



Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt · www.DLR.de · Nr. 138 · Juni 2013

magazin

Forschung in Rotation

Seite 3

Von einem, der auszog, den Wind zu fangen

Seite 24

Unterwegs in Vulkanaschewolken

Seite 46



Störungen unerwünscht!

Der große Moment fand am 12. März 2013 statt: Zum ersten Mal wurde vom Boden aus eine Ortsbestimmung mit den Galileo-Satelliten durchgeführt. Vier kreisen zurzeit in 23.222 Kilometer Höhe um die Erde und senden ihre Signale zu uns. Im Herbst sollen zwei weitere Galileo-Satelliten ins All starten. Die Genauigkeit der ersten Positionsbestimmung lag bei zehn Metern – für die exakte Navigation natürlich nicht ausreichend, für den Anfang mit der bisherigen minimalen Satellitenanzahl aber ein sehr guter Wert. Doch die Satellitensignale der Navigationssysteme sind stör anfällig, egal, ob es Signale des europäischen Galileo- oder des amerikanischen GPS-Navigationssystems sind. Das DLR-Institut für Kommunikation und Navigation in Oberpfaffenhofen forscht daran, Verfälschungen und Störungen vorherzusagen und Gegenmaßnahmen zu finden.

Oberstes Gebot der Satellitennavigation: die Signalgenauigkeit

Von Manuela Braun



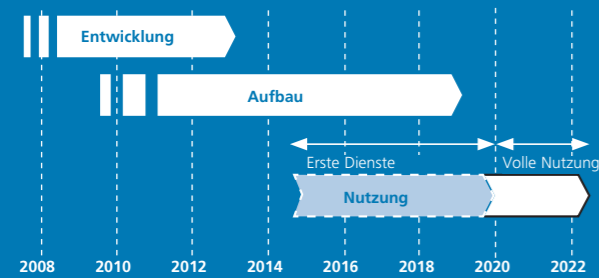
Das DLR-Institut für Kommunikation und Navigation besteht seit 1966. Im Mai 2013 erhielt es für seine 140 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ein neues Gebäude.

Mit über 13.000 Kilometern in der Stunde fliegen sie auf ihrer Umlaufbahn um die Erde, die vier Galileo-Satelliten, die den Auftakt zu einem europäischen Navigationssystem bilden. Bis die Signale die Erde erreichen, haben sie über 23.000 Kilometer zurückgelegt. Dabei werden sie vom Weltraumwetter – dem Sonnenwind und der kosmischen Strahlung – beeinflusst. Zum Schluss müssen sie die Ionosphäre durchqueren, die in einer Entfernung von 80 bis 1.000 Kilometern die Erde umhüllt. In diesem Bereich werden die Gasmoleküle durch die Sonnenstrahlung elektrisch aufgeladen, ein Plasma entsteht. Es verzögert die Signale in Abhängigkeit von der Elektronendichte und damit von der Sonnenstrahlung. Bevor die Signale dann die Empfangsgeräte auf dem Boden erreichen, können sie durch weitere Störungen, insbesondere durch Reflexionen an Gebäuden verfälscht werden. „Die Signale werden mit 30 Watt gesendet – das ist die gleiche Leistung, die eine schwache Glühbirne abstrahlt. Unter freiem Himmel empfängt eine typische Antenne ein Zehntel Femtowatt. Bei dieser Zahl stehen 15 Nullen zwischen dem Komma und der Eins“, sagt Prof. Dr. Christoph Günther, Direktor des Instituts für Kommunikation und Navigation. Dabei ist die Welt heute mehr denn je auf präzise gesendete und empfangene Signale aus dem Weltall angewiesen: Straßen-, Luft- und Seeverkehr, Hoch- und Brückenbau, Telekommunikations- und Stromnetze und zunehmend auch die Landwirtschaft – die Anwendungsgebiete sind vielfältig. Damit die Anwendungen so genau arbeiten können, wie es nötig ist, forscht das Institut für Kommunikation und Navigation: „Wir müssen Verzerrungen und Störungen verstehen, analysieren und unterdrücken. Zunehmend gilt dies auch für Signale, die bewusst erzeugt werden, um falsche Positionen vorzutäuschen.“

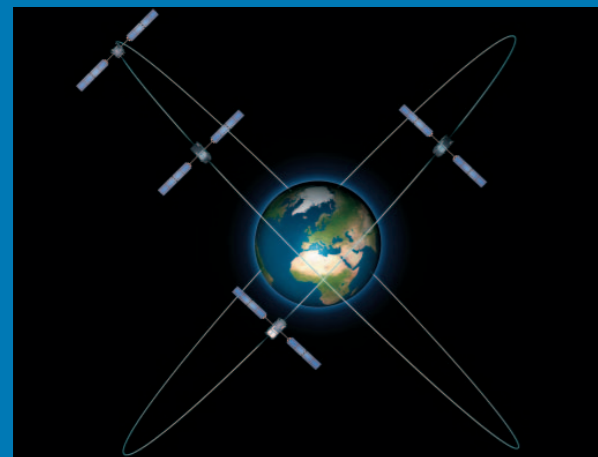
Schon kleine Ungenauigkeiten haben große Auswirkungen und können bei der Bestimmung der Position zu einem Fehler von mehreren Metern führen – schließlich benötigt das Licht nur drei Nanosekunden, um einen Meter zurückzulegen: Angenommen, ein Bauunternehmer erhält den Auftrag, einen Graben in der Nähe einer Gasleitung zu ziehen. Und angenommen, die

Sendeanlage am Rostocker Hafen. Dort simulieren mehrere Sender die Galileo-Signale aus dem All. Die DLR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler erforschen so deren Anwendung für die Schifffahrt.

Das Galileo-Satellitensystem von der Entwicklung bis zur Vollendung



Bis 2015 werden 14 weitere Galileo-Satelliten in Position gebracht sein



Zurzeit umkreisen vier Galileo-Satelliten die Erde

Satellitensignale werden auf ihrem Weg vom Satelliten bis zum Empfänger verändert oder gestört. Im günstigsten Fall fällt das Navigationssystem des Bauunternehmers aus – und der weiß nicht mehr, wo er ungefährdet graben kann. Im schlechtesten Fall zeigt das Navigationsgerät eine fehlerhafte Position an. „Wir streben danach, Fehlerschranken anzugeben, die mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden“, sagt Christoph Günther.

„Wettervorhersagen“ für die Ionosphäre

Die Wissenschaftler des Instituts für Kommunikation und Navigation werden deshalb zu „Wetterfröschen“ der besonderen Art: Sie untersuchen die Prozesse, die in der Ionosphäre ablaufen, um mit diesen Daten den Zustand der Ionosphäre modellieren und vorhersagen zu können. Abhängig von der Sonneneinstrahlung ändert sich das Plasma der Ionosphäre – und verursacht dabei eine Verzögerung und Verformung des Satellitensignals auf dem Weg zur Erde. Nur wenn bekannt ist, was sich in der Schicht zwischen Erde und Weltraum abspielt, können die Wissenschaftler notwendige Algorithmen erstellen, mit denen die verfälschten Satellitensignale korrigiert und zur exakten Positionsbestimmung verwendet werden können. Im Ionospheric Monitoring and Prediction Center wird die Elektronendichteverteilung in der Ionosphäre aufgezeichnet, ausgewertet und anstehende Auswirkungen auf Navigationssysteme berechnet. Hierfür werden Signale von Navigationssatelliten – heute GPS und GLONASS – am Boden, aber auch auf niedrigfliegenden Satelliten ausgewertet. Zudem steht für



Das Oberpfaffenhofener DLR-Institut entwickelt unter anderem robuste Empfänger, die unempfindlich gegen Störsignale sind

Messungen der Sonnenaktivität ein Speziatsatellit zur Verfügung, der sich zwischen Sonne und Erde befindet. „Zurzeit können wir eine Vorhersage für einen Zeitraum von einer Stunde erstellen“, erläutert Professor Günther.

Signale aus allen Richtungen

Doch selbst wenn das Signal der Satelliten die Ionosphäre ungestört durchquert hat – von der Umgebung, auf die es auf der Erde trifft, kann es auch noch verändert werden: Gebäude und auch der Boden reflektieren das Satellitensignal in vielfältiger Weise. Den Empfänger erreicht dann kein eindeutiges Signal, sondern eine Überlagerung mehrerer Signale mit unterschiedlichen Zeitversätzen – in Städten entstehen unter ungünstigen Verhältnissen Fehler von 100 Metern und mehr. Bei Navigationssystemen wie Galileo oder GPS wäre eine exakte Bestimmung der Position mit diesen falschen Ankunftszeiten dann nicht mehr möglich. Liegt ein Containerschiff zum Beispiel unter einer Krananlage, verfälscht diese die Satellitensignale.

Bereits vor zehn Jahren führte das Institut für Kommunikation und Navigation unter anderem Messungen mit einem Zeppelin durch, um so Modelle dieser Mehrwegeausbreitung erstellen zu können. Heute dienen diese Daten und ihre Auswertung als Referenzmodelle, mit denen die Wissenschaftler die Veränderungen von GPS- oder Galileo-Signalen in einer Umgebung simulieren und beispielsweise zwischen Signal und Reflexion unterscheiden können. „Wir modellieren die ungünstigsten Szenarien – das ist wichtig, um anschließend Algorithmen zu entwickeln, die die Verfälschungen bei der Positionsbestimmung herausrechnen und mit hoher Wahrscheinlichkeit korrekte Positionen liefern.“

Blind und taub für Störsignale

Andere Störungen nehmen manchmal ganz konkrete Formen an. Zum Beispiel die eines Müllwagens. Am Flughafen Newark sorgte der tatsächlich dafür, dass das Ground Based Augmentation System (GBAS) ausfiel. Diese Bodenempfänger mit sehr genau bekannter Position erlauben es, Fehler in den Signalen zu ermitteln und Korrekturen für die Empfänger auf den Flugzeugen zu berechnen. Der Fahrer des Müllwagens wollte nicht, dass sein Arbeitgeber jederzeit seinen genauen Standort lokalisieren konnte und baute deshalb einen Störsender in seinen Lastwagen ein. Bei jeder Vorbeifahrt setzte er dabei das GBAS am Flughafen außer Betrieb. „Satellitensignale sind einfach sehr schwach und können daher leicht gestört werden“, betont Institutsdirektor Günther. „Die Systeme für die Luftfahrt

sind so ausgelegt, dass sie sich abschalten, wenn etwas geschieht, das nicht vorgesehen war.“ Das Institut arbeitet deshalb daran, die lästigen Störsignale zu isolieren und vom wichtigen Satellitensignal zu trennen. Eine knifflige Arbeit, denn letztendlich bedeutet dies, den lauten Lärm eines Presslufthammers zu unterdrücken, um das Flüstern eines Menschen klar und deutlich zu hören. Dafür müssen die Empfangsgeräte blind und taub für die Störsignale werden. Den Müllwagen mit Störpotenzial für den Flughafen Newark hat das Institut bereits im Galileo-Testgebiet in Berchtesgaden mit eigenen Empfängern simuliert. „Unsere Empfänger sind extrem robust gegen Störungen und lieferten während des Versuchs stets korrekte Positionen.“

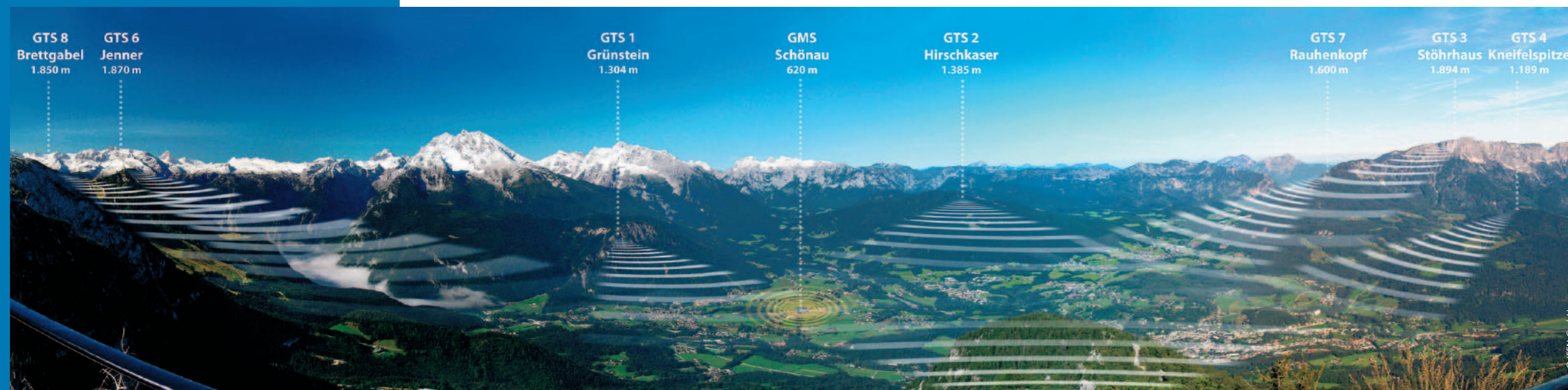
Kontinuierlich und zuverlässig

Entscheidend ist bei jeder Nutzung eines Satellitennavigationssystems aber eines: Es muss kontinuierlich zuverlässig zur Verfügung stehen. Ein Pilot muss während der Landung mit exakten Positionen arbeiten können, ein Kapitän benötigt bei der Hafeneinfahrt ebenfalls natürlich ein störungsfreies Navigationssystem. Für die Zuverlässigkeit der Positionsschätzungen – die sogenannte Integrität – entwickelt das Institut für Kommunikation und Navigation die entsprechenden Konzepte. In Braunschweig haben die Wissenschaftler deshalb am Flughafen eine einzigartige Testumgebung aufgebaut, die das Landen mit GPS und später Galileo ermöglicht. Ziel ist es aber, mit einem satellitengestützten Navigationssystem eine vollautomatische Landung – ohne Sicht auf die Landebahn – zu ermöglichen. Weltweit die ersten Landeanflüge dieser Art wurden in Braunschweig im Winter 2011 mit Erfolg durchgeführt. Ein weiteres Testgebiet des Instituts befindet sich im Hafen von Rostock-Warnemünde. „Flugzeuge können ja immerhin noch einmal durchstarten, wenn sie kein Navigationssignal empfangen – Schiffe hingegen können nicht einfach bremsen, sondern benötigen kontinuierliche Positionsschätzungen.“

Die Vision für die Zukunft der Satellitennavigationssysteme? „Wir wollen die Automation ermöglichen“, sagt Institutsdirektor Prof. Christoph Günther. „Das bedingt, dass wir uns vollkommen auf die Positionsschätzung unserer Systeme verlassen können müssen.“ ●



Weitere Informationen:
www.DLR.de/KN
<http://s.DLR.de/2j7k>



Glossar

GPS: Global Positioning System – globales System zur Positionsbestimmung, seit Mitte der Neunzigerjahre funktionsfähiges amerikanisches Satellitennavigationssystem

GLONASS: Globalnaja nawigazionnaja sputnikowaja sistema – globales Satellitennavigationssystem, seit Ende 2011 verfügbare russische Alternative zu GPS

Galileo: Seit 2008 in der Testphase betriebenes europäisches System zur Satellitennavigation

GATE: Galileo-Testumgebung, gegenwärtig werden in Deutschland fünf GATES betrieben

GBAS: Ground Based Augmentation System, bodengestütztes Ergänzungssystem zur Sicherstellung von Genauigkeit, Integrität, Kontinuität und Verfügbarkeit von Ortskoordinaten

© IFEW GmbH

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 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

Impressum

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

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

Redaktion: Sabine Hoffmann (ViSdP)
Cordula Tegen (Redaktionsleitung)
An dieser Ausgabe haben mitgewirkt:
Manuela Braun, Dorothee Bürkle, Falk Dambowsky,
Sarah Lange, Denise Nüssele, Andreas Schütz und
Melanie-Konstanze Wiese

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

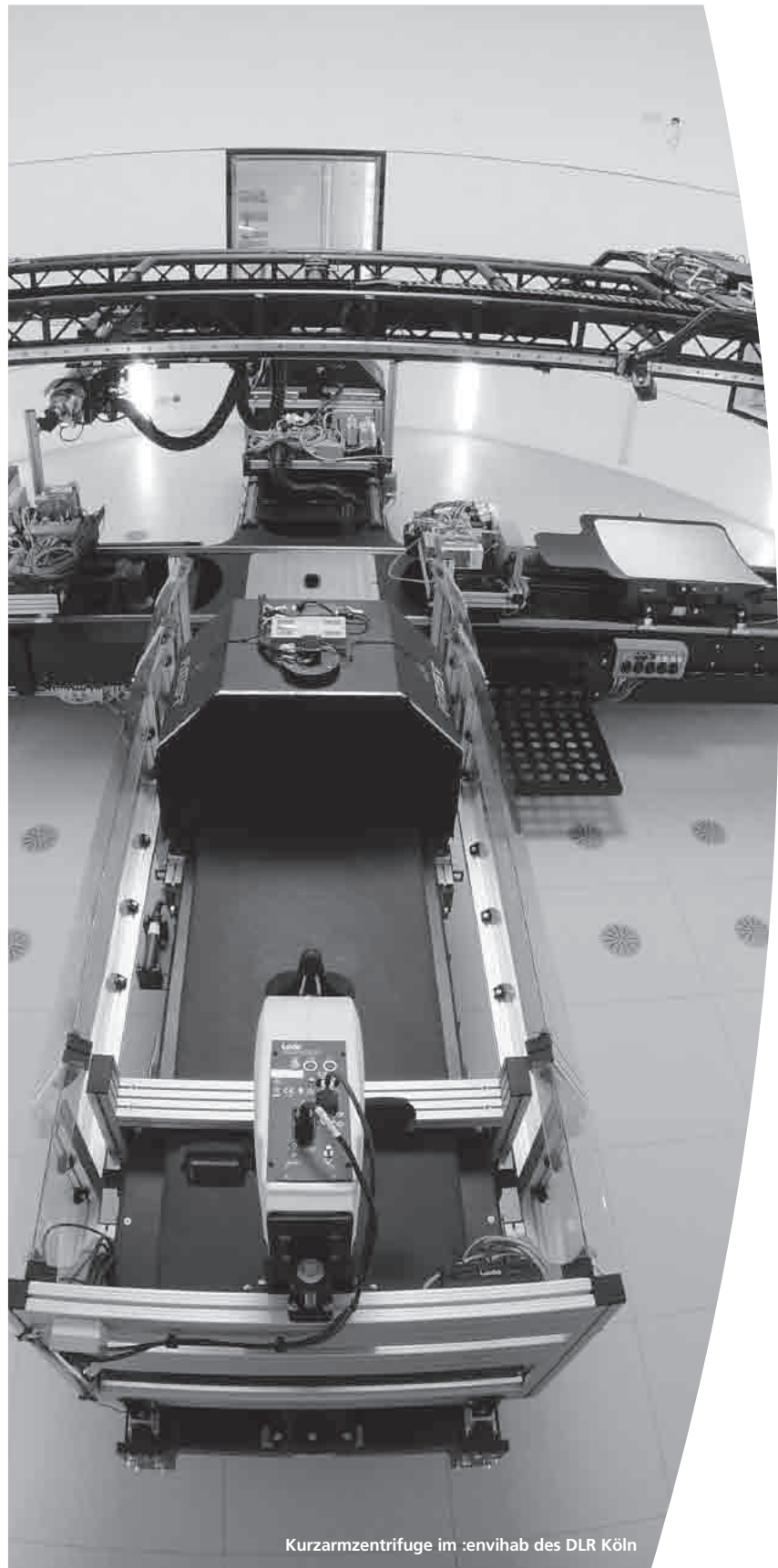
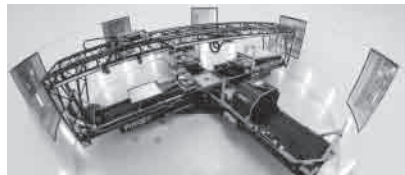


Onlinebestellung:
www.DLR.de/magazin-abo

Das DLR-Magazin erhalten Sie auch als interaktive App für iPad und Android-Tablets im iTunes- und GooglePlay-Store oder als PDF zum Download.

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, CC-BY 3.0, soweit nicht anders angegeben.



Kurzarmzentrifuge im Besitz des DLR Köln



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt