



Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) · www.DLR.de · Nr. 129 · April 2011

magazin 129

Roboter mit Gefühl

Der mühsame Weg, das Spüren zu verstehen

10 Jahre ISS

Kosmonaut Sergey Krikalev erinnert sich

Antriebstechnik ist mehr als heiße Luft

Interview mit Reinhard Mönig

Die Ju F 13 wieder in ihrem Element?

Ein Stück Luftfahrtgeschichte



DLR magazin129



54

Die Junkers F 13 wieder in ihrem Element?

Die Idee lässt Luftfahrthistoriker-Herzen höher schlagen: Die Junkers F 13 wieder am Himmel! Was nur noch auf Erinnerungsfotos verbürgt ist, könnte ein Stück lebendiger Luftfahrtgeschichte werden. Der kümmerliche Rest der abgebildeten „City of Prince George“ steht derzeit in einer unscheinbaren Werkstatthalle im ungarischen Dörfchen Hereg. Mit den legendären Leichtmetallflugzeugen vom Typ Junkers F 13 wurde in den Zwanzigerjahren des vorigen Jahrhunderts Luftfahrtgeschichte geschrieben. Die „City of Prince George“ stürzte einst am kanadischen McConnell Lake ab. Nun beginnt für das Wrack eine neue Karriere. Ungarische Restauratoren werden es für museale Zwecke wiederherstellen. Und der Clou: Die dabei gewonnenen Daten dienen einem noch viel ambitionierterem Ziel – der Rückkehr von zwei Ju F 13 in ihr Element. Eine Geschichte, an der DLR-Luftfahrtredakteur Hans-Leo Richter die DLR-Magazin-Leser von nun an teilhaben lässt.

Editorial	3
EinBlick	4
Leitartikel	6

Weshalb wir aufwachen	
Wirkungen von Verkehrslärm auf den Schlaf	8



Wanderer zwischen den Welten	
Exklusiv-Gespräch mit Sergey Krikalev zur ISS	10



Cool wie echte Raumfahrer	
Schülerprogramm „Train Like an Astronaut“	14

Der Ruf aus dem All	
Vor 50 Jahren flog Gagarin in den Kosmos	18

Ein Werkzeug für alle	
Software für den Satellitenentwurf	20

Meldungen	24
------------------	----

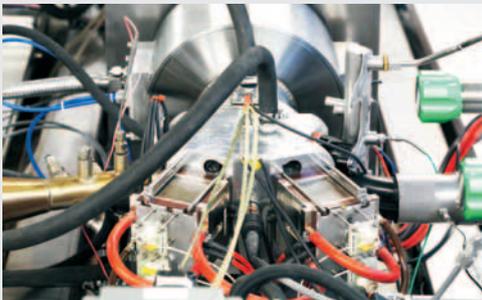


Am Himmel über Braunschweig	
Reportage von einem Flugtag	28



Mehr als nur heiße Luft
Reinhard Mönig über Antriebstechnik im DLR 32

Prognose für mehr Pünktlichkeit
Bessere Eisenbahnleit- und Sicherungstechnik 36



Weg frei für die Elektromobilität
Energiewandler für das Auto der Zukunft 40

Roboter mit Gefühl
Der mühsame Weg, das Spüren zu verstehen 44



Allein auf unsichtbaren Pfaden
Hubschrauber lernen, autonom zu fliegen 48

Regionalmeldungen 52

Wiedergeburt einer Legende
Die Junkers F 13 wieder am Himmel? 54

Rezensionen 58

Museumsserie: Arche Nebra 62



Liebe Leserinnen und Leser,

Innovationen sind in aller Munde. Vor allem, weil sie als Motor der Wirtschaft gesehen werden. Innovationen brauchen Forschung. Und Forschung braucht Zeit. Vor allem Grundlagenforschung sowie Produktentwicklung bis zur Marktreife sind kein Blitzgeschäft. Neue Erkenntnisse und Entwicklungen kann man nicht erzwingen. Das ist sicher keine neue Weisheit. Trotzdem wird allzu oft genau diese Tatsache missachtet. Nicht selten gehen Produkte aufgrund der Wettbewerbssituation oder des mangelnden Start-Kapitals zu früh auf den Markt und müssen dann in aufwändigen Rückholaktionen nachgebessert oder ausgetauscht werden. Auch Luft- und Raumfahrt sind davor nicht gefeit.

Die prinzipielle Frage, die sich das DLR gerade deshalb stellt, ist: Können wir Erkenntnisse und Innovationen, also neue Entwicklungen, die auf dem Markt erfolgreich etabliert werden sollen, durch Prozesse unterstützen oder gar beschleunigen? Damit verbunden ist auch die Frage, inwieweit sich das DLR als ursprünglich grundlagenorientierte Großforschungseinrichtung dieser Aufgabe stellen sollte.

Die Zeit ist auch im DLR nicht stehen geblieben. Wir betreiben neben der Grundlagenforschung zunehmend angewandte Forschung und Technologieentwicklung. Am bekanntesten: Die Anwendung von aus Satellitendaten gewonnenen Informationsprodukten, wie zum Beispiel Schadenskartierungen im Rahmen der Katastrophenhilfe. Auch die Systemanalyse für die Nutzung der Sonnenenergie zur Stromversorgung aus der Wüste (Projekt Desertec) zeigt den Nutzen für die Gesellschaft. Die Mischung aus Grundlagen- und anwendungsbezogener Forschung macht das DLR stark. Denn wir können beides – und beides miteinander zu verbinden, macht unsere führende Stellung innerhalb der deutschen Forschungslandschaft aus.

Dass sich aus dieser Forschung auch marktfähige Produkte entwickeln lassen, zeigen uns zahlreiche Patentanmeldungen, die unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler jedes Jahr erwirken. Beispiele wie die Keramikbremse oder besonders beschichtete Brennkammern für effizienteres Heizen auch im eigenen Heim beweisen, dass das DLR nicht nur Wissen, sondern auch Innovationen für morgen generiert. Dennoch steht auf vielen Produkten, die Eingang in den Markt finden, nicht „Made by DLR“. Hier sind uns Grenzen gesetzt, sobald die Patente verkauft werden. Schade eigentlich.

Doch Forschung lässt sich nur sehr bedingt beschleunigen. Genauso wenig kann man das Tempo von Innovation erhöhen, auch nicht durch neue Prozesse – es sei denn, man geht in puncto Qualität signifikante Kompromisse ein. Allenfalls lassen sich die Voraussetzungen für Forschung und Innovation verbessern. Dazu gehört sicher ein aufgeschlossenes Unternehmensklima für neue Ideen, der Mut, Dinge auszuprobieren und ganz sicher auch die entsprechende finanzielle Basis. Aber vor allem gehören dazu Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die kreativ an ihre Arbeit gehen und immer wieder hinterfragen, was sie tun – und auch die Zeit haben, einmal querzudenken.

2011 ist das Jahr der Gesundheit. Passend dazu schreibt DLR-Luft- und Raumfahrtmediziner Prof. Dr. Rupert Gerzer über Erkenntnisse aus der langfristigen Forschung auf der ISS für die Medizin. Und auch hier spielt der Faktor Zeit die entscheidende Rolle – mal wieder.

Also, nehmen Sie sich Zeit – am besten für das aktuelle DLR-Magazin.

Sabine Göge
Leiterin DLR-Kommunikation

EinBlick

Solarforschung im Dämmerlicht

Die Abendruhe trägt. Auf der Plataforma Solar de Almería in Spanien wird auch in der Abenddämmerung geforscht. DLR-Wissenschaftler testen hier die Qualität von Spiegeln am Solarturm. Ein Beamer wirft ein Streifenmuster auf die große Leinwand des Turms. Die Forscher fotografieren und untersuchen, wie exakt sich das Muster in den einzelnen Heliostaten spiegelt. Ziel ist es, immer exaktere Spiegel zu bauen, um die Effizienz und damit auch die Rentabilität eines Kraftwerks zu steigern.







© NASA

Die Expedition Crew beim gemeinsamen Mahl im Mitteldeck des Space Shuttle Discovery während der Mission STS-124 (31.5. bis 16.6.2008)

Weltraummedizin in neuem Licht

Von Rupert Gerzer

Seit vor 25 Jahren mit der deutschen Spacelab-Mission D1 deutsche Lebenswissenschaftler in größerem Maße Zugang zur Forschung unter Weltraumbedingungen bekamen, hatte diese vor allem einen Zweck: schwerelosigkeitsbedingte Phänomene erkennen und erklären. Gefahren für die Gesundheit der Astronauten galt es abzuwenden. Neue Geräte wurden entwickelt und gebaut, um wissenschaftliches Arbeiten im All überhaupt erst zu ermöglichen; und – man wollte diese auch auf der Erde anwenden, ein weiterer wichtiger Zweck.

Es ist an der Zeit, medizinische Forschung unter Weltraumbedingungen auch anders zu sehen. Dazu muss man nicht das Jahr der Gesundheit ausrufen, doch die vielen über das Jahr 2011 verteilten Veranstaltungen im Sinne eines Wissenschaftsdialogs können für einen Paradigmenwechsel sicher hilfreich sein.

Geht man als Mediziner der Frage auf den Grund, was Schwerelosigkeit für Forscher interessant macht, lautet die naheliegende Antwort: Es ist eine hervorragende Möglichkeit zu überprüfen, ob Konzepte und Hypothesen, die unter irdischen Bedingungen gewonnen wurden, auch ohne die Wirkung der Schwerkraft gelten. Und: Sind wir vielleicht mit unserem Wissen doch noch nicht so weit, wie wir glauben? Wenn wir beispielsweise bei der medizinischen Betreuung von Astronauten Probleme haben, bedeutet das in der Regel nur, dass die zugrunde liegenden wissenschaftlichen Konzepte fehlerhaft sind – sonst würden wir ja wissen, wie wir beispielsweise den Knochenabbau von Astronauten behandeln müssen. Deshalb lässt sich Raumfahrtforschung nicht von terrestrischer Forschung trennen. Sondern sie lässt uns Grundlagenforschung von einem anderen Blickwinkel aus betreiben.

Ein Beispiel für den Nutzen dieser hypothesengetriebenen Forschung ist die Regulation des menschlichen Salzhaushalts: Den glauben wir zwar seit über fünfzig Jahren verstanden zu haben. Doch Studien an Astronauten während ihres Aufenthalts im All sowie analoge Langzeitisolationsstudien auf der Erde belehren uns eines Besseren: Die Flüssigkeits- und Salzbilanz geht nicht mit der Lehrbuchmeinung konform, wonach Zufuhr und Ausscheidung immer parallel verlaufen. Unter Schwerelosigkeit erfolgt eine massive Salzeinlagerung, ohne dass die adäquate Menge Wasser eingelagert wird. Zudem erhöht Salz nicht nur den Blutdruck, es verstärkt auch den Knochenabbau. Inzwischen wissen wir, dass das nicht nur bei Astronauten so ist, sondern dass diese Mechanismen auch beim Gesunden auf der Erde vorhanden sind.

Die Konsequenzen der neuen Details über den Salzhaushalt sind sehr vielfältig. Die Ergebnisse beeinflussen unsere Konzepte über die Funktionsweisen des menschlichen Körpers so grundlegend, dass ein völlig neues Forschungsgebiet entsteht: Die Erforschung der Interaktionen verschiedenster Regelmechanismen des menschlichen Körpers unter und miteinander. Dazu werden viele strikt kontrollierte und standardisierte Studien am gesunden Menschen erforderlich sein, wie sie nur in der Raumfahrtmedizin üblich sind. Darüber hinaus wird Forschung auf der Internationalen Raumstation helfen, diese neuen Konzepte unter Schwerelosigkeit zu überprüfen.

Bereits jetzt zeichnet sich ab, dass diese Forschungen Ausgangspunkt für neue Präventions- und Therapiekonzepte sowie neue Medikamente für Krankheiten wie hoher Blutdruck, Osteoporose oder Arteriosklerose sind. Da sich nach neuesten Erkenntnissen der Salzhaushalt und das Immunsystem gegenseitig beeinflussen, werden wir nun auch unser Immunsystem besser verstehen lernen. Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen dieser neuen Erkenntnisse können nicht hoch genug eingeschätzt werden. Deshalb sollten wir die einzigartige und einmalige Gelegenheit, die die Internationale Raumstation als Grundlagenforschungslabor für unsere Medizin auf der Erde in den nächsten Jahren bietet, erkennen und optimal nutzen. Vielleicht ist diese Art der Forschung viel wichtiger, als den Schwerpunkt auf kurzfristige Spin-off-Strategien zu setzen. ●



Prof. Dr. med. Rupert Gerzer leitet das Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin im DLR Köln und hat den Lehrstuhl für Flugmedizin an der Medizinischen Fakultät der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen inne.

Weshalb wir aufwachen

Verkehrslärm nervt, verursacht Stress und kann einen krank machen. Um die Auswirkungen des Lärms zu bekämpfen, muss man aber zunächst verstehen, welche Art von Lärm wie auf den Menschen wirkt. Das DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin forscht dazu. Eine Wissenschaftlergruppe unter Leitung von Dr. Mathias Basner hat dafür 72 Personen im Dienst der Wissenschaft vorübergehend um ihren Schlaf gebracht.

Auswirkungen von Verkehrslärm auf das Schlafverhalten

Von Michel Winand, Kommunikation DLR Köln

Die meisten Beschwerden über Verkehrslärm beziehen sich auf die Nachtstunden – wenn der menschliche Körper seine Kräfte regeneriert und die Psyche zur Ruhe kommt. Wird dieser Regenerationsprozess durch störende Einflüsse unterbrochen, ist die Leistungsfähigkeit am folgenden Tag herabgesetzt. Aus diesem Grund haben die Mediziner des DLR den Einfluss des Lärms auf das Schlafverhalten genauer beobachtet. Bei einer Studie im Kölner Schlaflabor wurden 72 Männer und Frauen im Alter zwischen 18 und 71 Jahren untersucht. Elf aufeinanderfolgenden Nächten setzten die Wissenschaftler die Probanden zuvor genau ausgewählten und aufgezeichneten Verkehrsgereuschen aus. Neun verschiedene Geräuschkombinationen spielten sie ein. Dann wurde untersucht, wie der Lärm beispielsweise die Aufwachreaktionen beeinflusst und wie sich Gehirnströme und die Herzfrequenz ändern.

Lärm ist nicht gleich Lärm

Dabei stießen die Forscher auf differenzierte Wirkungen. So unterschiedlich die Lärmquellen sind, so verschieden wirken sie auf den menschlichen Organismus und auf das Empfinden der Störung. Umfragen im Vorfeld zeigten, dass ein Großteil der befragten Bürger Fluglärm als besonders störend empfindet, gefolgt vom Straßen- und Schienenverkehrslärm. Um diese subjektive Einschätzung wissenschaftlich zu überprüfen, haben die DLR-Wissenschaftler in ihrer Studie Verkehrsgereusche von Luft, Straße und Schiene nacheinander in die Schlafzimmer der Probanden übertragen – alle mit derselben maximalen Dezibelzahl, wobei der Pegel zwischen 45 und 65 Dezibel lag. In einem Teil der Nächte wurden die Probanden zusätzlich einer Mischung aus unterschiedlichen Lärmquellen ausgesetzt. Lärmfreie Nächte dienten zur Überprüfung der Messergebnisse.

Am Morgen nach einer jeden Labornacht wurden die Konzentration und das Gedächtnis der Probanden getestet. Zusätzlich bewerteten die Testpersonen selbst die Qualität ihres Schlafs und den Grad der Störung. Die Ergebnisse der Studie belegen, dass nicht nur die maximale Lautstärke des Geräuschs Einfluss auf den Schlaf hat. Steigt ein Geräuschpegel schnell an, wie beim Straßen- oder Schienenverkehr, stört es den Schlafenden messbar stärker als langsam auftretende Geräusche wie Fluglärm. Doch auch die Probanden der DLR-Studien empfanden subjektiv den Fluglärm als die größere Störung.

Eine mögliche Erklärung dafür könnte die Dauer des Geräuschs sein: Ein gesunder Mensch wacht nachts rund zwanzig Mal auf – aber meist zu kurz, um es zu registrieren. Vor allem wenn das störende Geräusch zu diesem Zeitpunkt bereits wieder verklungen ist, erinnert man sich nicht mehr daran. Flugzeuggeräusche aber kommen relativ langsam in Hörweite, erreichen dann ihren höchsten Lautstärkepegel und klingen dann allmählich wieder ab. Das Geräusch ist also noch da, wenn man aufwacht. Es wird bewusst wahrgenommen. Das sofortige Wiedereinschlafen fällt schwerer.

Die Auswertung der Daten zeigte, dass die Probanden sich nicht an den Lärm gewöhnten. Auch wenn sie mehrere Nächte in Folge dem Verkehrslärm ausgesetzt waren, führten die einzelnen Lärmereignisse noch immer zu einem Anstieg der Herzfrequenz. Auch die Ton-Frequenz des Verkehrslärms stört den Schlaf. Insgesamt stützen die Ergebnisse die These, dass bei dauerhafter Lärmbelastung vermehrt Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems auftreten. Die Erkenntnisse der DLR-Wissenschaftler können nun helfen, Schallschutzmaßnahmen zielgerichtet zu verbessern. ●



Testperson während der Schlafstudie, bei der DLR-Wissenschaftler den Einfluss des Lärms auf die Aufwachreaktionen, die Gehirnströme und die Herzfrequenz untersuchen



Wanderer zwischen den Welten

803 Tage, 9 Stunden, 41 Minuten. Kein anderer Kosmonaut und kein anderer Astronaut verbrachte mehr Zeit im All als Sergey Krikalev. Elisabeth Mittelbach, Raumfahrt-Redakteurin in der DLR-Kommunikation, sprach mit dem Leiter des Juri-Gagarin-Kosmonauten-Ausbildungszentrums an seinem Arbeitsplatz im „Sternenstädtchen“ nordöstlich von Moskau. Ein Rückblick auf zehn Jahre Forschung auf der Internationalen Raumstation (ISS), aber auch auf die spannendsten Erfahrungen eines Wanderers zwischen den Welten.

10 Jahre Forschung auf der ISS: Sergey Krikalev, russischer Kosmonaut und Spezialist für Langzeitmissionen, erinnert sich

Von Elisabeth Mittelbach

Plötzlich steht er in der Tür des ESA-Kontaktbüros in Swjosdny Gorodok, dem „Sternenstädtchen“, in dem seit 50 Jahren das Herz der russischen Kosmonauten-Ausbildung schlägt; noch heute lebt hier die Witwe von Juri Gagarin, der 1961 als erster Mensch ins All flog. Sergey Krikalev ist in die Fußstapfen des Weltraumpioniers getreten und ebenfalls in die Geschichtsbücher eingegangen: Er war jener Kosmonaut, der im Mai 1991 als Bürger der Sowjetunion zur russischen Mir-Station aufbrach und im März 1992 als Russe auf die Erde zurückkehrte. Ein Stoff für Dokumentar- und Spielfilme, die das Leben und die damalige Situation des „lost spaceman“ – des im All Vergessenen – nachzeichnen. So schlüpfte in dem deutschen Fernsehfilm „Der letzte Kosmonaut“ (1993, Regie: Nico Hofmann) der Schauspieler Dominique Horwitz in die Rolle Krikalevs. Die Geburt eines Mythos?

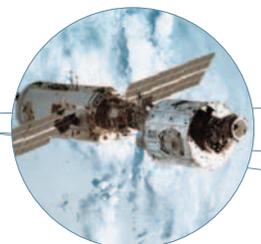
Diese Frage würde der echte Sergey Krikalev mit einem klaren „Nein“ beantworten. Denn für eine lebende Legende umgibt diesen zugleich jungenhaft und weltgewandt wirkenden Mann, der mir für 40 Minuten mit aufmerksamem, verschmitztem Blick gegenüber sitzt und ruhig und konzentriert spricht, eine ausgeprägte Bodenhaftung. „Natürlich war die politische Situation im Sommer und Herbst 1991 ungewöhnlich, aber wir hatten jeden Tag Kontakt zur Bodenstation, so dass wir auch über das, was in der Sowjetunion passierte, immer informiert waren. Wir hatten keine Angst, dass man uns vergessen würde. Ich wusste, dass sich hunderte von Leuten um uns kümmerten. Die Rückkehr zur Erde wäre jederzeit möglich gewesen. Verpflegung und Wasser waren da, Energie von der Sonne ... vermutlich waren wir weniger von der politischen Situation betroffen als jeder andere“, erinnert sich der Rekordhalter im All und ergänzt: „Was mich persönlich mehr beschäftigte, war die zweimalige Verlängerung meines Einsatzes auf der Mir. Eigentlich sollte ich schon im November 2001 zur Erde zurückkehren, doch dann wurde es März 2002, weil ich der einzige Kosmonaut mit Langzeiterfahrung war.“

Während der ISS-Expedition 11 (15. April 2005 bis 11. Oktober 2005): Kommandant Sergey Krikalev öffnet den Durchgang zum Space Shuttle Discovery, um die Crew der Mission STS 114 zu empfangen. Für Krikalev bedeutete diese Expedition den Langzeitrekord: Zwei Jahre und zweieinhalb Monate seines Lebens verbrachte er damit insgesamt im All.

11/1998



12/1998





Im Dezember 1998 begann die Crew der Mission STS-88 mit der Konstruktion der Internationalen Raumstation ISS. Das Foto zeigt das Andocken des US-amerikanischen Moduls Unity an das russische Modul Sarja. Mit an Bord: Sergey Krikalev.



Als Kommandant der Expedition 11 war der Kosmonaut Sergey Krikalev zuletzt im Jahr 2005 auf der Internationalen Raumstation

Seine außergewöhnlichen Einsätze auf der Mir, dem „Flaggschiff“ der russischen Raumfahrtbehörde Roskosmos, und seine Erfahrungen in internationalen Teams machten Sergey Krikalev nach dem Ende des Ost-West-Konflikts in den Neunzigerjahren zu einem prädestinierten Mitglied internationaler Raumfahrtmissionen: Im Februar 1994 startete er als erster russischer Raumfahrer an Bord einer US-amerikanischen Raumfähre, der Discovery, zu seinem dritten Raumflug. Danach arbeitete er im Rahmen des Shuttle-Mir-Programms in der Flugleitzentrale der NASA in Houston. Während seines vierten Einsatzes im All flog Krikalev mit 40 Jahren im Dezember 1998 an Bord des US-Shuttles Endeavour die Mission STS-88, bei der die beiden ersten Module der ISS, Sarja und Unity, installiert wurden.

Was sind also die Hauptunterschiede und -gemeinsamkeiten zwischen der Mir und der ISS?, frage ich. „Das Leben und Arbeiten auf den Stationen ist sehr ähnlich“, antwortet Krikalev. So habe die Mir zu unterschiedlichen Zeiten aus verschiedenen Modulen bestanden, sei allmählich gewachsen. „Das ist bei der ISS genauso. Und wir hatten auch schon an Bord der Mir internationale Missionen. Mein erster Flug beispielsweise war mit dem Franzosen Jean Loup Chretien. Aber auf der Station selbst war Russland der Gastgeber. Es war eine russische Station mit russischer Ausstattung und internationaler Beteiligung. Der Unterschied zur ISS ist, dass sie eine wirklich internationale Station ist. Hier gibt es verschiedene Rollen, aber alle Partner sind an der Entscheidungsfindung beteiligt.“

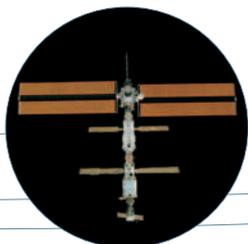
Das Hauptziel der ISS sei nach wie vor, „zu lernen, wie wir möglichst gut kooperieren und zusammenarbeiten können. Im Moment denke ich, dass die ISS das größte internationale Projekt dieser Art ist. Wir sind sehr glücklich, schon von Anfang an an diesem Projekt beteiligt zu sein und zu sehen, dass

es sich so erfolgreich entwickelt.“ Es gehe darum, mehr über den Weltraum, über die Erde, über Menschen und deren Gewöhnung an das Leben im All unter verschiedensten Bedingungen zu erfahren, aber auch über wissenschaftliche Fragestellungen aus Physik, Biologie und Materialwissenschaften: „Dazu können wir die besten Technologien und die besten Ressourcen von allen ISS-Partnern kombinieren. Kanada beispielsweise hat große Erfahrung im Bau von Roboterarmen für Raumstationen, so war das Land auch verantwortlich für den Canada-Arm an Bord der ISS. Derzeit arbeitet die ESA zusammen mit der russischen Weltraumagentur an einem eigenen Roboterarm, der in Europa gebaut wird. Das Projekt heißt ERA.“ (Nicht zu verwechseln mit dem vom DLR entwickelten robotischen Arm ROKVISS – Robotik-Komponenten-Verifikation auf der ISS –, der bis November 2010 am russischen Service-Modul Swesda auf der Raumstation montiert war.)

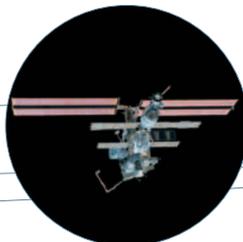
Für Krikalev, den heute 52-jährigen Ingenieur aus Sankt Petersburg, sind dabei nicht allein die wissenschaftlichen Experimente die größte Herausforderung, sondern auch der technische Aufbau und der Unterhalt der Station selbst: „Wir mussten wissen, wie alles anzubringen war, wie wir zusammenzuarbeiten haben. Wir hatten zwar vor dem Start schon getestet, wie was zusammenpasst, um sicher zu sein, dass alles an Bord funktionieren würde. Dadurch gab es einen ganz neuen Grad der Vereinheitlichung. Die wirklich realen Tests waren aber natürlich erst während des Fluges möglich.“

Die ersten wissenschaftlichen ISS-Experimente waren biologischer und medizinischer Natur. „Das für mich spannendste Experiment während meiner ersten ISS-Expedition 2001 war allerdings ein physikalisches: Das Plasmakristall-Experiment, eine Kooperation zwischen Deutschland und Russland“, erinnert

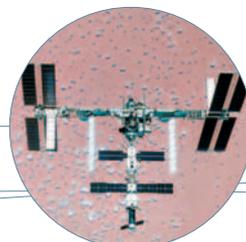
11/2000



4/2002



8/2007





Sergey Krikalev im Dezember 2010 beim Interview im „Sternenstädtchen“

Weltraumkarriere ohnegleichen

Kaum ein anderer ist wohl so vertraut mit den beiden Raumstationen, die bis heute zu den erfolgreichsten Raumfahrtprojekten aller Zeiten zählen: Sergey Krikalev lebte auf der Raumstation Mir (russisch für „Frieden“), die die Erde von 1986 bis zu ihrem kontrollierten Absturz 2001 umkreiste, und auf der Internationalen Raumstation (ISS), die seit 1998 Stück für Stück wächst und noch 2011 fertiggestellt sein soll. Der Kosmonaut gehörte als Bordingenieur zwischen November 2000 und März 2001 zur ersten Stammbesatzung der ISS. Seinen sechsten und bisher letzten Raumflug erlebte der Rekordhalter im All zwischen April und Oktober 2005 als Kommandant der ISS-Expedition 11. Seit 2009 leitet der gebürtige Sankt Petersburger das Juri-Gagarin-Kosmonauten-Ausbildungszentrum. In seiner Freizeit ist der 52-Jährige Kunstflieger und Amateurfunker. Er ist Träger mehrerer internationaler Ehrentitel, darunter „Held der Russischen Föderation“ und „Offizier der französischen Ehrenlegion“.

sich der Langzeit-Kosmonaut. „Einen Prototypen davon gab es schon auf der Mir und bis heute finden weitere Experimente mit Plasmakristallen auf der ISS statt. Kurz vor der Expedition 11, deren Kommandant ich sein durfte, war eine neue Ausrüstung fertig und wir trainierten damit hier im ‚Sternenstädtchen‘ und im Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in München.“

Sind die Astronauten denn dann eher Wissenschaftler oder Techniker?, möchte ich wissen. „Beides“, sagt Krikalev. „In vielen Fällen haben wir eine Art Doppelrolle. Einerseits sind wir die Techniker, andererseits die Experimentatoren. Deshalb erhalten wir auch ein Training, bei dem wir uns mit der Theorie der Experimente befassen. Zudem können in unseren Laboren auf der Erde Wissenschaftler sitzen, die die Experimente berechnen und evaluieren und damit die Basis für Konstruktion und Bau der Experimente liefern. Das Plasmakristall-Experiment beispielsweise haben wir nicht nur aktiviert und wieder deaktiviert. Wir waren wirklich aktive Teilnehmer, wir haben zusammen mit den Wissenschaftlern und den wissenschaftlichen Leitern, den PI's (Principal Investigators, d. Red.), zusammengearbeitet. Wir haben ihnen Daten geliefert und sie haben entschieden, was als nächstes passieren soll. Es war ein sehr gutes Team und wir waren Teil dieses Teams.“

Etwas Wehmut schwingt in der Stimme des ehemaligen ISS-Kommandanten mit. Natürlich würde er gerne noch einmal von der ISS auf die Erde schauen: „Ich sah sie vor zehn Jahren, als nur zwei Module zu ihr gehörten, sie also noch eine sehr kleine Station war. Dann war ich 1995 auf der ISS, als sie etwa halb fertig war. Jetzt ist sie fast komplett.“ Natürlich würde er aber auch seine Familie und seine Freunde vermissen und die „normalen Gespräche“, ohne dass Millionen Menschen zuhören.

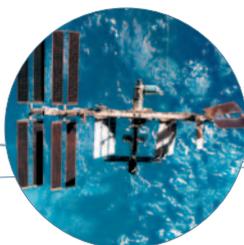
Und natürlich weiß er auch, dass Raumflüge und das Leben in der Schwerelosigkeit nicht nur den Geist, sondern auch den Körper auf unvergleichliche Weise fordern. Muskeln und Knochen verändern sich. Und trotzdem vermisst der Raumfahrer „die einzigartigen Bilder, die fabelhaften Sonnenauf- und Sonnenuntergänge, den Blick auf grandiose Gebirge und wunderschöne Seen, die Möglichkeit, in einer Sekunde Afrika zu sehen und im nächsten Augenblick Australien oder Paris.“ Mit Astronauten sei es ein bisschen so wie mit Seeleuten, sagt Sergey Krikalev: „Sind sie auf dem Meer, vermissen sie das Land – haben sie festen Boden unter den Füßen, zieht es sie wieder aufs Schiff.“

Neugier ist, was ihn immer angetrieben hat: „Aus Neugier bin ich Kosmonaut geworden. Ich war am Weltraum interessiert, daran, was außerhalb der Erde und unseres Lebens passiert. Nach meinem Studium habe ich zunächst in der Raumfahrtindustrie gearbeitet, bevor ich dann die Chance hatte, tatsächlich Kosmonaut zu werden.“ Und jetzt? „Wenn ich jemanden finden würde, der mich als Leiter des Ausbildungszentrums hier im „Sternenstädtchen“ vertreten könnte, könnte ich wieder zu hundert Prozent ein Kosmonaut werden.“ ●

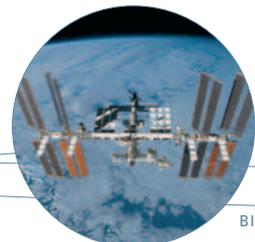
Weitere Informationen:

www.jsc.nasa.gov/Bios/htmlbios/krikalev.html
www.nasa.gov/mission_pages/station
www.DLR.de/iss
www.federalspace.ru

2/2008



11/2009



BILDER: NASA



Cool wie echte Raumfahrer

Im Kölner DLR_School_Lab startete zum Jahresbeginn das Projekt „Mission X: Train Like an Astronaut“, eine Initiative von 15 Weltraumorganisationen. Ihr Ziel: Kinder zwischen acht und zwölf Jahren anregen, den Astronauten nachzueifern, Sport zu treiben und sich gesund zu ernähren. Denn laut einer Studie der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation, WHO) ist Übergewicht bei Kindern und Jugendlichen eines der größten gesundheitlichen Probleme des 21. Jahrhunderts. Zum Auftakt kamen 60 Mädchen und Jungen ins Schülerlabor des DLR nach Köln. Tipps gab ihnen dort unter anderem Dr. Reinhold Ewald, Astronaut der Europäischen Weltraumorganisation ESA. Insgesamt nehmen 131 Teams aus neun Ländern mit rund 3.800 Kindern an dem Projekt teil. In Deutschland sind es 300 Schüler. Alisa Wilken war für das DLR-Magazin bei der Auftaktveranstaltung dabei. Sie studiert Technikjournalismus an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg und absolvierte ein dreimonatiges Praktikum in der DLR-Kommunikation. Das nutzte sie unter anderem für die folgende Reportage.

Train Like an Astronaut – internationales Schülerprogramm startete im DLR

Von Alisa Wilken

„Bäh! Igitt!“ tönt es durch die große Zentrifugenhalle, als Dr. Richard Bräucker, Leiter des DLR_School_Lab in Köln, das nächste Bild an die Wand projiziert. Es zeigt fünf Päckchen mit undefinierbarem Inhalt, fest verschweißt in durchsichtiger Plastikfolie. Die 60 Schülerinnen und Schüler gucken skeptisch: So was muss man als Astronaut essen? Nein, danke. Doch fürs Zurückrudern ist es bereits zu spät. Die Mission hat begonnen! Und zum Glück ist da ja der faszinierende Gedanke, im Welt- raum zu schweben und sich die Erde mal aus 350 Kilometer Höhe anzugucken. Doch bis dahin ist es noch ein sehr weiter Weg. Wer ins All will, muss sich gesund ernähren und absolut fit sein, denn die Schwerelosigkeit kann ganz schön an den Kräften zehren. – Das Ziel dieser Mission ist: Fit halten durch bewusste Ernährung nach dem Vorbild der Astronauten. Aus der Schar der 3.800 Kinder, die mitmachen, wird am Ende für jedes der neun Länder ein Sieger ermittelt.

„Da wird man ja immer dicker!“, ruft einer der 60 lachenden Schüler, die gebannt vor der Leinwand sitzen und beobachten, wie ein Astronaut sich durch die Luft schwebend sein Essen bereitet. „Dazu komme ich jetzt“, sagt Dr. Richard Bräucker und startet den nächsten Film. Der erfahrene Schülerlaborleiter ist für die nächsten sechs Wochen der Anführer der Mission X, die in Deutschland ihre Zentrale am DLR in Köln hat. Das Bild zeigt jetzt einen jungen Mann, der festgeschnürt auf einem Fahrrad sitzt und ordentlich in die Pedale tritt. Kleidung und umherfliegende Gegenstände lassen vermuten, dass dies wohl ein Astronaut auf der Internationalen Raumstation, der ISS, ist.

„Train like an astronaut“ lautet das Motto der Mission und spätestens jetzt erfahren alle auch, warum. Wer sich im All nicht bewegt und keinen Sport macht, der wird nicht etwa dick, der hat ein ganz anderes Problem: Ohne Schwerkraft wird der Körper nicht belastet. Muskeln und Knochen bilden sich zurück. Deswegen muss jeder auf der ISS täglich zwei Stunden Sport treiben, um sich fit zu halten.

Wie funktioniert ein Flugzeug? Und warum bleiben einige Körper in der Luft und andere nicht? Als Astronauten-Schüler muss man so etwas wissen.



Einmal wie die „echten“ Astronauten die großen schwarzen Handschuhe anziehen und in den Experimentierkasten der Raumstation greifen ...

Die Mission X beginnt mit Schwerelosigkeit

Es geht los! Dr. Richard Bräucker bleibt nur noch, seinen Astronauten-Anwärtern Glück zu wünschen und sie in die Mission zu entlassen. Eine der Gruppen vom Maximilian-Kolbe-Gymnasium in Köln stürmt sofort zu ihrer ersten Station: Schwerelosigkeit. Dort erwartet sie Alexander Francke. Er studiert Chemie und Materialwissenschaften und hilft sonst im DLR_School_Lab bei den Experimenten. Heute macht er mit den Schülern ein Experiment zur Schwerelosigkeit. An einem Mini-Fallturm will er ihnen zeigen, was mit verschiedenen Objekten beim freien Fall in dem kurzen Moment der Schwerelosigkeit passiert. Das erste Versuchsobjekt ist ein Kolben mit Wasser und Luft. Der zehnjährige Benedikt bereitet gemeinsam mit zwei Mitschülern das Experiment vor. Die Apparatur mit der Probe und einer kleinen Kamera wird am Fallturm festgemacht. Es ist nur ein Knopfdruck am Computer nötig und sie fällt. Das Kamerabild zeigt deutlich, wie die Luftblase in die Mitte des Kolbens wandert. Das erfordert jetzt erst einmal eine genaue Analyse.

Nur wenige Meter entfernt stürzt eine Gruppe Schüler in ihrem Eifer beinahe zu Boden. Mit aller Kraft ziehen sie an einem kurzen Stück Seil. Doch egal, wie fest sie ziehen, die Stahlkugel in der Mitte des Seils bleibt geschlossen. Sie besteht aus zwei Hälften und wird nur vom Luftdruck zusammengehalten. Es ist ein Experiment aus dem Jahr 1654. Die Halbkugeln waren damals zwar größer, doch sie ließen sich auch mit der Kraft von 16 Pferden nicht trennen. Die Gesichter der Schüler sind rot vor Anstrengung, als Student Florian Bärenfänger sie erlöst. Er nimmt das Seil mit der immer noch ganzen Kugel, stellt die eine Hälfte auf den Boden und hält mit den Füßen das eine Seilende fest. Dann geht er in die Knie. „Mit der richtigen Technik“, erklärt er und zieht an dem oberen Teil der Kugel, „klappt es“. Mit einem lauten „Plopp“ fällt die Kugel wieder in ihre zwei Hälften. Die Schüler sind begeistert und wollen es am liebsten selber noch einmal ausprobieren. Dazu bleibt aber keine Zeit, denn es geht direkt weiter mit dem nächsten Versuch: Was passiert zum Beispiel mit einem Ballon im Vakuum? ...

Den ganzen Vormittag wird geforscht und experimentiert. Alle sind so gebannt, dass keiner merkt, wie schnell die Zeit vergeht. Schließlich heißt es für alle Experimente „Stopp!“. Jetzt ist erst einmal Mittagspause und die bringt ein großes Aufatmen mit sich: Statt Astronautennahrung gibt es Baguette, Obst und

süße Teilchen. Davon bleibt zum Schluss nur noch wenig übrig; Forschen macht hungrig.

Doch Zeit zum Ausruhen bleibt nicht. Denn der nächste Programmpunkt steht schon auf dem großen Bildschirm, der den Gruppen anzeigt, wohin es geht. Die eine Hälfte macht direkt mit den nächsten Experimenten weiter. Für die andere Hälfte geht es jetzt ins Astronautenzentrum der Europäischen Welt- raumorganisation ESA, nur wenige Meter von der Zentrifuge- halle auf dem Gelände des DLR entfernt. Dort trainieren die 16 Astronauten aus den verschiedenen ESA-Mitgliedsstaaten und auch ihre Kollegen aus den USA und Russland. Ein guter Platz für die Astronautenanwärter.

Als die Gruppe das Foyer betritt, richten sich alle Augen nach oben. Über ihren Köpfen schwebt ein Modell von der ISS mit dem europäischen Modul Columbus. Der gebürtige Franzose Jules Grandsire wartet schon auf sie. Er macht sich gleich mit der Gruppe auf den Weg, um zu zeigen, was ein Astronaut alles leisten muss, und um den Mädchen und Jungen einen Ansporn zum Durchhalten zu geben. Doch schon an der ersten Tür heißt es erst mal „Halt“. „Authorized Personnel Only“ steht in schwarzen Lettern auf einem gelben Schild. „Seht ihr das?“, fragt er. „Hier kommt nicht jeder rein.“ Doch heute gibt es eine Ausnahme. Jules Grandsire führt sie zu einem riesigen abgedeckten Schwimmbecken. Zehn Meter ist es tief und dient als wichtiges Trainingsmittel für die Astronauten. Denn im Wasser verhält sich der Körper ähnlich wie in Schwerelosigkeit. So können die Astronauten Prozesse und Eingriffe unter beinahe realistischen Bedingungen üben.

Columbus ganz aus der Nähe erleben

Die nächste Station ist die Trainingshalle. Im hinteren Teil steht eine maßstabsgetreue Nachbildung des Columbus-Moduls und diese dürfen die Schüler jetzt erkunden. Eine metallene Treppe führt zum Eingang hinauf. Dort erwartet sie der Astronaut Reinhold Ewald. Er war schon im All und kann den Astronautenschülern viel über Raumstationen erzählen und ihnen bei ihrer Mission weiterhelfen. Er zeigt ihnen die Schlafkabinen auf der Raumstation und den Platz, an dem einige der Experimente durchgeführt werden. Alle wollen die großen schwarzen Arbeitshandschuhe, die an einem gläsernen Kasten angebracht sind, mal ausprobieren. So wie ein echter Astronaut. Reinhold



Physik-Talente traten im DLR Göttingen gegeneinander an

Deutschlands beste Nachwuchsfysiker traten im DLR Göttingen im Auswahlverfahren für die Internationale PhysikOlympiade 2011 gegeneinander an. Die 51 Schülerinnen und Schüler im Alter von 15 bis 19 Jahren hatten sich unter bundesweit 450 Kandidaten qualifiziert. In Göttingen mussten sie vom 29. Januar bis 4. Februar 2011 ihre Fähigkeiten in theoretischen und experimentellen Klausuren unter Beweis stellen.

Die fünf Besten reisen im Juli nach Bangkok, Thailand, um auf der 42. Internationalen PhysikOlympiade für Deutschland gegen Schüler aus über 80 anderen Ländern anzutreten.

Ewald zeigt ihnen auch eins der Sportgeräte, mit denen sich die Astronauten auf der ISS fit halten. Es ist eine metallene Stange, die über zwei starke Gummibänder mit der Wand der Station verbunden ist. In Schwerelosigkeit können die Astronauten sich mit den Füßen gegen die Wand stemmen und die Stange an den Seilen zu sich hinziehen. Es ist ein bisschen wie beim Gewichte stemmen.

Langsam wird die Zeit knapp. Eigentlich sollte die Gruppe schon längst wieder in der Zentrifugehalle sein und mit den nächsten Experimenten beginnen. Schnell geht es zurück. Und es lohnt sich: Studentin Sabrina Seiler zeigt, was passiert, wenn man einen Luftballon in einen Eimer Stickstoff taucht und Alexander Francke führt die kleinen Pantoffeltierchen vor, die in Schwerelosigkeit ihre Orientierung verlieren. Nach diesem Erlebnis beschäftigt die Schüler eine ganz „wichtige“ Frage. „Können wir den Stickstoff auskippen?“, tönt es aus der Menge. Sofort sind alle Feuer und Flamme. Dr. Richard Bräucker lächelt. „Na klar“, sagt er. „Wir kippen ihn gleich draußen aus.“ Die Astronauten in spe müssen ein Stück zurückgehen. Schließlich könnten sie sich bei minus 196 Grad kalter Materie eine ordentliche Erfrierung zuziehen, wie sie heute gelernt haben. Studentin Sabrina holt Schwung und leert den Eimer auf dem kleinen Vorplatz des DLR_School_Lab aus. Weiße, dichte Nebelschwaden ergießen sich auf den Boden und breiten sich rasch aus. Dann gibt Bräucker ein Freizeichen und alle stürmen los. Sie hüpfen und laufen durch den langsam dahinschwindenden Nebel.

Das war der Auftakt der Mission. In den nächsten sechs Wochen warten weitere Aufgaben auf die Astronautenanwärter, bei denen sie noch so richtig ins Schwitzen kommen werden. Kraft, Ausdauer, Koordination, Gleichgewicht und gute räumliche Wahrnehmung sind gefragt. Teamarbeit ist wichtig und viel wissen muss man, um die Mission zu erfüllen. Doch wenn es dann einmal „klick“ gemacht hat und man sich richtig reinhängt, kann man auf der Abschlussveranstaltung als Sieger hervorgehen. Ein Gewinn fürs Leben. ●

Weitere Informationen:
www.DLR.de/schoollab
<http://trainlikean astronaut.org/>

Schülerwochen beim DLR Stuttgart

Im Jahr seines 50. Geburtstages haben im DLR Stuttgart die Schülerwochen begonnen. Schulklassen ab Stufe 10 sind von Februar bis Juni 2011 zu einem Besuch der DLR-Forschungsinstitute eingeladen. Brennstoffzellenwochen, Energiewochen, Automobilwochen – drei Forschungsthemen stehen im ersten Halbjahr 2011 auf dem Programm.

Die freien Termine für die erste Jahreshälfte 2011 stehen unter www.DLR.de/stuttgart2011kalender.

Anmeldungen werden per E-Mail entgegengenommen: tanja.kessler@dlr.de





Juri Gagarin, so gesehen und künstlerisch umgesetzt von der russischen Malerin Tatjana Sorokina im Jahr 2010

Der Ruf aus dem All

Ausgerechnet ein Amerikaner hat Juri Gagarin das schönste Kompliment gemacht. Über alle ideologischen Grenzen hinweg sagte Neil Armstrong zum historischen Flug des russischen Bauernsohns und Kommunisten vom 12. April 1961: „Er hat uns alle in den Weltraum gerufen!“

Zum 50. Jahrestag des ersten bemannten Weltraumfluges am 12. April 2011

Von Gerhard Kowalski

In der Tat: 520 Frauen und Männer aus 37 Ländern sind seither dem Ruf Gagarins gefolgt und in den Weltraum geflogen. Das Gros stellen dabei mit 335 die Amerikaner, gefolgt von 107 Russen (Stand: Ende Februar 2011). Deutschland rangiert mit zehn Astronauten vor Kanada und Frankreich auf Rang drei; leider ist darunter keine einzige Frau.

Den Sowjets hat Armstrongs Lob richtig gutgetan. Es tröstete sie ein wenig über die schwere Niederlage hinweg, die sie im damals öffentlich nicht zugegebenen Wettlauf um den Mond erlitten hatten. Die Landung von Armstrong als erster Mensch auf dem Erdtrabanten am 20. Juli 1969 war die direkte Antwort der USA auf Sputnik 1 und Gagarin. Sie beendete zudem die Vorherrschaft der Sowjets im All, die mit dem frühen Tod ihres genialen Chefkonstruktors Sergej Koroljow im Januar 1966 den Spiritus Rector aller ihrer Weltraumerfolge verloren hatten. Diesen Verlust, der durch den tragischen Tod von Gagarin am 27. März 1968 noch verstärkt wurde, haben sie bis heute nicht verwunden. Nach dem mehr oder minder freiwilligen Rückzug der USA aus der bemannten Raumfahrt durch die Einstellung des „Constellation“- und des Shuttle-Programms ausgerechnet im Gagarin-Jubiläumsjahr keimt nun die Hoffnung auf, verloren gegangenes Terrain wiedergutmachen zu können.

Nach dem Ende des Kalten Kriegs arbeiten Russen und Amerikaner friedlich mit allen Weltraumnationen zusammen. Als Symbol dafür steht die Internationale Raumstation ISS. Seit über zehn Jahren forschen Vertreter der fünf Partner – neben den USA und Russland sind das Europa in Gestalt seiner Weltraumorganisation ESA sowie Japan und Kanada – in dem größten Technologieprojekt der Menschheitsgeschichte. Das geschieht in großer Eintracht, die durchaus Vorbildcharakter für das nicht immer so friedliche Zusammenleben auf der Erde hat. Demnächst wird der 200. Astronaut an Bord erwartet.

Trotz enormer finanzieller Probleme haben sich die Russen bisher an alle ihre Verpflichtungen bezüglich der ISS gehalten. Mehr noch: Nach dem Ende des Shuttle-Programms sind alle Partner bis auf Weiteres voll auf ihre „Sojus“-Raumschiffe und „Progress“-Frachter angewiesen, um die Station mit Menschen und Material zu versorgen. Entlastet werden sie dabei nur von den Europäern und den Japanern, deren Frachtraumschiffe ATV und HTV die Station im Jahresrhythmus ansteuern. Nicht auszu-denken also die Folgen, wenn etwa die „Sojus“-Kapseln ausfallen sollten. Die Russen sind sich aber ihrer enormen Verantwortung sehr wohl bewusst und tun alles, um das reibungslose Funktionieren der ISS zu sichern.

In Abwandlung eines alten Sprichworts kann man heute sagen: Raumfahrt tut Not! Das DLR-Motto „Wissen für Morgen“ gibt das sehr gut wieder. Deshalb ist es zu wünschen, dass noch viel mehr Frauen und Männer aus immer mehr Ländern dem Ruf Gagarins folgen. ●



Autor:

Gerhard Kowalski ist freier Autor und befasst sich so intensiv mit dem Leben Juri Gagarins wie kaum ein anderer. Er ist Autor der in Fachkreisen hoch geschätzten Biografie „Die Gagarin Story“. Nach mehr als vier Jahrzehnten im Journalismus, als Korrespondent für den Allgemeinen Deutschen Nachrichtendienst der DDR (ADN) – in Warschau, Moskau und Budapest – und für den Deutschen Depeschendienst (ddp), widmet er sich seit dem Jahr 2007 in seinem publizistischen Schaffen von seiner Heimatbasis Berlin aus vor allem der Russischen Raumfahrt und der Lebensgeschichte Juri Gagarins.

Ein Werkzeug für alle

Im Jahr 1957 startete der erste Satellit, Sputnik 1. Seine Aufgabe war simpel. Er sollte ein piependes Radiosignal senden, das in der ganzen Welt zu empfangen war. Die Sowjetunion demonstrierte damit eindrucksvoll ihre Stärke und löste in der westlichen Welt den sogenannten „Sputnikschock“ aus. Das Weltraumzeitalter begann. Doch wie entwirft man die Sputniks von heute, die die Fußball-WM in die ganze Welt übertragen, live und in Farbe, selbst in Full-HD-Qualität, ja sogar in 3-D? Ein Team der Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik im DLR Braunschweig arbeitet zusammen mit Raumfahrtingenieuren des DLR und der ESA an modernen Entwurfsmethodiken. – Das Ziel: ein Raumflugkörper, der, bevor er tatsächlich gebaut wird, im Computer seine Funktionalität unter Beweis stellt: ein virtueller Satellit.

Softwareentwickler bereiten den Weg für den virtuellen Satelliten

Von Volker Schaus und Philipp Fischer

Mit Sputnik 1 begann eine rasante Eroberung des Welt-raums. Flüge zum Mond, das Stationieren des Hubble Teleskops im All, die Mars Rover Missionen und die Internationale Raumstation (ISS) folgten. Unvergesslich werden auch die vielen Flüge des Space Shuttles bleiben, das wohl dieses Jahr zu seiner letzten Reise ins All abheben wird. Die Eroberung des Weltalls beschränkt sich aber nicht auf diese herausragenden Ereignisse und Missionen. Unser alltägliches Leben wurde dadurch revolutioniert. Derzeit befinden sich nahezu eintausend funktionsfähige Satelliten in erdnahen Umlaufbahnen und erfüllen die verschiedensten Aufgaben, um uns den Alltag angenehmer zu machen. Telekommunikation und Internet, Positionsbestimmungen und Navigationshilfen sind ohne moderne Satellitenverbindungen nicht denkbar.

Auch aus Wissenschaft und Forschung ist die Raumfahrt nicht mehr wegzudenken, so helfen riesengroße Erdbeobachtungssatelliten wie Envisat, Wettervorhersagen zu treffen und Klimadaten von der Erde zu sammeln. Im Vergleich zum einfachen Radiosignal von Sputnik 1 sind die Raumfahrzeuge viel komplexer geworden. Während es beim Sputnik nur darum ging, kontinuierlich ein Signal zur Erde zu senden, umrunden heute multifunktionale Satelliten die Erde. Raumsonden fliegen zu einem Asteroiden, schwenken in eine Umlaufbahn ein und finden selbstständig einen geeigneten Landeplatz. Nach dem Landen werden automatisch Materialproben genommen, die danach zurück zur Erde geschickt werden. Erst kürzlich hat die japanische Raumfahrtagentur JAXA mit der Hayabusa Mission eine solche Prozedur eindrucksvoll durchgeführt.

Vergleicht man die Raumfahrzeuge von damals und heute miteinander, fällt eines sofort auf: Kein Modul, keine Sonde, kein Satellit gleicht dem anderen. Diese Vielfältigkeit ist es, die fast jedes Raumfahrzeug zu einem Einzelstück macht. Sicherlich gibt es in der Raumfahrt, wie in allen anderen Ingenieurbereichen auch, das Bestreben, bewährte Konzepte, Bauteile und Baugruppen wiederzuverwenden. Aber dass ein System dem anderen gleicht, kommt nur selten vor (beispielsweise beim europäischen Satellitennavigationsvorhaben Galileo: Für das Galileo-Projekt werden bis zu 30 Satelliten mit gleichen Anforderungen benötigt). Die meisten Raumfahrtsysteme allerdings werden für eine ganz spezifische Mission als Einzelstück entwickelt und gebaut. Und auch wenn auf bereits weltraumqualifizierte Technologie zurückgegriffen werden kann, muss das Gesamtverhalten

des Satelliten immer wieder aufs Neue analysiert und bewertet werden. Der Qualitätsanspruch dabei ist extrem hoch, denn nach dem Start kann nur sehr bedingt korrigierend eingegriffen werden. Zwar lassen sich Fehler in der Betriebssoftware des Satelliten unter Umständen nach dem Start durch das Einspielen eines Updates korrigieren, aber Wartungsarbeiten an der Flughardware, Sensoren oder anderen Komponenten des Satelliten können nicht durchgeführt werden. Das bedeutet aufwändige Tests des Raumfahrzeugs vor dem Flug.

Der Entwurf von Raumfahrzeugen steckt – wenn man so will – in einem Dilemma: Es werden immer komplexere Systeme gefordert, die hundertprozentig funktionieren. Sie werden aber nur einmal gebaut. Was ist der Ausweg aus dieser wirtschaftlich gesehen unbefriedigenden Situation?

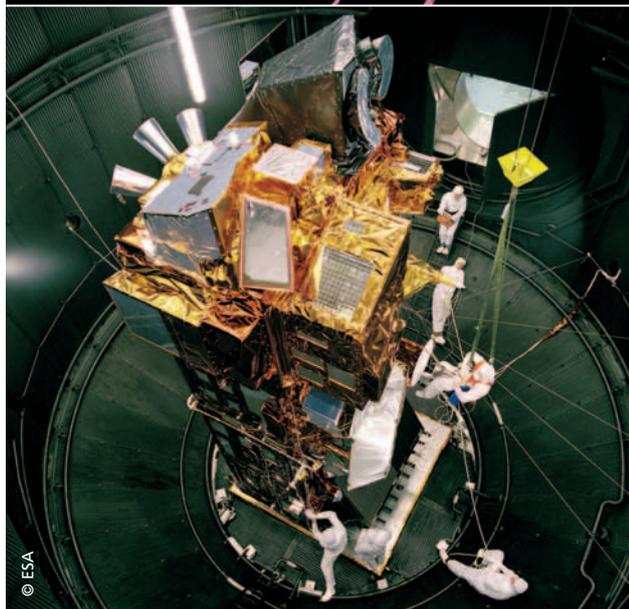
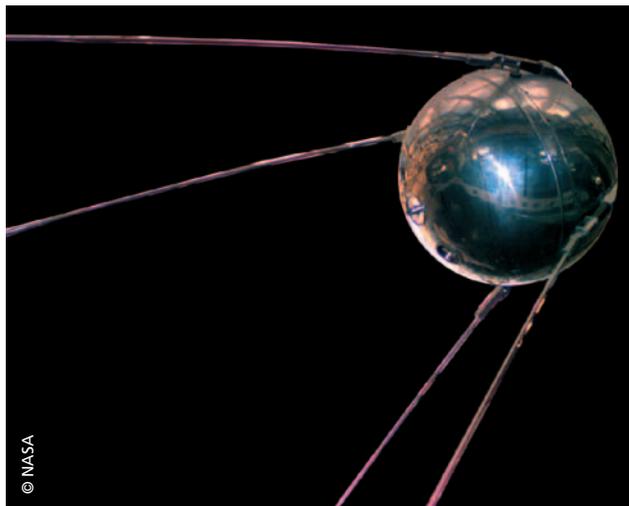
Am Anfang einer jeden Raumfahrtmission steht eine Vision, sagen wir der Wunsch, die Geheimnisse der Sonne zu lüften. Diese Idee ist zu konkretisieren. Was soll genau beobachtet werden? Von wo können die Messungen am besten durchgeführt werden? Muss ständig beobachtet werden? ... Diese typischen Fragen in den frühen Phasen der Projekte werden unter anderem am DLR-Standort Bremen diskutiert. Dazu wurden vernetzte Arbeitsplätze für eine parallele Planung geschaffen, die Concurrent Engineering Facility (CEF). Sie hilft, die Machbarkeit zu beurteilen.

Auf der Suche nach dem kleinsten gemeinsamen Nenner

Für den gemeinsamen Satellitenentwurf sind die Räumlichkeiten der CEF so gestaltet, dass eine Gruppe von Experten unterschiedlichster Fachdisziplinen direkt miteinander ihre Ideen und Vorschläge diskutiert. Durch das Zusammenspiel von Experten aus den Bereichen Orbit, Konstruktion, Kommunikation sowie Bahn- und Lageregelung ist es möglich, auf schnellem Wege technische Lösungen zu erarbeiten. Die Anforderungen einer neuen Raumfahrtmission werden so in ihrer Ganzheit und Komplexität erfasst und späteren Überraschungen nicht passfähiger Teilentwicklungen oder Nachbesserungen wird vorgebeugt. Die CEF erlaubt eine gute Kommunikation der Fachleute untereinander, den direkten Austausch mit Kollegen, das Durchsprechen von verschiedenen Möglichkeiten und das Aushandeln eines gemeinsamen Entwurfs. In der Mathematik heißt dieser Vorgang die Suche nach dem kleinsten gemeinsamen Nenner. Um beim Beispiel eines Sonnenbeobachtungssatelliten zu bleiben: Der Satellit soll die Sonne zweckmäßigerweise ständig im Visier haben, anstatt bei jedem Umlauf um die Erde in die Dunkelheit der Nacht einzutauchen, also den Erdschatten zu durchfliegen. Allerdings heizt sich der Satellit durch kontinuierliche Sonneneinstrahlung stark auf. Wird er vielleicht zu heiß? Kann er die Wärme wieder abstrahlen? Oder einigt man sich doch auf eine Umlaufbahn, bei der der Satellit den Schatten der Erde durchfliegt, dabei wieder abkühlen kann, in dieser Zeit aber die Sonne nicht beobachten wird?

Das Verhalten des ganzen Systems wird simuliert

Solche Machbarkeitsstudien dauern in der Concurrent Engineering Facility zwei bis drei Wochen und folgen einem genau definierten Prozess. Schon innerhalb dieser kurzen Zeit ist es möglich, wichtige Eckdaten eines Satelliten zu bestimmen und erste belastbare Konzepte zu entwickeln. Die Daten, die während solch einer Studie entstehen, müssen koordiniert und gesammelt werden, damit sie in der weiteren Planung für Simulationen sowie für die technische Umsetzung der Mission bereitstehen. Zu diesem Zweck entwickelt die DLR-Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik die Software „Virtueller Satellit“. Sie bietet den Ingenieuren die Möglichkeit, alle Entwurfsdaten in ein gemeinsam verwendetes Satellitendatenmodell einzupflegen. Dadurch wird die Konsistenz im Entwurf gewährleistet, da alle Experten dieselbe Datenbasis für ihre Analysen



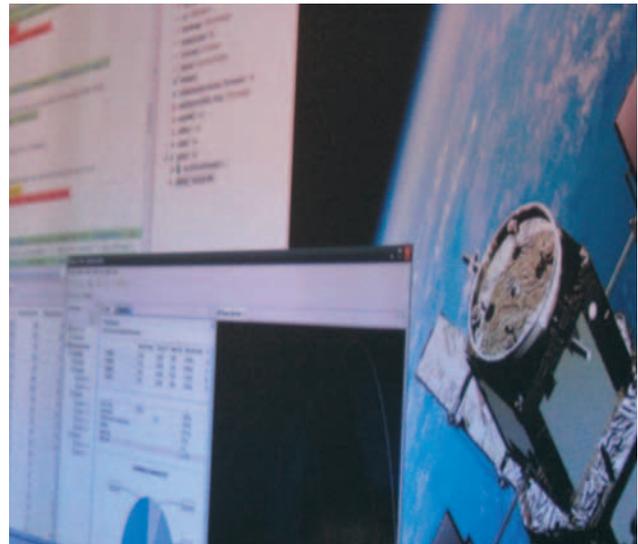
Sputnik 1 (oben, als Modell) und der Umweltsatellit Envisat (unten) im Vergleich: Zwischen dem Start des ersten Satelliten 1957 und Europas größtem Umweltsatelliten im Jahr 2002 liegen Welten. Schon das Gewicht ist ein Indiz für den Unterschied. Während Sputnik 1 lediglich 83,6 Kilogramm auf die Waage brachte, hatte Envisat ein Startgewicht von 8,2 Tonnen. Die Aufgabe von Sputnik 1: ein Signal seiner Existenz in der Erdumlaufbahn zur Erde senden. Envisats komplexe Aufgaben zur Beobachtung von Ozeanen, Landfläche, Klima, ja dem gesamten Ökosystem der Erde lassen sich damit nicht vergleichen – und auch nicht die außerordentlich vielschichtige Entwurfsarbeit für den Satelliten mit den unterschiedlichsten Messgeräten an Bord.

verwenden. Dieses Vorgehen, das Model-based System Engineering, kommt aus der Softwaretechnik. Dort wird modellgetriebene Entwicklung seit Jahren erfolgreich eingesetzt. Zunächst wird ein abstraktes Modell beschrieben, aus dem dann später eine konkrete Umsetzung in einer bestimmten Programmiersprache teilweise automatisch generiert werden kann. Dieses Vorgehen kann man auf klassische Ingenieurdomänen, wie die Raumfahrt, übertragen. Ausgehend von einem zentralen Datenmodell starten die Experten ihre speziellen Untersuchungen und Berechnungen.

Die gemeinsame Datenbasis ist auch in späteren Phasen wichtig, wenn der Entwurf sukzessive verfeinert wird. Die einzelnen Teilsysteme werden immer genauer definiert, immer mehr Entwurfsparameter werden festgelegt und zunehmend mehr Details berücksichtigt. Viele Disziplinen nutzen komplexe Modelle und Computersimulationen zur Bewertung und verwenden Spezialsoftware für ihre Analyse, beispielsweise Matlab/Simulink für die Lageregelung, CATIA für CAD-Konstruktionen, ESARAD und ESATAN für Thermalanalysen. Viele verschiedene Szenarien werden am Rechner durchgespielt. Auch hierbei soll die Software „Virtueller Satellit“ eingesetzt werden. Das übergeordnete Datenmodell bildet die Grundlage für die Modellierung der einzelnen Disziplinen. Die Simulationen wiederum liefern Ergebnisse, die ins Datenmodell zurückfließen, sich auf andere Disziplinen auswirken und den Entwurf beeinflussen. Ziel ist dann, alle Simulationen geschickt zusammenzuschalten und so das gesamte System, also den kompletten Satelliten in seinem Verhalten zu simulieren und zu bewerten. Der virtuelle Satellit entsteht.

Die Software „Virtueller Satellit“ hat ein breites Spektrum abzudecken und adressiert viele Problemstellungen im modernen Raumfahrzeugentwurf. Damit ist sie die Basis für diverse Teilprojekte. So fließen zum Beispiel die Entwicklungen für die CEF direkt in die Gesamtsoftware des virtuellen Satelliten ein. Sie ist in der Programmiersprache Java geschrieben und basiert auf der Softwareplattform Eclipse und der Remote Component Environment aus der DLR-Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik. Der Fokus liegt derzeit auf der Unterstützung der CEF-Prozesse und soll den Experten ermöglichen, Daten aus der Studie abzulegen, auszutauschen und weiterzubearbeiten. Dazu besuchen die Softwareentwickler ihre Ingenieurkollegen vor Ort, um die Anforderungen zu verstehen und in Software umzusetzen. Das Team aus Informatikern, Ingenieuren der Raumfahrt, des Computerbaus und Kollegen mit Industrieerfahrung ist dank seiner interdisziplinären Zusammensetzung in der Lage, die komplexen Aufgaben im Entwurf von Raumfahrzeugen zu erfassen und Lösungen in Form von prozessorientierter Software bereitzustellen. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der wissenschaftlichen Visualisierung. Denn für die Ingenieure ist es wichtig, ihre Problemstellung schnell visuell und grafisch aufzubereiten und dann interaktiv im Team zu verändern. Ein weiterer Aspekt ist die Darstellung großer Datenmengen, wie sie zum Beispiel bei Strukturanalysen auftreten können.

Um eine solche komplexe Software wie für den virtuellen Satelliten bereitzustellen, beschäftigt sich die DLR-Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik mit verschiedenen Teilgebieten aus dem Bereich der Softwareentwicklung und Softwaretechnik. Im Mittelpunkt des Projekts stehen diverse Open-Source-Technologien. Wichtig sind auch die modellgetriebenen Ansätze der Softwareentwicklung, bei denen der Quellcode aus abstrahierten Darstellungen automatisch generiert wird. Hier bieten die Projekte der Eclipse-Gemeinde mit ihren Modellierungswerkzeugen eine ideale Basis, um diese teilweise sehr neuen Ansätze effizient anzuwenden und dennoch eine Software mit Produktreife zu garantieren. Diese modellbasierten Ansätze spielen aber nicht nur bei der Entwicklung des „Virtuellen Satelliten“ eine Rolle. Sie stellen auch einen Forschungsbereich dar, um den modellgetriebenen Entwurf für die vernetzte parallele Planungs- und Entwicklungsarbeit im Umfeld der CEF zu nutzen. ●



Autoren:

Dipl.-Ing. Volker Schaus und Dipl.-Ing. Philipp Fischer sind wissenschaftliche Mitarbeiter in der Abteilung Software für Raumfahrtsysteme und interaktive Visualisierung der DLR-Einrichtung für Simulations- und Softwaretechnik. Volker Schaus leitet die Entwicklungsarbeiten der Software „Virtueller Satellit“ und die Arbeitsgruppe Modellierung und Simulation. Philipp Fischer koordiniert die Initiativen hinsichtlich Model-based Systems Engineering und Datenmodellierung.

Weitere Informationen:

www.DLR.de/sc/de/virtuellersatellit
www.DLR.de/sc/de/

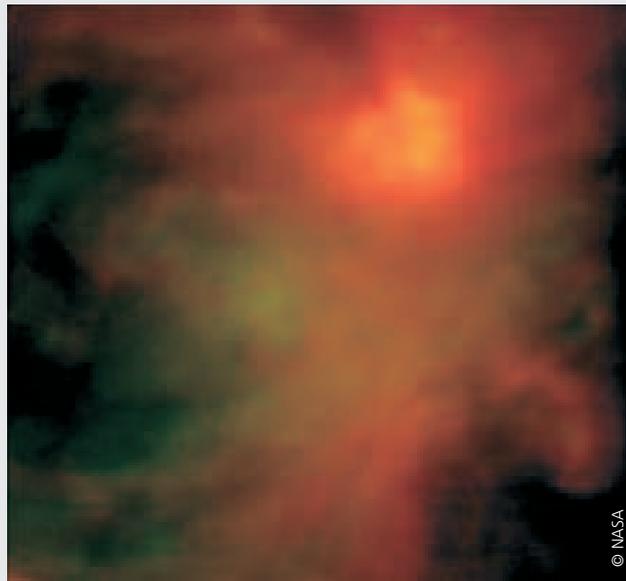
Meldungen

Fliegende Sternwarte SOFIA erkundet das Universum

SOFIA, das Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie der amerikanischen Weltraumbehörde NASA und des DLR, absolvierte seine ersten wissenschaftlichen Beobachtungsflüge.

Der Premieren-Flug zur Monatswende November/Dezember 2010 hatte gezeigt, dass das SOFIA-Observatorium sehr gut funktioniert. Das allererste Bild zeigt das Sternbild Orion, wie es mit FORCAST beobachtet wurde. Diese hochempfindliche Infrarotkamera (Faint Object InfraRed-CAMERA for the SOFIA Telescope) der Cornell University in Ithaca (US-Bundesstaat New York) kann Daten im spektralen Bereich von 5 bis 40 Mikrometern erfassen. Solche Infrarotinformationen sind von der Erde aus aufgrund des Wasserdampfs in der Atmosphäre praktisch nicht zu bekommen. Nun steht den Astronomen aus aller Welt für eine Dauer von 20 Jahren ein einmaliges und vielseitiges Werkzeug zur Verfügung, um das Universum weiter zu erkunden. Der erste Flug mit dem deutschen Instrument GREAT ist für April 2011 geplant.

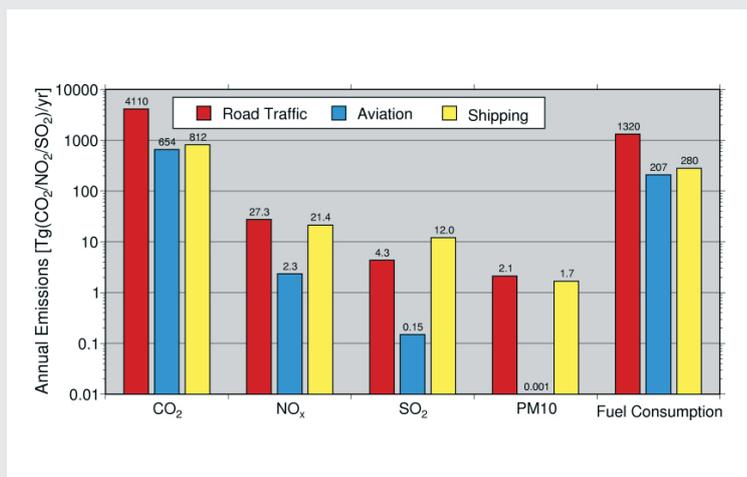
<http://s.DLR.de/3dd6>



Sternstehungsgebiet im Sternbild Orion

© NASA

SeaKLIM-Bericht: Schiffe verschmutzen die Luft erheblich



Straßenverkehr, Flugverkehr und Schiffsverkehr im Vergleich: Emissionsberechnungen von Kohlenstoffdioxid, Stickoxiden und Schwefeldioxid in Tonnen pro Jahr
Quelle: Eyring et al. 2005, American Geophysical Union

Die von Schiffen ausgestoßenen Schwebeteilchen wirken zwar der globalen Erwärmung entgegen, verschmutzen aber die Luft. Das weist der Abschlussbericht des Projekts SeaKLIM aus. Wissenschaftler des DLR-Instituts für Physik der Atmosphäre in Oberpfaffenhofen und des Instituts für Umweltphysik der Universität Bremen haben seit 2004 den Einfluss von Schiffsemissionen auf die Atmosphäre und das Klima untersucht.

Im Jahr 2000 etwa stammten rund 800 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid (CO₂) von Schiffsmotoren. Damit entlässt die internationale Schifffahrt etwa soviel CO₂-Emissionen in die Atmosphäre wie die Luftfahrt. Mit mehr als 20 Millionen Tonnen Stickoxid (NO_x) übertrifft die Schifffahrt den Luftverkehr um das Zehnfache und mit rund 12 Millionen Tonnen Schwefeldioxid (SO₂) sogar um das Hundertfache. Auswirkungen auf das Weltklima können daher nicht ausgeschlossen werden.

<http://s.DLR.de/y0t1>

DLR-Raumfahrtmanagement unter neuer Leitung

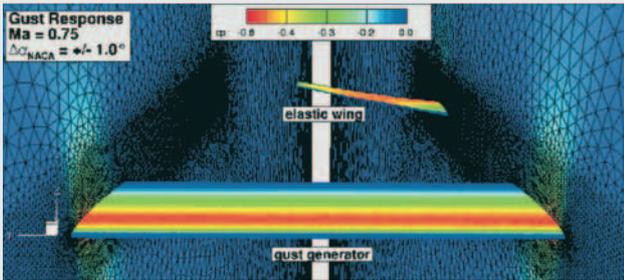
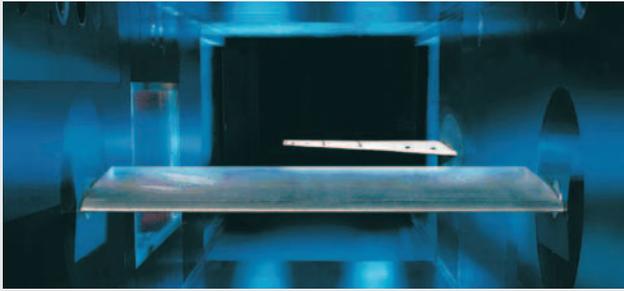
Für das DLR-Raumfahrtmanagement begann das Jahr 2011 unter neuer Leitung: Dr. Gerd Gruppe ist vom DLR-Senat einstimmig zum neuen Vorstandsmitglied berufen worden. Gruppe war zuletzt Leiter der Abteilung Innovation, Forschung, Technologie des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie. In dieser Funktion war er unter anderem für die Luft- und Raumfahrt in Bayern zuständig und maßgeblich daran beteiligt, dass das Galileo-Kontrollzentrum und ein Gründerzentrum der Europäischen Raumfahrtagentur ESA in Oberpfaffenhofen aufgebaut wurden. Zu seinen Verdiensten gehört die erfolgreich gestartete Forschungsoffensive Faserverbundtechnologien in Augsburg ebenso wie das zukunftsweisende Robotik- und Mechatronikzentrum in Oberpfaffenhofen.

<http://s.DLR.de/8rlb>



Dr. Gerd Gruppe

© Bayern-Innovativ



Windkanalexperiment und Computersimulation

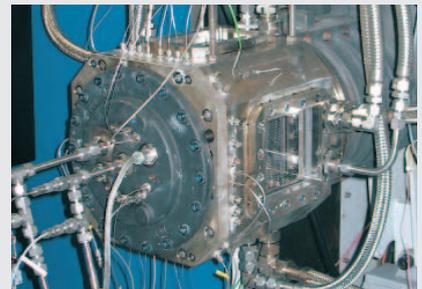
Windkanaltests für den sicheren Flug leichter Flugzeuge

Das Modell eines Flügels und Leitwerks in Leichtbauweise ist im Transsonischen Windkanal im DLR Göttingen getestet worden. Das Modell besteht aus zwei Teilen. Ein Rechteckflügel wurde im 50 Meter langen Windkanal von Luft umströmt. Dann versetzten die Wissenschaftler den Flügel in Schwingungen, wie sie auch im Flug auftreten. Der vordere Flügel des Windkanalmodells kann auch besonders starke Luftverwirbelungen erzeugen, wie sie durch Windböen entstehen. Deren Auswirkung auf den hinteren Flügel gibt wichtige Aufschlüsse über die Belastung des Flugzeugs. Mit dem Modellaufbau werden außerdem die typischen Effekte der Wechselwirkung zwischen einem Tragflügel und dem Höhenleitwerk eines Verkehrsflugzeugs untersucht. Ziel des Experiments ist die Überprüfung von Computermodellen zur Vorhersage und zur Verringerung solcher Belastungen für Flügel und Leitwerke mittels neuer Steuerflächen. Diese Computermodelle sollen dann für die Entwicklung neuer umweltfreundlicher Flugzeuge eingesetzt werden.

<http://s.DLR.de/79x5>

Mikrogasturbinen als dezentrale Kraftwerke

Wo immer neben Strom auch Wärme benötigt wird, können dezentrale Kraftwerkstechniken ihre Vorteile ausspielen. DLR-Forscher untersuchen vor allem Mikrogasturbinen. Sie zeichnen sich durch Wartungsarmut, niedrige Schadstoffemissionen und Vielseitigkeit hinsichtlich des Brennstoffs aus. Die Optimierung der Komponenten ermöglicht eine Steigerung ihres elektrischen Wirkungsgrads; in Verbindung mit einer Wärmenutzung lässt sich der Brennstoff optimal nutzen. In Zukunft soll in einem Hybridkraftwerk durch Kombination einer Mikrogasturbine mit einer Hochtemperaturbrennstoffzelle ein elektrischer Wirkungsgrad von über 60 Prozent bereits im Leistungsbereich von 50 Kilowatt Strom erreicht werden.



Die optische Brennkammer an der Mikrogasturbine

<http://s.DLR.de/su8k>



Bislang übertragen Thermoöle in Parabolrinnenkraftwerken die Wärme. Sie fließen in den Absorberrohren (dunkles Rohr links im Bild), nehmen die Wärme der Sonne auf und führen sie dem konventionellen Kraftwerksprozess zur Dampferzeugung zu. In der neuen Testanlage wird geschmolzenes Salz durch die Absorberrohre fließen.

Solarkraftwerke: Flüssiges Salz wird als Wärmeträgermedium getestet

Eine Kraftwerks-Testanlage für den Betrieb mit geschmolzenem Salz (Molten Salt) als Wärmeträgermedium wird von Siemens Energy, dem DLR und Partnern aus der deutschen Industrie in Portugal errichtet. Salz ist kostengünstiger als bisherige Wärmeträgermaterialien, außerdem kann ein Kraftwerk dadurch bei höheren Temperaturen arbeiten, wodurch der Wirkungsgrad steigt.

Über einen Zeitraum von drei Jahren soll die Anlage auf dem Gelände der Universität Evora rund 130 Kilometer südöstlich von Lissabon getestet und optimiert werden. Das DLR beteiligt sich an der Planung und konzeptionellen Auslegung der Versuchsanlage sowie der Qualifizierung des Kollektorfelds.

Ziel des Vorhabens ist es, die Wirtschaftlichkeit und die Betriebssicherheit von Parabolrinnenkraftwerken mit flüssigem Salz als Wärmeträgermedium zu untersuchen. Diese Art solarthermischer Kraftwerke konzentriert das Sonnenlicht mit Parabolspiegeln auf ein Receiverrohr, in dem sich ein Wärmeträgermedium befindet. Während in heutigen kommerziellen Parabolrinnenkraftwerken Thermoöle als Wärmeträgermedium zum Einsatz kommen, welche einen Dauereinsatz von bis zu 400 Grad Celsius erlauben, soll die Testanlage mit geschmolzenem Salz bei Temperaturen oberhalb von 500 Grad Celsius betrieben werden.

<http://s.DLR.de/4pf3>

Deutsche Raumfahrtstrategie stellt Weichen für die nächsten Jahre



Deutsche Raumfahrttechnik für die ISS: Integration des Raumtransporters ATV-2 bei Astrium in Bremen

Deutschland wird seine Raumfahrtkompetenzen weiter ausbauen, um mit deutschen Technologien im internationalen Wettbewerb zu bestehen. Dazu beschloss die Bundesregierung Ende 2010 ihre neue Raumfahrtstrategie. Sie trägt der Tatsache Rechnung, dass sich die Raumfahrt in den vergangenen Jahren vom wissenschaftlich geprägten Symbol des Technologiewettlaufs hin zu einem Instrument der Bewältigung gesellschaftlicher Probleme und globaler Herausforderungen wie beispielsweise Klimawandel und Sicherheitsvorsorge entwickelt hat. Mit dem Schaffen eines einheitlichen Rechtsrahmens und dem damit verbundenen Erarbeiten eines deutschen Raumfahrtgesetzes ist die notwendige Planungssicherheit für die kommenden Jahre verbunden. Davon ausgehend müssen sich die deutsche Raumfahrtspolitik und deren Umsetzung auf klare Ziele konzentrieren. Ein Beispiel dafür ist die Fortführung der Radartechnologie nach der erfolgreichen Mission TanDem-X zur Folge mission TanDem-L, die bereits großes internationales Interesse hervorgerufen hat.

<http://s.DLR.de/hk55>

DLR und NASA kooperieren enger und erforschen gemeinsam Klimawirkungen des Luftverkehrs und den Mond

Das DLR und die US-amerikanische Luft- und Raumfahrtbehörde NASA (National Aeronautics and Space Administration) haben ein Rahmenabkommen zur engeren Zusammenarbeit beschlossen und eine Kooperation zur gemeinsamen Erforschung des Mondes vereinbart (Lunar Science Institute Agreement). Damit gelang es, kurze Zeit nach der Veröffentlichung der neuen deutschen Raumfahrtstrategie, eines der darin formulierten strategischen Ziele, die zunehmende internationale Kooperation, mit Leben zu erfüllen.



Charles Bolden (rechts) und Johann-Dietrich Wörner unterzeichnen das Abkommen zwischen der NASA und dem DLR

Das NASA-DLR-Rahmenabkommen umfasst die Zusammenarbeit auf allen relevanten Gebieten der Luft- und Raumfahrtforschung. In der Raumfahrt stehen Erdbeobachtung und Forschung unter Weltraumbedingungen im Mittelpunkt, ebenso Raumflugbetrieb und Planetenforschung. Zudem geht es darum, Raumfahrzeuge und Forschungsplattformen gemeinsam zu entwickeln und Forschungsraketen und -ballone zusammen zu betreiben.

In der Luftfahrtforschung sind computerbasierte Simulationen sowie Klimawirkungen des Luftverkehrs angesprochen. Auf dem Gebiet der Flugführungssysteme ist eine enge Kooperation mit dem AMES Research Center der NASA geplant.

Im Fokus der Mondforschung stehen neben der weiteren Erkundung des Erdtrabanten Konzepte, um auf dem Mond Infrastrukturen zu schaffen. Dazu soll der Mond gemeinsam geologisch und physikalisch weiter erforscht werden.

<http://s.DLR.de/k1pe>

Neue Bilder vom Marsmond Phobos

Bei der letzten einer Serie von acht Begegnungen mit Marsmond Phobos erfasste die hochauflösende Stereokamera HRSC die Gesamtansicht des Marstrabanten in hoher Auflösung. Dabei flog die Sonde Mars Express der Europäischen Weltraumorganisation ESA am 9. Januar 2011 in einer Entfernung von nur 100 Kilometern an Phobos vorbei und nahm die Südhemisphäre des unregelmäßig geformten Mondes auf. DLR-Forscher planten die Aufnahmen, bei denen die Sonde mit einer Geschwindigkeit von 2,3 Kilometern in der Sekunde an Phobos vorbeiflog, und verarbeiteten die Daten. Über die Ergebnisse wird das DLR-Magazin in einer der nächsten Ausgaben ausführlich berichten.

<http://s.DLR.de/gcp6>

Galileo-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen in Betrieb

Die DLR Gesellschaft für Raumfahrtanwendungen (GfR) hat den Betrieb des Galileo-Kontrollzentrums in Oberpfaffenhofen übernommen. Sie soll den sicheren und zuverlässigen Betrieb der 18 Galileo-Satelliten gewährleisten, die ab August 2011 nacheinander in die Umlaufbahn gebracht werden. Zu den Aufgaben gehört es, die Atomuhren an Bord der Satelliten zu synchronisieren und die Bahnen der Satelliten genauestens zu bestimmen sowie die Navigationsnachricht zu erzeugen. Die Überwachung des Navigationsdienstes erfolgt von einem zweiten Galileo-Kontrollzentrum in Italien aus.

<http://s.DLR.de/j14j>



Das Galileo-Kontrollzentrum im DLR in Oberpfaffenhofen

WISSENSCHAFT AUF DER BÜHNE

www.scienceslam.de

Beim „Science Slam“ haben Nachwuchswissenschaftler zehn Minuten Zeit, um ihr Forschungsthema auf unterhaltsame und allgemeinverständliche Weise zu präsentieren. Ähnlich wie beim bekannteren „Poetry Slam“ ist das Publikum die Jury und kürt am Ende des Abends den informativsten und besten Vortrag. Wer selbst einmal zuschauen will – die Macher des „Science Slam“ sind bundesweit aktiv.

HIMMLISCHE JOBS

<http://skyfuture.de>

Junge Leute, die sich für Ausbildung oder Studium in der Luft- und Raumfahrt interessieren, finden im Internetportal Skyfuture zahlreiche Informationen. So gibt es einen Jobserver, Tipps für Praktika, Einblicke in typische Berufe und Hinweise beispielsweise auf aktuelle Jobmessen. Skyfuture ist ein Angebot der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt Lilienthal-Oberth e.V. (DGLR). Partner ist unter anderem das DLR.

RAUMFAHRTFREUNDE

www.DLR.de/facebook

Egal ob mit dem Computer oder Mobiltelefon – viele Menschen nutzen Facebook und andere soziale Netzwerke, um mit Freunden zu kommunizieren und auf spannende Web-Inhalte hingewiesen zu werden. Auf der Facebook-Seite des DLR können auch Leser des DLR-Magazins ein „Fan“ werden und sich über aktuelle Themen informieren.

BILDUNGSSPASS

www.deutsches-museum.de

Diese Seiten machen einfach Freude: Vielfalt, die einlädt, statt zu überfrachten, super Service, klare Gliederung, unaufgeregte Gestaltung und doch eine Augenweide. Momentan recht amüsant – Technik der Fünfzigerjahre. Und das Beste: Zum direkten Erleben kann man auch hingehen.

ENTSCHLÜSSELUNG

www.airlinecodes.co.uk/reglinks.asp

Eine Boeing 738? Der Flug geht nach CGN, oder doch nach EDDK? Fragen über Fragen. Doch es gibt eine Seite, die solche Rätsel löst. Die Boeing 738 ist eine 737 der Baureihe 800, CGN ist der Code für Köln-Bonn ... auch Flugzeug-Codes, Länder-Kürzel und Airport-Codes werden entschlüsselt. Eine Fundgrube für alle, die sich mit kryptisch anmutenden Kürzeln nicht mehr zufriedengeben wollen (und des Englischen mächtig sind).



Am Himmel über Braunschweig

Eine Reportage von DLR-Redakteurin Lena Fuhrmann



Die ATTAS-Crew auf dem Weg zum Flugzeug

Glossar

ATTAS	Advanced Technologies Testing Aircraft System
FHS	Flying Helicopter Simulator
ATRA	Advanced Technology Research Aircraft
ETPS	Empire Test Pilot School
WTD	Wehrtechnische Dienststelle
AFMS	Advanced Flight Management System

Kurz vor dem Start: DLR-Versuchingenieur
Waldemar Krebs schließt die Tür

Am DLR-Standort Braunschweig haben sechs Flugzeuge und zwei Hubschrauber ihre Homebase und sind für die Forschung im Einsatz. Lena Fuhrmann hat Piloten und Ingenieure einen Tag bei der Arbeit begleitet.

Montagmorgen, 9 Uhr, DLR-Flugexperimente in Braunschweig: Der Luftfahrtraum ist rappellvoll, Piloten, Ingenieure, Mechaniker und Logistiker haben sich zur Besprechung der vergangenen und kommenden Woche versammelt. Die letzte Woche war unspektakulär: Nur bei ATTAS gab es kleine Probleme mit einem Überwachungsschalter, die sich aber schnell beheben ließen. Und wie sieht die kommende Woche aus? Am heutigen Montag scheint viel los zu sein – sowohl der Eurocopter 135 FHS als auch ATTAS und ATRA werden heute fliegen. Dieses Tagesprogramm ist hier Alltag – wenn nur nicht schlechtes Wetter oder ein Fehler im Simulatorflug, der vor jedem „richtigen“ Flug erfolgen muss, der Planung einen Strich durch die Rechnung machen.

Waldemar Krebs kann heute nicht an der Runde teilnehmen – er leitet schon seine erste Instruktionsrunde, von allen hier nur Briefing genannt. In einem kleinen Raum sitzen Ian Phillis und David Lee von der Empire Test Pilot School (ETPS) aus dem englischen Boscombe Down. Phillis ist ein erfahrener Hubschraubertestpilot und unterrichtet an der ETPS, Lee ist ein Flugversuchingenieur und ebenfalls Dozent an der Testpilotschule. Das DLR verbindet eine lange Beziehung mit den Engländern: Einmal im Jahr kommen die Schüler und Lehrer nach Braunschweig, um in Simulator, Hubschrauber und Flugzeug die Veränderungen an Flugeigenschaften (variable stability) zu testen.

Phillis ist das erste Mal im DLR und wird nachher den FHS fliegen. Vorher stehen aber noch dieses eineinhalbstündige Briefing, ein Vorabflug im Simulator und weitere Instruktionen kurz vor dem tatsächlichen Flug bevor. Flugversuchingenieur Krebs wirft Folien mit Diagrammen und Bildern aus dem FHS-Cockpit an die Wand und erklärt Phillis die Funktionen des Hubschraubers. Im heutigen Flug soll der Testpilot mit dem fliegenden Hubschraubersimulator vertraut werden, damit er morgen gemeinsam mit seinen Schülern, angehenden Flugversuchingenieuren, fliegen kann. Die Schüler haben Programme zur Steuerung des Hubschraubers am Computer entwickelt, die morgen auf den FHS aufgespielt werden – Ian Phillis wird die Flugeigenschaften testen. Einer seiner Schüler sitzt dann auf dem Platz des Flugversuchingenieurs, auf dem heute Waldemar Krebs sitzt. Um 11 Uhr ist Phillis eingewiesen. Krebs zieht noch schnell seinen Overall an und dann geht es in den Hubschraubersimulator am Boden.



Waldemar Krebs im Briefing



ATRA wird auf seinen Start vorbereitet

Vor dem Flug die Simulation

Während Hubschraubertestpilot Phillis im Simulator durch die virtuelle Braunschweiger Umgebung fliegt, herrscht im ATTAS-Simulator nebenan ebenfalls geschäftiges Treiben: Wissenschaftler und Techniker fahren Computer hoch und wieder runter, starten Programme und installieren den Sidestick, den Steuerknüppel von ATTAS, im Simulator. Neben DLR-Testpilot Jens Heider sind drei Piloten der Wehrtechnischen Dienststelle 61 (WTD 61) aus Manching dabei. Es geht heute darum, ein unerwartetes Verhalten des Flugzeugs durch ein zusätzlich in die Flugsteuerungssoftware eingespieltes Programm abzufangen – daran arbeiten das DLR, die University of Leicester und die WTD seit 2006. „Wir simulieren heute mit ATTAS einen Ausfall der Hydraulik, wodurch das Flugzeug langsamer auf die Steuereingaben der Piloten reagiert. Dann aktivieren wir unser Programm und schauen, inwieweit die Steuerung wieder angenehmer für die Piloten wird. Im Prinzip machen wir ATTAS' Flugverhalten künstlich schlechter, um das dann wieder zu kompensieren“, erklärt Erprobungsleiter Oliver Brieger. Normalerweise müsste jeder der Piloten den gesamten Flugversuch am Simulator durchfliegen, das wären für jeden gute zwei Stunden. Da das Programm seinen Test am Simulator aber schon bestanden hat und damit als sicher gilt, fliegen die Piloten nur einen kleinen Teil des Programms „trocken“, bevor es in die Luft geht.

Manöver in Bodennähe

Der aktive Sidestick des fliegenden Hubschraubersimulators bewegt sich von links nach rechts und von oben nach unten, bis auf einem Display die magische Zahl 100 aufleuchtet. „Sidestick: checked“, sagt Waldemar Krebs zufrieden und hakt auch diesen Punkt auf seiner Flugtestkarte ab. Der FHS hat alle Checks am Boden bestanden, Testpilot Phillis, hier Evaluation Pilot genannt, Sicherheitspilot Uwe Göhmann (Safety Pilot) und Flight Test Engineer Krebs können starten. Göhmann ist die Rückversicherung,

falls der Evaluation Pilot Probleme haben sollte – er kann innerhalb von 0,4 Sekunden per Knopfdruck die Kontrolle über den FHS übernehmen.

Kurze Zeit später dröhnt und windet es über der kleinen Wiese am Flugplatz Braunschweig. Der FHS nähert sich. Am Boden sind orangefarbene Hütchen zu einem Parcours aufgebaut. Sie sind die Orientierungspunkte, die der Pilot abfliegen muss. Dieses Manöver zur Flugeigenschaftsuntersuchung ist standardisiert. Piloten können so direkt vergleichen, wie gut sich der jeweilige Hubschrauber in seiner spezifischen Rolle fliegen lässt; ein wendiger Rettungshubschrauber fliegt sich anders als beispielsweise ein schwerer Transporthubschrauber. Phillis bewegt den aktiven Sidestick leicht nach links und hält den Hubschrauber dann knapp über dem Boden. Im Schwebeflug gleitet der Koloss über die Braunschweiger Wiese und wendet bei den einzelnen Hütchen. Waldemar Krebs blickt vom Rücksitz abwechselnd auf Phillis, seine Testkarte und das Display des FHS – es herrscht pure Konzentration, Manöver in Bodennähe sind nicht einfach zu fliegen.

ATTAS befindet sich mittlerweile in einer Höhe von 4.500 Metern – aus dem Seitenfenster sind abwechselnd der Himmel und der Boden zu sehen: Das DLR-Forschungsflugzeug kippt jeweils im Winkel von rund 30 Grad von links nach rechts und beschert den Insassen einen wackligen Flug. Was nach außer Kontrolle geraten aussieht, ist Teil seines heutigen Flugplans. Im Cockpit bewegt Stefan Ritter, sonst Eurofighter- und Phantomtestpilot, den Sidestick mit seiner linken Hand abwechselnd in beide Richtungen. Dazu murmelt er immer wieder Kommentare: „Im Roll-stop etwas langsam“ oder „Im Roll-onset auch einen leichten Delay“. Zu Deutsch bedeutet diese Bewertung, dass ATTAS sowohl bei der Links- als auch Rechtsbewegung in seiner Reaktion hinterhinkt. Ein Aufnahmegerät in ATTAS' Cockpit zeichnet alles auf, damit Ritter später seinen Bericht verfassen kann. Schreiben wäre in dieser Situation ungünstig ...



DLR-Wissenschaftler überwachen aus der Kabine das Advanced Flight Management System, kurz AFMS



ATTAS, das bewährte Multitalent unter den Flugversuchsträgern, vor dem Start



Im Cockpit des FHS: Evaluation Pilot Ian Phillis (links) und Safety Pilot Uwe Göhmann (rechts)

Bis an die Leistungsgrenze

Ritter bewegt den Stick jetzt immer schneller von links nach rechts, auch ATTAS wird schneller in seinem Schwanken, bis das Flugzeug „kapituliert“ und den Steuereingaben nicht mehr folgen kann. „Out of control“, sagt Ritter. Schließlich steht ein Platzwechsel an: Jetzt kommt Markus Rüdinger ans Steuer. Ritter steht auf und macht für seinen Kollegen Platz, während ATTAS weiterfliegt. Platzwechsel mitten im Flug? „Das ist kein Problem“, erklärt Safety Pilot Hans-Jürgen Berns schmunzelnd. „Ich übernehme solange das Steuer, dann kann der nächste die Tests durchführen.“ Der „neue“ Pilot hat seinen Platz eingenommen, die Tests können weitergehen. Rüdinger blickt angestrengt auf ein Display und versucht, mit einem kleinen Quadrat einen Kreis zu verfolgen. Der Kreis nennt sich „birdy“ und ist die letzte Testphase in diesem Flug. Der „birdy“ will nicht stillhalten, sondern springt von links nach rechts und ist auch mit einem Flugzeug, das „normal“ reagiert, schwer zu verfolgen. ATTAS' veränderte Flugsteuerung macht das Unterfangen schnell unmöglich: „Ich bin komplett aus dem Loop“, sagt Rüdinger. Will heißen: Es geht nicht mehr. Jetzt das Ganze noch mal mit dem Kompensationsprogramm, das ATTAS' Flugverhalten wieder stabilisieren soll. Und in der Tat: Die Aufgabe ist für den Piloten einfacher zu erfüllen. Nach gut zwei Stunden ist die Crew die Strecke Braunschweig-Bremen mehrmals geflogen und die Tests sind beendet. Jetzt geht es direkt ins Debriefing, wo der Flug besprochen wird.

Von der Theorie in die Praxis

Als Letzter an diesem Tag hebt ATRA ab, das größte Mitglied der DLR-Forschungsflotte. Die Crew hat die Briefings schon hinter sich und ist bereit für den Forschungsflug. Mit an Bord des modifizierten A320 ist heute ein Advanced Flight Management System (AFMS), das Bestandteil der Forschung vom DLR-Institut für Flugführung ist. Das AFMS ist eine Unterstützung für den Autopiloten – während der Autopilot das Flugzeug stabili-

siert und in eine bestimmte Richtung oder Kurve fliegen lässt, bestimmt das AFMS dabei den genauen Zeitpunkt oder den Winkel einer Kurve oder eines anderen Flugmanövers, das das Flugzeug auf seinem sekundengenau berechneten Flugweg hält. So haben es die Ingenieure am Boden zumindest ausgerechnet – sechs bis acht Flüge sollen das Programm jetzt in der Praxis testen.

Das Cockpit sieht anders aus, als es bei ATRA sonst der Fall ist – oberhalb der üblichen Anzeigeflächen im Cockpit gibt es ein zusätzliches Display, das die Routen des Flugmanagementsystems, des AFMS, abzeichnet. Der Pilot überwacht die Anzeige über den gesamten Flug und vergleicht die Daten mit denen des Flugzeugs – Abweichungen werden genau festgehalten, damit das AFMS später neu justiert werden kann. Am Ende des Projekts soll es die Steuerung im Alleingang übernehmen, der Pilot würde nur selten eingreifen. Nach 45 Minuten hat ATRA seine Aufgabe erfüllt und landet wieder auf dem Braunschweiger Forschungsflughafen. Die Sonne ist mittlerweile untergegangen und die Flugzeuge sind in der Halle untergebracht. Vor der ATRA-Crew liegt noch die Nachbesprechung des heutigen Versuchs, bevor auch sie in den Feierabend gehen kann. ●

Weitere Informationen:

www.DLR.de/FX

www.DLR.de/Forschungsflugzeuge



Mehr als nur heiße Luft

Als Franz-Josef Strauß im Juli 1959 mit seinem Spaten in den sandigen Boden der Wahner Heide stach, war das zunächst nur der Spatenstich für den Bau des Instituts für Luftstrahltriebwerke der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL). Mehr als 50 Jahre später ist aus der damals begründeten Einrichtung längst das Institut für Antriebstechnik des DLR geworden. Professor Dr. Reinhard Mönig berichtet von der aktuellen Entwicklung des von ihm geleiteten Instituts, aber auch von dessen Zukunft, in der wiederum Spaten eine Rolle spielen werden. Mit ihm sprach Michel Winand, verantwortlich für die Kommunikation am DLR-Standort Köln.



Auch Brennstoff, moderne Prüfstände und viel Erfahrung gehören zur Entwicklung neuer Triebwerke

Gespräch mit Prof. Dr. Reinhard Mönig, Leiter des DLR-Instituts für Antriebstechnik

Herr Professor Mönig, auf welchen Themengebieten forscht Ihr Institut?

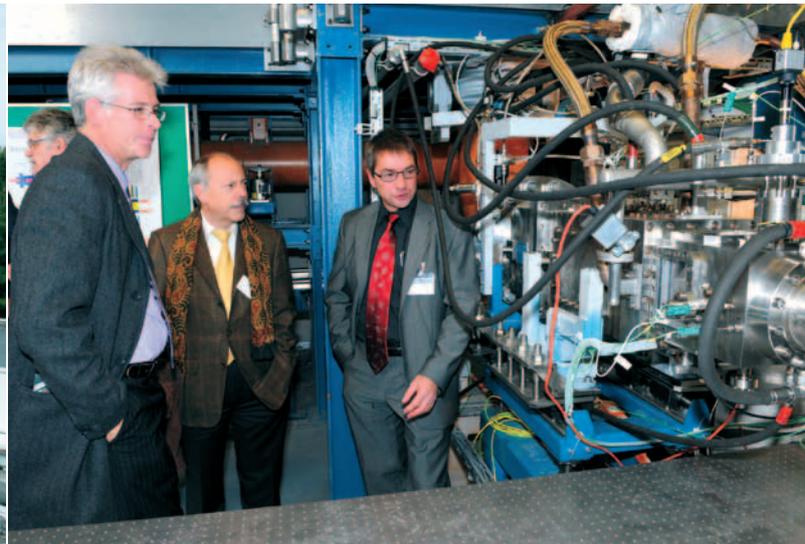
Wir wollen Flugtriebwerke verbessern, sowohl hinsichtlich ihres Treibstoffverbrauchs und der Emissionen als auch, um diese Technologien auf Kraftwerkskomponenten zu übertragen. Wir haben uns so organisiert, dass wir uns in den einzelnen Fachabteilungen des Instituts ganz gezielt mit den Hauptkomponenten eines Triebwerks – oder auch einer Kraftwerksturbine zur Stromerzeugung – beschäftigen können. Dabei schauen wir uns das komplette Triebwerk als Gesamtsystem an und versuchen, die besten Lösungen für die nächste und übernächste Triebwerksgeneration zu identifizieren. Daraus leiten wir für uns den notwendigen Forschungsbedarf ab.

Im nächsten Schritt beschäftigen wir uns dann in den einzelnen Abteilungen detaillierter mit den jeweiligen Triebwerkskomponenten. Dazu gehören lärmarme und höchst effiziente Triebwerksfans, leistungsfähige und kompakte Verdichter, schadstoffarme Brennkammern sowie Hochtemperatur-Turbinen. Diese Arbeiten werden ergänzt durch das besonders leistungsfähige Strömungsberechnungsprogramm TRACE, das wir selbst permanent weiterentwickeln und das die Basis all unserer theoretischen Forschungsarbeiten ist. Hinzu kommen die optischen Messtechniken, die speziell für unsere experimentellen Forschungsarbeiten entwickelt werden und mit denen wir fast alle Messkampagnen am Institut begleiten.

Wegen der großen Bedeutung der Lärminderung im Flugverkehr haben wir unsere Berliner Abteilung speziell auf das lärmarme Design sowie die passive und aktive Lärminderung bei Flugantrieben ausgerichtet.



Prof. Dr. Reinhard Mönig – stolz auf die einzigartigen Anlagen seines Instituts und die Fähigkeiten seiner Mitarbeiter



Reges Interesse für den neuen Brennkammerprüfstand im DLR Köln haben Wissenschaft ebenso wie Wirtschaft – hier bei der feierlichen Einweihung des HBK 1 im Herbst 2009

Das DLR-Institut für Antriebstechnik arbeitet mit internationalen Forschungs- und Industriepartnern zusammen. Weshalb kommen Firmen beispielsweise aus den USA den weiten Weg nach Deutschland, um hier im DLR ihre Versuche durchzuführen?

Zunächst einmal möchte ich festhalten, dass unsere strategischen Industriepartner allesamt in Deutschland beheimatet sind oder zumindest aus dem europäischen Umfeld kommen. Dazu zählen nahezu alle bedeutenden europäischen Triebwerkshersteller und Kraftwerksunternehmen.

Es ist aber auch richtig, dass wir zunehmend Anfragen für Forschungsprojekte und Komponententests aus Amerika, aber auch aus Fernost bekommen. Das freut uns natürlich ganz besonders, weil es uns zeigt, dass wir offensichtlich an den richtigen Themen forschen, einzigartige Anlagen und Fähigkeiten mit der dazugehörigen Infrastruktur besitzen und dass offenbar auch die Qualität unserer Arbeit überzeugt.

Die von Ihnen angesprochene Infrastruktur wird derzeit ausgebaut und modernisiert. Wie wird sich Ihr Institut in den kommenden Jahren verändern?

Wir arbeiten sehr anwendungsnah und somit auch nah am Kunden. In den letzten Jahren haben wir großen Wert darauf gelegt, die Bedürfnisse unserer strategischen Industriepartner früh zu erkennen und unsere eigene Weiterentwicklung darauf abzustimmen. Nur so können wir sicherstellen, dass wir auch in Zukunft ein bevorzugter Partner bei der Technologieentwicklung, aber auch bei der Entwicklung innovativer Produkte sein werden.

Mit unseren großen Prüfständen stoßen wir inzwischen an die Leistungsgrenzen der Luftverdichter und Luftvorwärmer. Sie sind in den meisten Fällen schon viele Jahrzehnte im Einsatz und werden nun ergänzt beziehungsweise erneuert. Das betrifft vor allem unsere großen Brennkammerprüfstände. Diese werden sowohl von der Kraftwerksindustrie als auch von den Triebwerksherstellern genutzt, um unter realistischen Bedingungen die in der Entwicklung befindlichen Komponenten bei uns auf Herz und Nieren zu testen, bevor sie dann so weit ausgereift sind, dass sie in marktfähigen Produkten zum Einsatz kommen.

Vor einigen Jahren haben wir realisiert, dass wir in der Triebwerksforschung weiterhin nur dann eine bedeutende Rolle spielen, wenn wir mit den größeren Luftmassenströmen und den höheren Temperaturen der Gasturbinen Schritt halten. Daher werden wir in den nächsten Jahren sowohl die Verdichterteistung weiter ausbauen als auch die Vorheizkapazität vergrößern. Diese brauchen wir, um die höheren Luftmassenströme auf die hohen Eintrittstemperaturen in der Brennkammer aufzuheizen, wie sie in zukünftigen Gasturbinen und Flugantrieben vorliegen werden.

Darüber hinaus haben wir auch begonnen, neue spezielle Forschungsprüfstände sowohl in Köln als auch in unseren Außenstellen in Göttingen und Berlin aufzubauen.

Wie haben Sie diese komplexe Modernisierung organisiert?

Alle diese Entwicklungen resultieren aus einer Gesamtstrategie für das Institut und aus einem Businessplan, den wir vor fünf Jahren erstmals aufgestellt haben. Wir haben uns damals zwei ganz einfache Fragen gestellt: „Wohin wollen wir uns entwickeln und was brauchen wir dafür?“ Im nächsten Schritt haben wir dann unsere Vorstellungen mit denen unserer wichtigsten Partner abgeglichen und nach Finanzierungsmöglichkeiten gesucht.

Welche neuen Möglichkeiten ergeben sich für Sie durch die modernen Prüfstände und die bessere Bereitstellung von Luft, Brennstoffen und anderen Versorgungsmedien?

Nach Abschluss der Baumaßnahmen sind die Möglichkeiten für uns schlichtweg phantastisch: Wir werden nicht nur in der Lage sein, komplette Ringbrennkammern von Flugtriebwerken bei uns zu testen, sondern wir sind auch bestens darauf vorbereitet, Kraftwerkskomponenten für nahezu alle zukünftig auftretenden Brennstoffe, einschließlich alternativer Brennstoffe, im DLR zu untersuchen. Darüber hinaus haben wir seit knapp einem Jahr einen der modernsten Prüfstände zur Entwicklung von äußerst umweltfreundlichen Triebwerksbrennkammern im Einsatz.

In etwa zwei Jahren wird einer der modernsten Prüfstände zur Untersuchung von mehrstufigen Triebwerksturbinen in Göttingen in Betrieb gehen. Damit werden wir weltweit erstmalig in

der Lage sein, die Wechselwirkungen zwischen der Brennkammer und der Turbine in einer Forschungsumgebung zu simulieren.

Als letztes Beispiel möchte ich den neuen Heißgas-Akustikprüfstand nennen, den wir zurzeit gemeinsam mit der TU Berlin in Betrieb nehmen. Zu den besonders gefürchteten Problemen von schadstoffarmen Magerbrennkammern gehören die thermakustischen Brennkammerschwingungen – das sind starke Pulsationen der Flamme, verbunden mit hohen Druckschwankungen – die in kurzer Zeit zum Versagen eines Triebwerks führen können. Wir werden diesen Prüfstand einsetzen, um akustisch dämpfende Wandelemente für Brennkammern zu entwickeln und unter realistischen Bedingungen zu erproben. Dadurch wollen wir Methoden entwickeln, um solche Schwingungen in der Brennkammer gezielt zu unterdrücken, und damit dieser besonders schadstoffarmen Verbrennung in Flugtriebwerken zum Durchbruch verhelfen.

Der Klimaschutz spielt im Bereich Energie und Verkehr eine immer größere Rolle, zugleich ist auch die Wirtschaftlichkeit ein wichtiger Faktor. Flugtriebwerke sollen im Idealfall mit alternativen Brennstoffen betrieben werden, mehr Leistung bringen, dabei weniger Brennstoff verbrauchen und auch noch leise sein. Ist es realistisch, all diesen Ansprüchen gerecht werden zu wollen?

In all dem muss kein Widerspruch liegen. Allerdings ist die Entwicklung einer neuen Produktgeneration stets ein Kompromiss. Man kann das Hauptaugenmerk auf die Emissionen legen oder auf den Primärenergieverbrauch oder auf die Schallabstrahlung, also den Fluglärm. Die alternativen Brennstoffe sehe ich dabei als das geringste Problem. Diese Brennstoffe kann man chemisch so gestalten, dass man im Verbrennungssystem des Triebwerks ein nahezu identisches Verhalten zum heutigen Kerosin erreicht. Allerdings kann man sie auch gezielt so entwickeln, dass der Schadstoffausstoß hinsichtlich unverbrannter Kohlenwasserstoffe und Ruß deutlich niedriger ist als bei Kerosin.

Zwischen Primärenergieverbrauch und CO₂-Emissionen gibt es ebenfalls einen direkten Zusammenhang. Das heißt, jede Verbrauchsreduzierung dient der Wirtschaftlichkeit, schont die Rohstoffressourcen und senkt auch den CO₂-Ausstoß.

Schwieriger wird es beim Lärm. Man kann einerseits ein Triebwerk für optimalen Verbrauch auslegen oder aber für möglichst niedrige Schallemissionen. Wenn man sich für den optimalen Verbrauch entscheidet, so führt dies nach heutigem Kenntnisstand zu großen offenen, gegenläufigen Rotoren. Wir wissen, dass diese nicht so leise sein werden wie konventionelle Triebwerke.

Was wird sich Ihrer Meinung nach durchsetzen? Das ummantelte Triebwerk oder der offene, gegenläufige Rotor?

Das ist derzeit eine der spannendsten Fragen. Ich wage da keine Prognose, da ist einfach noch zu vieles im Fluss.

Wie werden sich die Triebwerke und Turbinen in Zukunft verändern und welchen Anteil wird das DLR daran haben?

Abgesehen von den Fragen der Triebwerksarchitektur gibt es ganz eindeutige Entwicklungen: Egal für welchen Triebwerkstyp man sich letztendlich entscheidet, die Verbrauchsminimierung wie auch die Lärmreduzierung werden ganz wichtige Ziele sein. Um das zu erreichen, brauchen wir hochgenaue Simulationsverfahren und ausgeklügelte Optimierungsalgorithmen im Auslegungsprozess. In beiden Fällen arbeiten wir auch sehr eng mit der Industrie zusammen.

Die bei uns entwickelten Algorithmen werden schon heute in der Produktentwicklung an zentraler Stelle eingesetzt. Die da-

Institut für Antriebstechnik

Das DLR-Institut beschäftigt an den Standorten Köln, Göttingen und Berlin insgesamt rund 170 Personen, die in acht Abteilungen folgende große Themen erforschen:

Brennkammer

Brennkammertest

Fan und Verdichter

Numerische Methoden

Triebwerk

Triebwerksakustik

Triebwerksmesstechnik

Turbine

mit ausgelegten Komponenten zählen weltweit zu den besten, die jemals realisiert wurden. Auch wenn nicht auf einer gesamten Komponente das Siegel „Made by DLR“ steht, so sind es doch die vielen Details und Erkenntnisse, zu denen unser Institut beiträgt und über die wir mithelfen, die Triebwerke ständig sparsamer, leiser und auch zuverlässiger zu machen.

Darüber hinaus ist eine Weiterentwicklung nicht denkbar ohne deutliche Fortschritte in der Werkstofftechnologie. Nur durch entsprechende Leichtbauwerkstoffe können die Triebwerke in den optimalen Größen gebaut werden, ohne dass das Gewicht zu hoch wird.

Zudem brauchen wir Weiterentwicklungen hinsichtlich der Hochtemperaturwerkstoffe und der zulässigen mechanischen Beanspruchungen. Dabei geht es darum, die Heißgastemperaturen in Brennkammer und Turbine weiter zu steigern, da dies den Wirkungsgrad erhöht und damit eine Verbrauchsreduzierung bewirkt. Eine erhöhte Leistungsdichte führt zu höheren Drehzahlen und damit zu höheren Fliehkraftbeanspruchungen. Überall dort bewegen wir uns derzeit an den technologischen Grenzen. Weitere Fortschritte sind nur dann möglich, wenn die Werkstofftechnologie dafür die Voraussetzungen schafft. Daher arbeiten wir bei diesen Fragestellungen sehr eng mit den DLR-Instituten für Werkstoff-Forschung sowie Bauweisen- und Konstruktionsforschung zusammen.

Vielen Dank für das Gespräch, Herr Professor Mönig. ●

Weitere Informationen:
www.DLR.de/AT

ire / Départ



Gleis Platform/Voie

Ziel Destination

Ziel Destination	Gleis	Platform/Voie
München Hbf	6	g -etwa 1 Stunde
Stendal	4	ienenersatzverk
Interlaken Ost	6	später -etwa 10
Berlin Ostbahnhof	7	
Herzberg (Harz)	2	
Leipzig Hbf	7	g -umgekehrte W
Hildesheim Hbf	4	
Rheine	5	
Magdeburg Hbf	8	latz -Schienener
Bad Harzburg	2	

verkehr für die RB Braunschweig-Helmstedt,
eig-Wolfsburg. Bitte Aushänge beachten!

Prognose für mehr Pünktlichkeit

„Wegen Verzögerungen im Betriebsablauf verkehrt der Zug heute mit voraussichtlich zwanzig Minuten Verspätung“ – ein Szenario, das viele Fahrgäste im alltäglichen Bahnverkehr erleben. Häufige Ursache für verspätete Züge sind Störungen in der Eisenbahnleit- und Sicherungstechnik (LST), also bei Signalen, Weichen und Bahnübergängen. Oft sind diese überaltert, Instandhaltung und Neuanschaffung jedoch sind teuer. Im Institut für Verkehrssystemtechnik des DLR in Braunschweig arbeiten Wissenschaftler daran, die LST wirtschaftlicher und zuverlässiger zu machen – um damit die Verspätungen zu reduzieren.

Forschung für effizientere Eisenbahnleit- und Sicherungstechnik

Von Jonathan Focke

Schienenverkehr existiert in Deutschland seit 175 Jahren. Seit ihren Anfängen hat sich die Eisenbahn zu einem Hochleistungstransportmittel entwickelt. Zudem ist sie das sicherste Verkehrsmittel der Welt, betrachtet man die Zahl der bei Unfällen getöteten Passagiere pro Passagierkilometer und Passagierfahrstunde. „Basis für diese Sicherheit ist eine komplexe und hoch spezialisierte Leit- und Sicherungstechnik“, erklärt Thomas Böhm, einer der Wissenschaftler vom DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik, Abteilung Bahnsysteme. Das richtige Stellen von Signalen und Weichen sowie die Sicherung von Bahnübergängen entlang der Strecke sorgen dafür, dass Züge kollisionsfrei fahren. Diese Arbeit übernehmen Stellwerke, die entweder lokal oder von einer zentralen Stelle aus bedient werden.

Dreiklang von Entwicklung, Anschaffung und Betrieb

„Die LST arbeitet sicher im Hintergrund“, erklärt Florian Brinkmann, der sich wie Böhm in der Abteilung Bahnsysteme mit dem Thema „Life Cycle Management“ befasst. „Fahrgäste bemerken sie erst, wenn es eine Störung gibt.“ In dreißig Prozent der Störfälle im Bahnverkehr, die zu Verspätungen führen, ist die LST die Störungsursache. Schuld daran ist oft das hohe Alter vieler Anlagen. Zunehmend überschreiten Signalanlagen und Weichenantriebe ihre geplante Lebensdauer. Um den Bahnbetrieb aufrechtzuerhalten und seine Leistungsfähigkeit sicherzustellen, müssen diese Anlagen instand gehalten und im Bedarfsfall durch neue ersetzt werden. Momentan ist der Bedarf an Instandhaltung und Neuanschaffungen zu hoch, um überall rasch Abhilfe zu schaffen. „Das Problem lässt sich nur lösen, wenn es gelingt, die Kosten für Leit- und Sicherungstechnik gleichermaßen in der Entwicklung, der Anschaffung und im Betrieb zu senken“, sagt Bärbel Jäger, Leiterin der Abteilung Bahnsysteme.

Wie sich dieser Lebenszyklus von LST-Anlagen – von der Entwicklung bis zum Einsatz im Schienenverkehr – ökonomisch effizienter gestalten lässt, daran arbeitet die Gruppe „Life Cycle Management“ im DLR. Schon bei der Entwicklung und Planung für neue Signalanlagen oder Weichenantriebe entscheidet sich,

wie viel Geld der Betreiber über die gesamte Lebensdauer aufbringen muss. Dabei sollte der Betreiber immer die gesamten Lebenszykluskosten bewerten. „Entscheidet man sich beispielsweise für die Anschaffung einer besonders günstigen Signalanlage“, sagt Thomas Böhm, „dann kann es passieren, dass die Betriebs- und Wartungskosten überdurchschnittlich hoch ausfallen. Bei einer Anlage mit hohen Anschaffungskosten hingegen ist unter Umständen der Betrieb günstiger, sodass die Gesamtkosten in der Summe niedriger sind.“ Aber auch die Leistungsfähigkeit einer Anlage ist entscheidend, da sie über die Einnahmen aus fahrenden Zügen bestimmt. „Je mehr Züge auf einer Strecke zuverlässig verkehren, desto mehr Personen und Güter können transportiert werden, desto höher sind demzufolge die Erlöse aus der Bereitstellung der Infrastruktur“, sagt Brinkmann. Um für den Betreiber eines Gleisnetzes das optimale Verhältnis von Kosten und Leistungsfähigkeit zu errechnen, simulieren die DLR-Wissenschaftler daher den Betrieb von unterschiedlichen Ausrüstungsvarianten.

Doch Kosteneinsparungen bei der Entwicklung neuer Anlagen wirken sich erst langfristig aus. Schließlich haben beispielsweise elektronische Stellwerke eine Lebensdauer von bis zu 25 Jahren, Relaisstellwerke noch länger. „Wenn man kurz- und mittelfristig die Kosten von LST senken und die Anlagen zuverlässiger machen will, muss man Betrieb und Wartung verbessern“, erklärt Jäger. Damit es gar nicht erst zu Verspätungen kommt, müssen sich anbahnende Störungen von Anlagen rechtzeitig erkannt werden. Bei der Deutschen Bahn werden Inspektion und Wartung nach einem festen Plan durchgeführt. Die Zeit zwischen zwei Wartungen ist so gewählt, dass Störungen eigentlich nicht auftreten sollten. „In der Realität sind solche Fristen aber zu ungenau“, sagt Brinkmann. „Es kann vorkommen, dass sich eine Weiche vor Ablauf der dreimonatigen Reinigungsfrist mit Schmutz zusetzt, weil etwa das Wetter besonders schlecht oder die Streckenbelastung übermäßig hoch war.“ In diesem Fall wächst die Wahrscheinlichkeit einer Störung, die zu Zugverspätungen führen kann. Durch häufigere Inspektionen könnten solche Störungen zwar früher erkannt werden, bei etwa 75.000 Weichen und Kreuzungen im deutschen Eisenbahnnetz wären die Personalkosten allerdings enorm.

Wissen, wie lange die Weiche fehlerfrei funktioniert

Die Lösung für das Problem: Der Zustand der Anlage soll kontinuierlich aus der Ferne überprüft werden. Möglich wären etwa Temperatursensoren oder Erschütterungssensoren an den

Weichen. Doch auch die Sensoren und Messinstrumente sind anfällig für Fehler und müssten gewartet werden. „Am besten ist es, mit wenig Messtechnik direkt an den Anlagen auszukommen und einfach auf vorhandene Daten zurückzugreifen“, erklärt Jäger. Dazu lässt sich etwa der Stromverbrauch des Weichenantriebs überprüfen, welchen man leicht ermitteln kann. Steigt er über einen charakteristischen Wert, dann stimmt etwas mit der Anlage nicht. Noch bevor der Antrieb ganz ausfällt, können ihn Techniker rechtzeitig reparieren. „Wir erstellen ein Prognosemodell für den Zustand von Eisenbahnweichen, das auf der kontinuierlichen Überwachung der Wirkleistung des Weichenantriebs basiert“, erklärt Böhm. „Für jede Weiche könnte man dann sagen, mit welcher Wahrscheinlichkeit sie innerhalb einer bestimmten Zeit ausfällt. So kann man rechtzeitig auf eine bevorstehende Störung reagieren.“

Systeme für die Überwachung gibt es bereits, doch ihre Messungen sind zu ungenau, da sie äußere Einflüsse, wie etwa das Wetter, nicht mit berücksichtigen. Eine zuverlässige Prognose ist so nicht möglich. Liegt beispielsweise viel Schnee auf einer Weiche, so benötigt der Antrieb beim Umstellen der Weiche mehr Strom als üblich, da die Weichenzungen zunächst den Schnee wegdrücken müssen. Trotz eines erhöhten Strombedarfs ist der Weichenantrieb aber völlig in Ordnung. Eine Fehlermeldung wäre also in diesem Fall falsch und der Techniker würde umsonst hinausfahren. Die Wissenschaftler wollen daher den Stromverbrauch mit Wetterdaten in der Umgebung der Weiche abgleichen. So kann man mittels des Prognosemodells erkennen, ob tatsächlich eine Störung droht oder die Änderung des Stromverbrauchs eine andere Ursache hat.

„Mit diesem System können wir die Anzahl der Ausfälle deutlich vermindern“, sagt Böhm. „Durch die kontinuierliche Zustandsdiagnose können die Inspektionen reduziert werden. Die Wartung wird dann entsprechend des Anlagenzustands durchgeführt.“ Der Betreiber des Bahnnetzes spart so Geld und die Fahrgäste kommen häufiger pünktlich an ihr Ziel. ●

Autor:

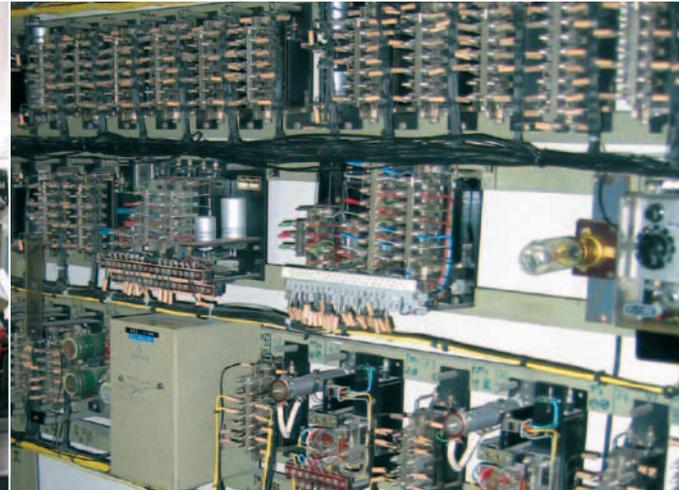
Jonathan Focke studiert Wissenschaftsjournalismus an der TU Dortmund und hospitierte zwei Monate im Bereich Kommunikation des DLR.

Weitere Informationen:

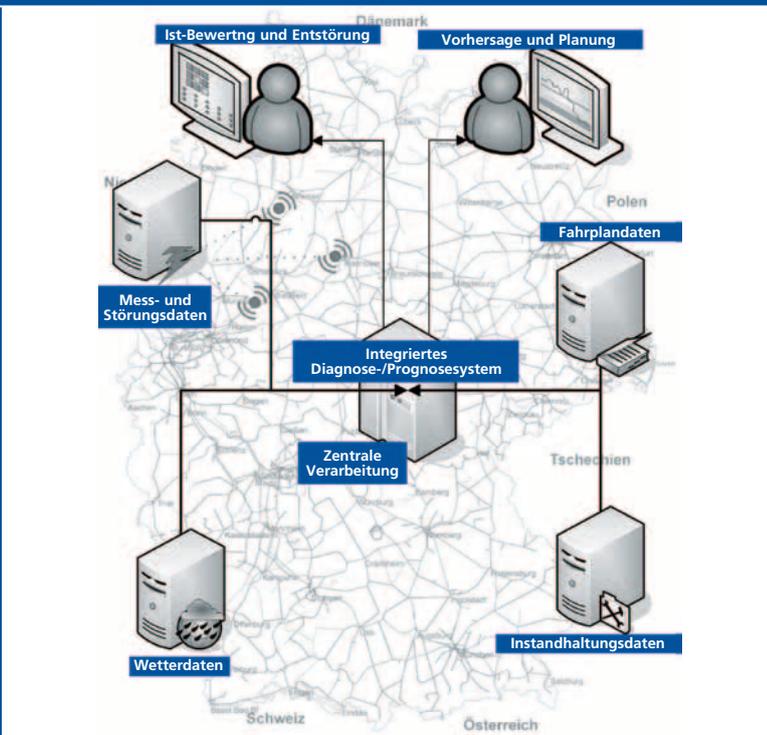
www.DLR.de/TS

Lebenszyklus im Fokus

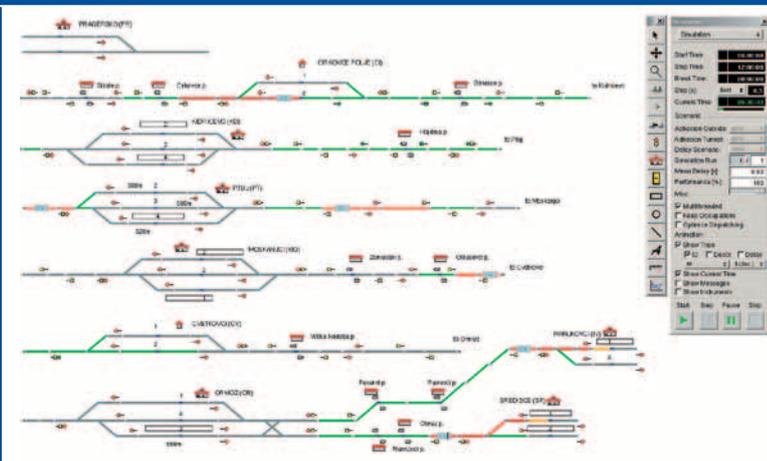
Am Institut für Verkehrssystemtechnik in Braunschweig bearbeitet die Gruppe „Life Cycle Management“ Fragestellungen zur Steigerung der ökonomischen Effizienz der Leit- und Sicherungstechnik. Die Forschungsschwerpunkte der Arbeitsgruppe orientieren sich an den wesentlichen Lebenszyklusphasen. So setzt beispielsweise ein Hebel zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit in der Entwicklungsphase an, da hier bereits durch die Systemgestaltung bis zu achtzig Prozent der Lebenszykluskosten festgelegt werden, obwohl diese erst später im Betrieb anfallen. Wichtigster Aspekt ist dabei die Systemarchitektur, deren Gestaltung Einfluss auf unterschiedliche Kostenparameter in der Betriebsphase hat. Die Forscher entwickeln deshalb Architekturkonzepte, die genau auf die ökonomischen und technischen Anforderungen des modernen Schienenverkehrs abgestimmt sind. Neue Technologien müssen mit möglichst geringem Aufwand in die bestehende Technologielandschaft integriert werden. Daher gehören für diese Phase des Lebenszyklus auch Methoden der Erstellung, Bewertung und Optimierung von Migrationsstrategien zum wissenschaftlichen Werkzeugkasten der Gruppe. Aber auch an Lösungen, die sich auf die Anschaffungsphase beziehen, wird geforscht, beispielsweise an einer integrierten Investitionsbewertung, die zur Entscheidungsfindung neben den Kosten und dem geldwerten Nutzen auch den nicht geldwerten Nutzen berücksichtigt. Bei dem Ziel einer verbesserten Wirtschaftlichkeit im Betrieb konzentriert sich die Arbeit darauf, die Instandhaltungsstrategie zu optimieren sowie Algorithmen und Modelle für eine zustandsorientierte Instandhaltung zu entwickeln. Zusätzlich zu den phasenbezogenen Forschungsschwerpunkten entwickelt die Gruppe phasenübergreifend Methoden der Lebenszykluskostenbetrachtung der LST sowie ein Konzept zum ganzheitlichen, kennzahlenbasierten Anlagenmanagement.



Das hohe Alter von Leit- und Sicherungstechnik, wie dieses über 80 Jahre alten mechanischen Stellwerks (links) oder des Relaisstellwerks mit seinen über 40 Jahren (rechts), ist häufig die Ursache für Verspätungen im Bahnverkehr



Mess- und Störungsdaten aus der Überwachung des Schienennetzes werden im zentralen System der DLR-Forscher verarbeitet. Damit wird nicht nur die aktuelle Situation bewertet, sondern vor allem eine Vorhersage für die Störungsentwicklung erstellt.



Mit Hilfe von metergenaue Betriebsimulationen – im Bild eine Strecke in Slowenien – ermitteln die Wissenschaftler die optimale Ausrüstung der Infrastruktur für die geforderte Verkehrskapazität



Weg frei für die Elektromobilität

Das Elektroauto tut sich schwer, bedeutende Marktanteile zu gewinnen. Eine der Barrieren: der Energiespeicher. Hohe Kosten und geringe Energiedichten der Batterien verhindern den Absatz großer Stückzahlen rein elektrisch angetriebener Kraftfahrzeuge. Und auch bei großen Anstrengungen in der Batterieforschung werden der massenhaften Verbreitung von Elektrofahrzeugen noch einige Steine im Weg liegen: Den gewohnten Komfort großer Reichweite, schnellen Betankens bzw. Aufladens des Fahrzeugs bei gleichzeitig geringen Kosten werden sie auf absehbare Zeit nicht bieten können. An einer Lösung arbeiten die DLR-Forscher des Instituts für Fahrzeugkonzepte in Stuttgart. Sie entwickeln den Freikolbenlineargenerator. Er soll längere Reichweiten bewirken, damit es möglich wird, die Vorteile eines Elektroautos mit den Vorzügen herkömmlicher Antriebskonzepte in einem konkurrenzfähigen Kostenrahmen zu kombinieren.

Der Freikolbenlineargenerator – ein kompakter und hocheffizienter Energiewandler für die Elektromobilität von morgen

Von Cornelius Ferrari

Wenig Verbrauch, geringe Emissionen, niedrige Kosten und das bei gleichbleibendem oder sogar höherem Komfort – das sind die Anforderungen an die Antriebe zukünftiger Fahrzeuggenerationen. Nicht umsonst ist das Thema Elektromobilität in aller Munde. Denn: Elektroautos können lokal emissionsfrei fahren. Da die Antriebsenergie aus der Batterie kommt, wird kein herkömmlicher Kraftstoff benötigt. Allerdings haben Elektroautos den Nachteil, dass die derzeit verfügbaren Batterien schwer und teuer sind, und das bei geringer Kapazität. Das hohe Gewicht hat einen höheren Energiebedarf zur Folge. Diesen mit noch mehr Batterien auszugleichen, würde wiederum allen Bestrebungen, das Gewicht und damit den Verbrauch zu reduzieren, zuwiderlaufen. Außerdem sind Elektroautos, die über Reichweiten von mehr als 50 Kilometer verfügen, momentan sehr teuer; sie benötigen außerdem zum Aufladen deutlich mehr Zeit als ein herkömmlicher Tankstopp. Also werden Konzepte gesucht, die zwar Elektromobilität mit all ihren Vorteilen ermöglichen, sie aber auch effizient und somit bezahlbar machen.

Das Freikolbenkonzept

Ein solches Konzept ist der Freikolbenlineargenerator (FKLG), der am DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte bereits seit 2003 entwickelt wird und durch zahlreiche Patente geschützt ist. Die Idee: Mit Hilfe des Freikolbenlineargenerators kann an Bord des Fahrzeugs aus beliebigen Kraftstoffen elektrische Energie erzeugt werden, die zum Antrieb genutzt wird, sobald die Batterie leer ist. Dadurch bietet dieses Konzept die Möglichkeit, die Reichweite zu erhöhen und ermöglicht ein schnelles Betanken – und das bei geringen Kosten. Das Fahrzeug kann auf kurzen Strecken (abhängig von der Größe des Energiespeichers) immer noch rein elektrisch und damit emissionsfrei betrieben werden, es werden aber ebenso längere Fahrten möglich.

Detail des Freikolbenlineargenerators. Er soll an Bord von Elektroautos Energie erzeugen und so die Reichweite der Fahrzeuge erhöhen.

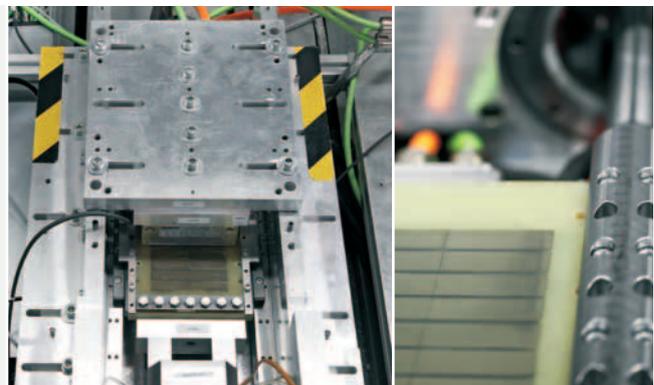


Das Gesamtsystem mit Hydraulikzylinder (orangefarben) auf dem Prüfstand: Im Vordergrund das Teilsystem Verbrennung mit Einlasskanal (rechts im Bild) und Auslasskanal (links im Bild), im Hintergrund die Teilsysteme Lineargenerator und Gasfeder. Der Hydraulikzylinder soll zunächst den sicheren Betrieb gewährleisten, um Regelungsalgorithmen für ein später selbstständig laufendes System (ohne Hydraulikzylinder) zu entwickeln.

Bei einem Freikolbenlineargenerator handelt es sich um eine besondere Ausprägung eines Freikolbenmotors. Freikolbenmotoren zeichnen sich durch eine frei schwingende Kolbeneinheit aus, wobei die Leistungsauskopplung nicht mechanisch erfolgt. Beim Freikolbenlineargenerator schwingt die Kolbeneinheit zwischen zwei Kompressionsräumen, wovon in einem ein Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet wird (Teilsystem Verbrennung) und in dem anderen Luft ausschließlich komprimiert und wieder expandiert wird (Teilsystem Gasfeder). Zwischen den beiden Kolben werden Permanentmagneten in die Kolbeneinheit integriert, die sich zwischen Spulenkörpern bewegen. Permanentmagneten und Spulenkörper bilden zusammen den Lineargenerator. Durch die entstehende lineare Bewegung kann die durch die Verbrennung zugeführte Energie im Lineargenerator elektrisch ausgekoppelt werden und dem Speicher- oder Antriebssystem zur Verfügung gestellt werden.

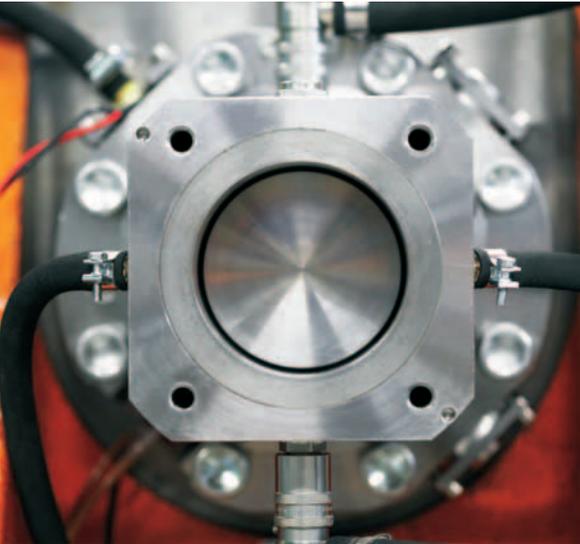
Die Systemfrequenz, mit der die Kolbeneinheit eines Freikolbenlineargenerators zwischen den Kompressionsräumen schwingt, ist vor allem von der Masse der Kolbeneinheit abhängig und kann nur geringfügig durch die Betriebsstrategie beeinflusst werden. Mit einer geringeren Kolbenmasse werden eine höhere Frequenz und damit eine höhere Leistungsdichte erreicht. Bei einer in der Serienversion angestrebten Masse der Kolbeneinheit von fünf Kilogramm ergibt sich eine Systemfrequenz von circa 50 Hertz. Durch die freie Bewegung des Kolbens und durch die Integration der Gasfeder, die zur Steuerung des Prozesses verwendet werden kann, bietet der Freikolbenlineargenerator die Möglichkeit, das Verdichtungsverhältnis, den Hub und den Verlauf der Kolbenbewegung einzustellen.

Diese Anordnung erlaubt es, hohe Wirkungsgrade auch bei geringer Last zu realisieren. Außerdem sind die Reibungsver-



Oben: Auf dem Prüfstand werden verschiedene Lagervarianten getestet, um eine hochgenaue Führung der mit Permanentmagneten besetzten Kolbeneinheit des Lineargenerators zu ermöglichen

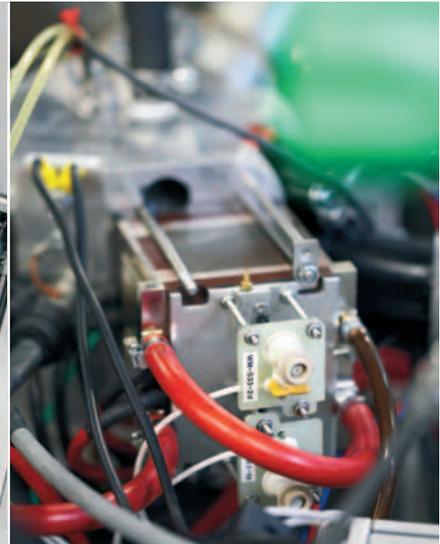
Links: Stefan Offinger, einer der Mitarbeiter am DLR-Projekt FKLG, nimmt den Prüfstand in Betrieb



In der Gasfeder wird Luft komprimiert und expandiert. Dadurch wird die Kolbenbewegung umgedreht. Zusätzlich kann durch eine Veränderung der Luftmasse in der Gasfeder das Systemverhalten beeinflusst werden.



Der Lineargenerator koppelt die durch die Verbrennung zugeführte Energie elektrisch aus. In der hier dargestellten Version können bis zu 20 Kilowatt gewonnen werden.



Die Ventile des Teilsystems Verbrennung werden elektromagnetisch angesteuert. Steuerzeiten und Ventilhubkurven sind variabel, um den Gaswechsel und den Verbrennungsprozess optimieren zu können.

luste aufgrund der linearen Bewegung und der geringen Anzahl bewegter Teile niedrig. Der Freikolbenlineargenerator zeichnet sich darüber hinaus durch seine Kompaktheit, seine voll ausgeglichenen Massenkräfte (bei zwei synchronisiert gegenläufigen Aggregaten), seine einfache Bauweise und seine niedrigen Kosten aus. Durch die mögliche Anpassung des Verdichtungsverhältnisses können unterschiedliche Kraftstoffe optimal verbrannt werden.

Vorhandene Technologien optimal eingebunden

Das Projekt FKLG am DLR begann mit Simulationen des Gesamtprozesses, um das Konzept im Hinblick auf sein Systemverhalten und seine Leistungsfähigkeit zu prüfen. Die Simulationsergebnisse bestätigten, dass der Freikolbenlineargenerator eine Energiewandlungseinheit darstellt, die bei Gesamtsystemwirkungsgraden (ausgekoppelte elektrische Energie im Verhältnis zu im Kraftstoff gespeicherter chemischer Energie) von deutlich über 35 Prozent ein großes Potenzial bietet. Diese Werte werden von alternativen Konzepten nur in wenigen Lastpunkten erreicht, nicht jedoch über einen so breiten Lastbereich. Darüber hinaus zeigten die Ergebnisse, dass die Veränderung des Verdichtungsverhältnisses und des Hubs eines der wichtigsten Kriterien ist, um gute Teillastwirkungsgrade zu erreichen. Gerade hier liegen die Stärken des FKLG.

Neben den Simulationen wurden in den letzten Jahren die Teilsysteme Gasfeder, Lineargenerator und Verbrennung entwickelt. Um diese Komponenten unter realen Freikolbenmotor-Bedingungen testen zu können, wurde eine weltweit einzigartige Hydraulikinfrastruktur geschaffen. Diese ermöglicht es, mittels eines Hydraulikzylinders die Kolbenbewegung des Freikolbenmotors zu simulieren und die Komponenten einzeln zu prüfen. Die vorgegebene Sollposition des Kolbens kann bis auf Bruchteile eines Millimeters genau geregelt werden. Diese Entwicklungsmethode wurde deshalb gewählt, weil das Gesamtsystem nur mit Kenntnis des Betriebsverhaltens der einzelnen Komponenten erfolgreich in Betrieb genommen werden kann. Hinzu kommt, dass die Kolbenbewegung prinzipbedingt frei ist, was hohe Anforderungen an das zu Grunde liegende Regelkonzept stellt. In jedem Betriebspunkt und auch in jedem

möglichen Störfall muss die implementierte Steuerungs- und Regelungsstruktur sicherstellen, dass der Betrieb stabil läuft.

Die Teilsysteme konnten in mehreren Schritten so optimiert werden, dass sie nun für die Integration in einem Freikolbenlineargenerator-Gesamtsystem geeignet sind. Die Wirkungsgrade konnten verbessert und die Zuverlässigkeit der Systeme erhöht werden. Dabei wurden am DLR bereits vorhandene Technologien optimal eingebunden – so wird im Teilsystem Gasfeder ein schnellschaltendes und hochdruckfestes Ventil verwendet, welches bisher in der Raumfahrt zum Einsatz kommt.

Nachdem die Einzelkomponenten entwickelt worden waren, konnte im letzten Jahr ein erstes Gesamtsystem erfolgreich in Betrieb genommen werden, das weiterhin von einem Hydraulikzylinder angetrieben wird. Mit Hilfe dieses Aufbaus ist es möglich, das Zusammenspiel der Komponenten zu testen und geeignete Regelungskonzepte für ein gänzlich selbstständig laufendes FKLG-Gesamtsystem zu entwickeln.

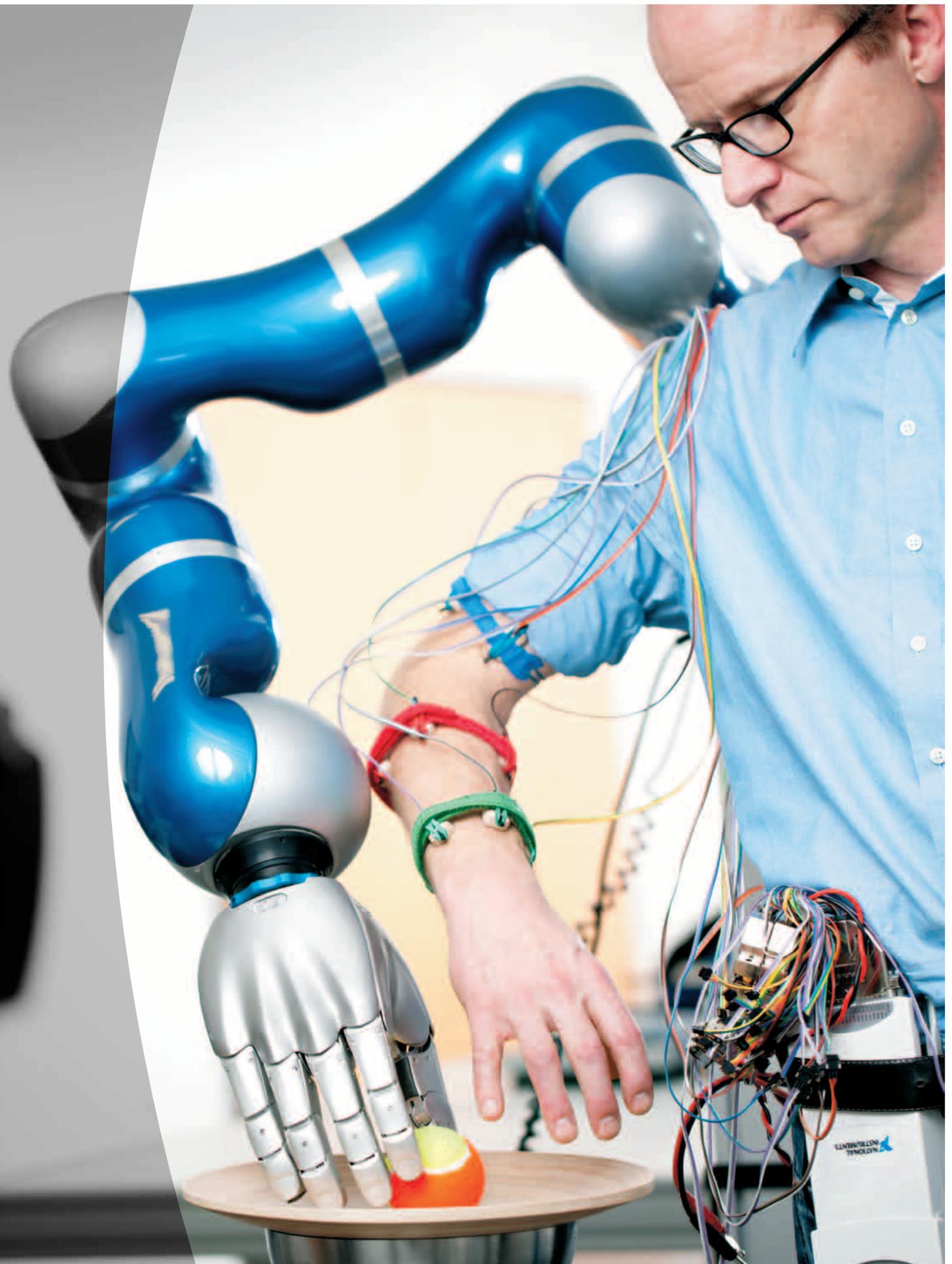
Im Jahre 2012 soll es dann soweit sein: Das erste autark lauffähige Gesamtsystem eines Freikolbenlineargenerators wird in Betrieb genommen. Hierfür sind im nun laufenden Jahr weitere Entwicklungsschritte notwendig. Das DLR-Team setzt alles daran, diese Technologie in einer weltweit einzigartigen Forschungsumgebung alsbald zu demonstrieren. Denn sie wird einen entscheidenden Beitrag zur Elektromobilität von morgen leisten. ●

Autor:

Cornelius Ferrari ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Alternative Antriebe des Instituts für Fahrzeugkonzepte in Stuttgart. Er leitet unter anderem das Projekt Freikolbenlineargenerator.

Weitere Informationen:

www.DLR.de/FK



Roboter mit Gefühl

Mehr als 650 Muskeln, dazu noch Sehnen, die diese Muskeln mit den Knochen verbinden, und eine Haut, die sensibel jeden noch so kleinen Druck registriert. Schon allein, wenn ein Mensch ganz nebenher mit Daumen und Zeigefinger etwas elegant greift, werden Robotiker neidisch. „Wenn wir herausfinden, wie die menschliche Bewegung funktioniert, können wir mit diesen Kenntnissen auch unsere Roboter verbessern“, sagt Patrick van der Smagt. Der Wissenschaftler arbeitet mit seinem Team im DLR-Institut für Robotik und Mechatronik daran, vom Menschen zu lernen. Dabei stellt sich allerdings ein großes Problem: Wie soll man herausfinden, wie zum Beispiel Muskeln und Sehnen zusammenspielen, mit welcher Kraft ein Mensch zugreift oder auch in welchen Situationen er seine Muskeln wie stark anspannt? Die Schnittstelle vom Menschen zur Technik hilft aber nicht nur Robotern auf die Sprünge, sondern kommt auch dem Menschen selbst zugute: In den USA lernt eine gelähmte Frau, über ihre Hirnströme einen Roboterarm des DLR zu steuern; Menschen mit Prothesen der nächsten Generation können in Zukunft mehr Bewegungsmöglichkeiten haben, die ihnen den Alltag erleichtern. Die Abteilung Bionik des Robotik-Instituts forscht auf vielen verschiedenen Gebieten, bei denen Technik und Mensch in Verbindung treten.

Der mühsame Weg, das Spüren zu verstehen

Von **Manuela Braun**

Patrick van der Smagt drückt seinen Zeigefinger gegen die Tischplatte. In dem Moment, da sein Finger die Oberfläche des Tisches berührt, sind in seinem Arm rund 70 Muskeln aktiv, interagieren miteinander und versteifen im richtigen Augenblick. „Ich müsste hier ganz genau verstehen, wie viel Kraft ich im Arm ausübe und welche Kraft ich auf den Finger übertrage.“ Ein normaler Roboter hätte schon bei einer solch simplen Aufgabe gründlich versagt und sich durch den Druck auf seinen Finger selbst aus dem Gleichgewicht gebracht. Patrick van der Smagt greift zum lebensgroßen Anatomie-Modell eines Arms aus Plastik, fährt mit seinem Finger die rötlichen Muskelstränge vom Ellbogen bis zur Hand entlang. Irgendwo dort im menschlichen Körper sitzen die Informationen, die den Robotikern als Vorbild dienen sollen. „Man könnte natürlich den menschlichen Arm aufschneiden und Kraftsensoren einsetzen“, sagt er und lächelt ironisch. „Nur würde der Arm dann nicht mehr funktionieren.“ Deshalb tüftelt das Team der DLR-Bionikabteilung seit 2005 daran, den Geheimnissen des menschlichen Körpers mit unterschiedlichen und neuen Methoden auf die Spur zu kommen.

Schon allein eine möglichst realistische Computersimulation der menschlichen Hand zu schaffen, stellte die Wissenschaftler bisher vor Schwierigkeiten. Deshalb ließen sie in einem Münchner Krankenhaus 50 Magnetresonanztomografien einer Hand erstellen und analysierten die Position der Knochen bei den verschiedenen Bewegungen. „Anschließend berechneten wir damit dann, wie sich die Hand bewegt“, erklärt van der Smagt. Biologe ist niemand im Team und so ist auch der Blick auf den menschlichen Körper ein anderer. Das Ergebnis zeigt

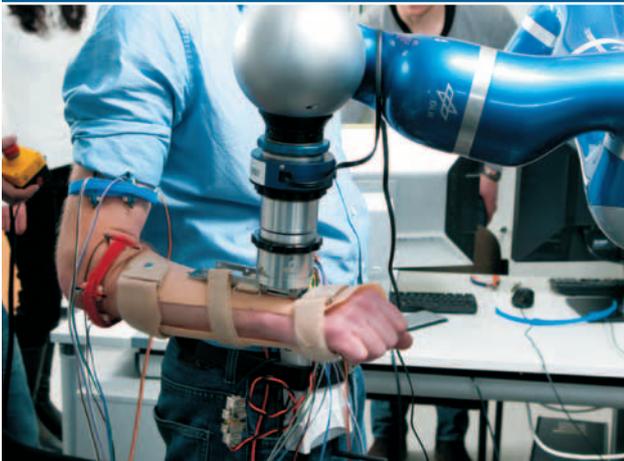
Der Mensch bestimmt, wo es langgeht, der Roboter folgt. Elektroden erfassen den Bewegungsimpuls des Menschen, dann werden entsprechende Kommandos an den Roboterarm übertragen.



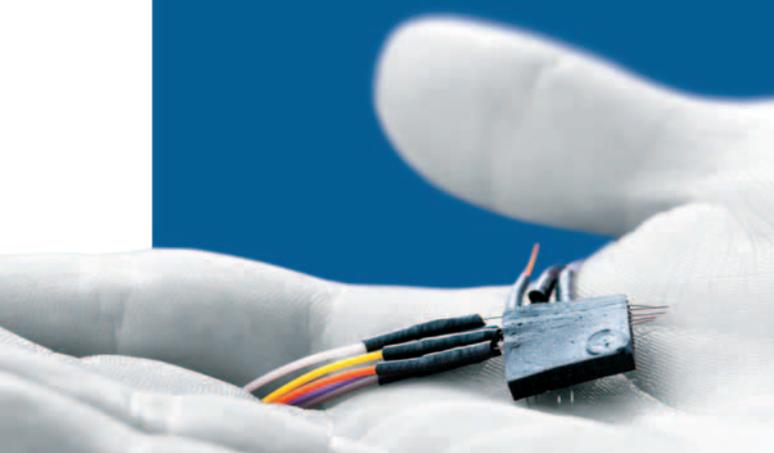
Dr. Patrick van der Smagt

Dr. Patrick van der Smagt ist am DLR-Institut für Robotik und Mechatronik Themenleiter für „Terrestrische Assistenz und Servicerobotik“ und leitet an der TU München eine Machine

Learning Gruppe. Seine früheren Arbeiten auf dem Gebiet der neuronalen Netze und Kleinhirnmodelle führten ihn zum Bedürfnis, die menschliche Beweglichkeit besser zu verstehen. Demzufolge rief der Niederländer 2005 an seinem Institut eine Bionik-Gruppe ins Leben, die sich mit diesen Themen intensiv beschäftigt. Zurzeit gehören 13 Mitarbeiter und acht Studenten zu seinem Team.



Oben: Mit Hilfe eines DLR-Leichtbauroboters wollen die Wissenschaftler die Reaktionen des menschlichen Körpers messen
Unten: Mit hochempfindlichen Sensoren übertragen sie das Fingerspitzengefühl des Menschen auf die Roboterhände



das Modell einer Hand, das schon nach Hightech aussieht: Gelenke, Rotationsachsen und Knochen zeigen, mit welchen Voraussetzungen die menschliche Hand zum Beispiel vorsichtig greifen oder kräftig zupacken kann. „Diese Genauigkeit brauchen wir, um eine optimale Roboterhand zu bauen“, sagt van der Smagt. Diese könnte später dann die menschlichen Bewegungen kopieren.

Bisher wurden beim Bau von Roboterhänden meistens Bewegungen wie die Krümmung der Handinnenfläche oder des Daumens außen vor gelassen. Für den Einsatz an Robotern hätten menschenähnlichere Hände aber den Vorteil, dass es für die Maschine auch einfacher wird, zum Beispiel Werkzeuge zu benutzen, die für Menschen entworfen wurden. Allerdings: Der Schritt vom virtuellen Handmodell am Computer hin zur Umsetzung am Roboter ist nicht einfach. „Man kann natürlich nicht alle Erkenntnisse eins zu eins übernehmen, denn das Material ist bei Mensch und Maschine komplett anders – wir müssen also abstrahieren und abwägen, welche ‚Fehler‘, wir beim Roboter tolerieren können.“ Für die Umsetzung der Modelle in die Wirklichkeit sind dann wieder Techniker zuständig.

Feinmotorik für Roboterhände

Auch wenn es um die Steifigkeit geht, das heißt um den Widerstand, den der Mensch in seinen Muskeln bei Bedarf aufbauen kann, liegt der Roboter um Lichtjahre zurück. Der Mensch weiß intuitiv, wann er Gegendruck erzeugen und wann er in seiner Bewegung nachgiebig sein muss. Wissen, das vor allem für die Interaktion mit der Umgebung wichtig ist. „Diese Eigenschaft ist in unsere Muskeln und Sehnen eingebaut“, erklärt van der Smagt. Im Forschungslabor der Bionikabteilung befestigt er seinen Unterarm an einer Apparatur, mit der er sich an einen DLR-Leichtbauroboter koppeln kann. Mit kurzen Armbebewegungen prüft er, ob die Verbindung zwischen seinem Arm und dem Roboterarm eng genug ist. Bei jeder Bewegung, die der Roboter anschließend machen wird, reagieren die Muskeln in Patrick van der Smagts Arm mit Widerstand. Diese Aktivität wiederum messen die Bioniker, indem sie Elektroden auf der Hautoberfläche des Probanden befestigen. Die runden Elektrodenplättchen mit ihren feinen Nadeln haben die Wissenschaftler des Teams für ihre Ansprüche entwickelt – die aufgezeichneten Signale werden später Aufschluss über die Steifigkeit seines Arms geben. „Die Werte der Oberflächenmyografie sind zwar relativ grob, aber sie ermöglichen dennoch Aussagen darüber, wie beschäftigt der Muskel ist, während der Roboterarm vorher festgelegte Kräfte auf den menschlichen Arm überträgt.“ Das große Ziel der Bionikforscher: die Regeln aufstellen zu können, nach denen der Mensch mit Steifigkeit reagiert. „Wir haben noch so viele Fragen: Wie kann ich auf optimale Weise Energie mit der Umgebung austauschen? Wie schaffe ich es, schnelle Bewegungen zu machen? Die Antworten auf diese Fragen wollen wir qualifizieren und modellieren.“

Selbst die Haut des Menschen dient den Wissenschaftlern der Bionikabteilung als Vorbild, um ihren Robotern das Spüren beizubringen. Wer schon einmal mit kalten Händen ohne Gefühl in den Fingerspitzen eine feinmotorische Aufgabe bewältigen wollte, weiß, wie schwierig dies ist. Selbst das Anzünden eines Streichholzes an einer Reibfläche wird zum Geduldsspiel. Das Fingerspitzengefühl ist schlichtweg entscheidend für feinmotorisches Arbeiten. Schon seit mehreren Jahren forscht das Team um Patrick van der Smagt deshalb an einer „künstlichen Haut“, mit deren Hilfe Roboter fühlen können, wie stark sie zu greifen oder ob ihnen beispielsweise ein Glas aus den Händen zu rutschen droht.

Bevor aber die ersten Erfolge verbucht werden konnten, kam zunächst die Materialforschung ins Spiel: Das Material musste leitfähig, sehr dünn und dennoch sehr stabil sein. „Das war ein sehr langer Leidensweg“, erinnert sich van der Smagt.



In der Bionik gehen Mensch und Technik eine enge Verbindung ein



Um die menschliche Hand zu erforschen, werden Magnetresonanztomografien ausgewertet

Jetzt bestehen die Sensoren für die zweite Haut der Roboterhände aus weichem, elastischem Material, das mit Rußpartikeln gefüllt ist. Feine Drähte im Inneren, die mit einem 3-D-Drucker auf die Folie aufgebracht werden, messen die Veränderung des elektrischen Widerstands, wenn Druck auf den Sensor ausgeübt wird. Die künstliche Haut für eine einzelne Fingerspitze haben die Forscher mittlerweile umgesetzt. „Jetzt sind wir auf der Suche nach einer Art Handschuh für Roboterhände, damit sie so empfindlich werden wie unsere Hände.“

Verbesserte Elektroden für die Oberflächenmyografie, Roboterhände, die in ihren Bewegungen immer menschlicher werden und mit Fingerspitzengefühl an die Aufgaben herangehen, Wissen über die Aktivität der Nerven und die Übertragung von Kräften im menschlichen Körper – damit können Roboter entwickelt werden, die flexibel auf ihre Umgebung reagieren, mit Sensoren ausgestattet sind und ihre Aufgaben „intelligent“ angehen. Profitieren werden von der Bionik aber nicht nur die Roboter, sondern auch die Menschen. „Die bisherigen Prothesen sehen nur vor, dass zum Beispiel die Hand über Nervenimpulse geschlossen und geöffnet werden kann. Aber da muss mehr möglich sein“, sagt Patrick van der Smagt.

Mit den Gedanken Roboter steuern

In einer klinischen Studie analysieren die Wissenschaftler zurzeit, welche Ansprüche Prothesenträger an ihre Prothesen stellen. Empfindlichere Elektroden könnten in Zukunft die Muskelbewegungen des Prothesenträgers besser wahrnehmen, Computerprogramme diese interpretieren und in gezielte Bewegungen der optimierten mechanischen Prothesen umsetzen. Auch eine Rückmeldung, mit welcher Kraft die Handprothese etwas berührt, soll an den Patienten gegeben werden – auf einem sehr ungewöhnlichen Weg: „Die Zehen haben eine ähnliche Dichte an taktilen Sensoren wie die Hände“, erklärt Patrick van der Smagt. „Also kann man über die Zehen auch vermitteln, was die Roboterhand spürt.“ Die Impulse, die an der Handprothese mit künstlicher Haut wahrgenommen werden, könnte eine Apparatur am Fuß auf die Zehen übertragen. „Die Information käme allerdings ein wenig zeitverzögert im Hirn an: Die Übertragung vom Daumen zum Hirn benötigt 50 Millisekunden, die vom Zeh zum Hirn etwa doppelt so lange.“ Das menschliche Hirn könne sich aber durchaus darauf umstellen, Fingerspitzengefühle über die Zehennerven vermittelt zu bekommen. „Noch ist das aber ein wenig ein Schuss ins Dunkle“, räumt van der Smagt ein. Doch die Studie dazu läuft bereits.

Auch eine querschnittsgelähmte Frau in den USA profitiert vom Lernprozess zwischen Mensch und Technik. In ihrem Hirn, direkt in den Motor Kortex, wurde eine Elektrode implantiert, die ihre Nervensignale misst und an einen Computer übermittelt. Zunächst beobachtete sie einige Minuten lang die Bewegungen des DLR-Roboterarms und vollzog diese Bewegungsabläufe gedanklich mit. Nachdem zwischen ihren neuronalen Signalen und der Aktivität des Roboters auf diese Weise eine Entsprechung erzeugt wurde, konnte die Probandin den DLR-Roboterarm selbstständig mit ihren „Gedanken“ steuern. Ihre gemessenen Nervensignale wurden in Echtzeit über ein vom DLR entwickeltes Programm zu Kommandos umgerechnet – und der Roboterarm griff wie von ihr befohlen zum Wasserglas. „Das gemeinsame Forschungsprojekt mit der Brown University steckt noch in den Kinderschuhen. Noch funktioniert alles eingeschränkt und ist auch von der Tagesform der Probandin abhängig“, erklärt Patrick van der Smagt. Die Funktionsweisen des menschlichen Körpers lassen sich eben nur Schritt für Schritt entschlüsseln und für die Forschung verwenden.

„Unsere Art des wissenschaftlichen Herangehens ist meistens nicht die zielgerichtete Problemlösung von Aufgaben“, sagt Patrick van der Smagt. Viele Theorien erweisen sich in der Praxis als nicht ausreichend – „und müssen über Bord geworfen werden“. Der Wissenschaftler zuckt mit den Schultern. Dafür lernen die Bioniker mit jedem Experiment Neues hinzu. „Es ist vor allem wichtig, zunächst einmal das Basiswissen aufzubauen.“ Das Basiswissen darüber, wie das Optimum funktioniert: der Mensch. ●

Autorin:

Manuela Braun ist Fachredakteurin Weltraum und Online-Redakteurin in der zentralen DLR-Kommunikation.

An ihrer Seite im DLR-Institut für Robotik und Mechatronik im DLR Oberpfaffenhofen war Holger Urbanek aus der Abteilung Bionik, der die Fotos machte.

Weitere Informationen:

www.DLR.de/RM



Allein auf unsichtbaren Pfaden

„Ein Flugzeug zu erfinden, ist nichts. Es zu bauen, ein Anfang. Fliegen, das ist alles.“ So gab Otto Lilienthal seiner Begeisterung fürs Fliegen Ausdruck, für das Fliegen als Selbstzweck. Heute stehen wir vor neuen Herausforderungen: Die unschlagbaren Vorteile des Fliegens sollen in Situationen genutzt werden, die für Piloten gefährlich werden oder sie überfordern, sei es durch eine extrem lange Flugdauer oder durch Belastung mit Schadstoffen wie Rauch, Chemikalien oder Strahlung. Sehr anspruchsvoll ist auch das Fliegen zwischen Bodenhindernissen beispielsweise in Städten. Doch gerade unter solchen widrigen Bedingungen ist der Einsatz von Luftfahrzeugen eine begehrte Option: als fliegender Funkmast zur Einrichtung weit reichender Datenverbindungen oder zur Lageerkundung aus der Vogelperspektive. Oftmals stehen zur Planung derartiger Einsätze keine genauen oder aktuellen Kartendaten zur Verfügung.

Es gibt viel zu rechnen, bevor ein Hubschrauber flügge wird

Von Dr.-Ing. Gordon Strickert

Die Lösung für solche in gewissem Sinn heiklen Einsätze klingt einfach: Dann werden eben Luftfahrzeuge ohne Piloten eingesetzt, das Fliegen wird automatisiert. Im Idealfall erzeugen die Flugzeuge die Umgebungsdaten, die sie zu einer Befliegung benötigen, auch noch selbst. Damit ist der erste Schritt zum unbemannten Luftfahrzeug (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) getan. Auch für den nächsten Schritt, den Bau und die Ausstattung derartiger Fluggeräte, gibt es schon Beispiele. Die Hürde ist – und hier wiederum ist Lilienthal auch aus heutiger Sicht zuzustimmen – das Fliegen. Es muss im Falle von UAV zumindest zeitweise völlig selbstständig erfolgen. Nur so kann ein sicherer Flug in Situationen gewährleistet werden, in denen beispielsweise die Datenverbindung zur Kontrollstation abreißt oder – wie im Falle einer drohenden Kollision – einfach nicht genug Zeit für einen menschlichen Eingriff ist.

Das UAV muss also selbstständig flugfähig werden. Doch was die Natur jedem Vogel als Grundausstattung mitgibt, ist für ein Gerät nur mit erheblichem Aufwand zu entwickeln und technisch umzusetzen. Erforderlich sind zwei grundlegende Fähigkeiten: dreidimensionale Karten zu erstellen und die Flugwege automatisch zu planen. Beide Prozesse müssen in Echtzeit vom UAV selbst ausgeführt werden und präzise ineinandergreifen. Dieses Zusammenspiel beherrscht momentan weltweit kein einziges kommerzielles Fluggerät. Lediglich eine handvoll Forschungsträger – wie der unbemannte Kleinhubschrauber ARTIS des DLR Braunschweig – weist diese Fähigkeiten auf.

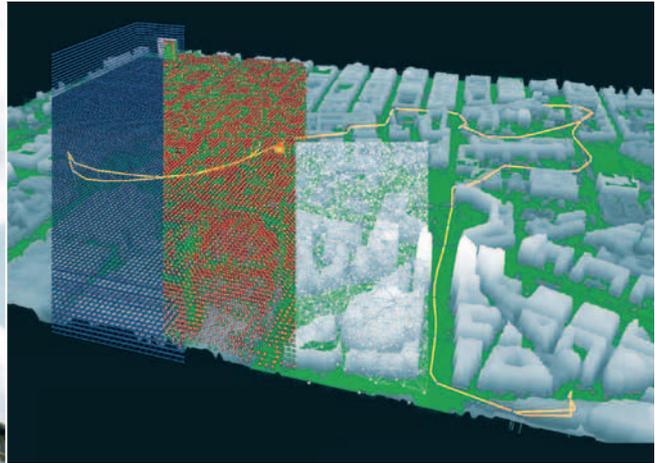
Lektion für ARTIS: ausweichen und sicher ankommen

ARTIS wurde mit einer Stereokamera ausgestattet. Sie misst die Umgebung aus und spürt Hindernisse auf. Dazu werden die Daten aus der Kamera in Echtzeit in eine sich ständig erweiternde 3-D-Landkarte der Umgebung eingetragen. Mit Hilfe der Einzelmessungen werden dann zusammenhängende Objekte berechnet und schließlich Polygone der Hindernisse erstellt. Dahinter steht eine ganze Reihe anspruchsvoller Prozesse: Sensoren sind

Der unbemannte Kleinhubschrauber ARTIS ist zur Umwelterkennung mit Laserscanner und Stereokamera ausgestattet. Dadurch findet er sich auch in unbekanntem Terrain zurecht.



Mittels einer Stereokamera werden unbekannte Hindernisse selbstständig von ARTIS erkundet und vermessen



Komplexe, dreidimensionale Wegplanung für den Flug durch Berlin-Mitte

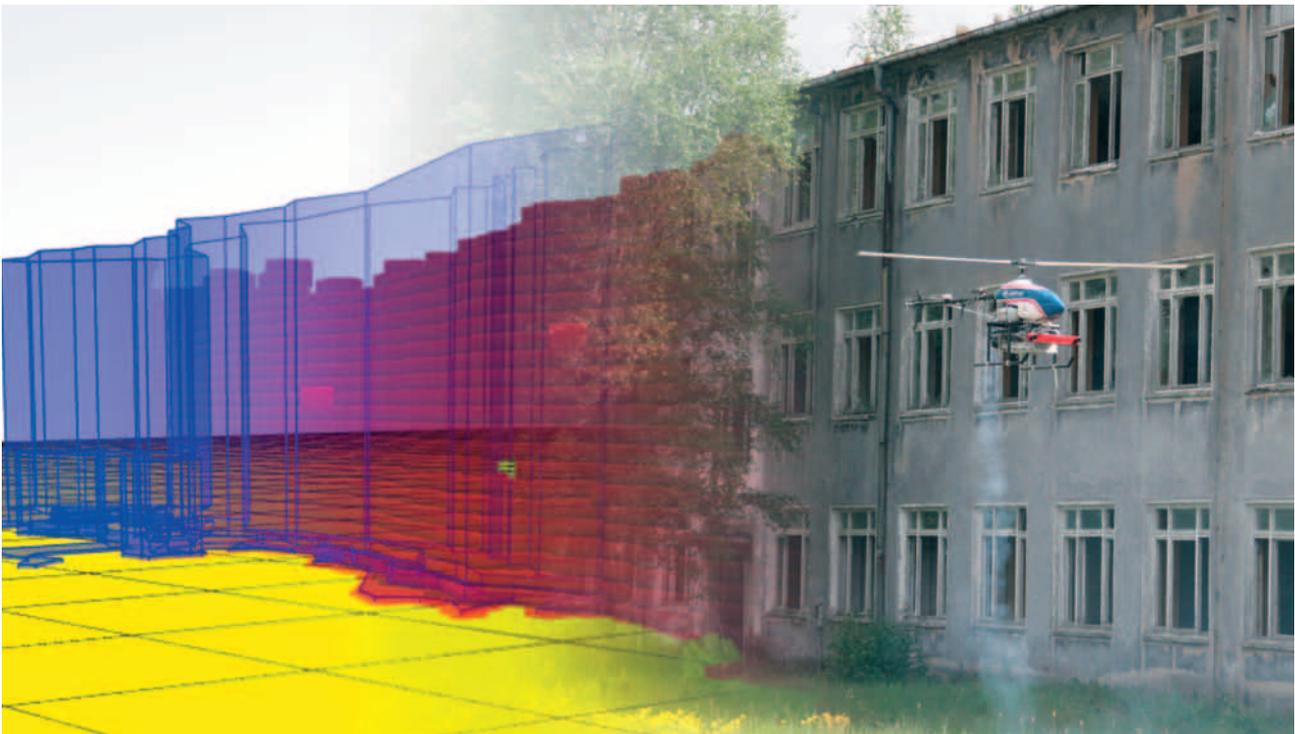
zu kalibrieren, schlanke Algorithmen für die schnelle Bildverarbeitung sind zu entwickeln und die Daten müssen verortet werden (Georeferenzierung). Doch am Ziel ist man damit noch nicht. Das Fluggerät ist jetzt zwar in der Lage, die Umwelt selbstständig wahrzunehmen, das Reagieren muss es noch lernen. Dafür bedarf es einer automatischen Wegplanung, die einerseits Hindernisse vermeidet und andererseits die Missionsziele nicht vernachlässigt.

Damit auch diese komplizierte und zeitaufwändige Aufgabe im Flug gerechnet werden kann, wenden die Braunschweiger Forscher einen Trick an: Sie überziehen die bekannte Region mit einem engmaschigen Netz fliegbarer Pfade und zwar in einem einmaligen Schritt vor Flugantritt. Das UAV folgt dann auf seinem Flug einem Pfad dieses Netzes. Detektiert nun die Kamera ein Hindernis, wird das Netz an dieser Stelle unterbrochen. Alle weiteren Netzteile bleiben bestehen und können zur

Planung eines neuen Flugpfades verwendet werden. Sobald die Ausweichroute durch einen automatischen Suchprozess identifiziert wurde, erfolgt eine Glättung des Pfades. Dabei werden unbenötigte Netzknotenpunkte entfernt und der Weg wird hinsichtlich der Flugeigenheiten eines Hubschrauber-UAV optimiert.

Simulationen schützen vor bösen Überraschungen

Der auf diese Weise erzeugte Flugpfad wird schließlich dem sogenannten Flugregler übergeben. Dieser stabilisiert das Fluggerät in der Luft und sorgt für die Einhaltung von Positions- und Geschwindigkeitskommandos. Dies muss selbstverständlich hochpräzise und dreidimensional erfolgen, damit das UAV nicht zu guter Letzt, nach erfolgreicher Hinderniserkennung und -verortung sowie der Umplanung des Flugwegs, doch noch eine Kollision erleidet.



Während der Befliegung unbekannter Orte entsteht eine Umgebungskarte, die genutzt wird, um Kollisionen zu vermeiden und Flugwege zu planen



Der unbemannte Kleinhubschrauber beim Tiefflug durch die urbane Hinderniskulisse

So opferbereit wie damals Lilienthal müssen die ARTIS-Entwickler heute nicht mehr sein: Bevor der Testträger seine Runden in der echten Welt drehen darf, vergehen etliche Wochen im Labor, in denen sich das System in einer realitätsnahen Simulation bewähren muss. Hier wird alles nachgebildet: das Wetter, der Boden, die Hindernisse, das Flugverhalten, ja selbst das Signalrauschen und die Ungenauigkeiten der verwendeten Sensoren. Das später fliegende System kann die Simulation nicht von der Wirklichkeit unterscheiden. So können viele Tests bereits vorab erfolgen, das Risiko der Entwicklung wird stark begrenzt. Das heißt nicht, dass sich ARTIS nicht auch in echten Flugversuchen bewähren muss.

Und zu guter Letzt: Fliegen!

Als abgeschlossen gilt eine Entwicklung des Instituts für Flugsystemtechnik grundsätzlich erst nach erfolgreicher Demonstration im realen Umfeld. Daher werden die entwickelten Fähigkeiten im Flugtest kontinuierlich erprobt und verbessert. In seinem Hubschrauberleben musste ARTIS bereits einige Missionen erfüllen. Angefangen hat alles mit dem automatischen Suchen und Verfolgen eines Bodenfahrzeugs, heute übersteht ARTIS bereits den Ausfall seines GPS-Systems schadlos oder durchfliegt automatisch ein Tor, dessen Position er selbst hochgenau bestimmt hat. Aktuelles Forschungshighlight ist die eingangs geschilderte Vision:

ARTIS startet in unbekanntes Terrain, findet selbstständig seinen Weg, weicht Hindernissen aus. Bei seiner Rückkehr hat er eine Umgebungskarte erzeugt, in der die gefundenen Hindernisse verzeichnet sind. Damit haben es bei folgenden Missionen auch die menschlichen Piloten leichter. ●

Autor:

Dr.-Ing. Gordon Strickert beschäftigt sich seit mehr als einem Jahrzehnt mit unbemannt fliegenden Systemen. In dieser Zeit war er Konstrukteur, Operator, Forscher, Sicherheitsbeauftragter und schließlich Nutzer dieser spannenden Luftfahrzeuge. Momentan führt er Untersuchungen zum Thema „Teaming bemannter und unbemannter Hubschrauber“ durch.

Weitere Informationen:

www.DLR.de/FT

Regionalmeldungen

Braunschweiger Windkanal offenbart verborgene Lärmquellen

Der leistungsfähigste Windkanal für Lärmmessungen ging im DLR Braunschweig in Betrieb. Er ist so leise wie kein anderer und besonders flexibel: Sowohl an Flugzeugen als auch an Autos können darin aeroakustische Messungen durchgeführt werden. Nach der Umrüstung der im Verbund Deutsch-Niederländischer Windkanäle (DNW) betriebenen Forschungsanlage können Lärmquellen und deren Emissionen besser als bisher erfasst werden, was die Basis ist, um leisere Verkehrsmittel zu konstruieren.

Während die Hauptgeräuschquellen, zum Beispiel ausgefahrene Fahrwerke, schon recht gut untersucht sind, konnten kleinere Lärmquellen, die in ihrer Summe ebenfalls eine beträchtliche Bedeutung haben, bisher nicht genau identifiziert werden. Der Grund: hoher Eigenlärm des Windkanals. Mit dem modernisierten Braunschweiger Windkanal sind solche Untersuchungen möglich. Das Gebläse verfügt dazu über Schaufeln mit einem besonderen Profil. Zudem wird der Gebläse-Lärm in einem Spezialraum um die Messstrecke herum sozusagen eingesperrt. Ein sogenanntes akustisches Plenum – ein schallschluckender Raum – absorbiert Lärm bis zu Frequenzen von 40 Kilohertz, also einem vom Menschen nicht mehr hörbaren Bereich. Das macht den Windkanal leiser und die Wissenschaftler können ihre akustischen Messungen verfeinern.

<http://s.DLR.de/c56n>



Der Niedergeschwindigkeits-Windkanal in Braunschweig



Niedersächsische DLR-Standorte unter neuer Leitung

Die DLR-Standorte Braunschweig, Göttingen und Trauen haben eine neue Leitung: Prof. Dr. Joachim Block hat zum Jahresbeginn 2011 die Nachfolge von Dietmar Smyrek angetreten, der die niedersächsischen DLR-Standorte von 2008 bis 2010 geleitet hatte. Block hatte zuvor eine Leitungsfunktion im Bereich Raumfahrt des Braunschweiger DLR-Instituts für Faserverbundleichtbau und Adaptronik inne. Nun hat er die Vertretung des DLR-Vorstands bei der Wahrnehmung der Interessen der niedersächsischen Standorte gegenüber der Politik und den ansässigen Netzwerken aus Wirtschaft und Bildung übernommen.

<http://s.DLR.de/8rlb>

Prof. Dr. Joachim Block, neuer Leiter der DLR-Standorte Braunschweig, Göttingen und Trauen

Berliner Lärmforschung interessiert die Brasilianer

Mit dem Thema Fluglärm stießen Aeroakustik-Forscher aus dem DLR Berlin in Brasilien auf reges Interesse. In einer Vortragsreihe an der Universität von Sao Paulo stellten Professor Ulf Michel (inzwischen altersbedingt aus dem DLR ausgeschieden) und Dr. Henri Siller das ganze Spektrum der Lärmforschung von den mathematischen Grundlagen bis hin zu akustischen Flugtests vor. Die deutsch-brasilianische Kooperation sieht für Frühjahr 2011 Flugtests mit einem Mikrofon-Array vor, um Schallquellen an einer neuen Maschine des brasilianischen Flugzeugherstellers Embraer zu lokalisieren.

Die Kontakte zu dem drittgrößten Flugzeugbauer der Welt (nach Boeing und Airbus) bestehen schon länger: Bereits 2003 waren am Modell Embraer 170 akustische Messungen mit einem Mikrofon-Array durchgeführt worden.

<http://s.DLR.de/gkyv>



Flug einer Boeing 747 über ein Mikrofon-Array

DLR-Fahrzeugprüfstand erweitert sein Testportfolio

Auf die steigende Nachfrage bei Entwicklern aus Forschung und Industrie nach Testmöglichkeiten für zukünftige Antriebskonzepte – darunter Brennstoffzellenfahrzeuge – hat das DLR reagiert. Nunmehr kann der Wasserstoffverbrauch von Fahrzeugen gemessen werden. Der TÜV-zertifizierte und in seiner funktionellen Vielfalt weltweit einzigartige Allradrollenprüfstand kann unterschiedliche Testbedingungen simulieren. Speziell für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge besitzt der Prüfstand des DLR-Instituts für Fahrzeugkonzepte in Stuttgart ein Alleinstellungsmerkmal: Er bietet in Europa die einzige unabhängige Zertifizierungsstelle, die den H₂-Verbrauch nach den für wasserstoffbetankte Straßenfahrzeuge erstellten Richtlinien ISO/DIS 23828-1 und SAE J2572 misst. Möglich sind damit sogenannte automatisierte gravimetrische, das heißt das Gewicht bestimmende, Wasserstoffverbrauchsmessungen.

<http://s.DLR.de/rjyh>



Brennstoffzellenfahrzeug im Stuttgarter Prüfstand

Stuttgart im Jubiläumsjahr mit „After-Work“-Angebot

Im Jubiläumsjahr 2011 startet der DLR-Standort Stuttgart eine neue Vortragsreihe. Unter dem Motto „Wissenschaft After Work“ werden monatlich aktuelle Forschungsthemen der Stuttgarter DLR-Wissenschaftler präsentiert. Vor allem Berufstätige können sich direkt nach der Arbeit bei kompakten populärwissenschaftlichen Vorträgen informieren. Die Vorträge finden an verschiedenen Veranstaltungsorten der Stadt Stuttgart statt, beispielsweise im Rathaus oder im Planetarium oder auch im DLR Stuttgart.

www.DLR.de/wissenschaft-after-work



Thomas Weik mit dem bayerischen Ministerpräsidenten Horst Seehofer (links) und dem Präsidenten des Zentralverbands des deutschen Handwerks (ZDH) Otto Kentzler (rechts) bei der Ehrung der Bundessieger des Deutschen Handwerks in Bayreuth

Bester Systemelektroniker kommt aus Stuttgart

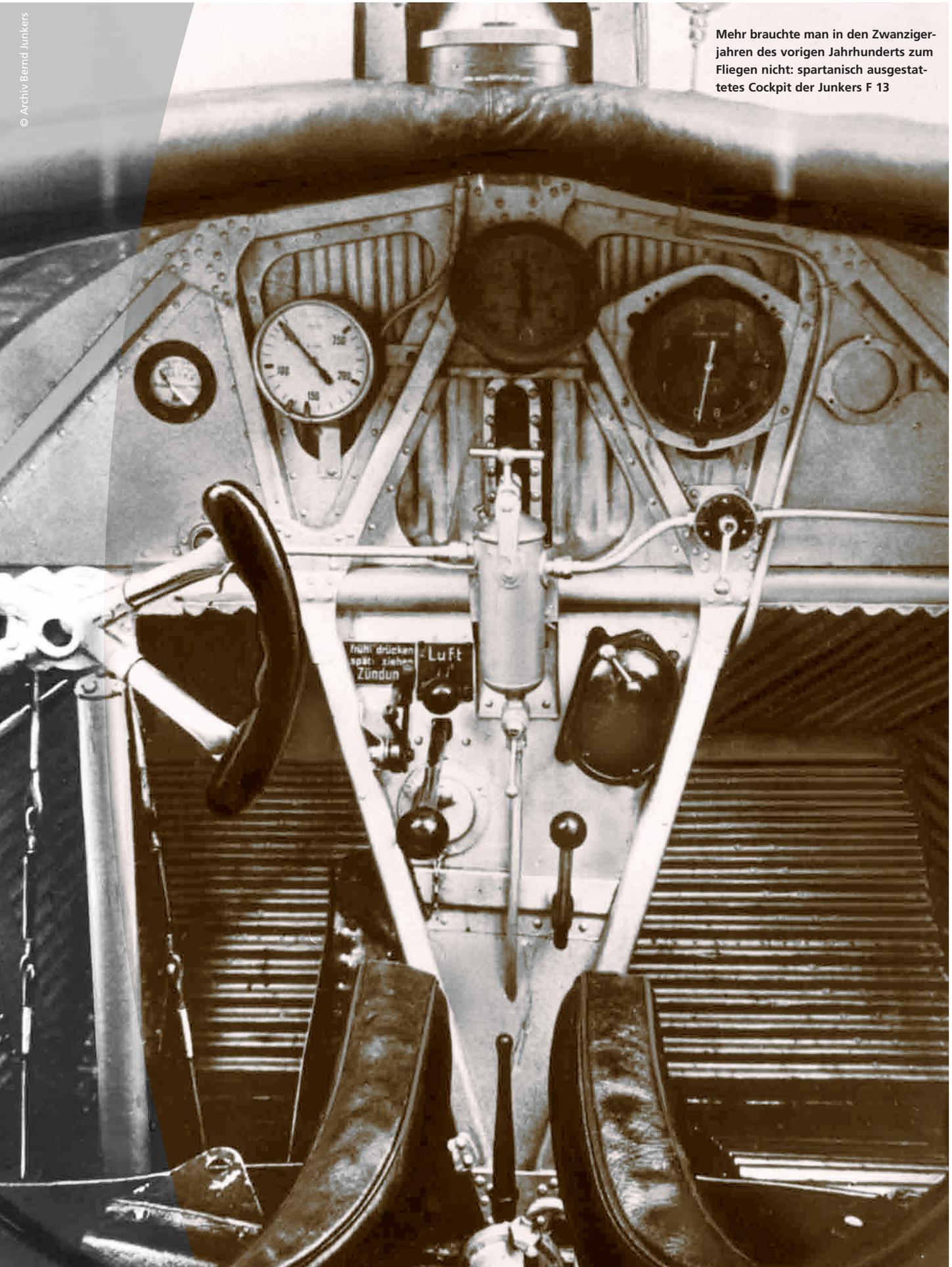
Gleich drei Auszeichnungen erhielt Thomas Weik für den erfolgreichen Abschluss seiner Ausbildung im DLR Stuttgart: Als Kammerieger der Handwerkskammer Stuttgart überzeugte er mit seinem Gesellenstück auch auf Landesebene und wurde außerdem beim Bundesleistungswettbewerb der elektro- und informationstechnischen Handwerke in Oldenburg als Bundessieger der Systemelektroniker ausgezeichnet.

Thomas Weik durchlief alle Ausbildungsstationen von der klassischen Elektrotechnik bis hin zur Mikroprozessortechnik und Informatik, einem Forschungsumfeld, das im DLR für vielfältige Fragestellungen aus Luft- und Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit große Bedeutung hat.

Das DLR bildet an all seinen Standorten derzeit in 22 verschiedenen Bildungsgängen aus. Am Standort Stuttgart ist die Ausbildung zum Feinwerkmechaniker, Systemelektroniker und Werkstoffprüfer möglich. Gemeinsam mit der Dualen Hochschule Baden-Württemberg bietet das DLR Stuttgart auch Studienplätze in den Fachrichtungen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik mit dem Abschluss Bachelor of Engineering an.

<http://s.DLR.de/7jd9>

Mehr brauchte man in den Zwanzigerjahren des vorigen Jahrhunderts zum Fliegen nicht: spartanisch ausgestattetes Cockpit der Junkers F 13



Wiedergeburt einer Legende

Es ist der 23. Juli 1933 am McConnell Lake inmitten eines hügeligen kanadischen Waldgebiets. Eine Junkers F 13, ausgestattet mit Schwimmern, schippert zum Start, an Bord der Pilot, der Mechaniker und zwei Fluggäste. Der Pilot beginnt den Startlauf, doch kurz nach dem Abheben wird das Flugzeug von einer Luftströmung nach unten gedrückt, es kommt zu einer Baumberührung, Absturz. Die Insassen kommen mit leichten Verletzungen davon, aber das Junkers-Flugzeug mit dem stolzen Namen „City of Prince George“ ist schwer beschädigt. Mit der Zeit gerät es in Vergessenheit, lediglich ein paar Trapper interessieren sich für das Wellblech-Gefährt und nehmen über die Jahre einige für sie nützliche Teile mit. Fast fünfzig Jahre später wird alles anders. 1981 kommen Mitarbeiter des Western Canada Aviation Museum in die schwer zugängliche Wildnis, um das Wrack zu bergen. 2006 schließlich gelangt das Flugzeug als Dauerleihgabe an das Deutsche Technikmuseum nach Berlin. Und es beginnt die Geschichte einer Wiederauferstehung. An ihr wird Sie das DLR-Magazin von nun an in wiederkehrenden Text- und Bildbeiträgen teilhaben lassen.

Ein Traum soll wahr werden: Die Junkers F 13 kehrt zurück in ihr Element

Von DLR-Luftfahrtredakteur Hans-Leo Richter

Jenseits der Schlagzeilen um den Airbus A380 oder den Dreamliner Boeing 787 üben Oldtimerveranstaltungen immer wieder eine große Faszination aus. Wo schließlich kann man noch einmal eine Junkers Ju 52 fliegen sehen, eine Douglas DC 3 (den legendären „Rosinenbomber“), eine Messerschmitt Me 108 oder gar den originalen Nachbau einer Bleriot? Die Restauration und fliegerische „Wiederauferstehung“ solcher Prachtstücke ist ebenso aufwändig wie teuer. So verbleiben die wichtigen luftfahrthistorischen Meilensteine nur noch in der Erinnerung, sie leben fort in Büchern und Filmen. Wer weiß heute noch, wie sich eine Junkers F 13 in die Lüfte erhebt?

Junkers F 13 – dieser Flugzeugtyp ist heute wohl nur noch Luftfahrt-Kennern ein Begriff. Dabei handelte es sich hierbei um einen Meilenstein in der Zivilluftfahrt: das weltweit erste Verkehrsflugzeug in Ganzmetallbauweise. Ein Tiefdecker mit Platz für zwei Piloten im noch offenen Führerstand – den Begriff Cockpit kannte man damals noch nicht – und einer kleinen, bereits beheizbaren Kabine für vier Passagiere. Schon dieses Flugzeug folgt der später für Junkers charakteristischen Wellblechbauweise. Der geniale Konstrukteur Hugo Junkers verwendet den neuen Werkstoff Duraluminium und wird damit zum Pionier des Flugzeugleichtbaus. Interessanter und durchaus erwünschter Nebeneffekt der Wellblechbauweise, die in erster Linie für die Steifigkeit des Tragwerks sorgen soll, ist die in Flugrichtung optimale Anströmung der Tragflügel und der Zelle.

Dieses kleine und vielseitig nutzbare Flugzeug trat alsbald einen Siegeszug durch die ganze Welt an. Der Winzlings-„Airliner“ war bald in China ebenso zu Hause wie in Russland, Nord- und Südamerika, ja selbst Australien. Insgesamt wurden etwa 350 Exemplare gebaut. Junkers modifizierte die F 13 mehrmals, auch experimentierte er mit unterschiedlichen Motoren, bis sich der hauseigene Junkers L-5 durchsetzte, ein Reihensechszylinder mit einer Startleistung von rund 310 PS. Die überaus robuste und nahezu unverwüsthche F 13 flog bis in die Dreißigerjahre, dann holte die technische Entwicklung – nicht zuletzt auch aus dem eigenen Hause – sie ein.

Eine F 13 schließlich gehörte Ende der Zwanzigerjahre auch zur Flotte der Versuchsflugzeuge der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) in Berlin-Adlershof, einer der drei Vorgängerorganisationen des heutigen DLR. Heute kann man weltweit nur noch ganz wenige Exemplare und Nachbauten in verschiedenen Museen bewundern, flugfähig davon ist allerdings kein Exemplar mehr.

Das jedoch soll sich ändern: Seit etwas mehr als einem Jahr nimmt ein ambitioniertes Projekt Gestalt an. Das Vorhaben hat mehrere Väter, aber sozusagen einen Spiritus Rector: Professor Dr. Dr. Holger Steinle, Leiter der Luftfahrtabteilung des Deutschen Technikmuseums in Berlin. Steinle ist dabei weit mehr als ein Museums-Kustos, er ist sozusagen Luftfahrt-Archäologe. Seit mehr als zwanzig Jahren reist er durch die Welt und spürt luftfahrthistorische Raritäten auf. So kann sich das Technikmuseum in Berlin heute auch mit einer Vielzahl außergewöhnlicher Flugzeuge schmücken, die so schnell kein zweites Mal aufzufinden sind. Hierzu zählen insbesondere eine Jeannin-Stahltaube von 1914, eine Raab-Katzenstein „Grasmücke“, ein Horten „Habicht“, ein Focke-Wulf „Stieglitz“ sowie demnächst eine wieder aufgebaute Focke-Wulf „Condor“.

Bescheidene Reste einer Junkers F 13 tat Steinle bereits 1994 im Jemen auf. 2006 schließlich erhielt er aus Kanada die Überreste der eingangs beschriebenen „City of Prince George“, wenn auch in einem beklagenswerten Zustand. Bei dem Absturz kurz nach dem Start war der Motor aus seiner Verankerung gerissen worden und die Heckstruktur wurde nahezu komplett zerstört. Die eigentliche Zelle im Bereich von Pilotenkanzel und Passagiererraum hingegen blieb einigermaßen intakt. Und hier setzt Holger Steinle an: „Wir haben mit der Junkers F 13 aus Kanada das große Glück, ein bedeutendes Exemplar der deutschen Luftfahrtgeschichte für unser Haus bekommen zu haben. Das wird jetzt restauriert, es soll später in Berlin und Winnipeg ausgestellt werden“. Mittlerweile wurde das Wrack, nach einer ersten Ausstellungsphase im Berliner Museum, ins ungarische Hereg verbracht, in ein kleines, auf den ersten Blick unscheinbares



Den Wiederaufbau der F 13 fest im Blick: (v. l.) Karl Bircsak, Leiter der in Ungarn ansässigen International Army History and Aviation Museum Foundation, die technische Zeichnerin Zsafia Borbely, Prof. Dr. Dr. Holger Steinle vom Deutschen Technikmuseum Berlin, Sponsor Dieter Morszeck von der Firma Rimowa, Bernd Huckenbeck, VFL Mönchengladbach, Bernd Junkers (leicht verdeckt), Enkel des Luftfahrtpioniers, und Cathrin Clemens vom Deutschen Technikmuseum Berlin bei einem Lokaltermin im ungarischen Hereg

Bilder unten: © Archiv Bernd Junkers



Dorf in der hübschen Hügellandschaft etwa 60 Kilometer nordwestlich von Budapest. Dort steht der Besucher zunächst vor gänzlich unspektakulär wirkenden, niedrigen Fabrikhallen, keine Spur von äußerer Eleganz, geschweige denn von einem markanten luftfahrtspezifischen Ambiente. Dabei befindet sich hier ein äußerst außergewöhnlicher Familienbetrieb, die International Army History and Aviation Museum Foundation, zu deutsch Internationale Stiftung für Militärgeschichte und Luftfahrtmuseum, im Ungarischen kurz Intavmuf. Seit bald 20 Jahren werden hier in perfekter Handarbeit aus scheinbar hoffnungslos verroteten Flugzeugwracks wieder ansehnliche und repräsentative, wenngleich nicht flugfähige Oldtimer. Zuletzt restaurierte die ebenso ambitionierte wie fähige Mannschaft um Karl Bircsak eine Junkers Ju 88 G-1. Zuvor hatten die Restaurateure für das Deutsche Technikmuseum bereits unter anderem eine Focke Wulf FW 44, eine Arado Ar 96 sowie den französischen Lizenzbau einer Siebel Si 204 erfolgreich wiederaufgebaut.

Und hier soll nun auch die legendäre Junkers F 13 neu aufgebaut werden. Doch nicht nur das. Projektleiter Steinle präsentiert ein geradezu visionäres Ziel: „Der Wiederaufbau der Junkers bietet uns erstmalig die Gelegenheit, auch ein weiteres Projekt anzudenken, nämlich den kompletten Neuaufbau von zwei fliegenden, originalgetreuen Junkers F 13. Bedauerlicherweise gibt es von diesem Flugzeugtyp keine Originalunterlagen mehr, in den späten Dreißigerjahren war die F 13 einfach nicht mehr interessant, vieles wurde weggeworfen. Und auch die im Hugo-Junkers-Archiv noch vorhandenen Unterlagen reichen nicht aus, um ein flugfähiges Flugzeug bauen zu können. Da bietet uns das Original aus Kanada jetzt die Möglichkeit, dass wir ableitend von den vorhandenen Originalteilen diese genau reproduzieren können. Die kanadische Maschine stammt aus dem Baujahr 1929. Dies ist also eines der späteren Modelle, bereits ausgereift, mit vielen Verbesserungen gegenüber den Anfangsexemplaren. Eine junge technische Mitarbeiterin aus dem Hereger Team hat in mühevoller Kleinarbeit aus den wenigen noch vorhandenen Originalunterlagen bislang rund 1.400 Zeichnungen erstellt, daher können wir jetzt auch diese Nachbauten starten“, berichtet Steinle begeistert.

Eines der beiden flugfähigen Exemplare wird unter der Obhut des Deutschen Technikmuseums verbleiben. „Vater“ des zweiten flugfähigen Exemplars ist Bernd Huckenbeck, Filmproduzent, Medienmanager und Luftfahrtsfreak bis in die Haarspitzen. Huckenbeck fungiert als Vorsitzender des Vereins der Freunde historischer Luftfahrzeuge (VFL), Mönchengladbach. Dieser Verein hat bereits seit mehreren Jahren eine CASA 352, den spanischen Lizenzbau der legendären Ju 52. Das Flugzeug wird von der schweizerischen „Ju Air“ betrieben und mit großem Erfolg für PR- und Publikumsflüge eingesetzt, beispielsweise bei Luftfahrtsmessen wie der Friedrichshafener AERO oder auch Flugtagen regionaler Veranstalter. Doch die CASA 352 erreicht demnächst das Ende ihrer Zulassung. Über ihren endgültigen Standort wird in diesen Wochen entschieden.

Als kongeniale Ergänzung und Erweiterung der luftfahrthistorischen Aktivitäten sowie in Erfüllung seiner eigenen Satzungsaufgabe plant der Verein der Freunde historischer Luftfahrzeuge den Aufbau einer völlig neuen F 13 – mit dem Ziel der Flugfähigkeit. Die Zelle wird im ungarischen Hereg hergestellt, ein Original-Junkers L 5-Reihenmotor wird im schweizerischen Dübendorf (bei Zürich) aufgebaut. Zur Idee des Wiederaufbaus erläutert Bernd Huckenbeck: „Ich hatte schon länger Kontakt mit Professor Steinle und wusste vom F 13-Projekt. Im Laufe unserer Bemühungen um einen Standort für die CASA 352 kam dann der Kontakt zu Dieter Morszeck, dem Chef des bekannten Kofferherstellers Rimowa, zu Stande. Er ist selbst Privatpilot und ebenfalls sehr daran interessiert, die F 13 wieder aufzubauen, und er wird dieses Gesamtprojekt maßgeblich unterstützen. So begann eine Kooperation zwischen der Ju-Air, dem Verein der Freunde historischer Luft-

fahrzeuge und der Firma Rimowa als Partner mit dem Deutschen Technikmuseum Berlin.“

Bereits jetzt ist das Luftfahrtbundesamt (LBA) in Braunschweig als offizielle Zulassungsbehörde in das Projekt eingebunden. Dies ist eine unabdingbare Voraussetzung, da bereits weit vor einer Endabnahme eine Vielzahl von Zwischenabnahmen obligatorisch ist. Zum Glück sind etliche Zulassungsdokumente aus England, die dort zu Beginn der Dreißigerjahre erstellt wurden, noch vorhanden. Gleichwohl werden im Rahmen der umfangreichen Flugerprobung im schweizerischen Dübendorf zahlreiche Messwerte neu erlangen und definiert werden müssen. Huckenbeck ist optimistisch: „Wir können die F 13 als historisches Flugzeug der Sonderklasse zulassen. Das LBA ist diesem Projekt wohlgesonnen, weil es für Deutschland durchaus eine wichtige Bedeutung hat. Prüfer und Gutachter kontrollieren die Arbeit, sie müssen die einzelnen Arbeitsschritte abzeichnen und nachher die Dokumentation für das LBA erstellen.“

In Dübendorf wird gegenwärtig die künftige Antriebsquelle wieder aufgebaut, ein original Junkers L5-Reihensechszylinder. „Wir haben mit Unterstützung von Holger Steinle einen solchen Motor aufgetrieben. Der Motor ist leider nicht ganz komplett gewesen, doch mittlerweile konnten wir Nockenwelle und Kipphebelwelle beschaffen, weiterhin die Zündmagnete, nun fehlt noch die Wasserpumpe,“ präzisiert Huckenbeck. Ein erster öffentlicher Paukenschlag soll auf der AERO im April 2011 in Friedrichshafen ertönen: Der Motor soll aus eigener Kraft laufen. Für Herbst 2013 schließlich ist der „Erstflug“ in Dübendorf geplant.

Die Finanzierung des ehrgeizigen Projekts ist weitgehend gesichert. Die Mittel werden von Generalsponsor Rimowa, dem Deutschen Technikmuseum Berlin sowie aus Rücklagen und Ei-

genbeteiligungen des VFL bereitgestellt. Darüber hinaus bietet der VFL Interessenten die Möglichkeit, sich über Anteilsscheine direkt an diesem beispiellosen Vorhaben zu beteiligen.

Ein unmittelbar betroffener Luftfahrtenthusiast freut sich ganz besonders auf den Erstflug, Bernd Junkers, Enkel des großen Luftfahrtpioniers: „Der erste Flug der F 13 fand 1919 statt, kurz nach Ende des Ersten Weltkriegs. Welchen Wagemut mein Großvater da gezeigt hat! Er war ein Visionär und auch die F 13 ist das Produkt einer Vision. Für mich ist die F 13 immer der Inbegriff der Leistung von Hugo Junkers gewesen, das erste Ganzmetallverkehrsflugzeug der Welt. Es ist für mich ein Traum, dass dieses Flugzeug wieder aufgebaut wird und dass zwei weitere F 13 wieder zum Fliegen kommen sollen. Ich freue mich auf den Tag, wo dann zum ersten Mal ein L5-Motor brummen wird, um diese F 13 nach etwas mehr als 90 Jahren wieder in die Luft zu bringen.“ – Womit weitere treffliche Luftfahrt-Schlagzeilen – nicht nur im „DLR-Magazin“ – schon heute garantiert sein dürften ... ●

Weitere Informationen:

www.junkers.de

Offizielle Webseiten des Bernd-Junkers-Archivs

www.junkers.de.vu

Hugo-Junkers-Webseiten, eine sehr breit angelegte Übersicht über Hugo Junkers und sein Lebenswerk, umfassende Typenübersicht (nur in englischer Sprache)

www.technikmuseum-dessau.de

Webseiten des privaten Junkers-Museums in Dessau, Stammsitz der Junkers-Werke

www.sdtb.de

Webseiten der Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin



Vom Wrack zum stationären Großexponat: die kanadische Junkers F 13 „City of Prince George“, Vorbild für die bald fliegenden F 13

Flugzeuge im Wandel der Zeit

Luftfahrtmessen und Flugtage zeigen es immer wieder: Das Interesse an Flugzeugen ist groß. Werden Neuentwicklungen präsentiert, wie beispielsweise der Airbus A380 zum Tag der Luft- und Raumfahrt in Köln, dann ist der Ansturm groß. Wenn gar Oldtimer die Szene betreten, brandet herzlicher Applaus auf, etwa wenn eine legendäre Junkers Ju 52 ihre – langsamen – Runden zieht, wenn ein Fieseler Storch bereits nach nur wenigen Metern Anlauf abhebt oder wenn der Nachbau eines ganz frühen Flugapparats aus den Anfängen der Luftfahrt an den Zuschauern vorüberknattert. Um sich derartige Schätze aus der Nähe anzusehen, ist man auf Verkehrs- und Technikmuseen angewiesen.



Raritäten in Wort und Bild

Eine der hierzulande besten Adressen für den Flugzeugfreund ist das Deutsche Technikmuseum in Berlin. Der Standort ist vor allem unter luftfahrthistorischen Aspekten bedeutend, befand sich doch hier vor dem Zweiten Weltkrieg mit der Deutschen Luftfahrtsammlung eine der damals weltweit größten luftfahrt-technischen Kollektionen, die bezeichnenderweise ihre Ursprünge in einer kleinen Luftfahrerkneipe am Berliner Flugplatz Johannisthal hatte. Und an diesen historischen Kontext knüpft der Leiter der Luftfahrtabteilung des heutigen Berliner Museums, Prof. Dr. Dr. Holger Steinle, an. In seinem gemeinsam mit Astrid Venn im **Heel-Verlag** veröffentlichten Buch **Flugzeuge mit Geschichte** schlägt er einen bemerkenswerten Bogen von der Vorkriegs-sammlung bis zu den bereits wieder sehr repräsentativen Beständen des heutigen Technikmuseums.

Nach mehreren Übersichtsbeiträgen über die Entstehungs-geschichte der Deutschen Luftfahrtsammlung zeigen die beiden Autoren in 35 Einzelpräsentationen Flugzeugraritäten in Wort und sehr stimmungsvollen Abbildungen. Die Palette reicht von der Jeannin-Stahltaube aus dem Jahr 1914 bis hin zur Douglas C 47, die als „Rosinenbomber“ während der Zeit der Berliner Luftbrücke Berühmtheit erlangte und folgerichtig auch auf dem Dach des Berliner Museums als buchstäblich herausragender Blickfang dient. Eine weitere Einzelpräsentation gilt dem welt-weit ersten Verkehrsflugzeug in Ganzmetallbauweise, der Junkers F 13 (über deren Geschichte und gegenwärtige Restaurierung auf den Vorseiten dieser Magazin-Ausgabe berichtet wird).

Im Anschluss finden sich Inventarlisten der historischen Bestände sowie eine Kurzvorstellung der Großobjekte aus der historischen Luftfahrtsammlung Berlin, welche heute im erst vor kurzem völlig neu gestalteten Luftfahrtmuseum Lotnictwa Polskiego zu Krakau zu bestaunen sind. Dieser mit mehr als 200 Abbildungen prächtig ausgestattete Band bietet in seinem geschichtlichen Überblick Einblicke und Impressionen, die nicht nur dem passionierten Luftfahrtliebhaber lange Leseabende bescheren.

Hans-Leo Richter

Luftfahrtgeschichte made in Braunschweig

Luftfahrtgeschichte ist überaus vielseitig – demzufolge hat sie auch mehrere „Wiegen“. In Berlin wurden erste, wichtige Kapitel nicht nur der deutschen Luftfahrtgeschichte geschrieben, München bildete gewiss einen weiteren Schwerpunkt. Die Region Braunschweig allerdings zeigt, dass wichtige Schritte der Luftfahrtentwicklung auch abseits der großen Metropolen gegangen wurden.

Heute bringen Luftfahrt-Interessierte Braunschweig gewiss mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Verbindung, darüber hinaus auch mit dem Luftfahrt-Bundesamt und weiteren Behörden und Institutionen sowie mit einigen sehr engagierten Instituten der TU Braunschweig. Doch nur Insider wissen um die reichhaltige Braunschweiger Luftfahrtgeschichte, die bis ins Jahr 1910 reicht. Der Arbeitskreis „Braunschweiger Luftfahrtgeschichte e.V.“ hat sich jetzt der ehrenwerten Aufgabe unterzogen, die vergangenen Jahrzehnte unter dem Titel **Braunschweigische Luftfahrtgeschichte (Appelhans Verlag Braunschweig)** ausführlich Revue passieren zu lassen und die Highlights in zahlreichen Einzeldarstellungen eingehend zu beleuchten.

Der Bogen reicht zurück bis ins Jahr 1910: Im September jenes Jahres führte vom Großen Exerzierplatz aus ein junger Pilot einen Wright Flyer A im Fluge vor, und nur wenige Wochen später konnten zahlreiche Braunschweiger Flugbegeisterte am selben Ort sogar ein Parseval-Prall-Luftschiff bewundern. In den folgenden Kapiteln schildern die Autoren die Entstehung der ersten Braunschweiger Flugplätze, die Entwicklung einer regionalen Verkehrsluftfahrt, die Geschichte der Deutschen Verkehrsfliegerschule sowie schließlich 1936 den Aufbau der Luftfahrtforschungsanstalt in Braunschweig-Völkenrode. Nicht minder spannend zu lesen sind die Beiträge über die vielfältigen Wiederaufbauarbeiten der Nachkriegszeit, vor allem das Wiedererstehen der Deutschen Forschungsanstalt für Luftfahrt (DFL), der späteren Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR), dem heutigen DLR. Als Autoren beleuchten unter anderen ehemalige DLR-Wissenschaftler wie Prof. Dr. Peter Hamel, seinerzeitiger Leiter des Instituts für Flugmechanik, Dr. Bernd Krag aus demselben Institut sowie Hans-Ludwig Meyer, langjähriger Leiter der Braunschweiger Flugabteilung, manche Details dieser Entwicklungsgeschichte.

In insgesamt 27 Einzelbeiträgen kann sich der interessierte Leser ein umfangreiches Bild von der Geschichte und den zahlreichen Facetten des Luftfahrtstandorts Braunschweig machen, eine Vielzahl von Illustrationen ergänzt dieses informative Werk.

Hans-Leo Richter



Raumstationen auf einen Blick

Mit **Raumstationen seit 1971 (Motorbuch Verlag)** ist bereits der fünfte Typenkompass von Eugen Reichl auf dem Markt. In Zeiten des Internets mag man sich fragen, was das soll. Die Antwort ist einfach, auch für den vermeintlichen Kenner der Szene: Gut, dass es ihn gibt. Denn was der sich für Raumstationen Interessierende erst nach mühevoller Klicker durch die verschiedensten Webseiten zusammensuchen muss, findet er bei Reichl in komprimierter Form. Die notwendigen technischen und historischen Fakten, das Ganze ergänzt mit durchaus interessanten Ereignissen bis hin zu Anekdoten. Wie andere Bücher von Reichl auch, ist dieser Typenkompass nicht nur zum wiederholten Nachschlagen gut, sondern auch einfach mal zum Lesen. Denn hat man erstmal angefangen, dann liest man bis zum Schluss, von 1971 bis heute und noch ein Stück weiter, interessant und informativ von der ersten bis zur letzten Seite. Etwas kurz kommen die russischen ALMAS-Stationen mit ihrem militärischen Aspekt und deren Einordnung in die Geschichte; das aber wäre fast einen eigenen Typenkompass wert ...

Andreas Schütz





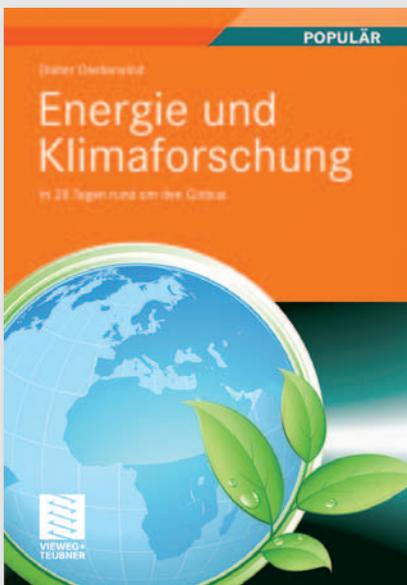
Roman über den Verlust der heilen Welt

„It's the end of the world, as we know it“
R. E. M.

Miranda ist ein normaler Teenager und lebt in einer normalen US-amerikanischen Kleinstadt, sie frönt den üblichen Hobbies und auch sonst ist ihr Leben vor allem eines: normal. Das ändert sich dramatisch, als das groß angekündigte Spektakel eines Kometeneinschlags auf dem Mond die ganze Welt aus den Angeln hebt. Der Erdtrabant gerät aus seiner Bahn. Die Erde wird von Flutwellen, Vulkanausbrüchen und Erdbeben heimgesucht. Die Sonne verdunkelt sich und die überlebenden Menschen sehen sich von einer Eiszeit bedroht.

Unrealistische Weltuntergangsszenarien haben seit Jahren Konjunktur. Seien sie von action-geladenen Hollywoodproduktionen aus der Feder eines Wolfgang Petersen inspiriert oder auch von nebulösen Prophezeiungen beeinflusst. Das mystifizierte Jahr 2012 rückt näher und auf seiner Flutwelle reitet es sich als Autor und Regisseur ganz gut. **Die Welt, wie wir sie kannten (Carlsen Verlag)** unterscheidet sich von den gängigen Weltuntergangsszenarien durch die Perspektive: Miranda vertraut sich ihrem Tagebuch an und der Leser erhält Einblick in die sich Tag für Tag weiter auflösende heile Welt des Teenagers. Die Wertigkeit der Dinge verändert sich rapide. An die Stelle von kleinen Sorgen des Alltags tritt die Sorge ums Überleben. Durch diesen Ansatz verleiht Susan Beth Pfeffer ihrem Roman eine gewisse Eigenständigkeit innerhalb des erwähnten Genres. Die Tristesse des alltäglichen Überlebenskampfes fängt den Leser ein, während sie ihn zugleich ermüdet. An die Stelle von action tritt der Blick in den sich stetig leerenden Vorratsschrank. In diesem Punkt sicherlich realistischer als die gängigen Hollywoodproduktionen, jedoch auch weniger unterhaltsam.

Michel Winand



Lia und Nils auf Bildungsreise

In 28 Tagen lässt Dieter Oesterwind Lia und Nils um die Welt reisen und Orte kennenlernen, an denen über die Zukunft von Energie und Klima geforscht und entschieden wird, seien es die Internationale Energieagentur in Paris oder die solarthermischen Kraftwerke in Nevada. Die beiden Nachwuchsforscher und damit die Leser erfahren viel über die Grundlagen der Energie- und Klimaforschung und auch über Organisationen und Forschungsinstitute, die für Innovationen und richtungweisende Entscheidungen stehen. **Energie und Klimaforschung (Vieweg + Teubner)** ist unterhaltsam und informativ, vorausgesetzt der Leser kann sich auf den Spagat zwischen den sehr persönlichen Reiseerlebnissen zweier Jugendlicher und physikalischen Grundlagen der Energieforschung einlassen. Befreiend, dass dieses Buch ohne Weltuntergangsszenarien auskommt. Die Protagonisten Nils und Lia sehen die Tragweite des weltweiten Energiehungers und der anstehenden Klimaänderungen, verzweifeln aber keinesfalls daran, sondern stellen sich diesen Herausforderungen durchaus zuversichtlich. Für Jugendliche, die überlegen, welchen beruflichen Weg sie einschlagen, werden diverse Berufsbilder und Persönlichkeiten von Forschern und Wissenschaftsmanagern in aller Welt vorgestellt. Das macht Mut, auch einen solchen Weg einzuschlagen. Empfehlenswert (dem tut die unkorrekte Zuordnung des Forschungsflugzeugs HALO und eine falsche Copyright-Angabe beim HALO-Foto in der Erstausgabe keinen Abbruch).

Dorothee Bürkle

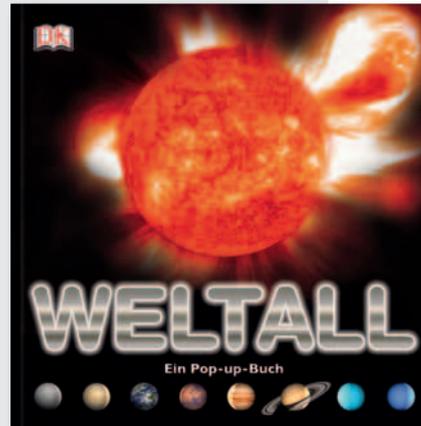
Kosmos zum Aufklappen

Krawumm. Es scheppert und rauscht. So hört es sich an, wenn mit dem Urknall das Universum entsteht. Dazu entfalten sich kunstvoll papierne Galaxien, Sterne, Gaswolken. Das Pop-up-Buch **Weltall (Dorling Kindersley Verlag)** überzeugt schon beim Aufschlagen der ersten Seite. Wie sieht der Andromedanebel im sichtbaren Licht und wie im Infrarotlicht aus? Kräftiges Ziehen an einer Lasche verschiebt die Bilder auf der Seite und zeigt die verschiedenen Ansichten. Wie sieht die Sonne im Inneren aus? Einmal Aufklappen und schon blickt der Leser in den glühendroten Aufbau des Sterns. Die Informationen zum Anfangen bringen nicht immer die ganz große Erkenntnis, aber sie machen definitiv immer Spaß. Hinzu kommt, dass Text und Bilder durchaus anspruchsvoll sind und vom Kugelsternhaufen über Gasriesen bis hin zur Größe des Universums reichen. Zum Schluss reckt sich noch eine komplette Mondlandfähre aus dem Buch – was kann man mehr von einem Kinderbuch für Große erwarten.

Deutlich kindgerechter und nicht ganz so empfindlich ist **Wir entdecken den Weltraum (Ravensburger Verlag)**. Genau in der richtigen Kombination von „verständlich“ und „anspruchsvoll“ wird Kindern erklärt, wie Raketen starten, wie Astronauten in der Raumstation leben und warum es verschiedene Klimazonen auf der Erde gibt. Dazu gibt es Vieles zum Aufklappen, Druntergucken und Drehen: Unter dem kleinen Meteoriten verbirgt sich der Krater, den er nach seinem Einschlag hinterlässt, und mit einem einfachen Aufklappen sieht man flott, wie ein Roboterarm die Raumfähre im Weltall entlädt. Dabei entpuppt sich das Aufklappbuch als Fundgrube für viele kleine Wissensschnipsel und erklärt zum Beispiel, warum die amerikanische Flagge auf dem Mond von einem Drahtgestell gehalten werden musste und dass die Astronauten beim Haarschneiden gleich alles mit dem Staubsauger auffangen. Die Kunst dabei: Schwieriges auch in ein, zwei Sätzen anschaulich erklären zu können. Schön, dass die Illustrationen im Comic-Stil auch noch Platz für Humor haben. Vollgepackt mit spannenden kurzen Texten lohnt sich das Sachbuch ab dem Kindergartenalter.

Dass sich das Weltall auch als Thema für ein erstes Sachbuch anbietet, ist eher unwahrscheinlich. Das **Weltall zum Anfassen (Velber Kinderbuch)** versucht es dennoch – allerdings mit geteiltem Erfolg. Die Tatsache, dass sich in unserem Sonnensystem acht Planeten um die Sonne bewegen oder in der Internationalen Raumstation Schwerelosigkeit herrscht, versteht kein Kleinkind – da helfen auch keine einfachen Erklärungssätze. Stichworte wie „Lufthülle der Erde“, „Gasball“ oder „Kometenkopf“ in schöner Schreifschrift sind einfach nicht selbsterklärend genug für Kleinkinder. Umso schöner ist es aber, mit den Fingern über die strukturierten Oberflächen im Buch zu streichen, dabei die Planetenbahnen zu spüren oder den Kometenschweif mit kräftigem Reiben zum Leuchten zu bringen. Die Raumfähre mit Metallic-Folie oder die Sonne mit goldenem Glitter sind ebenfalls schöne Hingucker.

Manuela Braun



Arche Nebra

Es ist eher unüblich, dass sich das wichtigste Exponat und Kernstück eines Ausstellungs- und Besucherzentrums überhaupt nicht darin befindet, sondern in einem etwa 40 Kilometer entfernten Landesmuseum. Und dennoch hat sich in den vergangenen Jahren die Arche Nebra, das große und vor allem architektonisch herausragende Besucherzentrum in dichter Nähe des Fundorts der weltweit berühmt gewordenen „Himmelscheibe von Nebra“ zu einem Publikumsmagneten entwickelt.

In der Sonnenbarke durch die Jahrtausende

Von DLR-Redakteur Hans-Leo Richter

Diese Scheibe, eine annähernd kreisrunde Platte mit einem Durchmesser von nur etwa 32 Zentimetern und einem Gewicht von etwas mehr als zwei Kilogramm, wurde im Jahr 1999 auf dem Mittelberg in Sachsen-Anhalt von Raubgräbern gefunden und gelangte Jahre später auf abenteuerlichen Wegen in den Besitz des Landes Sachsen-Anhalt. Die bronzene Scheibe wurde umfangreichen wissenschaftlichen Analysen unterzogen. Experten schätzen ihr Herstellungsdatum auf etwa 2100 bis 1700 v. Chr.. Sie enthält die wohl älteste konkrete Darstellung des Kosmos und gilt zu Recht als archäologischer Jahrhundertfund.

Die markanten Goldauflagen zeigen eine Barke, Sonne, Mond, Sterne und als Ansammlung von sieben Goldpunkten die Sternengruppe der Plejaden. Außerdem sind am Rand der Scheibe zwei Bögen, sogenannte Horizontbögen, zu sehen. Mit Hilfe dieser Scheibe, so die Experten, konnten die Urzeit-Astronomen unter Ausrichtung auf topografische Bezugspunkte, wie zum Beispiel den Brocken als höchste Erhebung der Region, wesentliche Jahresereignisse wie die Sommer- beziehungsweise Winter-sonnenwende erstaunlich präzise bestimmen. Seit dem Jahr 2002 gehört die Scheibe zum Bestand des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle, wo sie seit 2008 in einer Dauerausstellung zu besichtigen ist.

Bereits ein Jahr zuvor entstand unweit der Fundstelle am Mittelberg das Besucherzentrum „Arche Nebra“, welches in einem Zusammenspiel von Information und lebendigen Inszenierungen die Welt der Archäologie mit dem Universum der Astronomie verbindet. Die Arche, weithin sichtbar über dem Unstrut-Tal gelegen, greift in ihrer Formgebung ein Motiv der Himmelscheibe auf, die goldene Sonnenbarke. Folgerichtig besitzt die Arche auch eine goldfarbene Außenverschalung, die sie – zumal bei Sonnenschein – zu einem einzigartigen Blickfang werden lässt.

Innen können sich die Besucher von virtuellen Figuren durch die Entstehungsgeschichte der Scheibe und ihre Interpretationen leiten lassen. Großskulpturen gliedern die Präsentationen und gewähren immer neue Ein- und Ausblicke auf das Wesen und die Bedeutung dieses einzigartigen Funds. Kernstück des Besucherzentrums ist unzweifelhaft das Planetarium, welches die Besucher in einer unglaublich lebendigen, knapp halbstündigen

Animation, einer fulminanten Reise durch Raum und Zeit, die komplexen astronomischen Zusammenhänge plakativ erleben lässt, die sich auf der Original-Scheibe doch eher verschlüsselt darstellen.

Aus übergroßen Panoramafenstern blickt der Besucher seitlich hinüber zum Mittelberg, wo sich in etwa 3,5 Kilometer Entfernung der tatsächliche Fundort der Scheibe befindet. Unweit dieser Stelle erhebt sich ein 30 Meter hoher Aussichtsturm, der – um etwa zehn Grad geneigt – als Zeiger einer überdimensional großen Sonnenuhr fungiert. Der Fundort selbst ist durch ein sogenanntes Himmelsauge markiert, eine leicht gekrümmte Scheibe aus poliertem Edelstahl.

Die Arche Nebra gehört zu den vier markantesten Standorten der „Himmelswege“, einer noch jungen touristischen Route im südlichen Sachsen-Anhalt. Weiter zählen dazu das bereits erwähnte Landesmuseum für Vorgeschichte in Halle mit der Original-Himmelscheibe, das Sonnenobservatorium Goseck sowie das Grab einer Dolmengöttin bei Langeneichstädt.

Astronomie gilt oftmals als eine nicht gerade leicht verständliche Wissenschaft, als ein Buch mit noch immer vielen ungelösten Siegeln. Die Arche Nebra zeigt eindrucksvoll, wie man ein so abstraktes und schwer verdauliches Thema mit spielerischer Leichtigkeit, mit Witz und Fantasie einer breiten Öffentlichkeit zugänglich machen kann. Kein Zufall, dass vor allem Kinder und Jugendliche besonders gern Gäste in diesem Museum sind, das seinesgleichen sucht. ●

Weitere Informationen:
www.himmelscheibe-erleben.de



© Arche Nebra, Foto: Janbitterde



© Arche Nebra, Foto: J. Lipták



© Arche Nebra, Foto: J. Lipták

Das DLR im Überblick

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

In den 13 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris 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: Sabine Göge (VISdP),
Cordula Tegen (Redaktionsleitung)

DLR-Kommunikation
Linder Höhe
51147 Köln
Telefon: 02203 601-2116
Telefax: 02203 601-3249
E-Mail: kommunikation@dlr.de
www.DLR.de/dlr-magazin

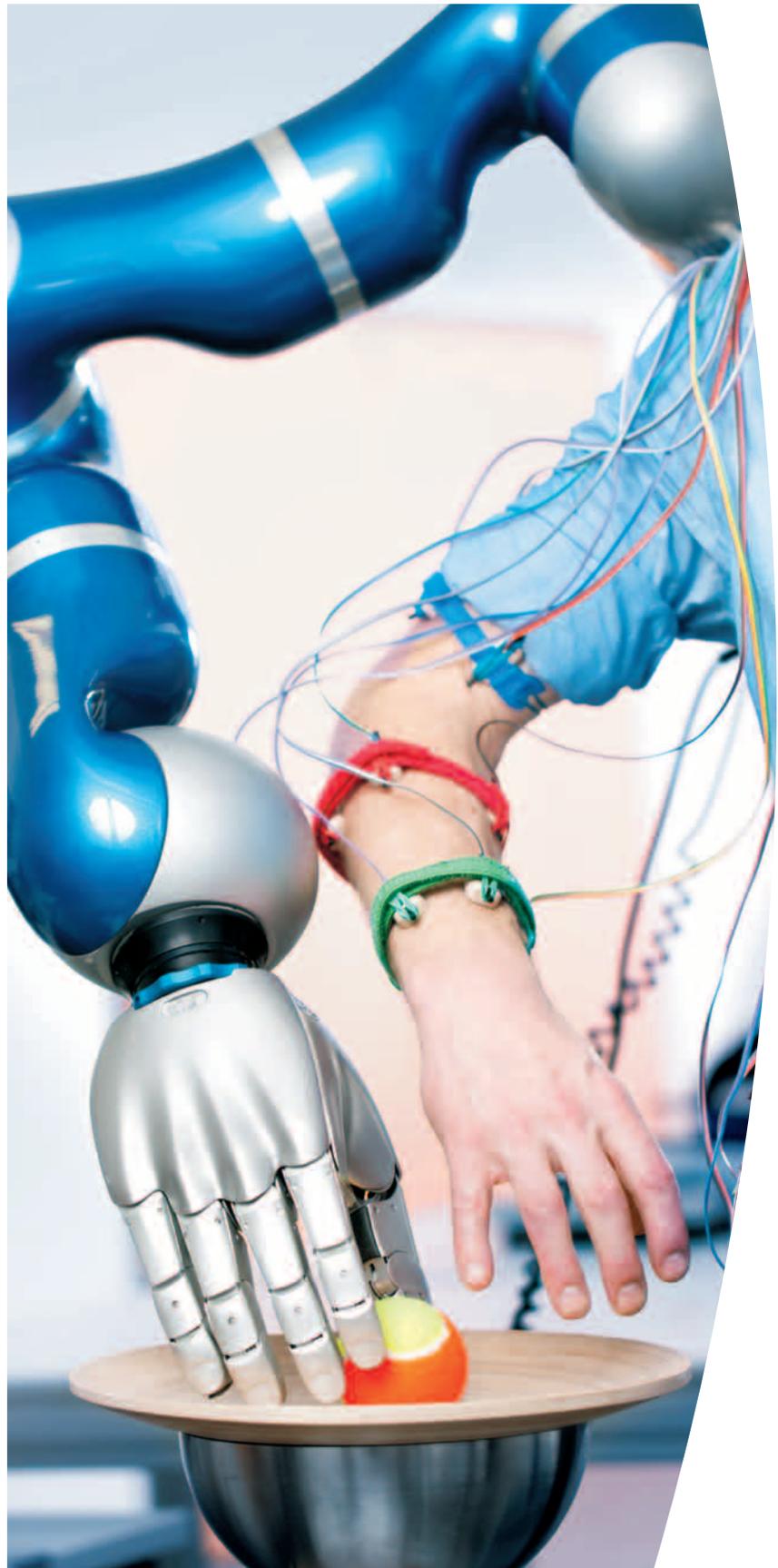
Druck: Druckerei Thierbach,
45478 Mülheim an der Ruhr

Gestaltung: CD Werbeagentur GmbH,
53842 Troisdorf, www.cdonline.de

ISSN 2190-0094

Onlinebestellung:
www.DLR.de/magazin-abo

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe. Die fachliche Richtigkeit der Namensbeiträge verantworten die Autoren. Hinweis gemäß § 33 Bundesdatenschutzgesetz: Die Anschriften der Postbezieher des DLR-Magazins sind in einer Adressdatei gespeichert, die mit Hilfe der automatischen Datenverarbeitung geführt wird. Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier. Bilder DLR, soweit nicht anders angegeben.



**Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft