



**Institut für
Robotik und Mechatronik**

Wissen für Morgen

Knowledge for Tomorrow



www.dlr.de

Inhalt

Contents

Das DLR im Überblick 4 <i>DLR at a Glance</i>	Autonome Multikopter 38 <i>Autonomous Multicopter</i>
Das DLR-Robotik und Mechatronik 6 Zentrum <i>DLR-Robotics and Mechatronics Center</i>	Experimentelle Flugplattformen ELWIRA und ELHASPA 40 <i>Experimental aircraft platforms ELWIRA and ELHASPA</i>
Mobiler humanoider Rollin' Justin 8 <i>Mobile Humanoid Rollin' Justin</i>	Lastentransport und Manipulation aus der Luft 42 <i>Load transportation and aerial manipulation</i>
Rollin' Justin fängt zugeworfene Bälle 10 <i>Rollin' Justin Catching Thrown Balls</i>	Virtuelles Bayern 44 <i>Virtual Bavaria</i>
Chirurgierobotik mit Leichtbausystem 12 <i>Medical Robotics with Lightweight System</i>	3D Modellierung 46 ohne externe Lagemessung <i>3D Modeling without external pose</i>
Sensorgeführte Montage 14 <i>Sensor-Guided Assembly</i>	Integrales Positionierungssystem 48 <i>Integral Positioning System</i>
Roboterassistent der Zukunft 16 <i>Towards the Robotic Co-Worker</i>	Design in der angewandten Forschung 50 <i>Desing and applied science</i>
Anthropomorphes DLR- 18 Hand-Arm-System <i>Anthropomorphic DLR' Hand-Arm-System</i>	ROMO – das robotische Elektromobil 52 <i>ROMO – the robotic vehicle</i>
Zweibeinige Gehmaschine 20 <i>Bibed Walking Machine</i>	Modelica – Die Modellierungs- 54 technologie der Zukunft <i>Modelica – The Modeling Technology of the Future</i>
5-Finger DLR-HIT Roboterhand 22 <i>5-Finger DLR-HIT Robot Hand</i>	Flugdynamik und Flugregelung 56 <i>Flight Dynamics and Control</i>
Bionik @ DLR 24 <i>Bionics @ DLR</i>	Mehrzielige Entwurfsoptimierung 58 <i>Multi-objective Design Optimisation</i>
Robotik Komponenten in der Raumfahrt .. 26 <i>Robotic Components in Space Flight</i>	Von der Forschung in die Anwendung 60 <i>From Research to Industrial Application</i>
On-Orbit Servicing Missionen 28 <i>On-Orbit servicing mission</i>	SENSODRIVE – Mechatronische 62 Lösungen <i>SENSODRIVE – Mechatronic Solutions</i>
ROKVISS und HIROSCO 30 <i>ROKVISS and HIROSCO</i>	RoboDrive – 64 Innovation in der Motorentechnik <i>RoboDrive – Innovations in Drive Technology</i>
Haptisches Feedback in virtuellen Welten. 32 <i>Haptic Feedback in virtual worlds</i>	Das DLR Herzunterstützungssystem 66 <i>The DLR Heart Assist Device</i>
Robotische Explorationstechnologien 34 in unserem Sonnensystem <i>Robotic Technologies for Planetary Surface Exploration</i>	Impressum 68 <i>Imprint</i>
Der DLR-Krabbler 36 <i>The DLR Crawler</i>	

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, Verkehr und Energie 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 sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert 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 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

DLR at a Glance

DLR is Germany's national research center for aeronautics and space. Its extensive research and development work in Aeronautics, Space, Transportation and Energy is integrated into national and international cooperative ventures. As Germany's space agency, DLR has been given responsibility for the forward planning and the implementation of the German space program by the German federal government as well as for the international representation of German interests. Furthermore, Germany's largest project-management agency is also part of DLR.

Approximately 6,500 people are employed at thirteen locations in Germany: Koeln (headquarters), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen and Weilheim. DLR also operates offices in Brussels, Paris, and Washington D.C.



Das Institut für Robotik und Mechatronik

Mechatronik ist die höchstmögliche Integration von Mechanik/Optik, Elektronik und Informatik bis hin zu „intelligenten Mechanismen“ und Robotern, die mit ihrer Umwelt interagieren. Dementsprechend liegt die fachliche Basis des Instituts im interdisziplinären (virtuellen) Entwurf, der Optimierung und realitätsnahen Simulation, sowie in der Realisierung komplexer mechatronischer Systeme, die zur ganzheitlichen Wahrnehmung und autonomen Aktion fähig sind.

Das Institut gilt als eines der weltweit führenden Einrichtungen in der angewandten Roboter-Forschung mit Schwerpunkt in der Raumfahrt und zahlreichen Technologietransfer-Ergebnissen in der Industrie- und Service-Robotik, der Chirurgie und Prothetik. Es arbeitet darüber hinaus intensiv an der Modellbildung, Simulation und Entwicklung mechatronischer Komponenten und Autonomie-Konzepte für die Flugzeug- und Fahrzeug-Technik, sowie in der Berliner Abteilung an der Entwicklung von Kleinsatelliten. Dort werden auch die Arbeiten des Zentrums auf dem Gebiet der Erdbeobachtung und fotorealistischen 3-D-Weltmodellierung durch die Entwicklung innovativer optischer Technologien unterstützt.



The Institute of Robotics and Mechatronics

Mechatronics is the highest possible integration of mechanics/optics, electronics and computer science yielding "intelligent mechanisms" and robots, which interact with the environment. Accordingly the technological basis of the Institute is in the interdisciplinary (virtual) design, optimization and realistic simulation, as well as in the realization of complex mechatronic systems, which are capable of holistic perception and autonomous action.

The Institute is said to be a worldwide leading institution in applied robotics research with focus on space robotics and technology transfer in industrial and service robotics, surgery and prosthetics. In addition, the institute is actively involved in airplane design and flight control as well as vehicle control and mechatronic design. In the Berlin subdivision small satellites (e.g. BIRD) are developed as well as high performance optical systems, which support the Center's efforts in the field of earth observation and photorealistic 3D-world modeling.

Kontakt/Contact

Prof. Dr. Gerhard Hirzinger
Telephone + 49 (0) 8153 28-2401

Mobiler humanoider Rollin' Justin

Eine grundlegende Voraussetzung für den zukünftigen Einsatz von Robotersystemen im Haushalt oder als Unterstützung von Astronauten im Weltraum ist die Beherrschung von komplexen Manipulationsaufgaben. Das DLR beschäftigt sich daher intensiv mit der Entwicklung von robusten Regelungsstrategien und intelligenten Handlungsplanungen für die zweihändige Manipulation.

Der mobile Justin mit seinen beiden nachgiebig regelbaren Leichtbauroboterarmen und den Mehrfingerhänden, stellt für diese Forschungen eine ideale Experimentierplattform dar. Die mobile Plattform ermöglicht den agilen, flexiblen Betrieb des Systems. Die ein- und ausfahrbaren, gefederten Räder sind speziell auf die Anforderungen mobiler Servicerobotik angepasst.

Optische Tiefensensoren und Kameras erfassen die Roboterumgebung in 3-D und erlauben Justin so, vorgegebene Aufgaben selbstständig zu erledigen.

Bild: Der mobile humanoide Rollin' Justin.



Mobile Humanoid Rollin' Justin

In the future humanoid robots are envisioned in household applications as well as in space environments. The capability to perform complex manipulation tasks is a key issue. For this objective DLR currently focuses its research on the development of robust control strategies and intelligent manipulation planners for two handed manipulation.

The mobile robotic system Justin with its compliantly controlled lightweight arms and its four-finger hands is an ideal experimental platform for these research issues. The mobile platform allows for agile and flexible operation of the system. The independently adaptable wheel suspension is particularly designed for the requirements of service robotics.

Optical spatial depth sensors and cameras allow for 3D reconstruction of the robot's environment and therefore enable Justin to perform given tasks autonomously.

Photo: The Mobile Humanoid Rollin' Justin

Kontakt/Contact

Christoph Borst
Telephone + 49 (0) 8153 28-2426
E-mail christoph.borst@dlr.de

Rollin' Justin fängt zugeworfene Bälle

Einen zugeworfenen Ball mit der Hand zu fangen ist nicht einfach – weder für Menschen, noch für Roboter. Es bedarf eines engen Zusammenspiels von schneller Wahrnehmung, einer geübten Fangstrategie, Körperbeherrschung und Fingerfertigkeit. Ballfangen ist daher eine ideale Experimentierumgebung für viele robotische Schlüsseltechnologien.

HD-Stereokameras am Kopf verfolgen die Bälle. Die Dynamik der Fangbewegung erzeugt Schwingungen, die von der Regelung nicht völlig kompensiert werden können. Daher wird für die Flugbahnvorhersage unterstützend ein Inertialsensor verwendet.

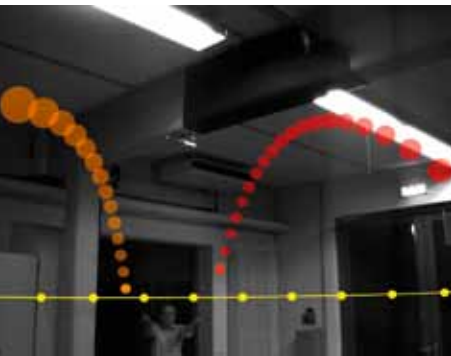
Aus den während des Fluges besser werdenden Vorhersagen bestimmt ein Echtzeit-Pfadplaner, wo, wann und in welcher

Konfiguration der Ball kinematisch optimal gefangen werden soll. Hierzu wird wiederholt ein nichtlineares Optimierungsproblem (inklusive einfacher Kollisionsvermeidung) auf einem externen Rechner-Cluster (32 Cores) gelöst.

Die anspruchsvolle Systemarchitektur

mit in harter Echtzeit kommunizierenden, verteilten Sensoren, Aktuatoren und Computern wurde mit dem im Institut entwickelten aRD (agile robot development) Softwarekonzept realisiert.

Bild: Blick aus einer Kopfkamera mit Vorhersage der Ballflugbahnen und künstlichem Horizont



Rollin' Justin Catching Thrown Balls

Catching a ball by hand is not easy – neither for humans nor for robots. A tight interplay of fast perception, a good catching strategy, body control and dexterity are needed. Hence, ball catching is an excellent testbed for a number of robotic key technologies.

Headmounted HD stereocameras track the thrown balls. The dynamics of the catching motion causes vibrations to the system, which the control can not completely cancel. Therefore, a supporting inertial measurement unit is used for predicting the ball's trajectory.

During the flight the predictions continuously improve and a realtime path planner decides where, when, and in which configuration to kinematically catch the ball in an optimal way. For this, a nonlinear optimization problem (including simple collision avoidance) is repeatedly solved on an external computing cluster (32 cores).

The challenging system architecture with distributed sensors, actuators, and computing resources, communicating under hard realtime constraints, is implemented using DLR's component based aRD (agile robot development) software concept.

Photo: Camera view with ball trajectory predictions and artificial horizon from IMU measurements

Kontakt/Contact

Berthold Bäuml
Telephone + 49 (0) 8153 28 -2489
E-mail berthold.baeuml@dlr.de

Chirurgierobotik mit Leichtbausystemen

MiroSurge ist ein Robotersystem für die minimal invasive Chirurgie. Der Arzt steuert drei Roboterarme (MIRO), wovon zwei mit DLR-Instrumenten (MICA) und ein Roboterarm mit einer Stereo-HD-Endoskopkamera bestückt sind. Das Videobild kann mit zusätzlichen Darstellungen (z.B. Kraftpfeilen) überlagert und via Ethernet an verschiedene Anzeigen verteilt werden. Eine präoperative Planung optimiert das Robotersystem für effizienten und sicheren Betrieb. Während des Aufbaus der Roboter am Operationstisch kommen deren handgeführter Modus sowie ein Touch-basiertes Handgerät zum Einsatz. Die Planung wird intraoperativ mit dem optischen Messsystem 3DMo mit der Patientenposition abgeglichen.

Während des Eingriffs steuert der Chirurg die Roboter von einer Eingabekonzole, die neben autostereoskopischem 3D Video auch beidhändiges Force-Feedback in 6+1 Freiheitsgraden (1 kHz) ermöglicht. Alternativ wird das System über optisch nachgeführte Instrumente gesteuert.

Bild: Die Roboter des MiroSurge-Systems

www.dlr.de/rm/mirosurge



Medical Robotics with Lightweight Systems

MiroSurge is a robotic system for minimally invasive surgery. The surgeon operates three robots (MIRO). Two robots carry minimally invasive instruments (DLR MICA). The third robot is equipped with a stereo HD endoscope. The video stream is augmented with additional data (e.g. virtual force arrows) and distributed via Ethernet to a number of clients. A preoperative planning optimizes the robotic setup with a focus on efficiency and safety. This planning data is mapped onto the patient's position intraoperatively by utilizing an optic sensor system, the 3DMo. During setup of the robots, the intuitive hands-on control mode as well as a handheld command device is applied.

The surgeon controls the robots during surgery from a remote console. Besides autostereoscopic 3D video, this console enables bimanual force-feedback in 6+1 degrees of freedom (1 kHz). Alternatively, the system can be operated with optically tracked instruments.

Photo: The robot arms of the MiroSurge system

www.dlr.de/rm/mirosurge

Kontakt/Contact

Ulrich Hagn
Telephone + 49 (0) 8153 28-1075
E-mail ulrich.hagn@dlr.de

Sensorgeführte Montage

Um automatisierte Fügeprozesse robust ausführen zu können, müssen Roboter die Möglichkeit zur Anpassung an veränderte Umgebungsbedingungen haben. Ungenauigkeiten bei der Bauteilzuführung und Fertigungstoleranzen der Teile verhindern die Nutzung einfacher positionsbasierter Roboterprogramme und erfordern stattdessen die Einbeziehung zusätzlicher Sensorik.

Die integrierten Drehmomentsensoren des KUKA-DLR-Leichtbauroboters (LBR) gestatten eine völlig neue Herangehensweise an komplexe Montageaufgaben. Der Roboter kann sowohl position- als auch kraftgeregelt benutzt werden und erlaubt eine situationsabhängige Anpassung der programmierbaren Nachgiebigkeit. In Kombination mit zusätzlicher Bildverarbeitung ergibt sich ein flexibel einsetzbares Montagesystem, das aus Sicht der ersten industriellen Anwender das „Automationssystem der Zukunft“ darstellt.



Die zusätzliche Komplexität der Programmierung unter Einbeziehung der Sensordaten stellt allerdings auch den Benutzer vor neue Herausforderungen. Das DLR arbeitet daher an Methoden, um die Programmierung solcher Systeme zu vereinfachen und somit die Zukunftstechnologie auch für Gelegenheitsanwender verfügbar zu machen.

Die zusätzliche Komplexität der Programmierung unter Einbeziehung der Sensordaten stellt allerdings auch den Benutzer vor neue Herausforderungen. Das DLR arbeitet daher an Methoden, um die Programmierung solcher Systeme zu vereinfachen und somit die Zukunftstechnologie auch für Gelegenheitsanwender verfügbar zu machen.

Bild: Ausrichtung der Puzzleteile mit Hilfe programmierter Nachgiebigkeit des LBR

Sensor-Guided Assembly

To execute automated assembly tasks robustly, robots need to be able to adapt to changes in the environment. Uncertainties due to inaccurate part feeding or manufacturing tolerances prevent the usage of simple position-based robot programs. Instead, integration of additional sensor information is mandatory.

The integrated joint torque sensors of the KUKA-DLR lightweight robot provide a fundamentally new solution to advanced part assembly problems in industrial automation. The robot can be used either position- or force-controlled and allows for a situation-dependent adaption of the programmed compliance. In combination with additional image processing, a flexible assembly system can be obtained. First industrial users speak of the "automation system of the future."

The complexity of robot programming incorporating the additional sensory data is a new challenge for robot users. Therefore DLR is working on methods to simplify and automate the programming of such systems. The goal is to make the technology of the future accessible even to occasional users.

Photo: The lightweight robot uses the programmed compliance to align part and hole

Kontakt/Contact

Andreas Stemmer
Telephone + 49 (0) 8153 28-3821
E-mail andreas.stemmer@dlr.de

Dr. Alin Albu-Schäffer
Telephone + 49 (0) 8153 28-3689
E-mail alin.albu-schaeffer@dlr.de

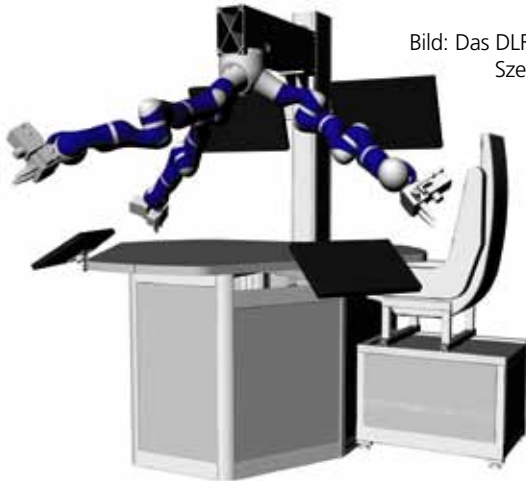
Roboterassistent der Zukunft

Die Entwicklung sensorbasierter Roboterassistenten, die den Menschen im industriellen Umfeld unterstützen und mit ihm direkt physikalisch interagieren können ist ein wichtiges Ziel der Robotik.

Am DLR wurde ein Konzept für zukünftige Roboterassistenten entwickelt, das eine Vielzahl an neuartigen und flexiblen Methoden und Technologien vereint. Dazu wurden sensorbasierte Reaktionsstrategien zur sicheren Mensch-Roboter Interaktion zu einem zustandsbasierten Roboterverhalten integriert. Algorithmen zur Kollisionsdetektion und -reaktion, sowie programmierbare Nachgiebigkeit werden genutzt, um die nötige Robustheit in unstrukturierten Umgebungen zu erlangen.

Zur Demonstration des Konzepts wurde als Anwendung der interaktive „Griff in die Kiste“ implementiert. Drehmomentgeregelter DLR Leichtbaurobter sind mit 3D Sensoren zur Objekterkennung zur Manipulation von Objekten ausgestattet. Innovative Algorithmen für situatives Roboterverhalten ermöglichen die flexible und sichere Koexistenz sowie multimodale Interaktion von Mensch und Roboter im gemeinsamen partiell unbekanntem Arbeitsraum.

Bild: Das DLR Co-Worker Szenario



Towards the Robotic Co-Worker

The development of sensor-based robotic co-workers that support humans in industrial settings and are able to physically cooperate with them is an important goal in robotics.

At DLR a concept for future robotic co-workers was developed, which unifies innovative and flexible methods and technologies. Strategies are devised for safe interaction with the human during task execution. These include state dependent robot behaviour and appropriate mechanisms to realize robustness in partially unstructured environments. Especially soft-robotics control as well as collision detection and reaction play an integral part.

We support our ideas by embedding the industrially relevant bin-picking problem into our framework for Human-Robot Interaction (HRI). For this we use torque controlled DLR Lightweight Robots III (LWR-III), which are equipped with 3D sensors for object recognition. Novel algorithms for situative robot behaviour enable flexible and safe coexistence and multi-modal interaction of humans and robots in partially unstructured environments.

Photo: The DLR Co-Worker-Scenario

Kontakt/Contact

Sami Haddadin
Telephone + 49 (0) 8153 28-1047
E-mail sami.haddadin@dlr.de

Dr. Michael Suppa
Telephone + 49 (0) 8153 28-3976
E-mail michael.suppa@dlr.de

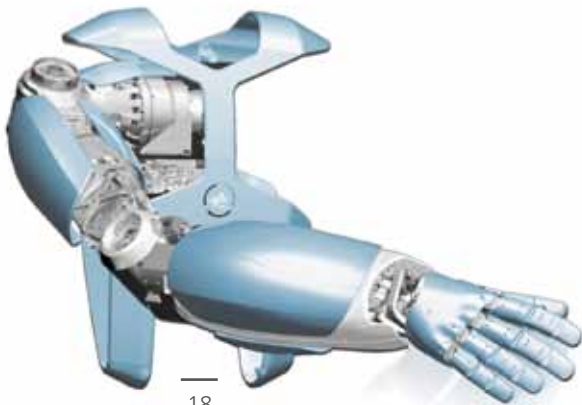
Anthropomorphes DLR- Hand-Arm-System

Anwendungen in der Service-Robotik müssen nicht nur ein minimales Gefährdungspotential für den Menschen besitzen, sondern auch eine Beschädigung der komplexen und kostspieligen Roboter vermeiden. Letzteres lenkt den Fokus zunehmend von der eigentlichen Applikationsentwicklung ab und behindert die Erprobung neuartiger Regelungs- und Planungsmethoden. Des Weiteren sind die dynamischen Fähigkeiten bisheriger Roboter nicht ausreichend, um z. B. zu werfen oder zu rennen. Hierfür notwendige Antriebe auf konventioneller Basis sind zu schwer und groß. Um die hoch gesteckten Ziele in der Raumfahrt- und Service-Robotik zu erreichen, müssen Roboter zukünftig:

- 1) robust gegen Kollisionen sein
- 2) Energie kurzfristig speichern können

Das DLR-Hand-Arm-System setzt diese Forderungen durch Antriebe mit einstellbarer passiver Nachgiebigkeit konsequent um. Dadurch ist dieses höchstintegrierte mechatronische System mit 54 Antrieben und weit über 100 Sensoren dem menschlichen Vorbild in Größe, Kraft und Dynamik annähernd ebenbürtig.

Bild: Rendering anthropomorphes DLR-Hand-Arm-System



Anthropomorphic DLR' Hand-Arm-System

As robotic systems and applications become more and more complex, the danger of costly damage to robots increasingly distracts developers from the important work of developing even radically different motion control and planning strategies. Furthermore the dynamic properties of current robotic systems are not sufficient for human tasks such as throwing or running. Typical actuators cannot provide the required power during peak loads without getting too bulky and heavy. Therefore, we are convinced that major steps in space and service robotics are only possible if future robotic systems are:

- 1) robust against "every-day" impacts
- 2) able to store energy on short-term

This motivated the design of the DLR Hand-Arm-System which mimics the kinematic, dynamic and force properties of the human arm using variable passive compliance actuators. This highly integrated mechatronic system consists of 54 drives and more than 100 sensors.

Photo: Rendering of the Anthropomorphic DLR' Hand-Arm-System

Kontakt/Contact

Markus Grebenstein
Telephone + 49 (0) 8153 28-1064
E-mail markus.grebenstein@dlr.de

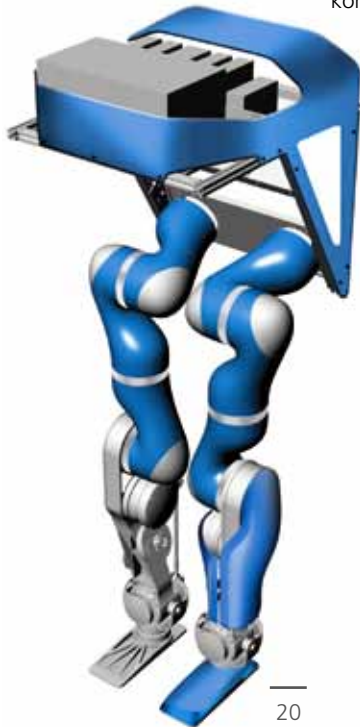
Zweibeinige Gehmaschine

Um Dienstleistungsroboter in menschlichen Umgebungen einsetzen zu können, ist es notwendig, diese bestmöglich an das menschliche Lebensumfeld anzupassen. Auf Beinen basierte Gehmaschinen erlauben es, Treppen zu steigen sowie kleine Hindernisse zu bewältigen, anstatt diese umfahren zu müssen.

Das am DLR entwickelte zweibeinige System basiert auf der bewährten Technologie der drehmomentgeregelten DLR-Leichtbauarme. Aufgrund der modularen Antriebe mit integrierter Gelenkelektronik war der Aufbau eines zweibeinigen Experimentalsystems in minimaler Entwicklungszeit möglich. Neben positions- und kraftgeregelten Ansätzen ermöglicht dieses System detaillierte Studien von drehmoment-basierten Regelungskonzepten für die Balance- und

Gangregelung. Insbesondere soll der Nutzen einer nachgiebigen Impedanzregelung, die in den letzten Jahren für Manipulationsaufgaben der DLR-Leichtbauarme entwickelt wurde, auf ihre Verwendbarkeit für die zweibeinige Fortbewegung hin analysiert werden.

Bild: Experimentalsystem zur Entwicklung von Regelungsstrategien für zweibeinige Gehmaschinen



Biped Walking Machine

In order to employ service robots in domestic environments, it is necessary to adapt these robots to the human's living space in the best possible way. Legged walking machines allow for climbing of stairs and stepping over small obstacles without the need of circumnavigating them.

The biped walking machine developed at DLR is based on the well tested technology of the torque controlled DLR lightweight arms. Based on the modular drive technology with integrated joint sensing and electronics, the design of a biped experimental system was possible within minimum development time. In addition to position and force controlled approaches, this system allows for a detailed study of joint torque-based control concepts for biped balancing and walking. In particular, the applicability of compliant impedance control, as developed for manipulation tasks with the DLR lightweight arms, to biped locomotion shall be analysed.

Photo: Experimental system for the development of control strategies for biped walking machines

Kontakt/Contact

Dr. Christian Ott
Telephone + 49 (0) 8153 28-3464
E-mail christian.ott@dlr.de

5-Finger DLR-HIT Roboterhand

Auf der Basis der DLR-Hand haben das DLR-Institut für Robotik und Mechatronik und das Harbin Institute of Technology (HIT) eine modulare Roboterhand entwickelt. Im Gegensatz zu den bisherigen Händen besteht die neue DLR-HIT Roboterhand aus fünf modular aufgebauten Fingern mit jeweils vier Gelenken mit drei angetriebenen Freiheitsgraden. Sie ist dennoch kleiner und leichter.

In die Hand sind insgesamt 15 kommerziell verfügbare, bürstenlose Gleichstrommotoren mit digitalen Hall-Kommutierungs-Sensoren integriert. Jedes Gelenk ist mit einem absoluten Winkelsensor und einem DMS-basierten Drehmomentsensor ausgestattet.

Die Roboterhand lässt sich allein mit Hilfe einer PC Einsteckkarte oder zusätzlich mit einem Echtzeitsystem nachgiebig regeln. Die DLR-typische Impedanzregelung erlaubt es dem Anwender, geplante Bewegungen präzise auszuführen und im Kontaktfall programmierbar nachgiebig zu reagieren, zum Beispiel zum Ausgleich von Planungsungenauigkeiten.

Bild: 5-Finger DLR-HIT Roboterhand



5-Finger DLR-HIT Robot Hand

On the technological basis of the DLR Hand, the German Aerospace Center (DLR) and the Harbin Institute of Technology (HIT) have jointly developed a new robot hand. Compared to the former hands, the new DLR-HIT robot hand now has five modular fingers. Each finger has four joints with three actuated degrees of freedom. Nevertheless, the new hand is even smaller and lighter.

Altogether 15 commercially available flat brushless DC motors (commutated via digital hall sensors) are integrated into the hand. There are absolute angle sensors and a strain-gauge based joint torque sensor associated to each joint.

Using a PCI card and a flexible real-time system the hand can be controlled compliantly. The DLR impedance control allows the user to execute planned trajectories precisely. Yet in case of contact with the environment the hand reacts compliant. This allows the compensation of small planning errors.

Photo: 5-Finger DLR-HIT robot hand

Kontakt/Contact

Dr. Liu Hong
Telephone + 49 (0) 8153 28-1128
E-mail Hong.Liu@dlr.de

Peter Meusel
Telephone + 49 (0) 8153 28-1300
E-mail Peter.Meusel@dlr.de

Bionik @ DLR

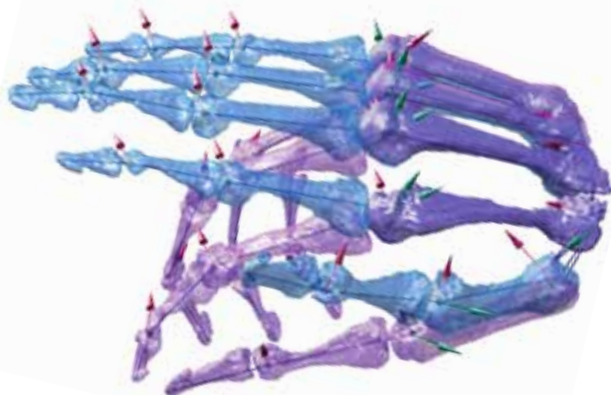
Biologische Systeme sind auch heute noch, hinsichtlich Effizienz und Flexibilität, von den besten robotischen Systemen unerreicht. Durch die biologische Evolution sind perfekt spezialisierte und hoch effiziente Systeme hervorgebracht worden. Was können wir von der Biologie lernen, um Roboter besser zu machen?

Die Bionik-Gruppe des DLR erforscht biologische Systeme, um Konzepte für kommende Generationen von Robotern zu gewinnen: z. B. flexible Universalsysteme, die auch in unvorhergesehenen Situationen funktionieren. Dafür messen und simulieren wir die menschliche Bewegung. Ebenso untersuchen wir die optimale Anbindung von neuartigen robotischen Systemen an den Menschen, wie beispielsweise Hand-Arm-Prothesen.

Wir forschen an: kinematischen Modellen der menschlichen Hand; neuartigen Messmethoden für menschliche Steifigkeiten; EMG-gesteuerter Robotik; Robotersteuerung mittels neuronalen Signalen aus dem Motorkortex; hautähnlichen Tastsensoren; Rehabilitation; Prothesenentwicklung; menschlichem Greifen.

Bild: Genaues kinematisches Handmodell

www.bionik.dlr.de



Bionics @ DLR

Efficiency and flexibility of biological systems is unreached in even the best robotic systems. Biological evolution formed highly specialized and perfectly designed systems. How can we learn from biology to improve robotic systems?

The bionics group investigates biological systems to extract concepts which can be used to improve robotic systems towards a new generation: flexible, general-purpose systems that can cope with unforeseen situations. To this end, we measure and model human motion and actuation to generalise these into concepts. We investigate the optimal integration of novel robotic systems with the human body, for instance with the goal of developing seamless prosthetics.

Our research topics include: human hand modelling; novel measurement methods to measure human stiffness; EMG-controlled robotics; brain-interfacing for robot control; skin-like touch sensors; rehabilitation; prosthetics; human grasping.

Photo: Exact model of the human hand

www.bionics.dlr.de

Kontakt/Contact

Dr. Patrick van der Smagt
Telephone + 49 (0) 8153 28-1152
E-mail smagt@dlr.de

Robotik-Komponenten in der Raumfahrt

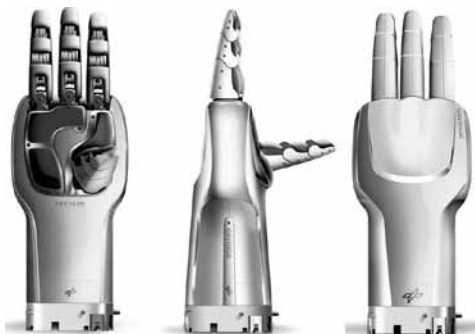
Weltweit setzt sich immer mehr die Erkenntnis durch, dass Automation und Robotik (A&R) eine Schlüsseltechnologie zur Wartung und Reparatur orbitaler Systeme, sowie zur Exploration unseres Sonnensystems darstellt.

Insbesondere beim Aufbau komplexer und teilweise autonomer mechatronischer Systeme besteht die besondere Herausforderung in Kompaktheit und Leichtbau bei gleichzeitig erhöhten Anforderungen und Belastungen durch den Einsatz im Welt- raum (Temperatur, Vakuum, radioaktive Strahlung, Schmiermittel, Vibration und Schockbelastung). So muss beispielsweise bei der „robotischen“ DEXHAND ein hohes Maß an elektrischer Energie auf kleinstem Bauraum umgesetzt werden.

Aufgrund der hohen Kosten und Baugrößen für spezielle raumfahrtqualifizierte Bauteile untersucht das DLR die alternative Verwendungsmöglichkeit von elektronischen und mechanischen Standard-Komponenten.

In den Projekten ROKVISS, TET, EXOMARS, OLEV, DEXHAND und DEOS testet und verifiziert das Institut derzeit mechanische bzw. robotische Konzepte und Technologien für ihre Verwendung im Weltraum.

Bild: DEXHAND: Illustriertes Designmodell



Robotics Components in Space Flight

Automation and robotics is worldwide recognized as key technology for maintenance and repair of orbital systems as well as for the exploration of our solar system.

In particular the construction of complex and partly autonomous mechatronic systems requires compact and light weight design balanced with the increased demands and requirements of space environment with respect to thermal, vacuum, radiation, lubrication, vibration and shock load aspects. For example in the robotic hand DEXHAND high electrical power consumption has to be dealt with in an extremely restricted volume.

In order to avoid high cost and bulky dimensions of space qualified components the DLR Institute of Robotics and Mechatronics evaluates the use of electronic and mechanical „off the shelf“ components.

Currently the institute tests and verifies technologies and mechatronic and robotic concepts considering applicability in space, e. g. within the space projects ROKVISS, TET, EXOMARS, OLEV, DEXHAND and DEOS.

Photo: DEXHAND: Illustrated design model

Kontakt/Contact

Klaus Landzettel
Telephone + 49 (0) 8153 28-2403
E-mail klaus.landzettel@dlr.de

On-Orbit-Servicing-Missionen

Das Institut für Robotik und Mechatronik entwickelt und verifiziert seit vielen Jahren mit großem Erfolg Systeme und Verfahren zum Einfangen, Reparieren und evtl. Entsorgen außer Kontrolle geratener Satelliten. Diese Robotik-Komponenten sowie Regelungssysteme, die die komplexe dynamische Interaktion zwischen Roboterarm und Satellitenplattform berücksichtigen, stellen die Kernelemente für zukünftige Service-Satelliten sowie für Systeme zur Entsorgung von Weltraumschrott dar.

OLEV (Orbital Life Extension Vehicle):

Viele Telekommunikationssatelliten im geostationären Orbit müssen bisher außer Betrieb genommen werden wenn der Treibstoff zu Ende geht, obwohl ihre Sende- und Empfangseinheiten noch einwandfrei funktionieren. Ein Servicesatellit mit DLR-Andockwerkzeug soll hier zukünftig Abhilfe schaffen, indem er den Telekom-Satelliten anfliegt, an ihm andockt und im angedockten Zustand für mehrere Jahre die Positionierung auf der Umlaufbahn übernimmt. Das Einfangwerkzeug (Capture-Tool) sowie das Verfahren des sensorgestützten Endanflugs kommen aus dem Institut für Robotik und Mechatronik.

Bild: OLEV, Service-Satellit mit Capture Tool

Bild: OLEV, Service-Satellit mit Capture Tool

On-Orbit Servicing Mission

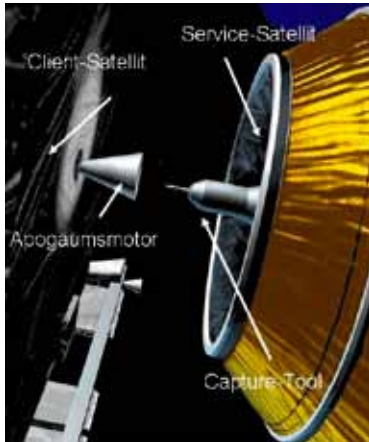
For many years the Institute of Robotics and Mechatronics developed and verified systems and procedures for capturing, repairing, and maintaining satellites which are out of control. These robotic components and control systems that address the complex dynamic interaction between a robotic system and the satellite platform provide the key elements for future service applications in space. This system can also be used for disposal of debris in low earth orbits.

OLEV (Orbital Life Extension Vehicle) Many telecommunication satellites in geostationary orbit have to be shut down when they run out of fuel, although their transmitting and receiving units still work properly. A service satellite with DLR Robotic equipment will be able to extend the satellites lifetime by approaching the satellite, docking to it and taking over the position control of the joint system for several additional years. The Institute will contribute the Capture Tool as well as the procedures necessary to autonomously perform the challenging sensor controlled docking task.

Photo: OLEV, Service-Satellite with Capture Tool

Kontakt/Contact

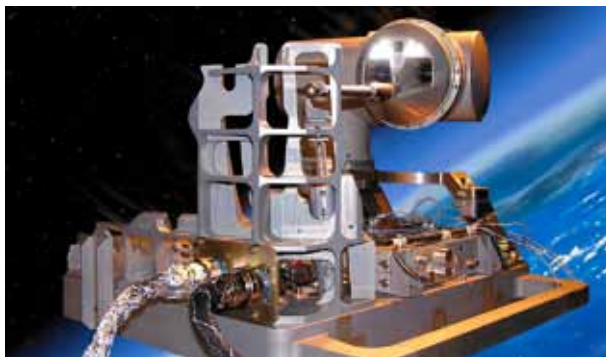
Klaus Landzettel
Telephone + 49 (0) 8153 28-2403
E-mail klaus.landzettel@dlr.de



ROKVISS und HIROSCO

Mit ROKVISS (Roboter-Komponenten Verifikation auf der ISS) ist Ende 2004 auf der Internationalen Raumstation (ISS) ein deutsches Technologie-Experiment für das robotergestützte On-Orbit-Servicing (OOS) in Betrieb genommen worden. Das Ziel von ROKVISS ist die Verifikation mechatronischer Leichtbau-Roboter-Gelenkeinheiten für den Einsatz im OOS. Zudem wurde weltweit zum ersten Mal ein haptisch-visueller Telepräsenz-Betrieb auf der Basis einer direkten Funkverbindung zwischen der Raumstation und der Bodenstation durchgeführt und sehr erfolgreich für das OOS qualifiziert. Der Roboter im Weltraum empfängt seine Bewegungskommandos vom Bediener am Boden. Ein kraftreflektierender DLR-Joystick dient dem Operateur als haptisches Eingabegerät, das ihm die Kontaktkräfte des Roboters mit seiner Umgebung zurückmeldet. Gleichzeitig werden auch die Bilder der Stereo-Kamera an der Bodenstation dargestellt. Der Bediener fühlt sich telepräsenz. Den Betrieb von ROKVISS übernimmt HIROSCO, der vom DLR entwickelte Prototyp einer komponentenbasierten Steuerungssoftware für robotische Raumfahrzeuge. Inzwischen ist ROKVISS von jedem Punkt der Erde per Laptop und Handy fernsteuerbar.

Bild: ROKVISS, ein Technologie-Experiment für das robotergestützte On-Orbit-Servicing



ROKVISS and HIROSCO

With ROKVISS (Robotics Component Verification on the ISS), a German technology experiment for the robot ON-Orbit Servicing (OOS) has been put into operation at the end of 2004. The goal of ROKVISS is the verification of mechatronic lightweight robot joint units for use in the OOS. In addition, for the first time a haptic-visual telepresence operating on the basis of a direct radio link between the space station and the ground station has been successfully tested and finally established. During tele-presence control the ROKVISS robot is commanded via a direct radio link by an operator on ground using a DLR force-feedback joystick. Contact forces measured by the robot during the experiment are transferred to the joystick. At the same time, video images of the onboard cameras are displayed to the operator on ground. The operator sees and feels the interaction as being remotely present. ROKVISS is being controlled by HIROSCO, a prototype of a component-based control software for robotic spacecrafts that is being developed by DLR. Meanwhile ROKVISS is remotely controllable from anywhere via internet, laptop and cell phone.

Photo: ROKVISS, a technological experiment for robot-assisted On-Orbit servicing

Kontakt/Contact

Klaus Landzettel
Telephone + 49 (0) 8153 28-2403
E-mail klaus.landzettel@dlr.de

Haptisches Feedback in virtuellen Welten

Haptisches Feedback ermöglicht die intuitive Wahrnehmung und Manipulation von Objekten in der virtuellen Welt.

Das DLR verwendet seine Leichtbauroboter als leistungsstarke haptische Eingabegeräte, um Kräfte und Drehmomente, die in der virtuellen Welt beispielsweise durch Kollisionen berechnet werden, auf beide Hände des Bedieners zurückzukoppeln. Die Roboterarme decken fast den gesamten Arbeitsraum des menschlichen Oberkörpers ab, was ein nicht skaliertes Arbeiten ermöglicht. Ein ausgeklügeltes Sicherheitskonzept ermöglicht dabei eine sichere Mensch-System-Interaktion. Die Immersion des Bedieners in die virtuelle Szene wird durch ein Head-mounted Display, einen Datenhandschuh und ein vibrotaktiler Interaktionsgerät gesteigert.



Ein neuartiger haptischer Rendering Algorithmus kann Kräfte und Drehmomente aus hoch-komplexen virtuellen Szenen in einer Millisekunde berechnen, während neue Regelungsarchitekturen eine robuste Stabilität des Systems bei sehr harten Kontakten garantieren.

Die zweihändige haptische Eingabestation ermöglicht die Überprüfung und Optimierung der Montier- und Wartbarkeit komplexer technischer Systeme, wie Satelliten, Flugzeuge oder Autos, durch die Verwendung von digitalen Prototypen.

Bild: Zweiarmiges haptisches Interaktionsgerät mit 3-D-Visualisierung und Fingertracking

Haptic Feedback in Virtual Worlds

Haptic feedback makes it possible to intuitively perceive and manipulate objects in virtual worlds.

DLR uses its light-weight robot arms as high-end haptic devices to realistically feed back forces and torques that arise, e.g. from collisions, in the virtual world to both human hands. The robot arms have a workspace that covers almost the entire reachable volume of human upper body workspace allowing unscaled operations. In addition, a redundant multilayered safety concept guarantees safe operation. Besides that, full immersion into the virtual world is possible together with a head-mounted display, a finger-tracking system and a device that provides vibrotactile feedback. A novel 6DoF haptic rendering algorithm computes collisions within a millisecond in highly complex scenarios, while new control approaches guarantee robust stability for stiff contacts.

DLR's bimanual haptic system allows for checking and improving mountability and maintainability by using digital prototypes instead of real ones. This reduces development time and financial efforts, especially when designing complex technical systems such as satellites, airplanes or cars.

Photo: Bimanual haptic device with 3D visualisation and finger tracking

Kontakt/Contact

Carsten Preusche
Telephone + 49 (0) 8153 28-3036
E-mail carsten.preusche@dlr.de

Robotische Explorationstechnologien in unserem Sonnensystem

Die Suche nach Leben und Bedingungen, die Leben auf Planeten ermöglichen, ist eine der herausragenden wissenschaftlichen Aufgaben der Raumfahrt. Hierzu startet die ESA in zwei Etappen (2016 und 2018) die unbemannte Mission ExoMars, bei der ein sechsrädriger Rover zum Einsatz kommen wird. Das DLR ist Partner in einem internationalen Konsortium, das den Rover entwickelt. Neben der Ausrüstung der Rad- und Lenkantriebe für einen Testrover mit innovativen DLR-Motoren sind die Simulation der Fahrdynamik und umfangreiche Bodentests unter marsähnlichen Geländebedingungen die Hauptaufgaben des DLR. Für die Realisierung zukünftiger mobiler Systeme ist ein neuartiger, integrativer, mechatronischer Ansatz gefragt, der die Optimierung hinsichtlich Leichtbau (Gewichtsreduktion), Energieverbrauch und

Kraftübertragung zwischen Rad und Planetenoberfläche zum Ziel hat. Erste Ergebnisse zeigen, dass auch bei Systemen wie dem ExoMars-Rover noch Potenzial bezüglich eines optimierten Entwurfs vorhanden ist. Zusätzlich werden Navigationsverfahren für unbekannte Umgebungen erarbeitet, wobei 3-D-Bilddatenverarbeitung zum Einsatz kommt. Der Rover soll sein Umfeld mit dieser Technik sowohl autonom kartieren als auch sich selbst lokalisieren.

Bild: ExoMars-Rover-Modell, Quelle ESA



Robotics Technologies for Planetary Surface Exploration

The search for life on Mars or similar earth-like planets is one of the principal outstanding scientific tasks of our time. To contribute to this important objective, ESA intends to launch the ExoMars mission in two stages (2016 and 2018), in which a 6-wheeled rover will transport scientific payloads to interesting surface locations. DLR is a partner in the consortium that is developing the rover chassis and locomotion system. Our major contributions are: Firstly, design and realization of in-house developed light-weight and yet powerful new actuators for wheel driving and steering of a test rover; secondly, the modelling and simulation part of the overall rover motion dynamics, where the interaction between the wheels and the uneven planetary terrain is a great challenge. Moreover, to realize more advanced future mobile systems, a mechatronics design approach is required that integrates optimization techniques together with multibody system modelling and terra-mechanics behaviour. Compared to traditional designs, first approaches show enough potential for optimized rover designs. Concerning rover autonomy, we will apply our efficient 3D image reconstruction methods for localization and environmental mapping, and hence for developing safe driving strategies.

Photo: ExoMars Rover Model, courtesy of ESA

Kontakt/Contact

Dr. Bernd Schäfer
Telephone + 49 (0) 8153 28-1191
E-mail bernd.schaefer@dlr.de

Der DLR Krabblер – ein sechsbeiniger, aktiv nachgiebiger Laufroboter

Der DLR-Krabblер ist ein sechsbeiniger Laufroboter, der auf Basis der Fingermodule der DLR-Hand II entwickelt wurde. Er dient als Testplattform für die Entwicklung und Beurteilung verschiedener Lauf- und Regelstrategien sowie als Vorstufe zukünftiger laufender Explorationsroboter. Die Ausstattung der Beine mit Gelenk-Moment-Sensoren, sowie Kraft-Momenten-Sensoren in den Füßen, gestattet den Einsatz diverser aktiv nachgiebiger Regler.

Ein biologisch inspirierter Laufalgorithmus, im Zusammenspiel mit Reflexen, erlaubt dem Krabblер, Hindernisse im Bereich der Laufhöhe autonom zu bewältigen, sowie seinen Gang automatisch an den Verlust eines Beins anzupassen.

Ausgerüstet mit einer Stereokamera und dem Semi-Globalen Matching Verfahren (SGM) ist der Roboter in der Lage, in unbekanntem, unebenem Gelände autonom zu einem vorgegebenen Zielpunkt zu navigieren. Die Stereobilder dienen hierbei der Positionsbestimmung und Geländemodellierung. Daraus wird die Passierbarkeit des Geländes

geschätzt und in einer Gefahrenkarte gespeichert. Darauf basierend wird ein optimaler Pfad berechnet.

Bild: DLR-Krabblер



The DLR Crawler – a Six-legged, Actively Compliant Walking Robot

The DLR Crawler is a six-legged walking robot that is based on the finger modules of the DLR Hand II. It allows to study future exploration robots and is used as a test bed for the development and evaluation of different force- and kinematics-based gait and control algorithms.

The availability of joint torque sensors and six DOF force-torque sensors integrated within the feet enables the use of different active compliance control approaches.

A biologically inspired gait algorithm together with leg reflexes allows the Crawler to autonomously negotiate obstacles within its walking height and to adapt the gait in case of leg loss. Using a stereo camera and the Semi-Global Matching (SGM) method, the robot is able to autonomously navigate to a pre-defined goal point on unknown rough terrain. Stereo vision is used for robot localization and terrain modelling. The terrain traversability is estimated and stored in a danger map. Based on this information an optimal path is planned.

Photo: DLR Crawler

Kontakt/Contact

Martin Görner
Telephone + 49 (0) 8153 28-1089
E-mail Martin.Görner@dlr.de

Annett Chilian
Telephone + 49 (0) 8153 28-3635
E-mail Annett.Chilian@dlr.de

Autonome Multikopter

Ein Multikopter ist ein Fluggerät mit mehreren gegenläufigen, starren Rotoren. Die Steuerung erfolgt über unterschiedliche Drehzahlen der Rotoren. Die benutzten Systeme sind ausgestattet mit Beschleunigungs- und Drehratensensoren (IMU), elektronischem Kompass, Höhenmesser und GPS und je nach möglicher Traglast mit Stereokameras, hochauflösenden Monokameras oder Laserscannern.

Neben der Datenaquise für die 3D-Modellierung von z.B. Gebäuden können die Flugplattformen zum Umweltmonitoring in unzugänglichen Gebieten oder in „Search-and-Rescue“-Szenarien eingesetzt werden.

Das Ziel der Forschung ist das autonome Fliegen im Innen- und Außenbereich. Die laufenden Arbeiten beschäftigen sich mit der Multisensorfusion, Navigation ohne GPS, reaktiver Kollisionsvermeidung, intelligenter Missionsplanung und der Kooperation von Multikoptern und Landrobotern. Die beschränkte Rechenhardware auf den Flugplattformen stellt bei der Algorithmenentwicklung eine besondere Herausforderung dar.



Bild: Entwicklungsplattform basierend auf einem Quadrocopter mit Miniaturkamera

Autonomous Multicopter

A Multicopter is a flying vehicle with several counter-rotating, fixed mounted rotors. The device is controlled by changing the rotary speed of the rotors. The systems are equipped with accelerometers and gyroscopes (IMU), an electronic compass, an altimeter, a GPS sensor and depending on the maximum load stereo cameras, high resolution monocular cameras or laser scanners.

Such flying platforms can be used to acquire data from the environment, e.g., to generate 3D models of buildings, for monitoring purposes in environments which are difficult to access or for "search-and-rescue" scenarios.

The aim of the research is to enable indoor and outdoor autonomous flight. The current work considers multi sensor fusion, navigation in GPS denied environments, reactive collision avoidance, intelligent planning algorithms and the cooperation of multicopters and ground vehicles. Due to the limited computational resources available on the flying platforms the development of appropriate algorithms is especially challenging.

Photo: Development platform based on a quadcopter with miniature camera

Kontakt/Contact

Korbinian Schmid
Telephone + 49 (0) 8153 28-1076
E-mail korbinian.schmid@dlr.de

Vom Versuchsträger ELWIRA zur solaren Höhenplattform ELHASPA

Der unbemannte Versuchsträger ELWIRA (Extreme Low Weight Intelligent Radio controlled Aircraft) kann sich mit zwei leistungsstarken 2 kW - Elektromotoren bis zu einer halben Stunde in der Luft halten. Das Flugzeug hat eine Spannweite von 4,3 m und transportiert bei einer maximalen Startmasse von etwa 35 kg eine Nutzlast von bis zu 15 kg. Gesteuert wird es durch einen speziell dafür entwickelten Autopiloten.

Primär wird ELWIRA als Forschungsplattform für Flugregelung und Sensorik unbemannter Systeme (Flying robots) eingesetzt. Beispielsweise werden bereits neuartige bildgestützte Navigationsverfahren erprobt und damit auch Technologietransfer – Potenziale bzgl. der Autopilotenentwicklung von Verkehrsfliegern erschlossen. Aus den Experimenten sollen auch wertvolle Erfahrungen gewonnen werden für die Entwicklung der autonomen, solargetriebenen Höhenplattform ELHASPA als Vorläufer künftiger Stratosphärenplattformen, die monatelang in großen Höhen kreisen und mit ihrer Sensorik Satelliten ergänzen oder auch ersetzen sollen. Diese Entwicklung wurde von EADS initiiert und erfolgt in enger Kooperation der DLR-Robotik mit dem Steinbeis-Zentrum Stuttgart, das bereits den bemannten Solarflieger ICARE entwickelt hat.

Bild: Versuchsträger ELWIRA.



From test platform ELWIRA towards high-altitude solar platform ELHASPA

The unmanned test platform ELWIRA (Extreme Low Weight Intelligent Radio controlled Aircraft) is equipped with two powerful 2 kW electro motors and can stay in the air for up to half an hour. The aircraft has a wingspan of 4.3 m and can carry up to 15 kg payload with a total take-off weight of 35 kg. The aircraft is controlled by a specially developed autopilot.

ELWIRA will mainly be used as a research platform supporting development and testing of new approaches for control and sensor data processing in unmanned systems (flying robots). In particular, the new vision based techniques for autonomous navigation have been investigated. This opens new possibilities for the technology transfer to the autopilots of commercial aircrafts. From those flight experiments, a valuable experience has been gained for the development of the autonomous high altitude solar platform ELHASPA. This platform will be an outlier of the future stratosphere platforms, which will be capable to stay at high altitudes for months, supplementing or even replacing satellites by means of their sensors. The development of this platform was initiated by EADS and has being implemented in close cooperation with DLR-Robotics and Steinbeis-Centrum in Stuttgart where a manned solar aircraft ICARE was developed.

Photo: Test platform ELWIRA.

Kontakt/Contact

Prof. Dr. Gerhard Hirzinger
Telephone + 49 (0) 8153 28-2400
E-mail Gerd.Hirzinger@dlr.de

Lastentransport und Manipulation aus der Luft

In der bemannten Luftfahrt werden die Hubschrauber seit langer Zeit zum Lastentransport eingesetzt. Die relativ kleine Nutzlast eines einzelnen Hubschraubers schränkt die möglichen Anwendungen ein. Das in Kooperation mit der TU Berlin

entwickelte System erlaubt, Lastentransport mit mehreren Hubschraubern vollautonom durchzuführen. Die Anzahl der Hubschrauber im System ist variabel und von der Masse der zu transportierenden Last abhängig. Die entwickelten Algorithmen und Verfahren wurden bereits an kleineren Hubschraubern mit einem Rotordurchmesser von 1.9 m erfolgreich getestet. Die entwickelte Software erlaubt, das System bestehend aus drei solcher autonomen Hubschrauber für die Installation und Reparatur der Sensornetzwerke in schwer zugänglichen bzw. gefährlichen Gebieten einzusetzen. Als nächster Schritt ist die Automatisierung der Steuerung von großen Hubschraubern für Lastentransport vorstellbar.

Zusätzlich zum Lastentransport wird an der Manipulation durch einen Flugroboter, z.B. einen Hubschrauber mit Manipulator, gearbeitet. Damit werden viele neue Anwendungen wie z.B. die Inspektion und Wartung von Hochspannungsleitungen oder die Erstversorgung Verunglückter möglich.

Bild: Lastentransport mit autonomen Hubschraubern.



Load transportation and aerial manipulation

In manned aviation helicopters have been used for load transportation for many decades. But the relative small payload of one particular helicopter limits the number of possible applications. The system, which was developed in cooperation with TU Berlin, allows performing the load transportation tasks by means of multiple helicopters. The number of helicopters is variable and depends on the mass of the load. The developed algorithms and approaches have been successfully tested using small size helicopters with the rotor diameter of 1.9 m in different flight experiments. The developed software makes it possible to use the system composed of three such autonomous helicopters for installation and repair of sensor networks in areas which are difficult to access or/and which are dangerous. The next step could be the control and automation of load transportation tasks for full size helicopters.

In addition to the load transportation, the research and development activities are devoted to manipulation performed with flying robots e.g. from a helicopter which is equipped with a manipulator. Using this functionality many new applications for flying robots could be realized, e.g. inspection and service of power lines.

Photo: Load transportation by means of autonomous helicopters

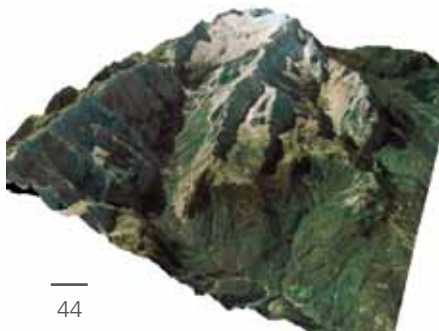
Kontakt/Contact

Dr. Konstantin Kondak
Telephone + 49 (0) 8153 28 -1127
E-mail konstantin.kondak@dlr.de

Virtuelles Bayern

In der Robotik werden Technologien zur dreidimensionalen Erfassung realer Objekte und ihrer räumlichen Darstellung für wissenschaftliche und nicht-wissenschaftliche Anwendungen entwickelt. Bilder, die mit Luftbildkameras (z. B. der für die planetare Erkundung entwickelten Kamera HRSC) oder von Satelliten aus aufgenommen wurden, werden mit neuartigen Stereoalgorithmen zu hochgenauen und fotorealistischen 3-D-Oberflächenmodellen verarbeitet. Damit lassen sich 3-D-Stadtmodelle, aber auch Wanderwege in den Alpen hervorragend visualisieren (virtueller Tourismus). Mit Laserscannern, kombiniert mit Zeilen- oder Flächenchipkameras, werden zudem durch Sensorfusionsalgorithmen fotorealistische 3-D-Modelle von Gebäuden und Innenräumen erstellt, die man ebenfalls interaktiv „durchwandern“ kann (digitales Erbe). Räumliche Darstellungen dieser Art, werden auch mit autostereoskopischen Displays erreicht. Hierbei erlaubt ein im DLR entwickelter, videooptischer Eyetracker schritthaltend eine präzise Nachführung der stereoskopischen Darstellung für die kontinuierliche räumliche Wahrnehmung bei veränderlicher Betrachterposition.

Bild: 3-D-Visualisierung der Zugspitze, aufgenommen mit HRSC-AX in 20 cm/ Pixel



Virtual Bavaria

DLR's Institute of Robotics and Mechatronics develops technologies for the photorealistic 3D-object reconstruction and 3D-representation in scientific and nonscientific applications. High-resolution images, captured with aerial cameras or optics on satellites are processed in a subsequent step with novel "robotic" stereo reconstruction methods (Semi-Global-Matching SGM), generating fully textured 3D-surface models. Accordingly, cities as well as hiking tours can be digitized and interactively visualized from any desired viewpoint (virtual tourism and virtual walk-through). Furthermore, we combine textural and geometric information from laser-scanners and line or areal-chip scanners with highly efficient sensor fusion algorithms to obtain photorealistic 3D-models of buildings and interiors (digital cultural heritage). 3D-representations of this type are shown on autostereoscopic displays. A video-optic eyetracker developed at the DLR precisely controls the focus of the display thus generating 3D-impressions for varying viewing positions.

Photo: 3-D visualisation of the mountain „Zugspitze“, captured by HRSC-AX with 20cm/pixel

Kontakt/Contact

Prof. Dr. Gerhard Hirzinger
Telephone + 49 (0) 8153 28-2401
E-mail gerd.hirzinger@dlr.de

3-D-Modellierung ohne externe Lagemessung

Die Ergebnisse der Technologietransferprojekte ModoS (Multisensorielle Modellierung mittels optischer Sensoren) und IPS (Integral Positioning System) ermöglichen das freigeführte Modellieren und Vermessen von Objekten in Echtzeit ohne externe Lagemessung, z. B. unter Verwendung des multisensoriellen 3D-Modellierers aus dem DLR.

Der 3D-Modellierer ist ein Multisensorsystem für Vermessungs- und Erkennungsaufgaben mittels Stereosensorik, Laserlichtschnitt und Laserscanner. Das modulare Mechanik- und Elektronikkonzept ermöglicht die Anbindung am Roboter sowie einen handgeführten Einsatz. Die entwickelte Software ermöglicht schritthaltenendes Modellieren mit visuellem Feedback, Objekterkennung und Objektregistrierung.

Die Lagebestimmung erfolgt über das integrierte Stereokamerasystem, dessen Kamera auch zur Lichtschnittmessung herangezogen wird. Durch die bildbasierte Schätzung der Eigenbewegung wird kein externes Referenzsystem mehr benötigt. Ein Inertialmesssystem kann zur Unterstützung der Lagemessung verwendet werden.

Bild: Manuelles Scannen von Objekten



3D Modeling without External Pose

The results of the technology transfer projects ModoS (Multisensory Modeling applying optical sensors) and IPS (Integral Positioning System) allow for manual modelling and measuring of objects without external pose measurement e.g. applying DLR's multisensory 3D-Modeler.

The 3D-Modeler is a multiple-purpose sensor system for measurement and recognition tasks using stereo vision, light stripe profiling, and laser-range scanning. The modular concepts of the electronics and mechanics enable mounting on a robotic system and manual use. The software features streaming modeling with visual feedback, object recognition, and object registration.

The pose measurement is carried out by the integrated stereo system whose camera is also used for the laser-stripe sensor. Due to the image-based ego-motion estimation, no external pose sensors are necessary. An inertial measurement unit can be used as support for the pose estimation.

Photo: Manual scanning of objects

Kontakt/Contact

Dr. Michael Suppa
Telephone + 49 (0) 8153 28-3976
E-mail michael.suppa@dlr.de

Integrales Positionierungssystem

Innerhalb des Technologietransferprojekts IPS (Integral Positioning Systems) ist ein System zur Positions- und Lagemesung für den In- und Outdoorbereich entwickelt worden. Es basiert auf einem Multisensoransatz, der es gestattet, die sechs Freiheitsgrade robust und zuverlässig zu erfassen und bereitzustellen.

Sensoren, die Orts- oder Orientierungsinformationen sowie deren Ableitungen bereitstellen können, sind generell in das System integrierbar. Die Grundkonfiguration besteht aus einem Stereokamerasystem, einer inertialen Messeinheit und einem Neigungssensor.

Die Daten der unterschiedlichen Sensoren werden in einer Verarbeitungseinheit, der sogenannten IPS-Box, empfangen und zeitlich referenziert. Komplexe Bildverarbeitungs- und Filteralgorithmen übernehmen anschließend die Zustandsschätzung in Abhängigkeit von der Applikation und vom Bewegungsmodell. Durch eine gezielte Auswahl der Systemkomponenten kann das IPS in der Genauigkeit und damit im Preis skaliert werden. Optional kann das System über GPS oder Galileo gestützt werden und damit in ein globales räumliches und zeitliches Referenzsystem eingebettet werden.

Bild: Die IPS-Box – Integration von Sensorik und Verarbeitung in einem portablen System



Integral Positioning System

A system for pose estimation in in- and outdoor environments is developed as part of the technology transfer project IPS (Integral Positioning Systems). It is based on a multi-sensor approach which allows the determination of all six degrees of freedom in a robust and reliable way.

Sensors providing position data or attitude data or their derivatives can be integrated in the system. The basic configuration includes a stereo camera system, an inertial measurement unit and a tilt sensor.

All the data provided by the sensors is received and time stamped in a processing unit, called IPS-box. Complex image processing and filter algorithms perform a state estimation depending on application and motion model. By selecting specific system components the IPS can be tailored regarding performance and price. An optional usage of GPS or Galileo data provides an external referencing with regard to time and space.

Photo: The IPS-Box – Integration of sensors and processing in a portable system

Kontakt/Contact

Dr. Anko Börner
Telephone + 49 (0) 30 67055-509
E-mail anko.boerner@dlr.de

Design in der angewandten Forschung

Ein Großteil aller neuen Technologien geht aus der Zielsetzung hervor, die Lebens- und Arbeitsbedingungen des Menschen zu verbessern. Dies gilt insbesondere für die Entwicklung von Robotern, die unmittelbar im Dienste der Menschen arbeiten.

In der Arbeit von Produkt- und Kommunikationsdesignern werden die zukünftigen Anwender neuer Technologien in die Entwicklungsprozesse miteinbezogen. Die Betrachtung des Anwenders mit seinen Eigenschaften und Bedürfnissen erlaubt die Definition von Anforderungen, die in Entwürfen neuartiger Geräte- und Interfacekonzepte erfüllt werden und somit ihre Gebrauchstauglichkeit erhöhen. Eine klare Erscheinung und intuitive Bedienbarkeit von Geräten und Interfaces erleichtert dem Anwender den Zugang zu neuen Technologien und erhöht dadurch die Akzeptanz.

Im Rahmen der interdisziplinären Arbeit am Robotik und Mechatronik Centrum werden Designer in verschiedenen Forschungsprojekten eingebunden, insbesondere in den Bereichen Handentwicklung, Telepräsenz, Medizintechnik und Mensch-Roboter-Interaktion. Belege für den Erfolg sind zahlreiche Auszeichnungen wie der IF Product Design Award und der Red Dot Design Award.

Bild: Der Leichtbauroboter „MIRO“

Design and Applied Science

Many new technologies evolve from the ambition to improve general working and living conditions. This particularly applies to the development of robots, as robots work directly with and for humans.

Product and communication designers collaborate with prospective users of new technologies in the development process. Considering the end user's needs allows to outline the definition of particular requirements in new design and interface concepts. Therefore, the usability of the system is enhanced. A straightforward appearance and intuitive operability of equipment and interface assure user acceptance when using these new technologies.

Designers are integrated in various research projects which are part of the interdisciplinary work at the Robotics and Mechatronics Center, particularly in the areas of hand development, telepresence, medical instruments and human robot interaction. Numerous awards such as the IF Product Design Award and Red Dot Design Award prove our success.

Photo: The Light Weight Robot "Miro"

Kontakt/Contact

Tilo Wüsthoff
Telephone + 49 (0) 8153 28-2122
E-mail tilo.wuesthoff@dlr.de

ROMO – das robotische Elektromobil

Das ROMO (ROboMObil) zielt auf die Entwicklung eines innovativen Elektromobilitäts-Konzepts, das auf der intelligenten Zentralsteuerung von vier „Radrobotern“ basiert, in die jeweils Antrieb, Bremse, Lenkung und Dämpfung integriert sind. Alle zehn Fahrdynamik-Aktuatoren sind unabhängig voneinander steuerbar.

Durch eine intelligente Robotik-Steuerung soll so das Fahrzeug eine bisher nicht gekannte Manövrierbarkeit erreichen. Der heutzutage übliche Antriebsstrang kann komplett durch die Radroboter ersetzt werden. Der Fahrer gibt mittels eines Sidesticks oder per Fernsteuerung seinen Fahrwunsch vor.

Rundum integrierte Video-Kameras sollen dem ROMO teil- oder vollautonomes Fahren ermöglichen.

Mit seinem zukunftsweisenden Modulkonzept, bestehend aus Achs-

modulen, dem Akkupack und dem Chassis inklusive Zentralsteuerung demonstriert das Fahrzeug die enge Verbindung von Robotik bzw. Rover-Technik und (Elektro-)Mobilität der Zukunft. Ferner dient es als Technologie-Demonstrator für innovative Fahrdynamikregelungs- und Energiemanagement-Konzepte.

Bild: ROMO



ROMO – the Robotic Vehicle

The ROMO points toward the development of an innovative electro-mobility concept based on intelligent central control of four "Wheel Robots", which integrate the drivetrain, brakes, steering and dampers. The entire vehicle features ten independently controllable vehicle dynamics actuators.

An intelligent robot control concept provides the ROMO with unparalleled maneuverability. The mechanical powertrain is replaced by the wheel robots. The driver input can be given using a sidestick or remote control. With the help of the integrated video cameras, the ROMO can be driven with various degrees of autonomy, from partially to fully autonomous.

The trend-setting module concept, which is composed of the front and rear chassis modules, the battery module and the body module with the central vehicle control unit, make ROMO a technology demonstrator for innovative vehicle dynamics control and energy management concepts; and a demonstration for the merge of robotics and electromobility.

Photo: ROMO

Kontakt/Contact

Prof. Dr. Gerhard Hirzinger
Telephone + 49 (0) 8153 28-2400
E-mail gerhard.hirzinger@dlr.de

Jonathan Brembeck
Telephone + 49 (0) 8153 28-2472
E-mail jonathan.brembeck@dlr.de

Modelica – die Modellierungstechnologie der Zukunft

Modelica® ist eine objekt-orientierte Modellierungssprache, um multi-physikalische Systemmodelle für Entwurfsaufgaben zu erstellen. Weiterhin werden Modelica Systemmodelle in fortgeschrittenen, eingebetteten Reglern verwendet, z. B. als nicht-lineares inverses Modell in einer Vorsteuerung oder in einer Online-Optimierung. Es gibt eine rasch wachsende Zahl von freien und von kommerziellen Modelica-Komponenten-Bibliotheken für z. B. elektrische, mechanische, thermische, regelungstechnische und Fluid-Systeme.

Modelica wird von der gemeinnützigen Modelica Association (www.Modelica.org) entwickelt. Das Institut für Robotik und Mechatronik ist einer der bedeutendsten Entwickler für die Sprache und für freie und kommerzielle Modelica Bibliotheken. Die DLR PowerTrain, FlexibleBodies und DesignOptimization Modelica Bibliotheken werden von Dassault Systèmes kommerziell vertrieben und sind auch in CATIA® Systemen verfügbar.

Modelica libraries in many domains
Modelica® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Modelica Association.
CATIA® ist ein eingetragenes Warenzeichen von Dassault Systèmes.

Bild: Flexible bodies



Modelica – the Modelling Technology of the Future

Modelica® is an object-oriented modeling language to simulate multi-physics system models as basis for design tasks. Furthermore, Modelica system models are used in advanced embedded controllers, e.g., as nonlinear inverse models in a feedforward path or for online optimization. A quickly growing number of open source and of commercial Modelica component libraries is available, for e.g. electrical, mechanical, thermal, control and fluid systems.

Modelica is developed by the non-profit Modelica Association (www.Modelica.org). The DLR Institute of Robotics and Mechatronics is one of the major contributors for the Modelica language and for open source and commercial Modelica libraries. The PowerTrain, FlexibleBodies and DesignOptimization Modelica libraries of DLR are commercially distributed via Dassault Systèmes and are also available in CATIA® Systems.

*Modelica® is a registered trademark of the Modelica Association.
CATIA® is a registered trademark of Dassault Systèmes.*

Photo: Flexible bodies

Kontakt/Contact

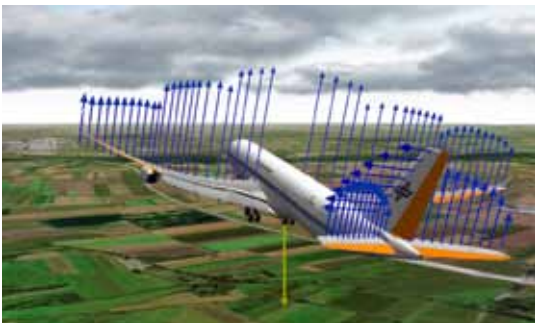
Prof. Dr. Martin Otter
Telephone + 49 (0) 8153 28 -2473
E-mail martin.otter@dlr.de

Flugdynamik und Flugregelung

Der Entwurf von Flugregelungssystemen, die Analyse von Flugeigenschaften und die Vorhersage von Lasten am Flugzeug im Flug, erfordern die Verfügbarkeit genauer multidisziplinärer Modelle des Flugzeugs. Für die Konstruktion solcher Modelle wurde am DLR eine Mod-*elica*-Bibliothek entwickelt.

Diese enthält Komponenten für Aerodynamik, Kinematik, Antrieb, Bordsysteme, Fahrwerke, Sensorik, Navigation, usw. und erlaubt die Berücksichtigung der Strukturmechanik des Flugzeugs. Zur Berechnung, Integration und Handhabung der hinterlegten Daten haben wir vorgeschrittene Werkzeuge entwickelt.

Flugregelung umfasst die Entwicklung von Regelgesetzen, die in den Bordrechnern des Flugzeugs implementiert werden. Wir entwickeln z. B. Flugregelgesetze für Autopiloten, manuelle Flugführung und aktive Abminderung von Strukturlasten. Ein Beispiel eines flexiblen Flugzeugmodells wurde in unserem 3-D-Stereo-Flugsimulator implementiert. Dieser Simulator kann interaktiv geflogen werden. Das Flugzeug verfügt über Flugregelgesetze für manuelle Flugführung, Autopiloten und ein Böenlastabminderungssystem.



Flight Dynamics and Control

*The design of flight control systems, analysis of flying qualities and the prediction of loads on the aircraft in flight require the availability of accurate models of the aircraft. To this end we have developed a library based on the Mod-*elica* modelling language.*

This library includes components for aerodynamics, kinematics, propulsion, systems, landing gears, sensors, and navigation equipment, and allows for the construction of highly accurate aircraft models that include the dynamic effects of airframe deformation. In order to compute, integrate, and handle data behind these model components, we developed a highly sophisticated tool set.

Flight control involves the development of so-called control laws that are implemented in the aircraft computers. We develop control laws for autopilots, manual aircraft control, and active reduction of loads on the airframe. An exemplary flexible aircraft model has been implemented in our 3D stereo flight simulator, which can be flown interactively. The aircraft includes control laws, an autopilot, and an active gust load alleviation system.

Kontakt/Contact

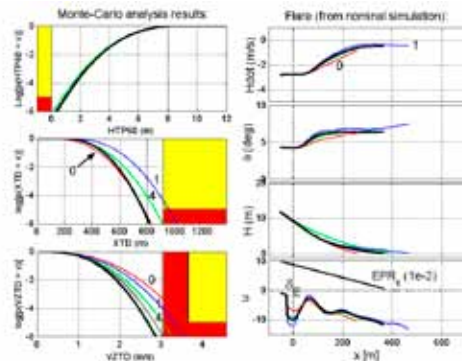
Dr. Gertjan Looye
Telephone + 49 (0) 8153 28-1068
E-mail gertjan.looye@dlr.de

Mehrzielige Entwurfsoptimierung

Die Qualitätsbeurteilung (komplexer) technischer Systeme erfolgt anhand unterschiedlicher Kriterien, wie etwa Verhaltensgüte, Energieverbrauch oder Zuverlässigkeit. Mit Hilfe der modellbasierten Entwurfsoptimierung werden die verschiedenen Zielaspekte für das gewünschte Systemverhalten schon frühzeitig direkt in die Systemauslegung einbezogen. Einfach gesprochen übersetzt der Entwerfer seine Entwurfsspezifikationen in entsprechende Bewertungskriterien und gibt die Parameter an, die zu ihrer Beeinflussung verfügbar sind. Mit Vorgabe seiner Anforderungen, die er zu erreichen wünscht, gibt er eine Entwurfsrichtung vor. Optimierungsalgorithmen erzeugen nun innerhalb verschiedener Iterationsschritte automatisch eine bestmögliche Kompromisslösung zwischen bestehenden Zielkonflikten.

Ausgehend von komplexen Aufgabenstellungen der Flugregelung kommt das zur Entwurfsoptimierung entwickelte Softwaretool ‚MOPS‘ (Multi-Objective Parameter Synthesis) mittlerweile bei Anwendungen in verschiedenen Bereichen wie der Robotik und Fahrzeugtechnik für den allgemeinen Systementwurf zum Einsatz. Weitere Informationen unter www.dlr.de/rm/mops.

Bild: Verlauf zugehöriger Indikatorfunktionen



Multi-objective Design Optimisation

The quality assessment of (complex) technical systems is carried out considering different criteria such as performance behaviour, energy consumption or reliability. With a model based design optimization the different objectives concerning the desired system behaviour are included directly into the system design at an early stage. Generally speaking the designer translates his specifications for the system design into respective evaluation criteria and declares those parameters which are disposable for design. By specifying demands for each criterion a design direction is prescribed. Within different iteration steps optimization algorithms automatically generate a best possible compromise solution satisfying the demands.

The software tool 'MOPS' (Multi-Objective Parameter Synthesis) first developed for flight control design is meanwhile also applied to other fields such as robotics and automotive engineering but can be of use also to the general system design. More information: www.dlr.de/rm/mops.

Photo: Progression of according indicator functions

Kontakt/Contact

Dr. Hans-Dieter Joos
Telephone + 49 (0) 8153 28-2483
E-mail dieter.joos@dlr.de

Von der Forschung in die Anwendung

Die Kooperation zwischen dem DLR und der KUKA AG soll in den nächsten Jahren gezielt Forschungsergebnisse des DLR auf den Gebieten Leichtbau-, Service- und Medizinrobotik einem breiten Anwenderkreis zugänglich machen und die Technologieführerschaft von KUKA in der Industrierobotik auf die Servicerobotik ausweiten.

Während in der Industrierobotik der Übergang zur wandlungsfähigen Montageapplikation im Vordergrund steht, ist das Ziel in der Servicerobotik eine alternde Gesellschaft durch mobile, persönliche Roboterassistenten zu unterstützen. Mit dem Leichtbauroboter (LBR), wurden erste Ergebnisse der Kooperation der Öffentlichkeit präsentiert. Dieser konnte bei der feinfühlig Montage von 18000 Getrieben im harten Produktionsalltag seine einzigartigen sensitiven Eigenschaften unter Beweis stellen.

Während der LBR derzeit überwiegend bei Forschungs- und Entwicklungspartnern der Applikationsentwicklung dient, soll bereits die nächste Generation den industriellen Produktionsalltag vereinfachen.

Die Kooperation stellt für KUKA einen wesentlichen Schritt zur Ausweitung der bestehenden Technologieführerschaft in der Industrierobotik auf die Service- und Medizinrobotik dar.

Bild: Der KUKA Leichtbauroboter, entstanden aus dem DLR LBR III

Kontakt/Contact

Dr. Michael Suppa
Telephone +49 (0) 8153 28-3976
E-mail michael.suppa@dlr.de

From Research to Industrial Application

Within a cooperation between the German Aerospace Center and the robot manufacturer KUKA research results on the results on the field of light weight, service and surgery robotics shall be presented to a wide range of users within the next years.

While in industrial robotics the focus is clearly on the migration from flexible to versatile assembly robot systems, at service robotics the elderly care aspect within an aging society is consequently targeted by developing mobile personal robotic assistants. First results of the cooperation have already been published in the past. Most prominent example is the Light Weight Robot (LWR), which has passed its first great industrial production test last year. 18000 gear units, skilfully assembled with the robots outstanding sensitive capabilities, proved the robot to be suitable for production use.

While the actual generation is still being used to develop future applications together with research and development partners worldwide, the next generation shall already ease industrial assembly workaday life.

The cooperation is an important step for KUKA in broadening its technology leadership from industrial to service and medical robotics.

Photo: The KUKA light-weight Robot, originated from the DLR LWR III



SENSODRIVE – Mechatronische Lösungen

Die SENSODRIVE GmbH ist ein High-tech-Spinoff aus dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.

Aus den Technologien der DLR-Leichtbaurobter leitet sich das Leistungsspektrum ab. SENSODRIVE hat sich zum Ziel gesetzt, mechatronische Komponenten zu vermarkten und die Innovationen der Leichtbaurobter in bestehende und neue Produkte einfließen zu lassen.

Die Eigenentwicklungen reichen von leistungsstarken Lenkkraftsimulatoren, über mechatronische Antriebssysteme wie Ventilsteller und Rundtaktische, bis hin zum weltweit schnellsten SCARA-Roboter, der 50% schneller ist als die Konkurrenz.



Zu den Referenzkunden gehören namhafte deutsche und internationale Firmen aus der Raumfahrt, dem Automobilbau sowie der Medizin- und Automatisierungstechnik (u.a. DLR, OHB, Audi, BMW, Carl Zeiss).

Kunden profitieren sowohl von innovativen Produkten und Technologien als auch von einzigartigen Engineering-Dienstleistungen.

Bild: High-speed-SCARA-Roboter „Blitz“

SENSODRIVE – Mechatronic Solutions

SENSODRIVE GmbH was formed as a spin-off company from the German Aerospace Center (DLR).

The company's range of service is derived from DLR lightweight robotic technologies. SENSODRIVE's mission is to market mechatronic components and incorporate innovations from lightweight robotic technologies in new and existing products.

In-house developments span from powerful force feedback systems, mechatronic drive systems like valve controllers and rotary tables to the world's fastest SCARA robot, being 50 percent faster than competitors.

Among our customers are notable German and international companies in the aerospace industry, the automotive industry and the field of automation and medical engineering (including DLR, OHB, Audi, BMW, Carl Zeiss).

Customers not only benefit from innovative products and technologies but from unique engineering services as well.

Photo: High-speed SCARA-robot „Blitz“

Kontakt/Contact

Norbert Sporer
Telephone + 49 (0) 8153 28-3900
E-mail info@sensodrive.de

RoboDrive – Innovationen in der Motorentechnik

RoboDrive ist ein Spin-Off des Instituts für Robotik und Mechatronik am DLR mit Sitz in Seefeld bei München. RoboDrive entwickelt und fertigt elektrische Servomotoren für Applikationen mit hohen Anforderungen, wie beispielsweise medizinische Geräte, Raumfahrt-Projekte und Robotik.

2010 präsentiert RoboDrive die neueste Entwicklung im Bereich der Leichtbau-Servo-Torque-Motoren.

Die einzigartigen Motoren setzen die bislang bestehenden Baureihen mit den Außendurchmessern 115 mm, 85 mm, 70 mm und 50 mm hin zu noch kleineren Hohlwellenantrieben fort. Mit dem ILM38 und dem ILM25 steht bei RoboDrive ein Motorkonzept zur Verfügung, das auf kleinstem Bauraum mit extremer Leistungsdichte besticht. Bei nur 24 Volt Betriebsspannung ist der ILM25 mit einem Nennmoment von 24 mNm und einer Drehzahl von 22.000 U/min die Lösung für höchste Ansprüche in der Motorentechnologie.

Die neuen hochkompakten Antriebseinheiten verhelfen dem Leichtbauroboter wie auch den Medizinrobotern MIRO, sowie dem Hand-Arm-System des DLR zu unerreichter Dynamik und Präzision.

Bild: Kompakte Hochleistungsmotoren mit und ohne Hohlwelle



RoboDrive – Innovations in Drive Technology

RoboDrive is a spin-off company of the DLR Institute of Robotics and Mechatronics, located in Seefeld near Munich. RoboDrive develops and produces electric servo motors for highly demanding applications, such as medical devices, aerospace equipment and robotics.

2010 RoboDrive presents its latest development in light-weight, high-power servo drives.

The new motors extend the product line from the sizes 115 mm, 85 mm, 70 mm and 50 mm outer diameter to even smaller hollow-shaft drive kits with unequalled torque and power capability. With the ILM38 and the ILM25 motors with 100 mNm respectively 24 mNm continuous torque are presented. The smallest motor offers a nominal speed of 22.000 rpm at 24 V DC link voltage. Both are suitable for dynamic and powerful applications.

These new ultra-compact drive-units directly contribute to the precision and dynamics of DLR's light weight robots, the medical robot system MIRO and DLR's new hand arm system.

Photo: Compact High Power Drives with massive or hollow shaft

Kontakt/Contact

Manfred Schedl
Telephone + 49 (0) 8153 28-2435
E-mail manfred.schedl@dlr.de

Das DLR Herzunterstützungssystem

Das DLR Herzunterstützungssystem ist für die langfristige Unterstützung von Menschen mit schwerer Herzinsuffizienz konzipiert. Durch seine neuartige Technologie liefert es Medizinern und Patienten erst-

mals eine echte Alternative zur Herztransplantation und Totalherzsystemen.

Das DLR Herzunterstützungssystem basiert auf der Antriebstechnik der Leichtbau-Roboter. Durch Flüssiglagerung wird die mechanische Belastung der Antriebskomponenten minimiert und eine nahezu unbegrenzte Laufzeit ermöglicht. Die Pumpkammern des Systems wurden strömungsoptimiert und in zahlreichen Studien untersucht. Dadurch wird das Risiko von Thromben und Ablagerungen erheblich reduziert. Neuartige Nano-Beschichtungen sorgen in Zukunft für noch bessere Bioverträglichkeit.

Versorgt wird das DLR Herzunterstützungssystem über ein innovatives Energie- und Telemetriesystem, das eine drahtlose Übertragung von Daten und Energie an Implantate ermöglicht. Somit sind keine Kabelverbindungen durch die Bauchdecke erforderlich, der Patient kann sich frei bewegen.

Bild: Das DLR-Herzunterstützungssystem ermöglicht die langfristige Unterstützung des Herzens



The DLR Heart Assist Device

The DLR Heart assist device has been developed for the long-term support of people with severe cardiac insufficiency. This novel technology provides, for the first time ever, doctors and patients with a real alternative to heart transplantation and complete heart systems.

The DLR Heart assist device is based on the drive technology of the DLR lightweight robots. The mechanical load of the hydraulic components is minimised by liquid bearings and enables a practically unlimited lifespan. The pumping chambers of the system are flow optimised and have been investigated in numerous studies. This considerably reduces the risk of thrombus and plaque. Innovative nano coatings will, in the future, provide even better biocompatibility.

The DLR Heart assist device will be powered by an innovative power transmitter system which allows a wireless transfer of data and power to implants. Therefore no more wiring is necessary in the abdominal wall, the patient can move freely.

Photo: The DLR Heart Assist Device enables long-term support of the human heart

Kontakt/Contact

Dr. Thomas Schmid
Telephone + 49 (0) 8153 28-2458
E-mail thomas.schmid@dlr.de

Impressum *Imprint*

Herausgeber
Published by

**Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft
German Aerospace Center

Anschrift
Address

Linder Höhe
51147 Köln

Redaktion
Editor

Institut für Robotik und Mechatronik
Institute of Robotics and Mechatronics

Gestaltung
Design

CD Werbeagentur GmbH,
Troisdorf

Druck
Printing

Druckerei Thierbach KG,
Mülheim/Ruhr

Drucklegung
Press date

Cologne, June 2010

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige
Verwendung nur nach vorheriger
Absprache mit dem DLR gestattet.

*Reproduction in whole or in part or any
other use is subject to prior permission
from the German Aerospace Center (DLR).*

www.DLR.de





DLR

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

German Aerospace Center

Unternehmenskommunikation
Corporate Communications Office

Linder Höhe
Germany, 51147 Köln

Telephone +49 (0) 2203 601-2116
Fax +49 (0) 2203 601-3249
E-mail kommunikation@dlr.de

www.DLR.de