reibbelag ist aus schwarzer Faserkeramik.



In Wickeltechnologie hergestellte Düse im Heißgastest



Test einer Wiedereintrittskapsel aus faserverstärkter Oxidkeramik im Plasmakanal



Anlage zum Wickeln faserverstärkter Oxidkeramik im DLR Köln

ganz gleichmäßig zu infiltrieren. Das ist bei Faserbündeln nicht so einfach, denn sie bestehen aus bis zu 1.200 Einzelfasern und jede soll nachher von keramischen Partikeln umgeben sein. Wenn die Bündel infiltriert sind, werden sie über einen Kern aufgespult, der schon der zukünftigen Form entspricht. Durch das Wickelprogramm können wir die Faserorientierung einstellen, sie sollte dem späteren Lastangriff entsprechen. Danach wird im feuchten Zustand weitergearbeitet. Irgendwann ist der Wickelkörper fertig, wird getrocknet und anschließend kommt der Sintervorgang bei Temperaturen bis zu 1.300 Grad Celsius, sodass sich schlussendlich ein festes Keramikmaterial bildet.

Gilt das in ähnlicher Weise auch für die schwarze Keramik?

: Koch Für die Fertigung der keramischen Faserverbundstoffe bedienen wir uns bei den Verfahren, die auch zur Herstellung faserverstärkter Kunststoffe genutzt werden. In beiden Welten hat man es mit Fasern zu tun, die man irgendwie in eine gezielte Form bringen will. Wir beschäftigen uns inzwischen sehr intensiv mit verschiedenen Textiltechnologien. Dabei nehmen wir auch Anleihen aus der Verarbeitung von Naturfasern, um Abstandsgestricke oder sonstige komplexe Formen herzustellen. Diese infiltrieren wir dann mit der Matrix und schließen unsere Hochtemperaturprozesse an, um dann beim keramischen Faserverbundwerkstoff zu landen. Und dieses Thema des Pre-formings ist momentan auch ein sehr wichtiges, weil man bei den keramischen Faserverbundwerkstoffen immer direkt zur Endgeometrie kommen möchte. Die Endbearbeitung soll so gering wie möglich ausfallen und dafür muss man in der Faservorformgebung schon die richtigen Geometrien erzeugen.

Das heißt, Sie haben eine Art vorgegebene Form, quasi ein Modell des späteren Werkstücks, über das Sie dann die Fasern legen?

: Koch Das muss nicht unbedingt so sein, wir brauchen nicht zwingend eine Negativform. Es können auch freistehende Pre-Formen sein, die dann über Tränkungsverfahren oder andere Methoden infiltriert werden. Oder man nimmt, so wie mein Kollege von der weißen Keramik das gesagt hat, beim Wickeln auch schon imprägnierte Faserbündel, die dann zu einer dreidimensionalen Geometrie verarbeitet werden. Aber das vorherige Design ist absolut notwendig. Ich muss wissen, wie mein Bauteil aussehen wird, wie die Lasten sein werden. Ich muss alles vorher berechnen können und dann erst gehe ich in die Fertigung.

: Schmücker Der Wickelprozess ist ideal, wenn man runde Formen haben möchte. Wenn wir anders dimensionierte Komponenten brauchen, gehen wir im Moment so vor, dass wir das Gelege im feuchten Zustand aufschneiden und anschließend verformen. Dabei läuft man allerdings Gefahr, dass die Fasern ihre ursprüngliche Orientierung verlieren. Deshalb arbeiten wir an speziellen Legeverfahren, um auch komplexere Bauteile herstellen zu können.

Das klingt für mich so, als wäre bei den Herstellungsmethoden noch sehr viel händische Arbeit erforderlich. Welche Wege gehen Sie, um dies im Sinne eines automatisierbaren Prozesses zu ändern?

: Koch Das ist natürlich aktuell ein wichtiges Thema: Wie kann man das alles automatisieren? Wir versuchen, die Fortschritte bei der Faserverbundkeramik zu beschleunigen, indem wir uns stark an den CFK-Materialien orientieren und neue Automatisierungsverfahren direkt mit nutzen.

Dies dürfte der Schlüssel zur weiten Verbreitung faserverstärkter Produkte sein ...

: Koch ... absolut, ja, die Reproduzierbarkeit ist ein ganz wichtiges Thema. Auch für die Qualitätssicherung. Wenn Sie Bauteile in der Fluggasturbine einsetzen wollen, müssen diese die entsprechenden Spezifikationen erfüllen und das ist natürlich viel schwieriger, wenn Sie händisch arbeiten. Von daher ist es sehr hilfreich, wenn die Herstellung maschinengestützt abläuft und damit die Serie reproduzierbar ist.

Wo lohnt sich der Einsatz solch aufwändig hergestellter Komponenten?

: Koch Technische Keramik an sich ist schon ein relativ teurer Werkstoff. Die Faserverbundkeramik ist nochmal teurer. Das heißt, man wird diese neuen Werkstoffe wirklich nur dort einsetzen, wo sie funktional einen Fortschritt bringen. Ein Beispiel: Sie betreiben eine große Chemiegasanlage, wo Sie hohe Temperaturen und eine korrosive Umgebung haben. Diese Anlage müssen Sie alle vier Wochen stoppen, um ein metallisches Bauteil auszutauschen. Das ist sehr aufwändig, aber das Bauteil an sich ist preisgünstig. Wenn Sie jetzt eine Faserverbundkeramik nehmen und dadurch die Wartungsintervalle signifikant verlängern können, dann kann das keramische Bauteil auch deutlich teurer sein, weil die Gesamtleistung das wieder wettmacht. Man wird sich dieser Werkstoffe also immer dort bedienen, wo andere Materialien nicht mehr mitkommen.

Sie hatten beide schon Beispiele aus der Luftfahrt genannt, aber Sie sind ja auch in der Raumfahrt aktiv ...

: Koch Das waren sogar unsere ersten Schritte, als die keramischen Faserverbundwerkstoffe im DLR Forschungsthema wurden. So haben wir vor langen Jahren die Nasenkappe für den damals geplanten Nachfolger des Spaceshuttles entwickelt. Diese Nasenkappe wurde von der NASA abgenommen, hätte also ins All fliegen dürfen. Das Thema begleitet uns natürlich die ganzen Jahre. Da arbeiten wir dann mit ganz neuen ultrahochtemperaturstabilen Matrices. Hierbei handelt es sich um Werkstoffe, die bei 2.000 Grad Celsius noch funktionieren und die für neue Anwendungen, wie Hyperschallantriebe, hochinteressant sind. Das Spektrum in der Raumfahrt ist natürlich weit, gerade was den Hitzeschutz oder Steuerklappen sowie sonstige hochtemperaturbelastete Teile angeht. Da sind wir intensiv dran.

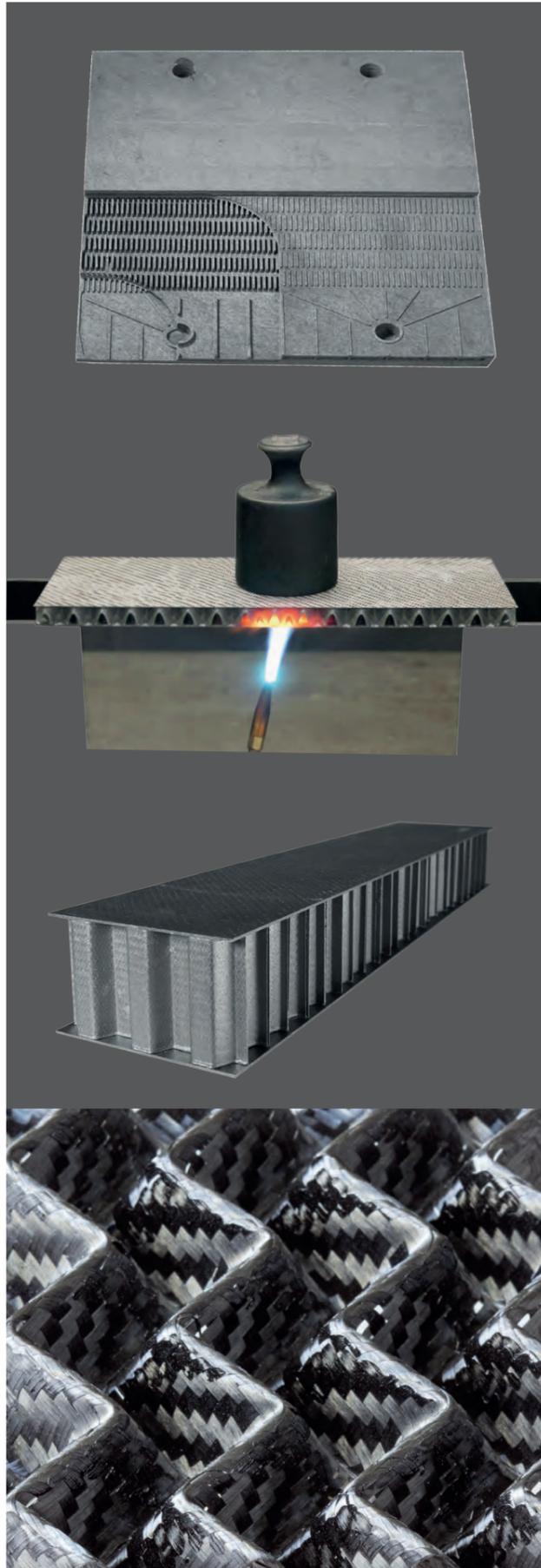
: Schmücker Obwohl bei den extrem hohen Temperaturen Nichtoxidkeramik im Grunde die besseren Voraussetzungen bietet, gibt es Fälle, in denen auch die Oxidkeramik Vorteile hat. Wir haben kürzlich eine Re-entry-Kapsel, also ein Wiedereintrittsmodul, geschaffen, die neben ihrer thermischen und thermo-dynamischen Beständigkeit auch für Funksignale durchlässig sein musste; das ist wiederum nur mit Oxidkeramik möglich.

Wir haben über Luft- und Raumfahrt gesprochen, wie sieht das in der Energietechnik aus? Gibt es beispielsweise in stationären Gaskraftwerken weitere Einsatzmöglichkeiten?

: Schmücker Das ist ein wesentlicher Punkt. Generell gilt: Das, was für Gasturbinen in der Luftfahrt vorteilhaft ist, kann auch für die stationäre Variante sinnvoll sein. Daher sind wir seit einigen Jahren auch auf dem Sektor der kleineren Gasturbinen unterwegs. Diese werden etwa im Bereich von Blockheizkraftwerken eingesetzt. Dort kann man mit Bauteilen aus Faserverbundkeramik höhere Wirkungsgrade erzielen. Dann haben wir noch weitere Aktivitäten auf dem Gebiet unserer Keramikforschung, die in Kooperation mit den DLR-Instituten für Solarforschung und Technische Thermodynamik durchgeführt werden. Die Solarthermie ist eine Technologie, die mit hohen Temperaturen einhergeht, wo entsprechende Werkstoffanforderungen im Vordergrund stehen. In Solarabsorbern werden komplex gestaltete monolithische Keramiken eingesetzt. Dort untersuchen wir die Haltbarkeit und Standfestigkeit unter den Bedingungen der Wüste. In einem anderen Forschungsfeld geht es um funktionale Keramikmaterialien, sogenannte Redoxmaterialien. Diese sollen dazu beitragen, dass aus Wasser und Solarthermie Wasserstoff

erzeugt werden kann, also ein synthetischer Brennstoff. In dem Bereich sind wir im Rahmen eines virtuellen Instituts der Helmholtz-Gemeinschaft unterwegs. Zusammen mit zwei DLR-Instituten und drei universitären Instituten erforschen wir seit fünf Jahren diese Redoxmaterialien.





Wie sieht es bei Ihnen in Stuttgart aus?

: Koch Wir sind auch auf dem Gebiet der Mikrogasturbine aktiv. Wir versuchen dort, mit Faserverbundtechnologien Bauteile zu entwickeln, die geeignet sind, den Wirkungsgrad von Mikrogasturbinen zu erhöhen. Bei uns liegt der Schwerpunkt ganz klar auf dem Design und auf der Konstruktion von komplexen Strukturen. Funktionen wie etwa Redox spielen bei uns eine untergeordnete Rolle, da bieten sich die Nichtoxide weniger an. Für die Solarenergie sind auch hochporöse Strukturen interessant, wo man hohe innere Oberflächen erzeugt, um sie als Material für Solarabsorber zu nutzen. Da ist es uns jedoch bisher noch nicht gelungen, Fuß zu fassen. Aber wir arbeiten daran.

!st die Vorhersage der Lebensdauer eines so neuen Werkstoffs nicht eine große Herausforderung? Bei anderen Materialien hat man jahrzehnte- oder jahrhundertelange Erfahrungen, wie sie sich zersetzen und wie haltbar sie sind.

: Koch Ja klar, das ist völlig richtig. Das ist eine Riesenaufgabe. Aber das macht es auch so spannend, da hinter die Gesetzmäßigkeiten zu kommen. Und, eines muss man auch sagen, wir sind ja nicht allein auf der Welt. Wir sind zwar, wenn wir die zwei Abteilungen hier in Köln und in Stuttgart zusammen nehmen, die größte Forschungsgruppe im Bereich Faserverbundkeramik in Deutschland, aber natürlich gibt es noch sehr viel mehr. Diverse Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Firmen befassen sich mit diesen Themen. Alle treibt es natürlich an, das komplexe Thema der Lebensdauer anzugehen. Und was ich sehr spannend finde, ist, dass wir auch versuchen, gemeinsam Fortschritte zu erzielen. Das funktioniert eigentlich recht gut. Ich leite jetzt schon seit Jahren den Arbeitskreis „Verstärkung keramischer Werkstoffe“. Hier treffen sich alle aus der Community zweimal im Jahr und tauschen sich darüber aus, wie die keramischen Faserverbundwerkstoffe möglichst schnell in Anwendung gebracht werden können. Dabei werden die kritischen Fragen wie Lebensdauer, exakte Auslegung der Bauteile und anderes mehr angegangen.

Wir haben jetzt viel über Materialien gesprochen und die Unterschiede zwischen den Standorten Köln und Stuttgart. – Aber wo arbeiten Sie zusammen?

: Koch Also man könnte es ganz kurz machen. Wir arbeiten nicht zusammen bei der Farbe, aber bei allem anderen arbeiten wir zusammen, etwa wenn wir über die Beschichtungssysteme reden und die Berechnungsverfahren. Wir hatten vorhin schon diskutiert, dass die makroskopischen Eigenschaften von keramischen Faserverbundbauteilen auf mikromechanischen Veränderungen beruhen. Das heißt, man muss sich entlang der ganzen Skala auskennen von Mikro bis Makro, man muss also wissen: Wie verhält sich die Faser innerhalb der Matrix, an der Fasermatrixgrenzfläche, was tut sich dort atomar, wie laufen Risse, wie entwickeln sich diese Risse? Diese Simulationkette ist zum Beispiel ein ganz wichtiger Punkt, den wir gemeinsam angehen. Wir haben lediglich die klare Trennung zwischen den Farben, weil es eben technologisch Sinn macht. Außer dieser Trennung haben wir eigentlich keine Abgrenzung, sondern wir versuchen im Gegen-

In der Energietechnik ermöglichen keramische Strukturen längere Lebensdauern bei höheren Einsatztemperaturen, oben im Bild ein modular aufgebauter Hochtemperatur-Wärmetauscher mit komplexer Kanalstruktur

Sandwichstrukturen für Satelliten: Die Sandwichbauweise ist ein weit verbreitetes Konstruktionsprinzip, um dünnwandige Strukturen mit geringem Gewicht, aber sehr hohen Steifigkeiten herzustellen.

teil möglichst stark zu interagieren, um die Gesetzmäßigkeiten zu verstehen, die Verbundwerkstoffe länger stabil machen, und die Werkstoffe in Teamarbeit zu charakterisieren.

: Schmücker ... ganz grob die Tendenz, dass die Kollegen in Stuttgart vielleicht etwas mehr im Engineering zu Hause sind, wohingegen wir uns mehr mit den materialwissenschaftlichen Grundlagen beschäftigen.

: Koch Das ist vielleicht ein wichtiger Aspekt. Wir sind in der Bauweisen- und Strukturtechnologie zu Hause, so ist unser Institutsname und so denken wir auch. Wir denken an Bauweisen, wir denken an Anbindungskonzepte, wir denken an die Lebensdauer. Und wenn ich jetzt aber Fragen habe zur Mikrostruktur, dann geh ich nach Köln mit meinem schwarzen Werkstoff und Köln löst mir dann diese Mikrostrukturfragen. Dafür lösen wir die Anbindungsfragen für die Kölner. Und so greift eben eins ins andere.

In welche Richtung würden Sie ihre Arbeit zukünftig gerne vorantreiben?

: Schmücker Mich würden die mikroskopischen Aspekte interessieren. Das ist eigentlich auch der Bereich, wo ich ursprünglich herstamme. In Kooperation mit den Kollegen aus unserem Haus sowie aus Stuttgart und anderen DLR-Instituten schauen wir dann, wie unsere Werkstoffe und Materialien den Weg in die konkrete Anwendung finden.

: Koch Ich habe Maschinenbau studiert, komme also von den Bauteilen und wenn ich die Freiheit hätte, das Ziel beliebig zu definieren, dann wäre es für mich, die Bauteile zu designen und dann auf der Basis dieses Designs meinen Werkstoff wirklich perfekt herzustellen. Das heißt, dass ich das Bauteil berechne mit allen Lebenslauf Fragen. Dann entscheide ich mich für ein bestimmtes Herstellungsverfahren, zum Beispiel ein erprobtes aus der Textilindustrie, und dann mache ich mein Bauteil daraus. Diese Kette abzudecken, das fände ich sehr reizvoll.

Bei Textilien fällt mir der Maßanzug ein

: Koch Genau. Der Maßanzug für die Flugzeuggasturbine ... Das klingt gut.

Das Gespräch führte **Michel Winand**, am DLR Köln verantwortlich für die Standortkommunikation.

Prototypische Komponenten aus faserverstärkter Oxidkeramik

Oben: Zwei Designstudien für Triebwerkkomponenten, hergestellt mittels Laminierverfahren

Darunter: Brennerrohre, hergestellt durch Faserwickelverfahren

Unten: Aus einer Machbarkeitsstudie zur Nachbearbeitbarkeit des keramischen Verbundwerkstoffs





Dipl.-Ing. Tina Stähler

geboren 1986, aufgewachsen in Ditzingen bei Stuttgart, studierte Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart. 2014 machte sie dort erfolgreich ihr Diplom und ist seither in der Abteilung Raumfahrt-Systemintegration des DLR-Instituts für Bauweisen und Strukturtechnologie in Stuttgart tätig. In der Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Hochtemperaturmanagement für den Hyperschallflug“ promoviert sie zum Thema „Elektrisches Verfahren zur Zustandsüberwachung von Thermalschutzsystemen in der Raumfahrt“. Im Januar 2018 wurde Tina Stähler mit dem Amelia Earhart Preis ausgezeichnet.

COOL BLEIBEN, WENN ES HEIß HERGEHT

Ob an der Kletterwand oder im Labor: Extreme sind Tina Stäblers Ding. Sie mag es, den scheinbar unbezwingbaren Steilhang zu erklimmen. Am DLR-Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie in Stuttgart entwickelt die Doktorandin ein Überwachungssystem für faserkeramische Hitzeschilde. Mit dessen Hilfe lassen sich beim Wiedereintritt von Raumfahrzeugen in die Erdatmosphäre Schäden im Material erkennen. Für ihre Arbeit ist die Wissenschaftlerin jüngst ausgezeichnet worden: Sie erhielt den renommierten Amelia Earhart Preis.

Tina Stähler will mit extrem belastbaren Hitzeschildern hoch hinaus

Von Nicole Waibel

Flugexperimente, Stabilisierungsfinnen, Raketentriebwerke – beim Durchqueren der Technologiehalle führt Tina Stäblers Weg an diversen Raumfahrtstrukturen vorbei. Ihr Arbeitsplatz ist heute an der „Indutherm“, einer Anlage, die es ermöglicht, Materialien bei Temperaturen über 1.000 Grad Celsius mechanisch zu prüfen. Durch ein Bullauge hat man einen guten Blick ins Innere. Drinnen ist eine rechteckige Platte aus Faserkeramik eingespannt, sie leuchtet in hellem Orange. Auch Tina Stäblers Augen strahlen, wenn sie von ihrer Forschungsarbeit erzählt. Die heute 32-Jährige untersucht am DLR-Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie in Stuttgart, wie sich faserkeramische Strukturen beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre verhalten und wie sich dabei Schäden im Material aufspüren lassen.

Ein Überwachungssystem kann im Extremfall Leben retten

„Der Eintritt in die Atmosphäre ist eine der heiklen Phasen einer Weltraummission. Starke Hitze und hohe mechanische Belastungen – Raumfahrzeuge sind dabei extremen Bedingungen ausgesetzt. Für einen sicheren Wiedereintritt ist ein intaktes Hitzeschild essenziell“, erklärt Tina Stähler. Wie wichtig es ist, Schäden rechtzeitig erkennen und reparieren zu können, zeigte auf tragische Weise das Unglück des Spaceshuttles Columbia im Jahr 2003. Aufgrund eines beschädigten Hitzeschildes brach die amerikanische Raumfähre beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre auseinander und verglühte. Alle sieben Besatzungsmitglieder kamen ums Leben.

Damit in Zukunft kritische Bauteile eines Hitzeschildes vor ihrem Versagen ausgetauscht oder durch Anpassung der Flugbahn weitere Schäden verhindert werden können, entwickelt Tina Stähler im Rahmen ihrer Promotion eine Methode zur Zustandsüberwachung von Hitzeschildern. Für ihre Arbeit erhielt die Doktorandin den Amelia Earhart Preis. Dieser wird in Erinnerung an die gleichnamige Luftfahrtpionierin vergeben und zeichnet jährlich weltweit bis zu 30 Wissenschaftlerinnen aus, die im Bereich der Luft- und Raumfahrt promovieren.

Bei ihren Untersuchungen nimmt die Ingenieurin vor allem die elektrischen Eigenschaften von Faserkeramik unter die Lupe: Sie misst den elektrischen Widerstand, wodurch sich Rückschlüsse auf Veränderungen im Material ziehen lassen. So kann sie mechanische Spannungen, die zu gefährlichen Rissen führen können, aufspüren. Die glühende Probe, die man durch das Fenster der Heißprüfanlage sehen kann, besteht aus Faserkeramik. Diese Werkstoffklasse ist hochbelastbar und zeichnet sich durch eine hohe Temperatur- und Schadenstoleranz aus – und die meisten Faserkeramiken sind elektrisch leitfähig.

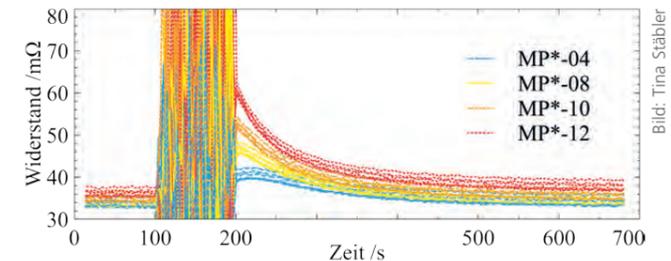


Tina Stähler in der Werkstatt des Instituts für Bauweisen und Strukturtechnologie in Stuttgart: Das Anbringen von Kontakten auf der Probenplatte erfolgt nach einem genau überlegten System. Das Netz der Messpfade soll möglichst feinmaschig sein.

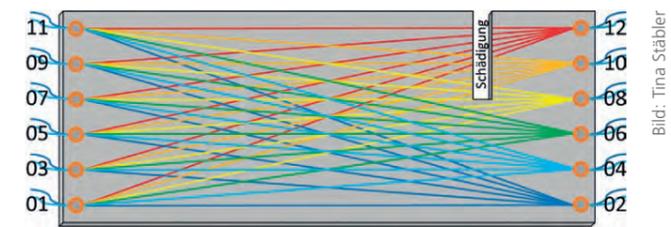
Die Platte in Größe eines Frühstücksbrettchens ist zum Messen des elektrischen Widerstands an jeder Seite mit zwölf Kontakten versehen. Tina Stähler erklärt, wie das Ganze funktioniert: „Alle Kontakte der Probe werden an einen Prüfstand angeschlossen. Immer zwei Kontakte auf gegenüberliegenden Seiten werden aktiviert und Strom eingepreßt. Zwischen den Kontakten auf der einen Seite und denen auf der anderen Seite wird nacheinander der elektrische Widerstand gemessen. Bei zwölf Kontakten auf jeder Seite sind das auf einer üblichen Probe zwölf mal zwölf, also 144 Messungen pro Durchlauf. Mit dem aktuellen Prüfstand können Proben mit bis zu 32 Kontakten pro Seite angeschlossen werden; das ergibt 1.024 Einzelmessungen pro Durchlauf. Da immer Widerstand und Spannung gemessen werden, verdoppeln sich die Messungen pro Durchlauf auf 288 beziehungsweise 2.048.“ Das Netz der Messpfade ist bei 32 Kontakten je Seite feinmaschiger und die Genauigkeit deutlich erhöht.

Die Probe wird im Vakuum auf 1.100 Grad Celsius und in anderen Experimenten auf bis zu 1.750 Grad Celsius aufgeheizt. Wie auch im Raumfahrzeug befinden sich die Kontakte dabei in einem weniger heißen Bereich. Während die Probe abkühlt, werden zyklisch Zugversuche gefahren. Dann heißt es: ziehen, entlasten, warten. Was passiert beim ersten Zug? Wie verhält sich die Probe beim x-ten Zug? – „So kann ich feststellen, ob ein kritischer Lastzustand eingetreten ist. Wenn ja, müsste man die Paneele austauschen.“ Die Vorteile des neuen Prüfverfahrens: Es wird verhindert, dass Strukturen unvorhergesehen versagen und die Wartungsintervalle des Hitzeschildes verlängern sich.

„Beim Messen müssen wir schnell sein. Es ist wichtig, dass Schädigungen rasch entdeckt werden“, erläutert Tina Stähler. Derzeit müssen die Daten nach jedem Experiment ausgewertet werden. Zukünftig sollen sie mit einem speziellen Algorithmus in Echtzeit ausgewertet und kritische Änderungen gemeldet werden. Tina Stäblers Ziel ist es, dass das von ihr entwickelte Messverfahren irgendwann tatsächlich



Einfluss einer Schädigung, die von Sekunde 100 bis 200 eingebracht wurde; schematisch dargestellt im Bild unten für die einzelnen Pfade des Messgitters ab Sekunde 200



Schematische Darstellung einer Probe mit Schädigung und zwölf Kontakten sowie, farblich gruppiert, deren virtueller Strompfade



Blick ins Innere der Anlage Indutherm: Bei sehr hohen Temperaturen weit über 1.000 Grad Celsius kann die Probe hier mechanisch geprüft werden.

fliegend zum Einsatz kommt: „Man könnte es auch in der Luftfahrt anwenden. Voraussetzung ist, dass das zu überwachende Material elektrisch leitfähig ist.“

Raumfahrt – ein Kindheitstraum

Der Raumfahrt gilt Tina Stäblers Leidenschaft. Von klein auf hat sie auf das Mädchen eine besondere Faszination ausgeübt. Es mag Zufall sein, dass die Forscherin mit zweitem Vornamen Ariane heißt. „Ariane – wie die europäische Trägerrakete“, lacht sie. Der Name ist Programm. „Die Frage, ob es Leben außerhalb der Erde gibt, hat mich schon lange beschäftigt.“ Als Schülerin hat Tina Stäbler am seti@home-Projekt der Universität Berkeley teilgenommen, das sich mit der Suche nach außerirdischem intelligentem Leben beschäftigt. Dazu sucht ein Teleskop den Himmel nach Radiosignalen ab; zur Auswertung der großen Datenmengen wird die Rechenlast an PCs weltweit verteilt. So auch an den Rechner im Hause Stäbler. Voraussetzung war lediglich eine Internetverbindung und die Installation des kostenlosen seti@home-Clients. „Der PC lief den ganzen Tag und durchforstete Datenpakete. Ich fand es spannend, mir die Statistiken anzusehen“, erzählt Tina Stäbler. Ob sie an Außerirdische glaubt? – „Ich denke schon, dass es irgendwo

Leben gibt. Aber ob wir es jemals zu Gesicht bekommen?“ Doch warum in ferne Galaxien schweifen, wenn es auch „nah“ Interessantes zu entdecken gibt: „Eine bemannte Marsmission wäre natürlich großartig!“ Ob Tina Stäbler schon einmal daran gedacht habe, Astronautin zu werden? – „Klar! Aber das nächste Ziel ist jetzt erst mal die ‚Diss‘“, sagt sie und zwinkert. Ins All soll es also erst mal nicht gehen, doch hoch hinaus schon: Tina Stäbler ist regelmäßig in der Kletterhalle und am Fels anzutreffen. Und wenn sie nicht gerade für ihre Promotion arbeitet, engagiert sie sich für den wissenschaftlichen Nachwuchs. Seit mehreren Jahren bringt sie sich beim Girls’Day ein, um ihre Begeisterung weiterzugeben. „Spätestens seit dem Buch und dem Film ‚Hidden Figures‘ ist klar, dass Frauen maßgeblich zur Raumfahrt beitragen. Das soll so bleiben und darf auch gern noch mehr werden.“

Promotion in einer Helmholtz-Nachwuchsgruppe

Als Tina Stäbler im Mai 2014 zum DLR kam, hatte sie gerade ihr Diplom in Luft- und Raumfahrttechnik in der Tasche. „Was mich am DLR überzeugt hat, war die Möglichkeit von Anfang bis Ende bei meinem Projekt dabei zu sein: von den ersten Überlegungen, wie das System funktionieren soll, über die Tests bis zum Prototypen des Versuchs-

stands. Das Fertigen von Proben, Auswerten der Daten, die Weiterentwicklung und Verbesserung bis hin zum funktionierenden System. Man sieht nicht nur einen kleinen Teil, sondern das Ganze und das ist wirklich toll am DLR!“

An der Universität Stuttgart ist sie noch immer eingeschrieben – jetzt als Doktorandin. Was das Herausfordernde am Promovieren ist? „Wenn man promoviert, ist man selbst irgendwann der größte Experte auf seinem Gebiet. Niemand hat sich damit mehr beschäftigt als man selbst, ab einer gewissen Tiefe sind die Anlaufstellen dünn gesät.“ Eine solche Anlaufstelle für Tina Stäbler ist Dr.-Ing. Hannah Böhrk, die stellvertretende Leiterin der Abteilung „Raumfahrt Systemintegration“. Hannah Böhrk leitet auch die Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Hochtemperaturmanagement für den Hyperschallflug“. Darin untersucht sie mit Tina Stäbler und anderen jungen Forscherinnen und Forschern moderne Hitzeschilde, und zwar in Simulationen und in Experimenten. Sie wollen das Thermalverhalten von Strukturen beim Eintrittsflug und in Hyperschallantrieben besser verstehen. „In der Helmholtz-Nachwuchsgruppe forschen wir gemeinsam intensiv an einer übergreifenden Sache im kleinen Team“, so Hannah Böhrk. „Dadurch sind wir ständig miteinander im Austausch.“ Tina Stäbler

wird die erste Absolventin der Gruppe sein und ist zurzeit regelrecht beflügelt davon, ihre Arbeit zu vollenden und ihr Thema anschließend in neue Richtungen weiterzuentwickeln. Neben den Hochtemperaturanwendungen aus der Raumfahrt sieht sie die Detektion und Lokalisation von Schäden in Flugzeugstrukturen als Einsatzgebiet. „Es macht Spaß, mit so zielstrebigem Doktoranden exzellente Forschung zu betreiben!“

Bei aller Zielstrebigkeit im Job, in der Freizeit darf es gerne auch mal spielerisch zugehen: Fast enthusiastisch berichtet sie von ihrer neuesten Errungenschaft, von „Terraforming Mars“, einem Gesellschaftsspiel, in dem es um die Umwandlung des Mars in einen erdähnlichen Planeten geht. – Wer weiß, vielleicht fliegt Tina Stäbler eines Tages zum Roten Planeten? Auch dafür braucht man intakte Hitzeschilde.

Nicole Waibel ist im Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie in Stuttgart und Augsburg für Marketing und Öffentlichkeitsarbeit verantwortlich.

Frauen in der Raumfahrt

Bis zum 14. Oktober 2018 zeigt das Universum® Bremen die Fotoausstellung

„Space Girls Space Women“

In ihr sind Frauen aus Luft- und Raumfahrt porträtiert.

www.universum-bremen.de/space-girls-space-women/

Amelia Earhart Fellowship

Der Amelia Earhart Preis wird jährlich weltweit an bis zu 30 Wissenschaftlerinnen aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrt vergeben, um die Position von Frauen in Ingenieur- und Naturwissenschaften zu stärken. Der mit 10.000 US-Dollar dotierte Preis erinnert an die Luftfahrtpionierin Amelia Earhart, die 1932 als erste Frau (und als zweiter Mensch nach Charles Lindbergh) den Atlantik überquerte. Vergeben wird der Preis von Zonta International, einer internationalen Vereinigung berufstätiger Frauen in verantwortungsvollen Positionen, die sich dafür einsetzen, die Lebenssituation von Frauen in rechtlicher, politischer, wirtschaftlicher, beruflicher und gesundheitlicher Hinsicht zu verbessern. Zum ersten Mal wurde der Preis 1938 verliehen.



DLR-Forscherin Tina Stäbler bei der Preisverleihung am 26. Januar 2018 in Stuttgart. Übergeben wurde ihr die Auszeichnung von Sigrid Duden, Governor des Zonta Districts 30 (rechts).



Mit hochpräzisen Messinstrumenten in der Luft: der Channel Sounder vor dem Einbau in das DLR-Forschungsflugzeug Falcon im Hangar des DLR in Oberpfaffenhofen

DEN FUNKWELLEN AUF DER SPUR



Wenn Informationen per Funk übertragen werden, sei es zur Kommunikation, Positionsbestimmung oder Authentifizierung, so müssen sie ihr Ziel zuverlässig erreichen und vom Empfänger korrekt empfangen werden können. Auch hinsichtlich der zunehmenden Automatisierung sind zuverlässige Kommunikationsverbindungen zwischen verschiedenen Objekten von großer Bedeutung. Um neue Frequenzbänder zu erschließen oder vorhandene besser zu nutzen, vermessen DLR-Wissenschaftler die Funkkanäle mit einem Spezialgerät – über alle Forschungsbereiche hinweg: dem Channel Sounder. Vor 15 Jahren begannen die Arbeiten mit und an diesem unverzichtbaren Messinstrument.

Der Channel Sounder analysiert die Ausbreitung von Funksignalen für einen ausgezeichneten Empfang

Von Uwe-Carsten Fiebig und Thomas Jost

Jeder hat schon erlebt, wie die eigene Stimme von einer nahen Bergwand reflektiert wird und welch langen Nachhall sie in leeren Räumen hat. Woher kommt das? Die Antwort liefert die Natur: Diese Schallwellen werden an Wänden reflektiert. Solche Reflexionen hängen stark von den Eigenschaften dieser Wände ab, also davon, welche Ausmaße sie haben, aus welchem Material sie bestehen und wie rau ihre Oberfläche ist. Treten starke Echos auf, wird es für den Zuhörer schwierig, das gesprochene Wort zu verstehen.

Bei der Übertragung von Funkwellen treten vergleichbare Effekte auf: Die elektromagnetischen Wellen erreichen den Empfänger meist nicht nur über den direkten Ausbreitungspfad, also die Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger. Sie erreichen ihn auch über Reflexionen, über die Echos. Am Empfänger überlagert sich das direkt empfangene Signal mit allen Reflexionen. Das führt zu Störungen des Empfangs. Die Empfangsqualität wird durch den Übertragungskanal, der die Ausbreitungseigenschaften zwischen Sender und Empfänger beschreibt, bestimmt.

Wenn neue Funksysteme entwickelt werden, ist die genaue Kenntnis des Übertragungskanals – also der Ausbreitungsverhältnisse – wichtig. Diese sind von vielen Parametern abhängig: von der Frequenz und der Bandbreite des Sendesignals, von der physikalischen Umgebung, in der das Funksystem eingesetzt wird, sowie von der Geschwindigkeit und gegenseitigen Entfernung zwischen Sender und Empfänger.

Die Eigenschaften des Übertragungskanals werden von den Wissenschaftlern mit einem sogenannten „Channel Sounder“ untersucht. Dieses Messgerät besteht aus einem Sender, der ein bekanntes Testsignal aussendet, und einem Empfänger, der das Empfangssignal hochgenau aufzeichnet. Die Auswertung der Messdaten erlaubt eine genaue, mathematische Beschreibung des Übertragungskanals: Die Wissenschaftler konstruieren ein Modell der Ausbreitungseigenschaften, das sogenannte Kanalmodell. Mit Hilfe solcher Modelle können Funksysteme konzipiert, optimiert und deren Qualität im Computer simuliert werden.



Der Channel Sounder im Einsatz: links die Sendeeinheit und rechts die Empfangseinheit

Unterwegs zu Land, Luft und See

Ob Satellitennavigation, Flugfunk, maritime Kommunikation, Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation oder Zugfunk – die Einsatzorte für einen Channel Sounder sind äußerst vielfältig. Die Forscher des DLR-Instituts für Kommunikation und Navigation haben bereits eine Vielzahl von Messkampagnen durchgeführt, um die Ausbreitungseigenschaften verschiedenster Übertragungskanäle zu erfassen. Um neue Frequenzen zu erschließen, mussten Modifikationen an der Apparatur vorgenommen werden: Ursprünglich war der Channel Sounder nur dazu konzipiert, Übertragungskanäle bei einer Trägerfrequenz von 1,51 Gigahertz (L-Band) mit 100 Megahertz Bandbreite zu messen. Im Laufe der Zeit wurde sein Einsatzbereich um mehrere Trägerfrequenzen im VHF-Band, S-Band und C-Band erweitert. Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Sicherheit sind Forschungsgebiete, in denen die Kommunikationswissenschaftler in ihren Kampagnen regelmäßig Pionierleistungen bei der Funkübertragung erbringen.

In seinem ersten praktischen Einsatz 2002 vermaßen die DLR-Wissenschaftler mit dem Channel Sounder die Ausbreitungsbedingungen in der Satellitennavigation. Die Genauigkeit von GPS-Empfängern hängt sehr stark vom Übertragungskanal ab. Das Signal legt einen weiten Weg zurück und wird beispielsweise in Städten von den Gebäuden stark reflektiert. Anstelle eines Satelliten strahlte die Sende-Einheit die Testsignale von einem Zeppelin ab, der in mehreren hundert Metern Höhe recht ruhig an einer Stelle stand, während der Messbus mit der Empfangseinheit durch die Straßen Münchens fuhr und das Signal aufzeichnete. Aufgrund der Messungen konnten die Forscher die Ausbreitungsphänomene, denen Satellitennavigationssignale unterliegen, mit bis dahin unerreichter Detailfülle beschreiben. Sie beobachteten, dass in Straßenzügen mit hoher Bebauung starke Signalechos mit erstaunlich langer Lebensdauer auftreten. In solchen Fällen kann die Position, die der Navigationsempfänger angibt, um mehr als 50 Meter von der tatsächlichen Position abweichen. Am Institut wurden daraufhin neue Verfahren entwickelt, mit denen ein Navigationsempfänger die Auswirkungen der Mehrwegeausbreitung stark reduzieren kann und damit deutlich präzisere Positionsangaben liefert. Das entwickelte Kanalmodell wurde im Radiocommunication Sector der International Telecommunication Union, einer Sonderorganisation der Vereinten Nationen, die sich mit den technischen Aspekten der Telekommunikation beschäftigt (ITU-R), standardisiert.

In verschiedenen Messkampagnen untersuchten die DLR-Wissenschaftler zwischen 2008 und 2010 mit dem Channel Sounder auch die Ausbreitungsbedingungen für Signale, die entweder von einem



Bei der ersten Messkampagne des Channel Sounders zur Satellitennavigation bewegte sich die Empfangseinheit in einem Messbus durch die Münchener Innenstadt

Satelliten oder von einer Mobilfunkbasisstation in ein Gebäude zu einem mobilen Empfänger gelangen. Die Messungen bestätigten, dass Signale durch Fenster (sofern sie nicht metallisiert sind), Wände und auch durch Betondecken in das Gebäudeinnere eindringen. Allerdings werden sie stark gedämpft und im Inneren des Gebäudes von Wänden, Türen und Einrichtungsgegenständen reflektiert. In einer solchen Mehrwegeumgebung ist die Navigation äußerst schwierig. Tiefer im Gebäudeinneren sind die Empfangssignale derart schwach, dass eine brauchbare Positionierung mit Satellitensignalen nicht mehr gelingt.

In einer anschließenden Messkampagne zeigten die Wissenschaftler, dass Signale im C-Band beim Eindringen in Gebäude deutlich stärker gedämpft werden als im L-Band. So lassen sich die Vorteile von potenziell breitbandigen Navigationssignalen im C-Band nur außerhalb, nicht aber innerhalb von Gebäuden nutzen. Dort sollten eher Signale bei niedrigeren Frequenzen in Betracht gezogen werden. Der Vergleich zwischen Übertragungskanälen im L- und C-Band ist die Grundlage, um entscheiden zu können, ob die Satellitensignale der nächsten Generation von Galileo auch in anderen Frequenzbereichen abgestrahlt werden sollen.

In der Luftfahrt wurde mit Hilfe des Channel Sounders 2003 der Übertragungskanal innerhalb der Flugzeugkabine vermessen. Dieser Übertragungskanal ist für Flugzeughersteller wichtig, um kabelgebundene Kommunikation durch geeignete Funkverbindungen zu ersetzen. Es konnte gezeigt werden, welche Sektoren der Kabine gut mit Funk zu versorgen sind und dass es zahlreiche Stellen (beispielsweise von Metall umgebene) gibt, die vom Funksignal nur stark gedämpft oder fast gar nicht erreicht werden. 2007 untersuchten die Wissenschaftler den Übertragungskanal zwischen Vorfeldtower und Flugzeug auf dem Franz-Josef-Strauß-Flughafen in München. Statt des Flugzeugs verwendeten sie einen Messbus, mit dem sie Tag und Nacht verschiedene Szenarien auf dem Rollfeld abfuhrten. Die Flughafenarchitektur mit weiten, offenen Flächen und großen Gebäuden führt zu einem nicht-stationären Verhalten des Übertragungskanals mit zum Teil sehr langlebigen und starken Echos sowie Signalabschattungen in der Nähe der Parkpositionen der Flugzeuge. Das entwickelte Kanalmodell berücksichtigt dieses Verhalten, sodass das DLR den neuen Funkstandard AeroMACS zur Übertragung zwischen Tower und Flugzeugen oder Fahrzeugen auf dem Flugvorfeld genauestens an diese Bedingungen anpassen konnte.

Auch in der Luft war der Channel Sounder unterwegs: in einer Messkampagne 2009 zur Untersuchung des Funkkanals zwischen zwei



Während der ersten Messkampagne befand sich die Sendeeinheit auf einem Zeppelin

Flugzeugen bei einer Trägerfrequenz von 250 Megahertz. Diese flogen über verschiedene Untergründe wie Wasser, Wiesen, Wald und bebautes Gebiet. Das vom Boden reflektierte Signal erwies sich als außerordentlich leistungsstark und erreichte die Empfangsleistung des direkten Signals. Bei einigen Rollmanövern des Flugzeugs war das reflektierte Signal aufgrund der Richtwirkung der Antenne sogar deutlich stärker als das direkte Signal. Ein Entzerrer kann die Störwirkung deutlich mindern.

Der Schienenverkehr war ein weiterer Einsatzort des Messgeräts. Neben einer Messkampagne in zwei Zügen (das DLR-Magazin 151 berichtete in einer Reportage darüber) erfasste das Messteam des DLR den Übertragungskanal zwischen zwei Fahrzeugen, wobei sowohl die Sende- als auch die Empfangseinheit des Channel Sounders in Bewegung waren. Mit den Ergebnissen entwickelten die Wissenschaftler ein Modell, das die sich in der Bewegung ständig ändernden Übertragungseigenschaften mit einbezieht. Dies kann nun zur Optimierung von Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationsverfahren eingesetzt werden.

Die Zukunft des guten Empfangs

Auch in Zukunft werden die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Kommunikation und Navigation immer wieder mit neuen Fragestellungen konfrontiert werden: sei es, dass größere Bandbreiten und andere Frequenzbereiche betrachtet werden sollen oder Eigenschaften untersucht werden müssen, die früher nicht relevant oder noch nicht messbar waren. Mit einem neuen Channel Sounder, der noch 2018 in Betrieb gehen wird, wird es möglich sein, ultrabreitbandige Signale von bis zu einem Gigahertz Bandbreite zu verwenden, sodass es möglich ist, die empfangenen Echos besser aufzulösen. Ferner können die Wissenschaftler die Messrate erhöhen, um höhere Dopplerfrequenzen zu erfassen. Der neue Channel Sounder unterstützt auch Antennenverbunde auf Sende- und Empfangsseite. Damit werden die Grundlagen für einen guten Empfang und für eine sichere Übertragungstechnik geschaffen.

Prof. Dr.-Ing. Uwe-Carsten Fiebig leitet die Abteilung Nachrichtensysteme. Eine der Kernkompetenzen der Abteilung ist die Analyse und Modellierung der Ausbreitungseigenschaften von Funksignalen für Anwendungen in Raumfahrt, Luftfahrt, Verkehr und maritimer Sicherheit. **Dr. Thomas Jost** ist seit Jahren führender Wissenschaftler auf dem Gebiet der Wellenausbreitung und betreute den Channel Sounder bei fast allen Messkampagnen.



Der Channel Sounder in der Luft, unterwegs im DLR-Forschungsflugzeug Dornier Do 228



Während einer Messkampagne im Jahr 2014, bei der die Wissenschaftler die Funkverbindung zwischen einem Schiff und dem Festland untersuchten, wurde die Empfangsantenne auf dem Leuchtturm von Warnemünde installiert. 2016 erfasste ein Team den Übertragungskanal zwischen zwei Schiffen (das DLR-Magazin 149 berichtete in einer Reportage darüber).



In zwei fahrenden Hochgeschwindigkeitszügen untersuchten die DLR-Experten in Italien die Ausbreitung der Funkwellen für die Kommunikation von Zug zu Zug

LUFTABSAUGUNG AM SEITENLEITWERK IM FLUG GETESTET



Das innovative Absaugsystem befindet sich am Seitenleitwerk des DLR-Forschungsflugzeugs ATRA

Ein neues System für treibstoffsparendes Fliegen haben DLR-Wissenschaftler im April und Mai 2018 in Flugversuchen getestet. Die Flüge wurden mit dem A320 ATRA von Braunschweig aus durchgeführt. Für die Tests war an dem DLR-Forschungsflugzeug das Seitenleitwerk umgebaut worden. Dabei kam europaweit zum ersten Mal eine Technologie zum Einsatz, mit der im Flug Luft aus der Grenzschicht abgesaugt wird. Das soll den Treibstoffverbrauch senken. Die sogenannte Hybrid-Laminarisierung (HLFC: Hybrid Laminar Flow Control) ist dafür eine Schlüsseltechnologie. Bei Langstreckenflugzeugen lässt sie ein Einsparpotenzial an Kraftstoff von bis zu neun Prozent erwarten.

Eine laminare Grenzschicht weist geordnete Strukturen auf, was den Impulsaustausch quer zur Strömungsrichtung klein hält. Das wiederum bedeutet geringen Reibungswiderstand. Die DLR-Forscher wollen die Grenzschicht durch schwache, aber gezielte Absaugung über den Punkt ihrer natürlichen Transition hinaus stabilisieren. Diese Hybrid-Laminarisierung reduziert den Reibungswiderstand und mit ihm den Treibstoffverbrauch und die Emission von Schadstoffen.

STUDENTENPROGRAMM REXUS/ BEXUS FÜR RAUMFAHRTPROJEKTE

Bis 15. Oktober 2018 haben Studierende an deutschen Hochschulen und Universitäten die Möglichkeit, sich für die zwölfte Runde des Studentenprogramms REXUS/BEXUS zu bewerben. Die Themen für Experimente auf Höhenforschungsraketen und Stratosphärenballone können aus der Luft- und Raumfahrt, aus naturwissenschaftlichen Bereichen wie Physik oder Biologie, aber auch aus anderen Fachgebieten stammen.

Die BEXUS-Stratosphärenballone werden im Herbst 2019 gestartet. Sie erreichen mit vier bis fünf Experimenten an Bord eine Höhe von bis zu 30 Kilometern, in der sie für rund zwei bis fünf Stunden bleiben, bevor sie wieder auf der Erde landen. Im Frühjahr 2020 starten dann zwei REXUS-Raketen vom Raumfahrtzentrum Esrange bei Kiruna in Nordschweden. Der Raketenflug dauert etwa sieben Minuten, dabei wird eine Höhe von bis zu 80 Kilometern erreicht. Bei Bedarf können die Experimente für wenige Minuten der Schwerelosigkeit ausgesetzt werden, bevor sie am Fallschirm landen.

REXUS/BEXUS (Raketen- und Ballon-Experimente für Universitäts-Studenten) ist ein Programm des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt und der Schwedischen Nationalen Raumfahrt-Behörde (SNSA). Die für die Bewerbung notwendigen Informationen sind auf der REXUS/BEXUS-Webseite des DLR Raumfahrtmanagements und auf der REXUS/BEXUS-Projektwebseite zu finden.



Der Versuchsaufbau kombiniert eine Hochtemperatur-Elektrolyse mit einem speziellen Solarwärmeabsorber und Dampferzeuger. Im Bild von rechts kommt die Strahlung der künstlichen Sonne.

WASSERSTOFF AUS SOLAR-THERMISCH ERZEUGTEM DAMPF

Wasserstoff aus regenerativen Ressourcen spielt bei der Umgestaltung des Energie- und Mobilitätssystems eine entscheidende Rolle. Als Energieträger ist er ein Allround-Talent: ob direkt genutzt für saubere Mobilität im Brennstoffzellenfahrzeug, als Speicher für fluktuierende erneuerbare Energien oder als Basis für synthetische Kraftstoffe. DLR-Wissenschaftler haben erstmals eine Hochtemperatur-Elektrolyse mit solarthermisch erzeugtem Wasserdampf betrieben und so im Labormaßstab einen vielversprechenden Weg zur Herstellung von Wasserstoff auf regenerativer Basis aufgezeigt.

Bei einer Elektrolyse wird Wasser mit Strom in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Für das Projekt waren die beiden Komponenten – Hochtemperatur-Elektrolyse und solarthermische Dampferzeugung – zu koppeln. Um den für die Elektrolyse benötigten rund 750 Grad Celsius heißen Wasserdampf zu erzeugen, nutzten die Wissenschaftler primär Solarwärme sowie die Wärme der Hochtemperatur-Elektrolyseeinheit. Ein spezieller Solarwärmeabsorber fing im Versuch die Strahlung einer künstlichen Sonne auf und konnte so einen stabilen Dampfstrom erzeugen.

SCHULAKTIONEN ZU HORIZONS

Für den zweiten Weltraumaufenthalt von Alexander Gerst hat das DLR rund um die Mission zur Internationalen Raumstation ISS ein „Education-Paket“ mit einer Vielzahl von Angeboten für Schulen entwickelt. So ist in Kooperation mit dem Klett-MINT-Verlag, der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und der Stiftung Jugend forscht ein Unterrichtsheft für Grundschulen veröffentlicht worden, das zahlreiche Anregungen für leicht umsetzbare Mitmach-Experimente enthält. Auch Lehrer-Workshops, die das DLR an verschiedenen Standorten durchführt, finden große Resonanz und sind oft schon kurz nach der Ankündigung ausgebucht: Bis zum Ende der Mission im Dezember 2018 werden hunderte Lehrerinnen und Lehrer diese Veranstaltungen besucht und neue Ideen und Impulse für einen abwechslungsreichen Unterricht in die schulische Praxis mitgenommen haben.

Sehr groß ist das Echo auf die „Raumfahrt-Show“, mit der das DLR quer durch Deutschland auf Tour geht. Die unterhaltsame und zugleich lehrreiche Wissenschafts-Präsentation behandelt alle wichtigen Aspekte eines Raumfluges von Start bis Landung – immer eng an die Mission von Alexander Gerst angelehnt. Dabei wechseln sich Experimente, die Schülerinnen und Schüler unter Anleitung der Moderatoren auf der Bühne durchführen, mit faszinierenden Videos und Fotos auf einer Großbildleinwand ab. Ursprünglich hatte das DLR mehrere Aufführungen – immer in der Aula der jeweils interessierten Schule – in insgesamt zehn Metropolregionen geplant. Da sich aber 500 Schulen als Spielstätten beworben hatten, werden zusätzliche Veranstaltungen geplant – teils in Stadthallen oder in den Hörsälen von Hochschulen.



Während Alexander Gerst auf der ISS viele Male die Erde umrundet, begleitet ihn auch eine Zeitkapsel. Die kleine Aluminium-Hohlkugel, die von DLR-Auszubildenden gefertigt wurde, wird nach der Rückkehr zur Erde dem Haus der Geschichte in Bonn übergeben – unter der Maßgabe, erst am 50. Jahrestag des Starts wieder geöffnet zu werden. Sie enthält unter anderem einen speziellen Datenträger mit den Botschaften von Kindern und Jugendlichen für die Welt von morgen. Dem Aufruf des DLR, ihre Wünsche für die Zukunft zu formulieren und einzureichen, sind rund 8.000 Schülerinnen und Schüler aller Altersstufen gefolgt.

Weitere Maßnahmen sind ein Schulwettbewerb zu Umweltfragen sowie einfache Demo-Experimente, mit denen Gerst an Bord der ISS die Physik in Schwerelosigkeit und die Bedeutung dieser Forschungsarbeiten für das Leben auf der Erde erklärt. Auch ein Experiment für die Jüngsten ist dabei vorgesehen: Das DLR hatte zusammen mit dem WDR die Zuschauer der „Sendung mit der Maus“ eingeladen, eigene Ideen für ein Weltraum-Experiment zu entwickeln. Einige davon wird der deutsche ESA-Astronaut auf der Raumstation realisieren.

DLR.de/next

MESSEMELDUNGEN

AUF DER AUTOMATICA im Juni 2018 in Frankfurt stand das Thema „Factory of the Future“ im Mittelpunkt der DLR-Schau. Vorgestellt wurden Projekte für intelligente, autonome und kollaborative Produktion mit Leichtbaurobotern. Das DLR-Querschnittsprojekt dazu vereint neueste digitale Technologien mit den traditionellen Stärken in der Automation, im Maschinenbau, in der Elektrotechnik und in der Material- und Verfahrenstechnik. Dazu gehören Cobots, die so einfach zu programmieren sind wie Smartphones, oder intelligente Montage-Roboter, die sich ihre Programme selbst erstellen. Das DLR-Institut für Robotik und Mechatronik präsentiert mit SARA außerdem die neue Generation der Leichtbauroboter – intelligent, vernetzt und flexibel.

DIE ILA mit ihren Präsentationen zu Luft- und Raumfahrt ist alle zwei Jahre Höhepunkt der DLR-Messeauftritte. 2018 zeigte das DLR auf 700 Quadratmetern 35 Beiträge zu Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Mobilität, Sicherheit und Klimaschutz; die Themen reichten von Aerogelen und Verbundstoffen über Tests mit Biotreibstoffen und neue optische Kommunikationstechniken bis hin zu einem Vulkanascheprüfstand. Im Space Pavilion waren außerdem Projekte der deutschen Raumfahrtindustrie sowie deutsche Beiträge zu den europäischen Raumfahrtprogrammen zu sehen. Fünf weitere Präsentationen, unter anderem zur Erdbeobachtung und zur deutsch-französischen Klimasatellitenmission MERLIN, waren auf dem Stand des Bundeswirtschaftsministeriums zu bestaunen. Zudem war das DLR mit seinen Forschungsflugzeugen auf dem Static Display sowie mit Personalmarketing-Experten im Career Center vertreten.

AUF DER HANNOVER MESSE im April zeigte das DLR unter anderem, wie sich Computer durch Bewegung steuern lassen und sich auf unbekanntem Terrain allein mit optischen Sensoren orientieren. Auch wie Energie zwischen den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität bewegt werden kann, wurde demonstriert. Neben der Energie-Sektorenkopplung und Innovationen aus Robotik und Mechatronik sowie optischen Sensorsystemen stellte das DLR Exponate zu Faserverbundleichtbau und Adaptronik, Werkstoff-Forschung, Bauweisen und Strukturtechnologie sowie Luft- und Raumfahrtmedizin aus.

AUF DER JEC WORLD 2018 im März in Paris präsentierte das DLR Technologien für die digitalisierte Produktion von Faserverbundbauteilen. Die Besucher konnten live in die virtuelle Realität der Herstellung von Faserverbund-Bauteilen im Harzinjektionsverfahren eintauchen. Auch eine neue Heizmethode für das Ablegen von Kunststofffasern wurde vorgestellt. Ein im DLR Stade entwickelter Ablegekopf für die Tapes wurde auf der Messe erstmals öffentlich gezeigt.

EVENT.DLR.DE: DAS PORTAL FÜR VERANSTALTUNGEN DES DLR

Hier finden Sie Informationen zu Veranstaltungen, die vom DLR durchgeführt werden oder an denen das DLR teilnimmt, unter anderem Messen, Ausstellungen, Workshops oder Kongresse, in Deutschland und weltweit.

event.dlr.de

DAS MATTERHORN IM GASOMETER – TESTOBJEKT FÜR DIE DATENVISUALISIERUNG

Mit 250 Kilometern pro Stunde nähert sich die zweimotorige Do 228 dem militärischen Sperrgebiet. Das Ziel des Fluges ist schon von Weitem zu erkennen. Die schneebedeckte Pyramide des Matterhorns strahlt gleißend hell in der Sonne. Die DLR-Piloten lassen die Maschine auf die vorberechnete Überflughöhe sinken. Nur knapp 400 Meter über dem Gipfel steuern sie auf den Berg zu. Währenddessen macht ein DLR-Mitarbeiter in der Kabine des Flugzeugs die Kamera aufnahmebereit. Eine Atemmaske versorgt ihn auf knapp 5.000 Meter Höhe mit Sauerstoff. Durch eine Öffnung am Boden blickt die 3K-Kamera auf das Matterhorn.

Fast 3.000 Bilder beziehungsweise 60 Milliarden Bildpunkte bringt das Team zurück ins Earth Observation Center (EOC) des DLR nach Oberpfaffenhofen. Dort berechnet Pablo d'Angelo aus den Bildpaaren ein hochgenaues Geländemodell. Für ihn ist das Matterhorn ein Extremtest. Über 2.000 Meter steil abfallende Flanken und maximale Belichtungsunterschiede zwischen Schneeflächen und Schatten stellen hohe Anforderungen an die Luftbildkamera und an den Algorithmus. Beide wurden am DLR entwickelt.

Die Luftbildkamera basiert auf drei hochgenau vermessenden Profi-Digitalkameras. Erheblich kostengünstiger als spezielle Luftbildsensoren sind sie schnell durch aktuellere Versionen austauschbar. So profitiert die 3K-Kamera von der hohen Dynamik des Digitalkamera-Markts. Vor allem aber

ist dieses Verfahren schnell. Die Bilder werden noch an Bord ausgelesen und verarbeitet. Fast verzögerungsfrei können so beispielsweise im Fall von Katastrophen Bilder und Geländemodelle direkt aus dem Flugzeug über Laser oder Mikrowelle an eine bis zu 70 Kilometer entfernte mobile Bodenstation übertragen werden. Das System hat den Test bestanden. Pablo d'Angelo ist zufrieden. Selbst Gipfel-Details in Zentimetergröße sind gut erkennbar. Auch Routen und den einen oder anderen Bergsteiger findet der Wissenschaftler auf den Bildern.

Wenige Wochen später kommen die Daten ein zweites Mal zum Einsatz. Über dem Geländemodell des Berges schweben an den Bildschirmen von Gregor Hochleitner und Alvaro Chignola hunderte virtuelle Kameras. Die DLR-Wissenschaftler haben ihre Verfahren zur Visualisierung so weiterentwickelt, dass es möglich ist, eine nahtlose Textur auf die Nachbildung zu projizieren. So entsteht aus der virtuellen Kopie des Matterhorns eine realitätsnahe Skulptur. Dazu muss der Berg-Körper stark vereinfacht werden. Details und Leben erhält die Oberfläche dann durch eine Animation, die am Earth Observation Center anhand von Flugzeug- und Satellitenaufnahmen erstellt wird. 67 Millionen Pixel umfasst diese am Ende – das Achtfache einer hochauflösenden Kinoproduktion. Dank der Experten für wissenschaftliche Visualisierung am EOC sind solche Größenordnungen kein Problem mehr. Und doch sind die DLR-Mitarbeiter froh, als schließlich alles passt. Auch für sie war das Matterhorn eine Herausforderung, an der sie gewachsen sind.

Nils Sparwasser

43 Meter tief, 30 Meter breit, 17 Meter hoch und acht Tonnen schwer, schwebt die Matterhorn-Skulptur im Luftraum des Gasometers

Mit Hilfe der virtuellen Kopie des Matterhorns konnten die ideale Größe und der genaue Ausschnitt für die spätere Skulptur im Gasometer definiert werden

An einem eigens gefertigten Modell aus Styropor im Maßstab 1:8,5 wurden bereits Wochen vor dem Aufbau die Wirkung der Installation und die Überlagerung der 17 Projektoren getestet

Die Skulptur wurde zunächst Stück für Stück aus Aluminiumträgern, einem Skelett aus Eisenstangen und Stoffbahnen zusammengesetzt und über Schwerlastmotoren in die Höhe gehievt. Über 2.000 Quadratmeter misst die Leinwand für die Animationen des Earth Observation Center des DLR.



IM HAUS DES DENKENS

Können wir Gedanken sehen? Ideen hören? Lassen Bits sich berühren? Was meinen wir, wenn wir „Wirklichkeit“ sagen? Spüren wir etwas, wenn wir uns mitten in einer „augmented reality“ wiederfinden? Können körperliche und digitale Welt verschmelzen? Wie entsteht unser Bild von alledem, wie erkennen wir es? Durch Wissenschaft, Technologie, Kunst? Kann ein Museum helfen? – Wie bitte, ein Museum?

Ars Electronica Linz – ein Rundgang durch das Museum der Zukunft

Von Peter Zarth

Leere – Raum – Höhe

Im stolzen Linz, vor geraumer Zeit Kulturhauptstadt Europas, ruht das Ars Electronica Center (AEC) an den Ufern der Donau. Es nennt sich Museum. Nimmt man das beim Wort, „Haus der Musen“, so stimmt das – wenn es eine Muse der Digitalisierung gibt. Ars Electronica arbeitet auch mit dem Los Angeles Philharmonic und Akteuren in vielen anderen Kunstbereichen zusammen; mit den Musikern an einem Projekt zu Ravel's Zyklus „Ma Mère l'Oye. Der führt bis in einen „feenhaften Garten“... Also vorab: kein Weg nach Linz zu weit, um aus dem Staunen nicht herauszukommen.

Mit einer Leichtigkeit, die in der Architektur des Hauses Ausdruck findet, werden wir von umbautem Licht aufgenommen: ein Entree aus Leere, Raum, Höhe. Wenige Farben. Gelbe Flächen, warmes Grau, zurückgenommen. Wir halten inne. Die sakrale Höhe beruhigt. Der Blick sucht etwas, das mit dem Namen, mit ars, mit electronica, zu tun haben könnte.

Unser Auge bleibt an einer Replik der Nike von Samothrake hängen, goldüberzogen, hölzern. Gold! An klassischer Schönheit. So was wird glücklicherweise das Einzige bleiben, das hier richtig wehtut.

Bescheiden liest sich die Positionierung der Ars Electronica: „Kunst, Technologie, Gesellschaft“. Umgesetzt wird sie in Stationen wie: BioLab. FabLab. BrainLab. VRLab. Futurelab. SoundLab. Deep Space 8K. GeoCity. Oder mit Begriffen wie Tangible Bits, Radical Atoms. Scheinbar kühle Worte in globalisierenden Zeiten. Da wirken die Namen der Stationen Raumschiff Erde, Neue Bilder vom Menschen, Kinderlabor rührend veraltet.

Ein Museum hört zu

Es folgt eine kunstvolle Welt der Zukunft. Das Morgen ist schon da. Zum Anfassen. Dies liege auch mit an Scott Ritter und Jakob Edelbacher, den „Master minds der Innenarchitektur“, sagt Gerfried Stocker, künstlerischer Leiter von Ars Electronica: „Die freie Nutzbarkeit der Technologie im Haus unterstützt den Respekt. Wir möchten ein Museum, das dem Gast zuhören kann und das tut.“ Besonders die jungen Leute achteten darauf, nichts zu beschädigen, gerade weil so viel benutzt werden dürfe. Die Kunst im Ars Electronica Center lädt zur Gestaltung ein, zum Entdecken, Probieren. Sogar Erläuterungstafeln lassen uns staunen, so knapp wie außerordentlich sind deren Texte.

Permanente Grenzüberschreitung

Ist der Besucher aus dem Aufzug heraus, in dem ihn Quallen überrascht haben, virtuelle, ist er um eine Ecke geschwenkt oder die lange Treppe hinabgegangen, dann ist das AEC voller Leben. Wann haben wir so viele Menschen in einem Museum erlebt? Fast jede Altersklasse, Gruppen, viele (inter)aktiv unterwegs. „Die Baumeister haben Wünsche, Ideen und Anforderungen der Initiatoren funktional-ästhetisch umgesetzt“, sagt Stocker. Platz und Weite, Freiraum für Gedankenspiel.

„Wir zeigen Grenzen auf – und reißen sie ein“, so Andreas Leeb, ESERO Austria Manager, Mitarbeiter des AEC. Als Biologe interessiere ihn, was universell gültig ist, was Lebewesen verbindet, das „Definierende“ von Leben. Genetik sei genial, zufällig entstanden; aber selbst das, was Zufall bedeutet, wird hier zur Frage. Ars Electronica ist permanente Grenzüberschreitung.



Klassisch un(d)schön: die vergoldete Nike von Samothrake, der Prix Ars Electronica

Bild: Ars Electronica



Das Ars Electronica Center ist auch eine architektonische Glanzleistung

Was bedeutet es, Körper zu sein?

Was Leeb meint, erleben wir im BioLab. Judith Wittinghofer, eine „Infotrainerin“, erläutert das Wunder der menschlichen Retina: „Hier entsteht unser Bild der Welt“, sagt sie, um sogleich das Auge des Besuchers – und damit überschreitet sie die Grenzen von Biologie und Erde – auf eine Darstellung des „Retina-Nebels“ im Sternbild Wolf zu lenken: verblüffend analog, ein Kosmos für sich.

Lassen Sie uns dazu, wie wir die Sicht des Seins schaffen, aus einem der Museumstexte zitieren, der Programm sein könnte: „Wie sehe ich mich selbst? Wer oder was beeinflusst, wohin ich meinen Blick wende? Unser Körper denkt mit. Was bedeutet es, Körper zu sein? Das sind zentrale Fragen, die sich in der Weiterentwicklung künstlicher Intelligenz stellen. Es gäbe keine neuen Technologien, wenn es nicht auch *einen* Menschen gäbe – schlicht, einfach, reduziert.“ So knapp kann man die Gratwanderung in artifizelle Welten fassen.

Festival, Prix, Center, Futurelab

Grenzen verschwimmen zwischen Kunst und Technologie. Statt Definitionen zu liefern, werden das Entdecken und Forschen, das Ausprobieren und das Erkunden angeregt. Wesentlich ist für Ars Electronica die Frage: Wie wirken sich Kunst, Technologie und Wissenschaft in der Gesellschaft aus, wie in diese hinein?

Ars Electronica steht für ein Gesamtkonzept: „Die Geburt des Ganzen, des „Ars Electronica Festivals“ (1979) als Forum für Künstler der Computer- und Medienkunst, des „Prix Ars Electronica“ (1987), des „AECenter“ und des „Futurelab“ (1996), entstand aus Interesse an einem Diskurs, der sich so in den Siebzigerjahren noch nicht gestaltet hatte“, sagt Kristina Maurer, Producer Exhibitions AEC. „Wissenschaft und Kunst sind kollaborativ im Auflösen von Grenzen. Das Denken bewegt uns alle – auch in kritische Richtungen.“ Seien 1979 Medienkünstlerinnen und Medienkünstler Zielgruppe gewesen, so kämen heute die Öffentlichkeit, Kinder, junge Leute hinzu. „Das Leitthema des Ars Electronica Festivals im September 2018, „ERROR – The art of imperfection“, setzt den Diskurs um artificial intelligence fort, auf den wir 2017 den Fokus gelegt haben“, sagt Stocker. „Unsere Frage lautet: Woher kommt unser Wunsch nach Perfektion?“

Das Wesen eines Roboters

Ein hoher Anspruch: „Mehr als jede andere Institution repräsentiert Ars Electronica einen umfassenden Ansatz in der Auseinandersetzung mit technokulturellen Phänomenen“, so die Ausrichter. Das Futurelab gilt als „Forschungs- und Entwicklungsmotor“. Dieser Bereich „ist als künstlerisch-wissenschaftlicher Think-Tank und als Atelier-Labor oder Labor-Atelier konzipiert. Als prototypische Zukunftsskizzen sollen seine Innovationen eine Diskussionsgrundlage bieten; sie dienen gleichermaßen als Einladung an die Gesellschaft, am Diskurs über zukunftsrelevante Themen teilzunehmen.“ Fragen lauten: „Was ist das Wesen des Roboters?“; „Wie bleiben Menschen und Maschinen im Dialog?“; „Wie lässt sich vertraute Kunst erweitern und gestalten?“

Die Zusammenarbeit der Wissenschaftler des Futurelab reicht von Unternehmen wie SAP über den japanischen Telekommunikationskonzern NTT bis hin zu Hochschulen. Der Diskurs ist offen: „Wir laden, abhängig von den Themen unseres Festivals, Philosophen ebenso ein wie einen Zen-Mönch oder Technologiekritiker und spannen einen Bogen der Gedanken, um nicht zuletzt die philosophische Dimension des Diskurses zu eröffnen“, sagt Stocker. Allerdings: „Wir sind kein philosophisches Kolloquium.“

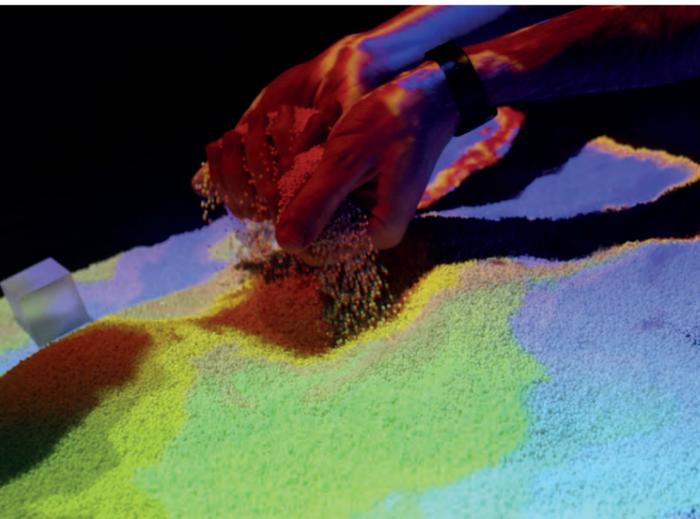
Wie bekommen wir das Digitale wieder in die physische Welt?

Wir verlassen die Theorie und berühren nun Bits, Tangible Bits. Die Tangible Media Group des MIT Media Lab, Ableger des Massachusetts Institute of Technology, hat das Exponat „Sandscapes“ zur Verfügung gestellt. AEC und MIT arbeiten traditionell zusammen, so Stocker. Einer der „Infotrainer“, Armin Pils, kommt auf uns zu. Viele dieser Infotrainerinnen und Infotrainer besitzen eine abgeschlossene Hochschulbildung. Stocker nennt sie „unsere heroes“. Auf ihnen ruhe die Hauptlast der edukativen Vermittlungsarbeit.

Armin Pils hat das Diplom in Bildender Kunst, Bereich Malerei und Grafik. Er fordert auf, die Hände in einer Masse von weißen Tapiokakügelchen zu bewegen. Was wie ein orange-gelblicher Sandkasten wirkt, „entwickelt Magie und Zauber“, sagt er. Auf einer Texttafel liest sich das trocken: „Tangible Bits sind der erfolgreiche Versuch, das Pixelimperium zu überwinden und Information greifbar zu machen. Die Tangible User Interfaces der MIT Tangible Media Group leisten eine intuitive Übersetzung digitaler Inhalte in materielle Formen und Formate.“ Heute gehört „Sandscapes“ von Professor Hiroshi Ishii zu den Klassikern der Medienkunst. „Von ihm stammen“, so Stocker, Begriffe wie „hybride Identität“, „Radical Atoms“. Die Tangible Media Group stellt dabei eine sensationelle Frage: „Wie bekommen wir das Digitale wieder in die physische Welt?“

The alchemists of our time

In enger Kooperation mit Ishii wird im AEC unter dem Motto „RADICAL ATOMS – Die Dinge neu denken“ versucht, diese Frage zu beantworten. Die „Radical Atoms“ stünden für eine Art „digitale Kernschmelze, bei der sich Information und Materie verbinden“. Information werde „von den Beschränkungen des Pixeluniversums befreit,



Sandscapes: Das MIT Media-Lab will Information von den Beschränkungen des Pixeluniversums befreien.

Ars Electronica Linz

Ars-Electronica-Straße 1
4040 Linz
Austria

Öffnungszeiten:
Dienstag, Mittwoch und Freitag 9–17 Uhr
Donnerstag 9–19 Uhr
Samstag, Sonntag, Feiertag 10–18 Uhr
Montag (auch an Feiertagen) geschlossen

Preise: ab 9,50 Euro
Ermäßigungen: www.aec.at/center/besucherinfo/

www.aec.at

Bild: Ars Electronica



Ars Electronica Center: die Kunst des Lichtspiels

die Atome aus ihrer Starre heraus und in Bewegung“ gebracht. Das Ergebnis: „smarte Materie, die sich immer wieder neu modellieren lässt.“ Wissenschaftler und Ingenieure entwickeln daraus Hightechmaterialien mit neuen Eigenschaften und Fähigkeiten. Eine wichtige Rolle spielen Neuro- und Biotechnologien, Robotik, Hard- und Software sowie Handwerkstraditionen.“

Mittlerweile entsteht in „Sandscapes“ aus den Tapiokakugeln auf einem Bildschirm das, was wir gerade formen, als 3D-Bild. Bewegen wir uns an der Grenze zwischen Rationalität und magischem Zauber? Der Titel eines Programms der Ars Electronica 2017 zu diesem Thema immerhin hat Charme: „Radical atoms and the alchemists of our time“... Armin Pils sieht das nüchterner: „Ich hoffe, dass ein Besuch hier vielleicht das Denken der Menschen verändert. Ein life long kindergarden, in dem man Dinge neu denkt, ist es in jedem Fall.“

Deep Space 8K: einzigartig

Wir erreichen einen Höhepunkt. So etwas gibt es sonst nirgendwo: 16 mal neun Meter Wand- und noch einmal 16 mal neun Meter Bodenprojektion, Lasertracking, 3D-Animationen: Bildwelten werden in 8K-Auflösung projiziert. Gigapixel-Fotografien, Zeitraffervideos, historische Bilder, so vom antiken Rom, in 3D, eine Reise zur Internationalen Raumstation und in den Kosmos, Bilder aus dem Inneren des Menschen, Spiele zum Mitmachen. Aufgrund der Möglichkeiten im Deep Space 8K gleicht keine Präsentation einer anderen.

Melinda File, Infotrainerin, heute eine Top-Moderatorin, führt eine Kinder- und Jugendgruppe hinein. Schnell könnte die sich in dem scheinbaren 3D-Raum verlieren. File indes steuert sie geschickt, moderiert zurückhaltend, mit nötigen, wichtigen Informationen. Selbst quirlige Kinder kommen schnell zur Ruhe. Beeindruckt beenden wir den Rundgang, genießen vom rundum verglasten Restaurant „Cubus“ den Blick über Stadt und Donau.

Das Glimmerlicht jedoch steht noch aus ...

Licht. Spiel. Haus.

Weit nach Mitternacht, es ist früh, gegen vier: In fahlem Licht von Laternen, auf dem „Hauptplatz“ von Linz, tänzeln ein paar versprengte junge Leute dem Morgen entgegen. Der Himmel nachtblau. Wir nehmen die paar Schritte zur Donaubrücke. Gegenüber liegt das Ars Electronica Center, wie aus Licht gebaut. Dort, wo sein Innen in Außen übergeht, eine Membran aus Glas, schimmern Farben in durchsichtiger Leichtigkeit. Von metallischem Grün über leises Blauviolett zu karmesin-, dann tiefdunklem Rot wechseln sie, lautlos und sanft, ohne Ungeduld.

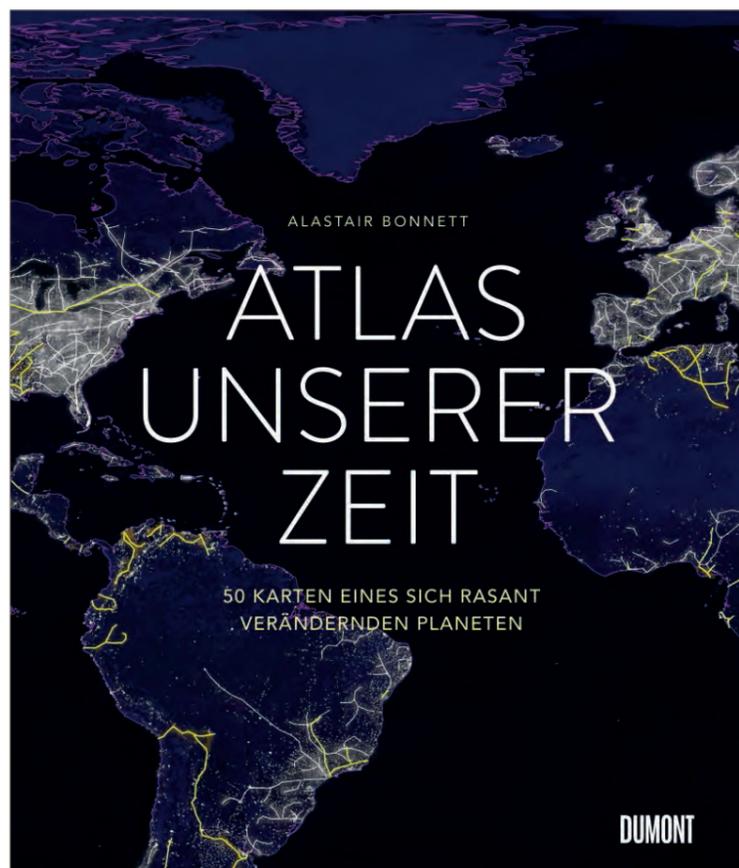
Jeder darf das Leuchten dieses Lichtspielhauses programmieren, im Rhythmus einer Lieblingsmusik, mit der er den Farbwechsel von einem öffentlichen Terminal und seinem Smartphone aus steuert. „Hermetisch sollen Kunst und Technologie nicht sein“, meint Stocker dazu.

„Ich war in der Zukunft“

Gegen Ende ihres Aufenthalts fragte eine Besucherin: „Ich war in der Zukunft: Was passiert da mit den Gefühlen?“ Die Antwort blieb offen. Das dürfte dem künstlerischen Leiter gefallen.

Ob Gerfried Stocker ein Lieblingsmärchen habe? Er wirkt tatsächlich überrascht, denkt nach: „Vielleicht der Zauberlehrling. Die Art und Weise, wie bei Goethe die Geschichte, auch die unserer Zeit, erzählt wird, das ist unseren Themen sehr nah. Fachlich, moralisch, ethisch haben wir Menschen eine Krise herbeigeführt. Wie wir damit umgehen, das ist die Frage. Angesichts einer neuen Zukunft von Technologie und Maschine liegt es an uns, Verantwortung zu übernehmen.“

Wir können Gedanken sehen, Ideen hören, Bits berühren ...? Ars Electronica bringt Sinne und Denken einander näher: Das Museum der Zukunft gibt keine endgültigen Antworten, es schenkt uns die Reise in ein Haus voller Fragen.



DIE SOUVERÄNITÄT DER AMEISEN

50 Karten eines sich rasant verändernden Planeten und des Lebens seiner Bewohner

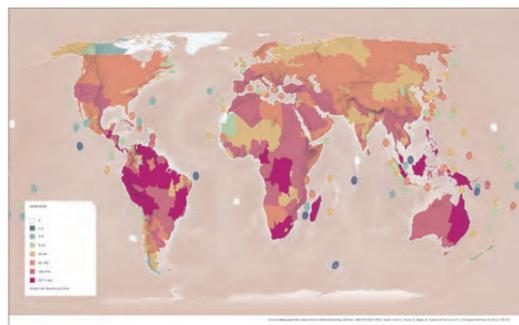
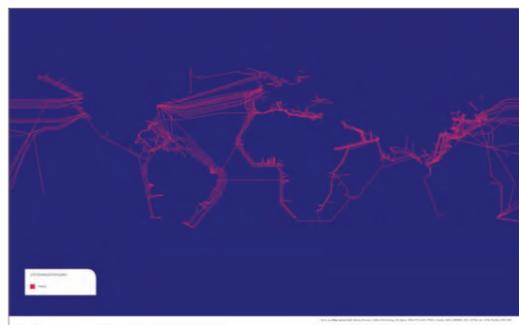
Das flüchtige Durchblättern der 50 zumeist globalen Weltkarten im **ATLAS UNSERER ZEIT (DUMONT)** verläuft ohne großes „Uau!“. Globale Karten auf Doppelseiten, deren Farben häufig gedeckt sind, wechseln mit Textseiten, hier und da ein Diagramm oder ein Länderumriss, spartanisch gestaltet, zuweilen nur mit einer einzigen Zahl. Doch dann eine Karte in kräftigen Farben auf schwarzem Grund, rote Flächen stehen für Waldverlust, dunkelblaue für Zuwachs. Genauer Hinsehen offenbart: Der Verlust beträgt das Dreifache. Auf der Folgesseite orangefarbene weite Flächen Nordafrikas und des Nahen Ostens – Orange – die Farbe bedeutet Wasserstress ... Dieser Atlas hat es in sich! Der 220 Seiten starke Bild-Text-Band von Alastair Bonnett ist viel mehr, als es zunächst scheint. Die Texte sind nicht einfach nur Erklärtexte. Es sind Essays, die der englische Sozialpädagoge zu den Überblickskarten stellt, informativ, voller Denkanstöße. Sie bahnen den Weg zum Aha-Effekt. Einmal in das Buch eingetaucht, will man weiter sehen, lesen, staunen. Überraschend unterschiedlich die Themen. Deren scheinbare Nebensächlichkeit provoziert. Und dann verfällt man deren Reiz unweigerlich.

Drei große Themenblöcke gliedern das Buch: Dem Kapitel Land, Luft und Meer folgt eines zu Mensch und Tier, abschließend zur Globalisierung. Sind es zunächst Informationen zu Asteroiden- oder Blitzeinschlägen, zum Flugverkehr oder zu Unterwasserkabeln, die das Interesse wecken, so entfalten Karten und Texte über die Artenvielfalt von Amphibien und Vogelarten, vernachlässigte Tropenkrankheiten, Fettleibigkeit oder auch Glück bald eine stärkere, emotionale Wirkung. Ausführungen zu Fast-Food-Ketten und verschwindenden Sprachen, Waffenbesitz und Zuckerkonsum schmerzen gar. Aus Daten von Erdbeobachtungssatelliten werden Bilder gezeichnet, moderne geografische Technologien machen anschauliche Darstellungen komplexer Sachverhalte möglich. Die Bilder prägen sich ein, machen wach.

Eines der überraschenden Themen: Ameisen. Wer denkt schon über deren Artenvielfalt nach? Doch Informationen zur geografischen Verteilung sind von hohem Wert, nicht nur weil die Staaten bildenden Insekten zu den erfolgreichsten Lebewesen der Erde zählen, sondern weil sie auch zu den wichtigsten im Ökosystem gehören. Sie sind zugleich Entsorger und Nahrungsquelle, sie verbessern den Boden und jagen Schädlinginsekten. Auf einer Liste von Lebewesen, von denen der Mensch abhängig ist, würde die Ameise weit oben stehen, zitiert Bonnett den bekannten Biologen Edward O. Wilson. Wir brauchen diese wirbellosen Tiere. Sie uns aber nicht. Bemerkenswert.

Alastair Bonnett, der schon mit den bei C.H.Beck erschienenen Büchern zu den Seltsamsten Orten, Verlorenen Räumen und Vergessenen Inseln ganz besondere Bücher schuf, kommt dem Leser im ATLAS UNSERER ZEIT unaufgeregt entgegen, ohne zu belehren, verzichtet auf Polemik zugunsten einer fast nüchternen Sachlichkeit. Doch er lässt uns nachdenklich zurück. Nach der Lektüre drängt sich die Frage auf: Was wird unserem Planeten angetan? Und – schwerer noch auszuhalten: Was tun wir unserer Erde und damit auch uns selbst und unseren Nachkommen an?

Cordula Tegen



NUN ALSO WASSER: EIN LEHRSTÜCK ZUM ZUHÖREN

Wasser ist wertvoll. Dass man mit diesem kostbaren Gut achtsamer umgeht, dafür kämpft Umweltaktivistin Signe, die miterlebt, dass ein norwegischer Gletscher zu Luxus-Eiswürfeln für Cocktails verarbeitet wird. Mit dem Segelboot macht sie sich 2017 auf den Weg zu ihrer ehemaligen großen Liebe Magnus, der daran verdient. Welche Konsequenzen der sorglose Umgang mit der Ressource Wasser hat, erlebt Familienvater David im Jahr 2044, als er mit seiner Tochter Lou durch eine Wüstenwelt ohne Wasser reist. Maja Lunde lässt **Die Geschichte des Wassers (der Hörverlag)** in zwei Erzählsträngen verlaufen.

Das Prinzip hat Lunde schon einmal sehr erfolgreich für ihr Buch „Die Geschichte der Bienen“ angewendet – dort schildert sie das Geschehen gleich auf drei Zeitebenen, mal vor, mal während und schließlich nach dem Bienensterben. Wer dieses Buch gelesen hat, kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass die Autorin in der „Geschichte des Wassers“ einfach das Konzept abarbeitet. Insgesamt vier Bücher zum Thema Umwelt – ein Klima-Quartett – plant sie. Die Themen dafür zu finden, wird einfach sein und stets wird sie wohl den Nerv der Zeit treffen. Die Aussage ist auch schon mit den ersten Worten klar: So wie wir heute mit der Natur umgehen, werden die Konsequenzen groß sein und dem Menschen schaden. Das Ganze wirkt recht pädagogisch und birgt keine Überraschungen für den halbwegs informierten Leser. Die Autorin legt vor allem Wert darauf, persönliche Schicksale zu schildern – und weniger darauf, dem Leser Hintergrundwissen zu vermitteln.

Das Hörbuch, in dem die beiden Erzählstränge von einer Sprecherin und einem Sprecher gelesen werden, ist handwerklich gut gemacht. Seiner Reiz bekommt es dadurch, dass Lunde die Konsequenzen unseres heutigen Handelns sehr deutlich macht. Ein Gedankenspiel, das sich konsequent mit einem einzigen Thema, dem Wassermangel der Zukunft, beschäftigt. Die Geschichte des Wassers – ist nicht weniger, aber auch nicht mehr.

Manuela Braun



FÜR EILIGE MIT GEDULD

Das Universum für Eilige (der Hörverlag) braucht Zeit. Das steht zwar im Widerspruch zum Titel, doch hat Autor Neil deGrasse Tyson da vielleicht zu optimistisch gedacht. Auf vier CDs will der Astrophysiker dem Zuhörer die Entstehung des Sternensystems nahebringen. Damit sei man dann für jeden Small Talk gerüstet, der sich um den Urknall, schwarze Löcher oder Quantenmechanik dreht. Man merkt auch tatsächlich das Bemühen des Autors, sein ganzes Wissen im Plauderton zu vermitteln. Oliver Rohrbeck liest den Text professionell und in angenehmer Geschwindigkeit. Und dennoch: Hier hört man schneller Fachbegriffe, als die Gehirnzellen der Tour durch das Universum folgen können. Fragen wie „Was ist das Wesen von Raum und Zeit? Wie ordnen wir Menschen uns in das universale Gefüge ein? Und steckt das Universum gar in uns?“ lassen sich nicht so einfach beantworten und gestatten keine Eile – sondern verlangen vom Zuhörer vielmehr Geduld und Konzentration.

Manuela Braun





VON RAKETENANTRIEBEN BIS ZUM LEBEN IN ISOLATION

Manche Bücher machen mit Cover und Titel viel Wind – und es folgt ein laues Lüftchen. **Das kleine Handbuch für angehende Raumfahrer. Raketen, Hyper-G und Shrimpscocktail (Springer)** macht es umgekehrt: Der Titel lässt ein Nachschlagewerk für Heranwachsende erwarten. Raumfahrtmedizinerin Bergita Ganse und Astrophysiker Urs Ganse haben aber nicht nur jede Menge Informationen zusammengetragen, sie gehen auch in ihrem Fachgebiet in die Tiefe. Welche Raumschiffstypen gibt es, was sollte man zur Stromversorgung und Temperaturregelung wissen und wie fliegt man ein Raumschiff? Nach eher technischen Kapiteln folgt der Alltag im Weltall und die Weltraummedizin, die sich mit der Strahlung, Knochen und Muskeln, Herz und Kreislauf beschäftigt.

Bergita Ganse hat am DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin geforscht, Urs Ganse ist Weltraumphysiker an der Universität in Helsinki. Die beiden verschonen den Leser nicht mit Rechenübungen zur Umlaufzeit von Raumschiffen und der Flughöhe von Fernsehsatelliten oder Grafiken mit Kurven zum systolischen und diastolischen Blutdruck sowie der Herzfrequenz oder Begriffen wie der Orthostasetoleranz. Doch erklärt wird alles – und dies in gut verständlicher Sprache. Auf 290 Seiten bringt das „kleine Handbuch“ viele Themen unter. Manche sind dabei tatsächlich etwas sehr fluffig und einfach wie das erste Kapitel „Wie man ein Raumfahrer wird“. Andere sind deutlich faktenreicher. Nach der Lektüre hat man einen Einblick in viele Themen erhalten: zur medizinischen Versorgung auf der ISS und der Ausstattung dafür, zu den Tagesabläufen auf der ISS, zum Swing-by-Manöver oder zur Raketenstufentrennung beim Start. Was in den Kapiteln zunächst einfach beginnt, wird dann detailliert fortgeführt. Zusätzliche Informationen, Videos, Downloads oder Links werden über QR-Codes vermittelt. Dazu gehören die offiziellen Notfallprozeduren für die ISS oder auch der Quelltext des Apollo-Bordcomputers. Das Ganze ist mit Abbildungen, Fotos und Info-Kästen angereichert. So verständlich und mit Begeisterung geschrieben gibt es kaum einen Rundumschlag zur bemannten Raumfahrt.

Manuela Braun



RETTET DEN SEXTANTEN

Segeln ohne GPS, Ode an den Sextanten oder Kleine Geschichte der Navigation zur See. Das handliche Paperback-Buch könnte viele Titel tragen. Doch David Barrie, Engländer, Jahrgang 1953, nannte es schlicht **Sextant** und gab ihm den Untertitel **Die Vermessung der Meere**. In dem hier von **MALIK/NATIONAL GEOGRAPHIC** vorliegenden 350-Seiten-Buch steht drin, was drauf steht, in Wort wie Bild: dezent graue Instrumentenzeichnung im Hintergrund, blaugraues Eismeer-Foto und ein verletzlich wirkender brauner Schoner klein in der Bildmitte. Das Abenteuer kann beginnen ...

Barrie stöberte für sein Buch in Museen und Bibliotheken, Observatorien und Online-Archiven, machte schließlich auch noch von seinem eigenen Tagebuch eines Segeltörns in Jugendjahren Gebrauch, um seiner Passion fürs Fortbewegen auf See zu frönen. So treiben wir aus der Zeit der Welteroberer in die Neuzeit, werden zurückgespült in die Abenteuer der Ansons, Cooks und Bougainvilles, nehmen teil an des Autors persönlichem Seefahrerleben. Wir machen einen Ausflug in den Bau von Zeitmessern und Spiegelquadranten, um dann bei dem Aufruf zu enden, heute die Freuden der Gestirnsnavigation wiederzuentdecken. Nicht nur als Sicherheitsnetz, wenn die moderne Technik ausfällt, sondern wegen des Kontakts mit der Natur in ihrer erhabensten Form.

Barrie verknüpft alles luftig leicht, überrascht mit historischer Detailkenntnis, zollt dem Mut der ersten ins Ungewisse aufbrechenden Seefahrer Tribut und holt tragische Schicksale aus dem Nebel der Vergangenheit. Tagebuch, Instrumentenkunde, Seefahrtsgeschichte und Drama fügen sich zu einer ebenso bildenden wie bewegenden Lesereise.

PS: Nichts für die Bettlektüre – ein Globus bei der Hand empfiehlt sich.

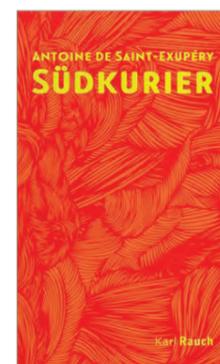
Cordula Tegen

ZEITLOSE FLIEGERPOESIE IN NEUEM GEWAND

Antoine de Saint-Exupéry, weltbekannt durch sein Buch „Der kleine Prinz“, war nicht nur passionierter Schriftsteller, sondern auch leidenschaftlicher Pilot. Im Jahr 1944 verunglückte er während eines Aufklärungsfluges über Südfrankreich tödlich. Das Fliegen war Teil seines Lebens und Sujet in seinen Büchern. Lyrisch und metaphorisch schreibt er über die Anfänge der Luftfahrt, als das Fliegen noch etwas Heroisches hatte. Drei seiner Werke sind unlängst als Geschenkausgabe im **Karl Rauch Verlag** erschienen.



Der Roman **Nachtflug**, erstmals veröffentlicht 1931, handelt von den Anfängen der Luftpost in Südamerika. Der tapfere Pilot Fabien orientiert sich dabei an Sternen am Himmel oder – wenn diese durch schwere Wolken verdeckt sind – an denen am Boden. Wer den kleinen Prinzen gelesen hat, weiß um die Vorliebe Saint-Exupérys, über die Sterne zu schreiben. Im Nachtflug werden sie wiederkehrend schillernd beschrieben, was zum Träumen anregt: „Alles was Menschenleben barg, funkelte bereits [...] Dieser einsame Stern dort im Finstern: ein isoliertes Haus“. Mutig und treu führt Fabien die Anweisungen seines Vorgesetzten aus und manövriert sein Flugzeug in der Nacht durch Wind und Wetter. Die Frage drängt sich auf: Was ist ein Menschenleben wert?



Im **Südkurier**, erstmals veröffentlicht 1929, erzählt Antoine de Saint-Exupéry von dem jungen Piloten Jacques Bernis. Nach seiner Pilotenausbildung geht er als einsamer Held pflichtbewusst seiner Arbeit als Postkurier nach. Die Landschaften, die unter dem Flugzeug hinwegziehen, beschreibt er malerisch, und doch fühlt er sich weit von ihnen entfernt, nur die Einsamkeit begleitet ihn durch die Luft. Als er seine Jugendliebe Genova wiedertrifft, versuchen die beiden aus ihren unterschiedlichen Welten auszubrechen. Doch ihre Wege sind unvereinbar.



Während des Zweiten Weltkriegs bekommen Antoine de Saint-Exupéry und zwei Begleiter den Auftrag zu einem **Flug nach Arras** (erstmalig veröffentlicht 1942, wie alle drei bei Éditions Gallimard). Sie sollen feindliche Panzerverbände auskundschaften. Ein gefährliches, fast aussichtsloses Unterfangen. Frankreich steht vor der Kapitulation. Saint-Exupéry und seine Kameraden erfüllen ihren Auftrag und kommen mit dem Leben davon. Doch die Fragen nach dem Sinn und Unsinn von Regeln stellen sich. Was bedeutet es, auf der Flucht zu sein und nichts mehr zu wünschen als Geborgenheit? Was ist human, was bedeutet Kameradschaft?

Saint-Exupérys reportagehafte, autobiografisch geprägte Texte sind spannend geschrieben und bekommen durch seine poetische Sprache einen tieferen Sinn. Während man in „Nachtflug“ und „Flug nach Arras“ mit dem Helden der Lüfte mitfiebert, geht es im „Südkurier“ zudem um eine bittersüße Liebesgeschichte. Die kleinen gebundenen Bücher sind nicht nur handlich und hübsch anzusehen, sie haben durch ihre raue Oberfläche auch eine angenehme Haptik. Nicht nur für Luftfahrtliebhaber zu empfehlen.

Jana Hoidis

DLR CROSSMEDIAL

Völlig losgelöst vom Papier lassen sich besondere Missionen wie der Raumflug von Alexander Gerst crossmedial verfolgen. Filme, Bildergalerien, Web-sonderseiten, Animationen und Artikel made by DLR zeigen aber ebenso den ganz normalen Wissenschaftsaltag.

Der direkte Draht zur Wissenschaft führt über Twitter, wo das DLR tagesaktuell von seiner facettenreichen Forschung berichtet. Auch bei Facebook ist das DLR in deutscher sowie in englischer Sprache vertreten. Für spannende Videos und Livestreams wichtiger Ereignisse gibt es den YouTube-Kanal und seit kurzer Zeit ist die Schönheit von Wissenschaft zusätzlich auf der Foto-Plattform Instagram zu bestaunen.

Auf dem Video-Portal **Vimeo** ist das DLR ebenfalls vertreten. Dort werden vor allem ausführlichere Berichte und Footage-Material angeboten. Bilder von besonderen Ereignissen oder Veranstaltungen finden sich auf der Bild-Plattform **Flickr** wieder – in hoher Auflösung und unter der Creative-Commons-Lizenz frei verfügbar sowie zum Herunterladen. In den **DLR-Blogs** haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler selbst Gelegenheit, über ihre Projekte und Missionen umfassender und über einen längeren Zeitraum hinweg zu informieren.

Mit über 85.000 Followern ist der Twitterkanal ein beliebter Weg, die aktuellsten Meldungen aus dem DLR selbst und ganz allgemein aus Wissenschaft und Forschung zu erfahren, auf Facebook sind es etwas über 63.000. Bereits über 12.000 Abonnenten verfolgen das DLR auf Instagram und bei YouTube sehen fast 20.000 Interessierte die neuesten Videos vom DLR.

Über diese Kanäle werden auch die aktuellen Erlebnisse von Alexander Gerst auf der Mission horizons verkündet, die am 6. Juni 2018 startete. Währenddessen ist der kleine Landeroboter MASCOT an Bord von Hayabusa2 auf dem Weg zu Asteroid Ryugu und wird im Herbst sogar dort landen. Miterleben lässt sich das Ganze entweder direkt über den Twitter-Account von MASCOT (@MASCOT2018) oder aber auch über die anderen Kanäle des DLR.

Fiona Lenz

[DLR.de/facebook](https://www.facebook.com/dlr.de)

[DLR.de/twitter](https://twitter.com/dlr.de)

[DLR.de/youtube](https://www.youtube.com/channel/UCv3p00D8111111111111111)

[DLR.de/vimeo](https://vimeo.com/dlr.de)

[DLR.de/flickr](https://www.flickr.com/photos/dlr_de/)

[DLR.de/instagram](https://www.instagram.com/dlr.de/)

[DLR.de/Blogs](https://www.dlr.de/blogs)

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, Digitalisierung 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 sind im DLR zwei Projektträger zur Forschungsförderung angesiedelt.

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.

Impressum

DLR-Magazin – Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt

Herausgeber: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Redaktion: Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund (ViSdP), Cordula Tegen (Redaktionsleitung) An dieser Ausgabe haben mitgewirkt: Manuela Braun, Julia Heil, Fiona Lenz, Denise Nüssle, Miriam Poetter, Michel Winand sowie Peter Zarth

DLR-Politikbeziehungen und Kommunikation
Linder Höhe, 51147 Köln
Telefon 02203 601-2116
E-Mail kommunikation@dlr.de
Web DLR.de
Twitter @DLR_de

Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH, 87437 Kempten
Gestaltung: CD Werbeagentur GmbH, 53842 Troisdorf, www.cdonline.de

ISSN 2190-0094

Online:
DLR.de/dlr-magazin

Onlinebestellung:
DLR.de/magazin-abo

Die in den Texten verwendeten weiblichen oder männlichen Bezeichnungen für Personengruppen gelten für alle Geschlechter.

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe. Die fachliche Richtigkeit der Namensbeiträge verantworten die Autoren.

Bilder DLR (CC-BY 3.0), soweit nicht anders angegeben.



Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier.

Titelbild

6. Juni 2018: Eine Sojus-MS-09-Rakete bringt Alexander Gerst und sein Team zur Internationalen Raumstation. Die Mission horizons beginnt. Am Boden sorgt ein weitaus größeres Team dafür, dass sie auch gelingen kann.

Bild: ESA/S, Corvaja

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages