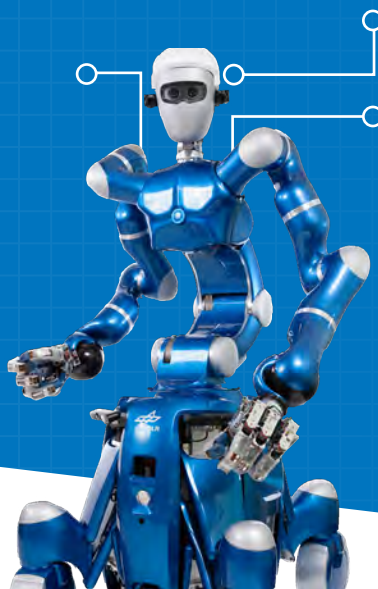
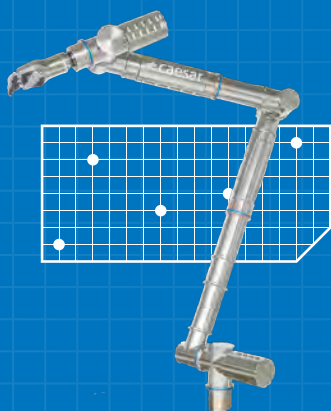
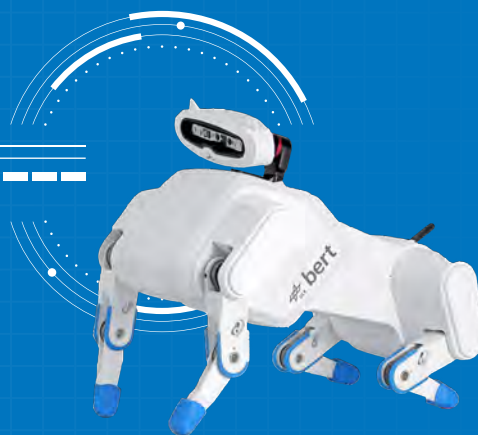


# Institut für Robotik und Mechatronik



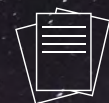
# Zahlen und Fakten

## zum Institut



**546**

Patente hat das Institut hervorgebracht.



**1.070**

referenzierte Publikationen wurden in den letzten 10 Jahren veröffentlicht.



**300**

Menschen arbeiten bei uns, darunter etwa 100 Studierende.



**2.500 m<sup>2</sup>**

Raum nehmen unsere Forschungslabore ein.



**4.500**

IT-Ports und mehr als 400 km IT-Kabel sind am Institut verbaut.



**550**

neue Arbeitsplätze sind durch 12 Ausgründungen des Instituts entstanden.



**29**

unterschiedliche Nationalitäten arbeiten am Institut Hand in Hand.

## Vorwort

Prof. Dr. Alin Albu-Schäffer

Liebe Leserinnen & Leser,

es freut mich sehr, Ihnen das Institut für Robotik und Mechatronik des DLR vorzustellen.

Robotik, gepaart mit künstlicher Intelligenz, ist eine Schlüsseltechnologie, um zentrale gesellschaftliche Herausforderungen wie industrielle Wettbewerbsfähigkeit in einer globalisierten Welt, demographischer Wandel, Fachkräftemangel, Gesundheit, Mobilität oder Sicherheit zu adressieren. Die Raumfahrt profitiert im besonderen Maße von den Fortschritten in der Robotik und treibt diese zugleich stark voran, da das Weltall im Allgemeinen für Menschen unwirtlich, gefährlich und somit nur sehr teuer zu erreichen ist. Daher gehört die Robotik zu den Hauptschwerpunkten der Raumfahrtforschung im DLR. Der wechselseitige Technologietransfer zwischen Robotik-Anwendungen im Weltall und auf der Erde ist eine der größten Stärken des Instituts.

Robotik ist eine faszinierende Technologie, die junge Talente aus vielen Disziplinen begeistert und anzieht, und zwar nicht nur aus den Ingenieurwissenschaften und der Informatik, sondern auch aus den Neurowissenschaften, der Psychologie, Medizin, Biomechanik und dem Industriedesign. In diesem Schmelztiegel von Wissensbereichen entsteht eine Vielzahl grundlegender methodischer Neuerungen, die das Institut konsequent vorantreibt, um seine internationale Spitzenposition zu behaupten. Dabei erstrecken sich unsere Kernkompetenzen auf dem gesamten Feld der Robotik vom

Entwurf über Konstruktion, Elektronik-Entwicklung, Regelung, Programmierung und KI-basierte Autonomie und Wahrnehmung.

Robotik verspricht Menschen von gefährlichen, körperlich anstrengenden oder monotonen Arbeiten zu entlasten und zum Wohlergehen der Gesellschaft beizutragen. Zugleich faszinieren Robotik und KI auch weil sie eine neue Herangehensweise bieten, um grundlegende Prinzipien der menschlichen Bewegung, Wahrnehmung und Intelligenz zu erforschen, und zwar in einem konstruktivistischen Ansatz. Dieses "Verstehen durch Nachbauen" entspricht einem der grundlegendsten kognitiven Impulse des Menschen.

Im Institut für Robotik und Mechatronik gestalten wir diese faszinierende Disziplin in vorderster Reihe, überzeugt von deren Bedeutung, nicht nur für die Exploration und die kommerzielle Nutzung des Weltalls, sondern auch für die Gesellschaft als Ganzes.



**Prof. Dr. Alin Albu-Schäffer**

Institutsdirektor, Institut für Robotik und Mechatronik





Das Institutsgebäude in Oberpfaffenhofen bei München.  
DLR Institut für Robotik und Mechatronik, Münchener Str. 20, 82234 Weßling



## Das DLR im Überblick

Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Wir betreiben Forschung und Entwicklung in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger betreuen Förderprogramme und unterstützen den Wissenstransfer.

Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how seiner 55 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Unsere 10.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall und entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft. So tragen wir dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.



# 01

06 – 31

## Anwendungsdomänen

### 08 Raumfahrt-Domänen

- 10 Orbitale Robotik
- 12 Planetare Explorationsrobotik
- 16 Raumfahrtassistenztrobotik

### 20 Terrestrische-Domänen

- 22 Geländerobotik
- 24 Intelligente Servicerobotik
- 26 Medizin- und Pflegerobotik
- 28 Produktion der Zukunft

32 – 43

## Fachabteilungen

- 34 Mechatronische Systeme
- 35 Analyse und Regelung komplexer Robotersysteme
- 38 Autonomie und Fernprogrammierung
- 39 Perzeption und Kognition
- 42 Kognitive Robotik
- 43 Institutsentwicklung und zentrale Aufgaben

# 02



# 03

44 – 57

## Kooperationen & Projekte

- 46 Starke Partner im Überblick
- 48 Beispiel Medizinrobotik: MIRO
- 50 Interview Assistenzrobotik: SMiLE
- 52 Der Laufroboter Bert
- 53 Die Roboterhand Clash
- 54 Erfolgreiche Ausgründungen im Überblick
- 56 Herausforderung Start-up: Roboception im Interview

# INHALT

Institut für Robotik und Mechatronik

**01** / **02** / **03**

- 58 Ansprechpartnerin Öffentlichkeitsarbeit
- 59 360°-Tour der Forschungslabore
- 60 Impressum & Informationen für Bewerber





# 01 Anwendungsdomänen

**Mit einer ursprünglichen Idee international und interdisziplinär ganz vorne mit dabei:**

Wir ermöglichen den Zugang zu bisher unerreichten Orten, schützen Menschen bei ihrer Arbeit und stellen ihnen verlässliche Helfer zur Seite.

**Wechselseitiger Technologietransfer zwischen terrestrischen und raumfahrtbezogenen Anwendungen ist unsere besondere Stärke. So können wir unsere Spitzentechnologien, die bereits im Weltall erprobt wurden, auch zur Lösung zentraler Fragen auf der Erde einsetzen.**

**Prof. Alin Albu-Schäffer, Institutsdirektor**

08 Raumfahrt-Domänen

10 Orbitale Robotik

12 Planetare Explorationsrobotik

16 Raumfahrtassistenzenrobotik

20 Terrestrische-Domänen

22 Geländerobotik

24 Intelligente Servicerobotik

26 Medizin- und Pflegerobotik

28 Produktion der Zukunft



CAESAR

DLR

SPACEHAND

**Robotik in der Raumfahrt:  
Erforschung und Nutzung des Weltraums  
mit unseren Spitzentechnologien**

---





**Wir bringen die Leistungsfähigkeit professioneller Servicerobotik in den Weltraum und ermöglichen damit Innovationen im Umgang mit bereits im Orbit befindlichen Systemen sowie für das Design neuer Raumfahrtsysteme.**

## Gilt auch im Weltraum: Alles aus einer Hand

Es ist ein weltweit stark wachsender Markt - sowohl kommerziell als auch institutionell: On-Orbit-Servicing und orbitale Robotik sind gefragter denn je. So plant beispielsweise die NASA für 2025 die Restore-L-Mission und zuvor die DARPA noch die RSGS-Mission. Ein weiteres Beispiel: Zu Beginn des Jahres 2020 hat die Firma SpaceLogistics bereits erfolgreich die Mission MEV durchgeführt. Zum ersten Mal wurde so die Lebensdauer eines geostationären Intelsat mit Kommunikationssatelliten durch einen kommerziellen, orbitalen Service verlängert. Dieser Erfolg wird die Nachfrage nach geschickten Weltraumrobotern und orbitalen Services weltweit weiter steigern. Auch alle wesentlichen Weltraummissions-Szenarien wie z.B. Moon Village (ESA) oder Lunar Orbital Platform-Gateway (NASA, ESA, JAXA, Roskosmos) stützen sich stark auf die Verfügbarkeit von Raumfahrtrobotern.

Unser Institut entwickelt hierfür die geeigneten mit Kraft- und Drehmomentsensoren ausgestatteten robotischen Systeme in unterschiedlicher Größe. Jüngste Beispiele sind die weltraumtaugliche Roboterhand SPACEHAND sowie die



Arme TINA und CAESAR. CAESAR z.B. ist ein Arm, der in allen relevanten Erd-Orbits sowie für Deep Space Missionen verwendet werden kann. Die aktuell am Boden entwickelten Anwendungen werden hierfür an die besonderen Anforderungen des Weltraums angepasst oder von Grund auf neu entwickelt. Hinzu kommt die Gewährleistung des sicheren Betriebs der Robotersysteme von der Erde aus.

Um diesen Herausforderungen für alle neuen Weltraumrobotertechnologien zu begegnen, spielt das Institut seine Stärke in der interdisziplinären Entwicklung aus. Dies beinhaltet auch die Vorbereitung auf und die Teilnahme an national und international geförderten Weltraumprojekten.

Bei unserem ganzheitlichen Ansatz der Systemebenen-Entwicklung trifft Spitzenforschung auf Schlüsseltechnologien.



## Auf extraterrestrischer Mission: Unerreichbares wird greifbar

Die planetare Explorationsrobotik ist der Schlüssel zu den Weltraumanwendungen der Zukunft: Mit ihrer Hilfe können wir Ziele erforschen, die für den Menschen bislang unerreichbar waren und dabei einen maximalen wissenschaftlichen Nutzen erzielen. Das DLR ist namhafter Partner für nationale und internationale Missionen zu extraterrestrischen Himmelskörpern in unserem Sonnensystem. Dabei liegt unser Fokus auf der Entwicklung und auf dem Einsatz von mobilen Systemen wie Rovern und mehrbeinigen Robotern mit intelligenten Fortbewegungs- und Manipulationsfähigkeiten. Diese sollen in einer unstrukturierten und unbekanntem extraterrestrischen Umgebung arbeiten, was mit vielen Herausforderungen verbunden ist. Beispielsweise gibt es exakte Massen- und Größenbeschränkungen und es müssen spezielle Sensoren und Aktuatoren entwickelt werden, die für extraterrestrische Umgebungsbedingungen geeignet sind. Unsere Roboterentwicklungen und -komponenten unterstützen bei zukünftigen internationalen Missionen und tragen ihren Teil zu den nationalen und europäischen Strategien bei der Erforschung des Weltraums bei.

Im Detail bedeutet das auch: Der effiziente Einsatz von Robotern im Weltraum erfordert ein hohes Maß an Autonomie, um beispielsweise die durch die großen Distanzen verursachten Kommunikationsverzögerungen zu bewältigen. Damit diese (teil-)autonomen und miteinander

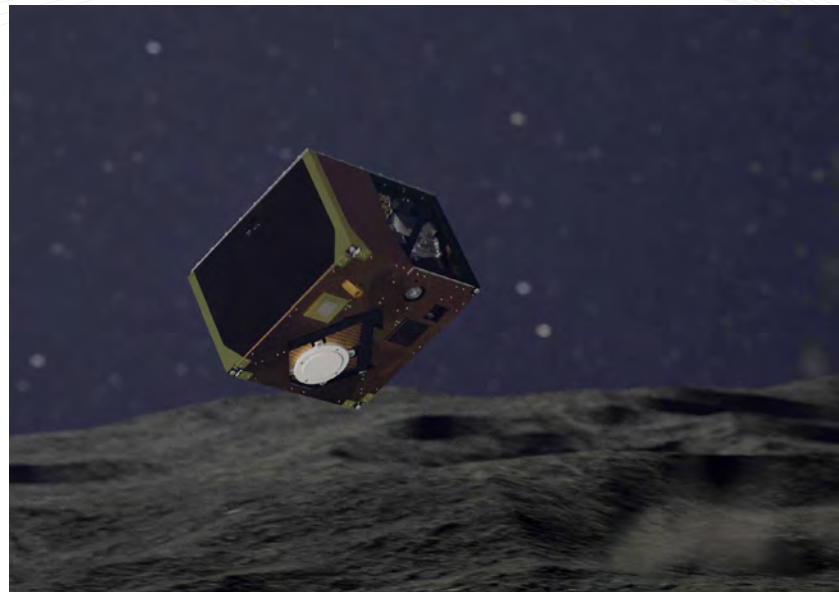
vernetzten robotischen Systeme sicher funktionieren, müssen wir bei der Entwicklung einfach alles berücksichtigen: Wahrnehmung, Navigation, Lokalisierung, Objektmanipulation und Planung sind nur Beispiele, damit sie anschließend perfekt für ihren Einsatz auf verschiedensten planetaren Missionen gerüstet sind. Aber auch auf der Erde werden unsere Entwicklungen benötigt: Das mobile Robotik-Team forscht derzeit an robotischen Schlüsseltechnologien für reale Weltraummissionen, um künftig auch Anwendungsfelder in Katastrophenschutz, Medizin und Therapie, Logistik und im autonomen urbanen Verkehr zu erschließen.





## Planetare Explorationsrobotik

Ein erfolgreiches Beispiel einer Beteiligung bei einer Weltraummission ist der Mobile Asteroid Surface Scout (MASCOT), ein vom DLR entwickelter Lander. Er war Teil der Hayabusa-2-Mission der JAXA, die ihr Ziel, den Asteroiden 1999JU3 Ryugu, im Jahr 2018 erreichte. Dort sorgte die innovative Mobilitätseinheit des DLR für die speziell an die Umgebung der geringen Gravitation angepasste Fortbewegung des Landers. Aufgrund des großen Abstandes des Asteroiden zu unserer Erde war es von größter Wichtigkeit für die Mission, dass der automatische Auswurf aus dem Mutterschiff und ebenso das Bewegungsmuster auch mit Zeitverzögerung einwandfrei funktionierten.



## Auf ins Weltall

In verschiedenen Projekten werden die Technologien und Methoden der planetaren Exploration in relevanten Umgebungen getestet. Durch das ARCHES Konsortium (Autonomous Robotic Networks to Help Modern Societies) sollen kooperierende Roboter für zukünftige Mondmissionen relevante Aufgaben ausführen: den Aufbau einer lunaren Infrastruktur am Beispiel eines Weltraumteleskopes zur Suche nach Leben im All, die gemeinsame Probenaufnahme sowie den anschließenden Rücktransport zur Erde, um Wissen um und Verständnis für die uns umgebenden Himmelskörper zu erweitern. Diese beruhen auf Technologien, die bereits im Jahr 2017 durch die Demonstrationsmission ROBEX (Robotische Exploration unter Extrembedingungen) als robotische Explorationsmission auf dem mondähnlichen Gelände im Vulkangebiet des Ätna in Italien simuliert wurden. Auch hier ging es um die Validierungen unserer Schlüsseltechnologien: Steuer- und Bedienkonzepte, Navigations-, Lokalisierungs- und Manipulationsmethoden und Planungskonzepte, die einen hohen Autonomiegrad ermöglichen.

Aufgrund des Erfolgs von MASCOT arbeitet das DLR mit der JAXA bereits am Folgeprojekt MMX (Mars Moon Explorer). MMX ist eine weltweit einmalige Explorationsmission, deren Start für 2024 vorgesehen ist. Als Teil eines Japanisch-

Deutsch-Französischen Konsortiums entwickeln wir einen Rover, der 2026 auf einem der beiden Monde des Planeten Mars landen und dort wissenschaftliche Experimente durchführen wird. Noch nie ist ein Raumschiff erfolgreich auf einem der beiden Himmelskörper gelandet! Unser Institut für Robotik und Mechatronik koordiniert dafür gemeinsam mit einem französischen Partner die Roverentwicklung, an der weitere acht DLR-Institute beteiligt sind.





Ohne Roboter geht es nicht: Bei der Bewältigung immer komplexer werdender Aufgaben unter immer schwierigeren Bedingungen sind Roboter im Weltraum essenziell zur Unterstützung von Astronauten, Wissenschaftlern und Ingenieuren.



## Mit Kommando Weltraumerforschung auf Erfolgskurs

Das menschliche Bestreben, den Weltraum zu erforschen, reicht immer weiter in unser Sonnensystem und darüber hinaus. Moderne Assistenz-Robotersysteme stehen sowohl Astronautenbesetzungen als auch Experten am Boden als verlässliche Partner für anspruchsvolle und gefährliche Aufgaben zur Verfügung. Dabei erlauben unsere Interaktionsmethoden das Kommando sowohl von einem Raumschiff aus als auch von einem beliebigen Ort auf der Erde.

Unsere Lösungen ermöglichen es, hochsensibilisierte und intelligente Roboter effektiv auf Asteroiden-, Mond- oder Planetenoberflächen einzusetzen. Im Mittelpunkt unserer Forschung steht dabei die Mensch-Roboter-Interaktion zur einfachen, intuitiven und gleichzeitig leistungsfähigen Überwachung und Kommandierung verschiedener Roboter mit unterschiedlichen Aufgabenbereichen. Unser Ziel ist es, nahtlos integrierte Benutzerschnittstellen anzubieten, um mit den Robotern zu arbeiten, wann, wo und wie es der Benutzer will. Dabei reicht unser Spektrum von der immersiven Nutzung einzelner Roboter als Avatare bis hin zur intuitiven Steuerung großer Teams verschiedenartiger Roboter.

Die von uns entwickelten intelligenten Assistenzroboter gewinnen in der Zukunft immer mehr an Bedeutung. Sie können sowohl Seite an Seite mit den Astronauten als auch über

lange Zeiträume hinweg autark arbeiten. Große Geschicklichkeit und autonome Fähigkeiten erlauben es solchen Systemen, gefährliche und alltägliche Aufgaben auf einem Raumschiff auszuführen, um sowohl die Besatzung als auch die Wissenschaftler auf der Erde zu unterstützen. Durch die Verwendung einzelner autonomer Systeme bis hin zu Teams verschiedenartiger Unterstützungs-Roboter gelingt es uns, die Erforschung des Weltraums auszuweiten und bislang für Astronauten unerreichbare Ziele zu erreichen.







**Im Institut entwickelt,  
in der realen Anwendung  
bewährt:**

**„Für mich war das eine große  
Befreiung, weil ich gesehen habe:  
Ich kann JUSTIN manche Aufgaben  
anvertrauen und muss nicht jeden  
Schritt vorgeben.“**

**Wenn ich ihm etwa sage, „Fahre  
zum rechten Solarpanel und reinige  
es!“, dann macht er das - dank seiner  
Sensoren vielleicht sogar besser, als  
es ein Mensch könnte. Und ich selber  
kann mich darauf konzentrieren,  
den Überblick zu behalten und die  
wichtigen Entscheidungen zum  
weiteren Vorgehen zu treffen.“**

Dr. Alexander Gerst,  
ESA-Astronaut, über das  
Meteron-Experiment  
während seiner Zeit von  
Juni bis Dezember 2018  
auf der ISS:

## **Mission geglückt! Wie der Astronaut Alexander Gerst in Zusammenarbeit mit dem DLR weitere Grund- lagen für die erfolgrei- che Arbeit im Weltraum geschaffen hat**

Während seiner Zeit auf der ISS steuerte Astro-Alex, wie die Presse Alexander Gerst begeistert titulierte, vom All versuchsweise auch den humanoiden Roboter Justin auf der Erde. Die Steuerung erfolgte intuitiv - Gerst hat demnach via Tablet darüber bestimmt, welche Arbeitsschritte der Roboter durchführen sollte, aber nicht, wie er diese ausführen sollte. So ist den Robotikexperten am DLR im Rahmen der europäischen Experimentreihe METERON (Multi-Purpose End-to-End Robotic Operation Network) der Nachweis gelungen, dass robotische Co-Worker eine wertvolle und teilweise sogar notwendige Unterstützung für den Menschen sind. Mit ihren diversen Möglichkeiten an Erkundungs-, Aufbau- und Wartungsarbeiten können Sie vielfältig eingesetzt werden und auf künftigen Mond- und Mars-Missionen ihren Beitrag leisten.







**Terrestrische Domänen in der Anwendung:  
Robotiklösungen für große gesellschaftliche  
Herausforderungen**

---



### Technologie-Teamwork at its best

Wir entwickeln Systeme für diverse Anwendungen im freien Gelände, indem wir verschiedene Robotertechnologien aus den Bereichen Wahrnehmung, autonome Navigation, Manipulation und Telemanipulation miteinander kombinieren. Dabei werden autonome Boden- und Luftfahrtsysteme betrachtet. Diese Systeme sollen praktischere Lösungen für den Einsatz in Katastrophenszenarien, industriellen Prüfungs- und Instandhaltungsarbeiten sowie in den Bereichen Umweltmonitoring und Kommunikation liefern.

Für die beiden letzten Einsatzbereiche werden auch spezielle solar-elektrische Flugplattformen entwickelt, die in der Stratosphäre über mehrere Wochen oder sogar Monate operieren können.

Viele dieser Systeme bestehen aus mehreren Robotern, die miteinander kooperieren und gleiche oder auch verschiedene Eigenschaften und Fähigkeiten besitzen. Dabei kommen viele Technologien zum Einsatz, die für die planetare Exploration und für Satelliten entwickelt wurden.

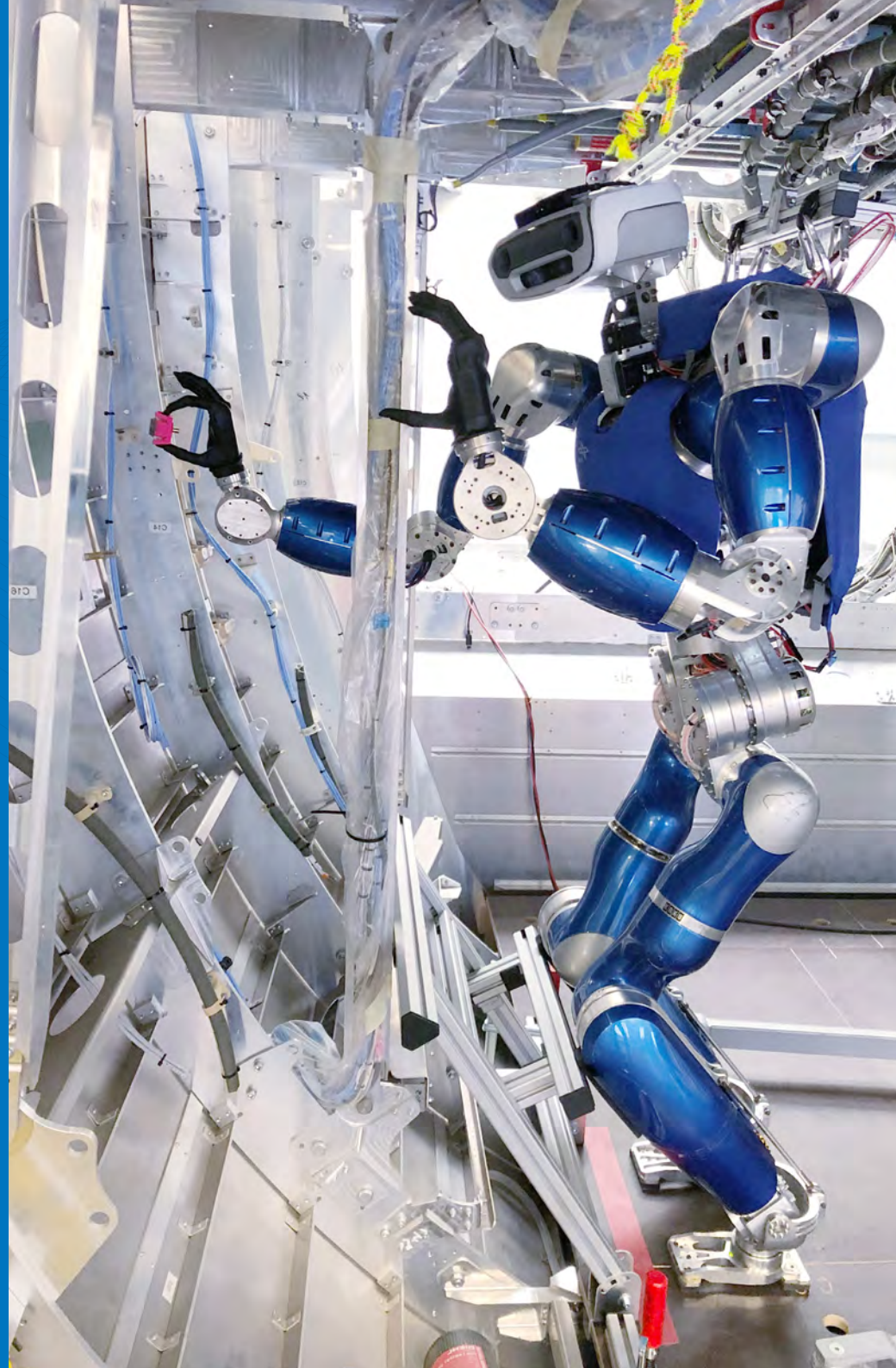
**Problemlösung aus der Luft: Mit einem autonomen Hubschrauber können wir überall hinkommen und aus dem Schwebezustand Dinge mit Hilfe eines Roboter-Arms bewegen. Zahlreiche Aufgaben aus den Bereichen Inspektion und Wartung von Industrieanlagen und Pipelines können mit solchen Systemen effizient gelöst werden.**



**Roboter übernehmen in der Arbeitswelt der Menschen nicht nur in Büros und Lager- oder Produktionshallen komplexe und gefährliche Aufgaben, sondern auch in freiem Gelände. Dafür forschen wir an Roboter-Systemen, die in der Lage sind, eine natürliche Umgebung wahrzunehmen, Ergebnisse zu interpretieren und intelligent mit eben dieser Umgebung zu agieren - sowohl vollautonom als auch in Kooperation mit einem Operator.**



Um menschenähnliche Fähigkeiten zu erlangen, forschen wir daran, in unseren humanoiden Robotern Feinfühligkeit und Robustheit, sowie Autonomie und Lernfähigkeit zu vereinen.



## Alltagshelden für heute und für die Zukunft

Serviceroboter für den Alltag verkörpern das, was sich die Gesellschaft unter dem Begriff „Roboter“ vorstellt. Es ist kein Zufall, dass gerade menschenähnliche Roboter in Popkultur und Sciencefiction weit verbreitet sind, denn wo immer Menschen agieren, macht es Sinn, humanoide Systeme als universelle Helfer einzusetzen. Das erklärte Ziel der Domäne für intelligente Serviceroboter ist daher nichts Geringeres als der universelle Einsatz humanoider, intelligenter Roboter, um technologische Innovationen in verschiedensten Anwendungsbereichen voranzutreiben und die Fiktion Wirklichkeit werden zu lassen.

In der Domäne wird dieses Ziel in alle Richtungen vorangetrieben. Dazu gehört die Konstruktion neuartiger mechatronischer Systeme, die robust genug sind, um alltäglichen Widrigkeiten zu widerstehen, aber auch feinfühlig genug, um selbst die kniffligsten Aufgaben zu lösen. Dabei spielen sowohl die Fortbewegung als auch die Interaktion mit der Umwelt eine wichtige Rolle. Letztlich müssen die eingesetzten Roboter möglichst selbstständig agieren können, um die Herausforderungen des Alltags ohne menschliche Eingriffe zu meistern.

So verwendet David beispielsweise nachgiebige Mechanismen, um Stöße beim Bohren mit einem Schlagbohrer zu absorbieren; Toro verwendet fortschrittliche Regelungsansätze, um

sich auch in unwegsamem Gelände vorwärts zu bewegen; und die beiden humanoiden Roboter Agile Justin und Rollin' Justin verwenden maschinelles Lernen und KI-basierte Planungsansätze, um geschickt mit ihrer Umgebung zu interagieren und aus Erfahrung zu lernen. Letztendlich werden die gewonnenen Erkenntnisse dazu verwendet, die Robotergeneration der Zukunft zu schaffen. Diese Robotergeneration soll eine für die Zusammenarbeit mit dem Menschen angemessene Leistungsfähigkeit erreichen und in vielen Bereichen der Gesellschaft unterstützen.

**Es bedarf komplexer Roboter, um komplexe Aufgaben im menschlichen Umfeld zu meistern.**





**Wir tragen maßgeblich zur Bewältigung der Herausforderungen des Gesundheitssystems aufgrund des demografischen und strukturellen Wandels bei. Diese erreichen wir durch kognitive Assistenzroboter zur Unterstützung der Pflege älterer und immobiler Menschen, zur Diagnose und chirurgischen Behandlung sowie zur effektiveren Rehabilitation von Patienten.**



## Robotische Hochtechnologie für ein besseres Gesundheitswesen

Viele für Weltraumanwendungen entwickelte Technologien, wie z.B. der DLR-Leichtbauroboter (LBR) oder Teleoperations- und Shared-Control-Verfahren, können auch im Gesundheitswesen einen technologischen Wandel einläuten. Am Institut für Robotik und Mechatronik erforschen wir insbesondere drei Anwendungsbereiche: robotische Assistenzsysteme für die medizinische Diagnostik und Intervention, Hilfsttechnologien für Menschen mit Behinderungen und neue Technologien für die Rehabilitation.

Der Einsatz von Robotertechnologie in medizinischer Diagnostik und Intervention unterstützt den behandelnden Arzt bei komplexen Prozeduren, beispielsweise in der minimalinvasiven Chirurgie, um derartige Eingriffe sicher und schonend für die Patienten durchführen zu können.

Für pflegebedürftige Personen und Menschen mit Behinderungen bedeuten Assistenzroboter eine effektive Unterstützung im Alltag. Robotische Systeme können und dürfen menschliche Zuwendung nicht ersetzen. Unser Ziel ist es, das Pflegepersonal durch den Einsatz von Robotik zu entlasten und den betroffenen Menschen ein höheres Maß an Selbstständigkeit im



Alltag zu ermöglichen. Die einzigartige Reife der DLR Robotik-Technologien erlaubt die enge Zusammenarbeit mit den Anwendern in den Zielumgebungen. So werden im MIRO Innovation Lab Innovationen gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Kliniken auf den Weg gebracht. In der Projektserie SMiLE erforschen wir, u.a. zusammen mit der Caritas, Anwendungsszenarien für Assistenzroboter in der Pflege. Das Projekt VVITA widmet sich dem Einsatz von DLR-Technologie in der Rehabilitation.

**Auch im Healthcare-Bereich können wir auf ausgereifte robotische Hochtechnologie zurückgreifen, die ursprünglich für den Einsatz von Astronauten im Weltall entwickelt und verifiziert wurde.**

Institutsdirektor Prof. Alin Albu-Schäffer



## Digitalisierung als Motor der vierten industriellen Revolution

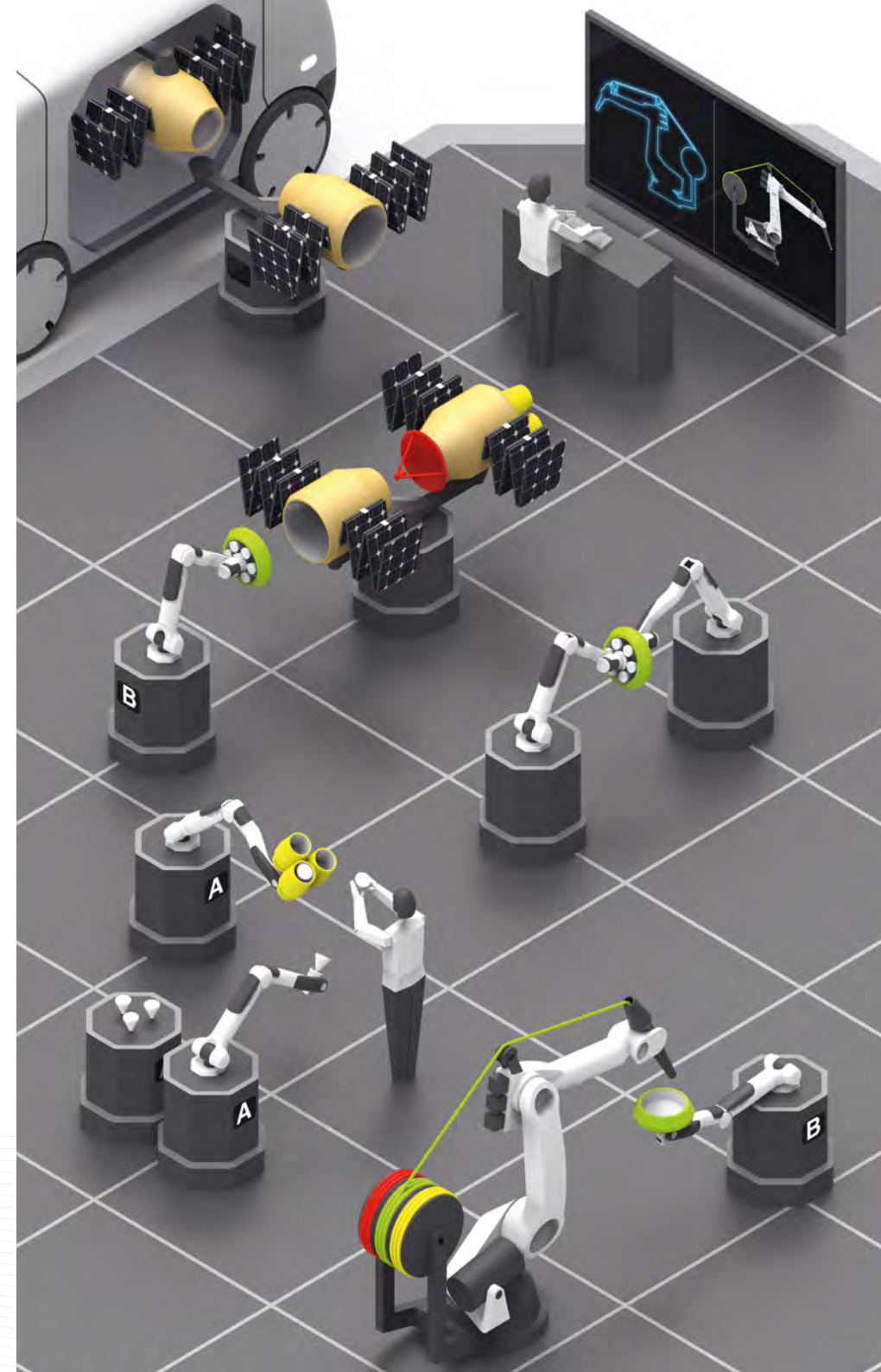
Mit der sogenannten vierten industriellen Revolution beginnt eine vollständige Digitalisierung und intelligente Vernetzung sämtlicher Produktionseinheiten in der industriellen Fertigung. Gefördert wird dies durch die zunehmende Individualisierung von Produkten und kürzere Produktlebenszyklen, die höhere Anforderungen an die Flexibilität und Wandlungsfähigkeit von Produktionen stellen. Hier können adaptive Robotersysteme in Zukunft einen entscheidenden Beitrag liefern.

In der Anwendungsdomäne Produktion der Zukunft werden Systeme, Methoden und mo-

dernste Software entwickelt, die einen flexiblen Einsatz von Robotersystemen ermöglichen sollen. Hierbei gliedern sich die Arbeiten in mehrere Schlüsselbereiche. Unter anderem wird die sichere Interaktion von Menschen und Robotern untersucht, sowie intuitive Eingabemöglichkeiten für den Nutzer entwickelt, um schneller neue Roboteranwendungen implementieren zu können. Dabei wird insbesondere auf die Humanisierung und das Empowerment der Arbeit eingegangen.

Des Weiteren werden Roboterfähigkeiten zur autonomen Ausführung von Logistik- und Produktionsprozessen, sowie variable Roboterarbeitsstationen entwickelt, die sich selbstständig für neue Aufgaben konfigurieren können. Durch die Reduktion von manuellen Anpassungsarbeiten und Einrichtezeiten, sowie durch intelligente Planung und Ausführung der Prozesse, kann die Produktivität in Zukunft auch in kleinen und mittelständischen Unternehmen signifikant gesteigert werden.

**Autonom rekonfigurierbare Roboterstationen für individuelle und flexibel adaptierbare Herstellungsprozesse.**



Um Produkte auch mit geringen Losgrößen wirtschaftlich und effizient herstellen zu können, entwickeln wir intelligente Robotersysteme, welche sich selbstständig an neue Aufgaben in einem flexiblen Produktionsnetzwerk anpassen und zuverlässig ausführen können.

1. Die Entwicklung autonom rekonfigurierbarer Roboterstationen ermöglicht einen Herstellungsprozess, bei dem sich die Konfiguration derer Robotersysteme flexibel und effizient an das individuelle Produkt anpassen lässt.

2. Intelligente Methoden zur Programmerstellung und Steuerung ermöglichen eine intuitive Bedienung und ein Empowerment von Arbeit in einer flexiblen Produktion, in der sich Fähigkeiten von Mensch und Roboter ergänzen und kombinieren.

3. Durch den Einsatz von autonom agierenden, mobilen Multirobotersystemen zur Handhabung und Logistik wird ein hochflexibler und sicherer Materialfluss auch in komplexen Umgebungen gewährleistet.

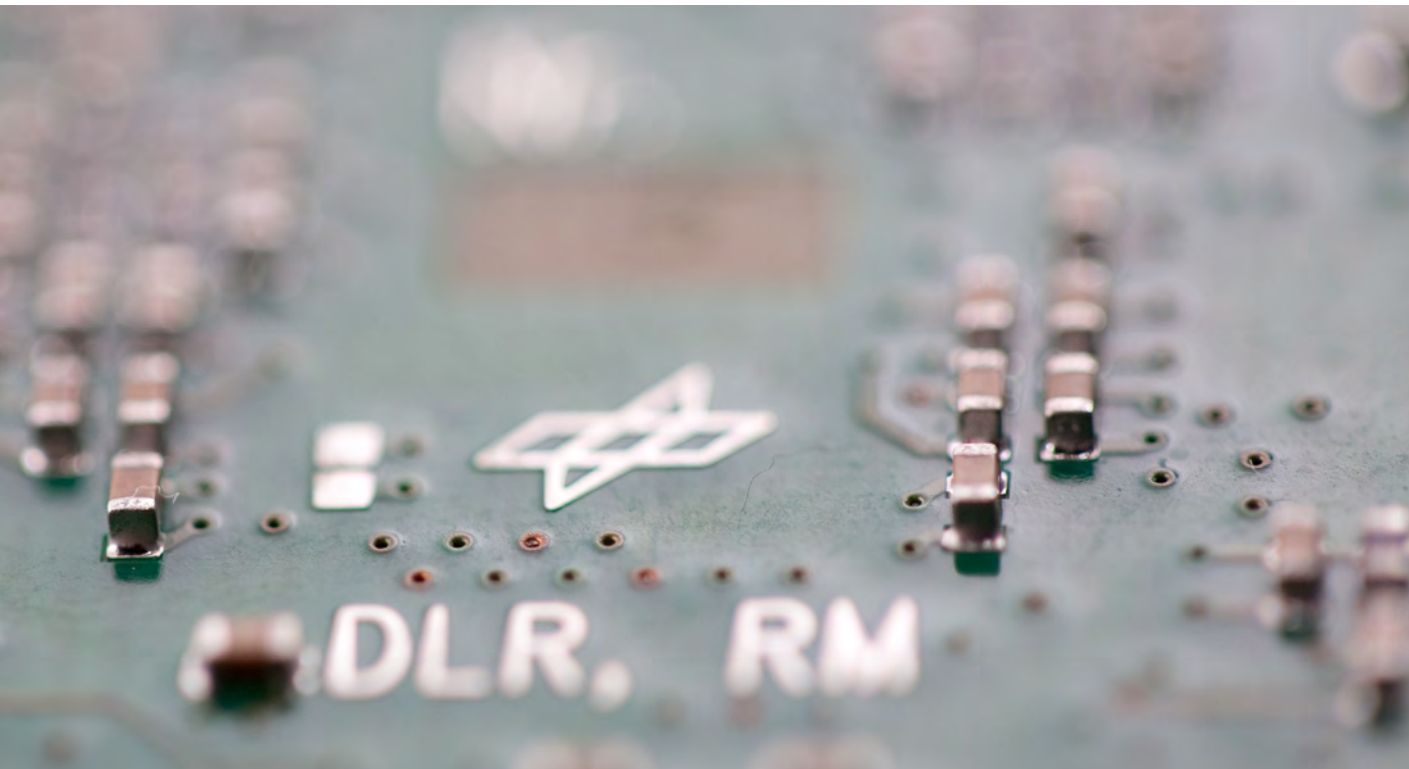




**Sichere Lösungen für den  
Einsatz in Katastrophengebieten**

---





## 02 Fachabteilungen

**Robotik ist ein höchst dynamischer Forschungsbereich, der unsere Gesellschaft nachhaltig verändern wird.**

Mit unserem Ursprung in den Ingenieurwissenschaften und der Informatik sowie den Schnittstellen zur Biomechanik, Neurowissenschaften, Medizin und Psychologie sind wir bestens aufgestellt: Unsere Fachabteilungen bilden die Grundlage der wissenschaftlichen und technologischen Exzellenz.

Mit unserem internationalen und interdisziplinären Team und unseren anspruchsvollen Zielen sind wir ein geschätzter und gesuchter Forschungspartner. Arbeiten bei und mit uns bedeutet Vielfalt, Flexibilität und Freude an der Forschung.

**Dr. Roland Unterhinninghofen, Abteilungsleiter Institutsentwicklung und zentrale Aufgaben**

34 Mechatronische Systeme

35 Analyse und Regelung komplexer Robotersysteme

38 Autonomie und Fernprogrammierung

39 Perzeption und Kognition

42 Kognitive Robotik

43 Institutsentwicklung und zentrale Aufgaben





## Mechatronische Systeme

Um die vielfältigen Robotersysteme von Händen bis hin zu Marsrovern zu entwickeln, setzt die Abteilung modernste Methoden und Werkzeuge ein. Neben klassischen Methoden des Maschinenbaus und der Elektrotechnik hilft uns Model Based System Engineering die Komplexität von Systemen zu verstehen und zu beherrschen und komplexe Konzepte zur mehrschichtigen Modularisierung zu entwickeln um Entwicklungszeiten zu verkürzen.

## Mechatronik ist für Robotik wie der Motor fürs Auto: Lebendigkeit und Bewegung

Die Abteilung Mechatronische Systeme entwickelt Robotersysteme, die in der Lage sind, Menschen vielfältig zu unterstützen, insbesondere bei Tätigkeiten, die für uns Menschen gefährlich sind. Dabei konzentrieren wir uns darauf, den Robotern alle dafür notwendigen Voraussetzungen zu verleihen, damit sie selbst unter äußerst schwierigen Arbeitsbedingungen ihre Umgebung fortlaufend erkennen und in dieser sicher und robust agieren können - zum Beispiel im Weltraum oder auch bei Katastrophenszenarien. Die Kompetenzfelder der Abteilung reichen von der nötigen Sensorik, um die Umgebung wahrzunehmen, über die Kommunikation innerhalb des Roboters, um diese Daten - analog dem menschlichen Nervensystem - sicher und zuverlässig zu transportieren, bis hin zu den Akteuren, die dem Roboter letztendlich die Fähigkeit verleihen, seine Aufgaben auch sicher für Mensch und Roboter ausführen zu können.

Energiefluss- Analysen ermöglichen uns dynamische Bewegungen zu verstehen und effektiv in Hardware abzubilden, modernste Antriebstechnik verleiht die notwendige Kraft und Dynamik. Eine in Breite und Tiefe verstandene Digitalelektronik ermöglicht die Übermittlung von Kommandos und Messgrößen innerhalb der Systeme in Bruchteilen von Millisekunden. Die Ergebnisse dieser Methoden unterziehen wir einer konsequenten Analyse um Performanz und Zuverlässigkeit unserer Systeme sicherzustellen und den extremen und unwirtlichen Bedingungen bei Raumfahrtmissionen gerecht zu werden.

Die von uns entwickelten Technologien werden in Raumfahrtmissionen, im Rahmen von nationalen und internationalen Projekten, aber auch in direkter Kooperation mit Industriepartnern und Ausgründungen vielfach eingesetzt und verwertet.



**Am Ende ist es die Mechatronik, die die Klinke der Tür zur realen Welt drückt.**

## Analyse und Regelung komplexer Robotersysteme

Die Abteilung baut auf einer weltweit anerkannten Expertise im Bereich der nachgiebigen Regelung drehmomentgeregelter Roboter auf. Wenn Roboter bei der Erledigung ihrer Aufgaben mit Menschen oder der Umgebung interagieren, sollen sie darauf feinfühlig reagieren, um beispielsweise die Kontaktkräfte während der Bewegung in einem erlaubten Bereich zu halten. Nur so ist die sichere Mensch-Roboter-Kollaboration überhaupt möglich.

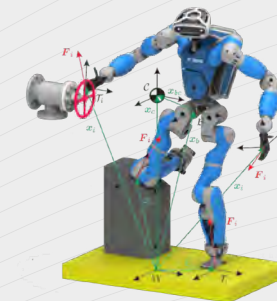


## Die hohe Kunst der Körperbeherrschung: Damit wir Menschen sicher sind, müssen Roboter wissen, wie sie ihre Kräfte einzusetzen haben

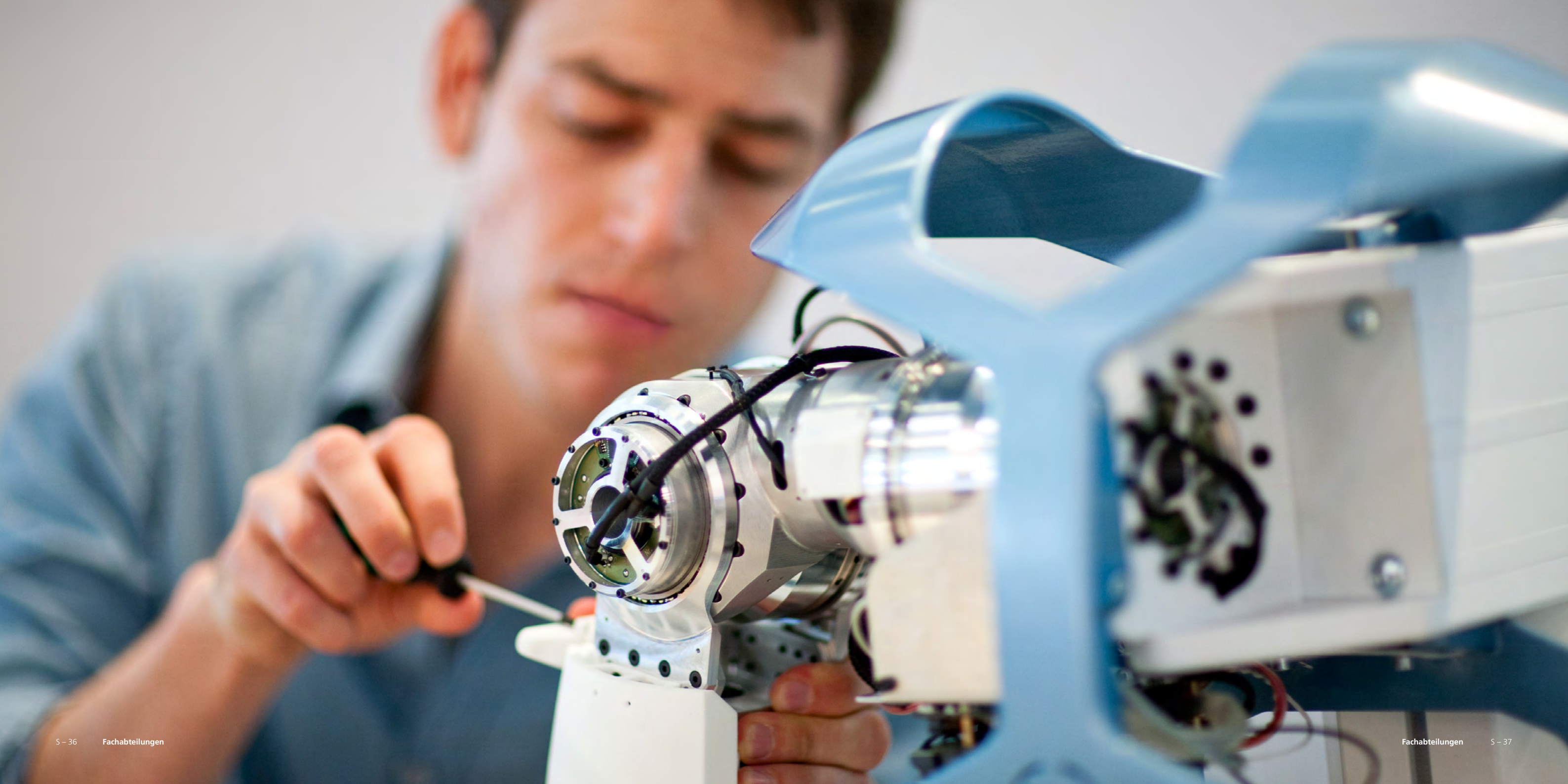
Die Schwerpunkte der Abteilung liegen in der Systemanalyse und Regelung der am Institut entwickelten neuartigen Robotersysteme. Im täglichen Leben wissen wir genau, dass jede Aufgabe unterschiedliche Fähigkeiten erfordert: Ein Wasserglas mit der Hand zu greifen, benötigt andere Kräfte, Geschwindigkeiten und Bewegungsmuster als einen Nagel in eine Wand einzuschlagen. Das Gleiche gilt auch für die Robotik. Unser Ziel ist es, dass Roboter sich gezielt an die jeweiligen Aufgaben anpassen können, sowohl in der Bewegungserzeugung wie auch in der dynamischen Interaktion: Dazu müssen sie zum einen aktiv geregelt werden, und zum anderen sollen sie die jeweiligen intrinsischen Eigenschaften des Systems bestmöglich nutzen. Unsere Anwendungsgebiete reichen von der Körperbeherrschung komplexer humanoider

Roboter bis zur kamera-basierten Regelung freifliegender orbitaler Weltraumroboter. Neben der autonomen Manipulation ist auch die haptische Fernsteuerung sowohl für terrestrische Anwendungen wie auch für die Raumfahrtrobotik von Interesse.

Die zum Einsatz kommenden Methoden beinhalten nichtlineare modellbasierte Regelungen, sowie robuste und biologisch-inspirierte Regelungsansätze. Die regelungstechnische Systemanalyse liefert dabei auch wichtige Beiträge zur Auslegung der nächsten Generation von Robotern.











## Autonomie und Fernprogrammierung

Entwicklung von Fehlerbehandlungsmethoden unter Nutzung von Künstlicher Intelligenz zur kontinuierlichen Steigerung des Autonomiegrads der Roboter. Letztendlich zielen diese Entwicklungen darauf ab, dass die Systeme auch ohne menschliches Zutun in Echtzeit auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren können. In der Zukunft werden Autonomie und Telematik zunehmend verschmelzen und sich als intelligente Telerobotik etablieren. Dazu entwickelt die Abteilung Methoden, die es dem Roboter erlauben, selbstständig Abläufe und Bewegungen lokal zu planen. Die gleichen

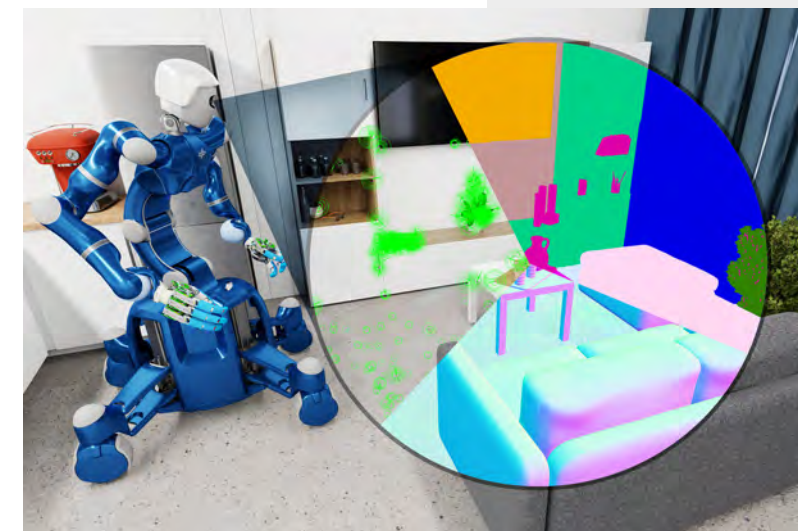
## Das gewisse Etwas um die Grenzen des Menschenmöglichen zu überwinden

Roboter sollen uns zukünftig dabei unterstützen, die Grenzen des Menschenmöglichen zu überwinden und gemeinsam mit Astronauten weiter als jemals zuvor in unser Sonnensystem vorzudringen. Die eingesetzten Roboter müssen dazu intuitive Möglichkeiten zur Interaktion aus der Ferne bereitstellen und letztendlich selbst ein menschliches Maß an Geschicklichkeit und Entscheidungskompetenz erreichen. Um dieses Ziel zu erlangen, setzt die Abteilung Autonomie und Fernprogrammierung auf fundamentale Forschung im Bereich der Softwarearchitektur für den Betrieb moderner, hochkomplexer Robotersysteme. Mensch und Maschine sind dabei oft durch große Distanzen voneinander getrennt, sodass bei der Softwareentwicklung sowohl Aspekte verteilter Systeme als auch eingebetteter Systeme berücksichtigt werden müssen. Dazu gehört auch die

Methoden bilden aber auch die Verbindung zum entfernten Operator: Indem der Roboter sein Umgebungswissen durch intuitive Schnittstellen vermittelt, können auch aus der Ferne fundiertere Entscheidungen durch das Bodenpersonal getroffen werden. Hierbei gilt es verschiedenste Bedienkonzepte nahtlos miteinander zu verknüpfen, um für jede Situation die passende Steuerung bereitzustellen. So können wir die bestehenden Grenzen zwischen Forschung und Anwendung überwinden und den zeitnahen Einsatz von Robotern auch außerhalb von Laborumgebungen ermöglichen. Die entwickelten Methoden sollen dabei nicht nur in der Raumfahrt eingesetzt werden, sondern auch der Gesellschaft zugutekommen, beispielsweise durch den Einsatz teleoperierter Roboter zur Unterstützung von Pflegepersonal oder als Maßnahme zur Eindämmung von Infektionskrankheiten.

## Perzeption und Kognition

Um alltagstauglich zu werden, müssen Roboter lernen, sich zunehmend selbständig in komplexen und unbekanntem Umgebungen zu bewegen. Die Abteilung Perzeption und Kognition beschäftigt sich mit Wahrnehmungsaufgaben für autonome Robotersysteme, wobei vor allem die visuelle Wahrnehmung im Vordergrund ist. Unsere Aufgaben bestehen einerseits im Wahrnehmungsprozess an sich, d.h. von der Datenaufnahme über die effiziente Repräsentation bis



## Physikalisches Wissen und datenbasiertes Lernen sind der Schlüssel zu effizientem und intelligentem Robotersehen

zur schnellen Verarbeitung und Fusion. Andererseits müssen die Roboter auch lernen zu verstehen, was genau die Daten darstellen. Diese semantische Interpretation, z.B. von Objekten und der Umgebung, brauchen wir zur Navigation, zur automatischen Kartenerstellung und zur Exploration für unsere mobilen Robotersysteme. Unsere vorwiegenden Anwendungsgebiete in der planetaren Exploration, der Erdumlaufbahn, aber auch bei Katastrophenszenarien auf der Erde stellen uns dabei vor besondere Herausforderungen. Diese sind zum einen eine zuverlässige Schätzung der Erkennungsgenauigkeit, und zum anderen eine zeit- und energieeffiziente Berechnung. Hierzu entwickeln wir spezielle Verfahren der klassischen Bildverarbeitung, aber vor allem auch aus dem Bereich des maschinellen

Lernens. Beispiele hierfür sind Methoden zur Erkennung, Lageschätzung und Verfolgung von Objekten in Bilddaten, die Erkennung von geeigneten Griffen zur Objektmanipulation, sowie Verfahren zur automatischen Szenen- und Umgebungsanalyse. Diese sind dann wiederum sehr hilfreich für den Technologietransfer, z.B. für Roboteranwendungen in der industriellen Produktion oder in der häuslichen Pflege.



**Um in einer komplexen Welt agieren zu können, müssen Roboter so intelligent sein, dass sie nicht nur sehen, sondern auch erkennen, was um sie herum geschieht.**

**Die Verbindung von menschlicher und künstlicher Intelligenz unterstreicht die Bedeutung der Vielfalt in der Robotik.**



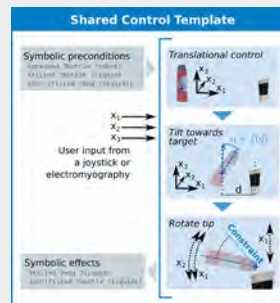




## Kognitive Robotik

Je mehr Fähigkeiten ein Roboter hat, umso verschiedene Wege kann er einschlagen. Und er braucht diese „Skills“ auch, um aus unvorhersehbaren Fehlern einen Weg zum Ziel generieren zu können. Unser zweiter Schwerpunkt ist es also, Robotern zu ermöglichen, schnell neue Fähigkeiten zu erlernen und sich anzupassen - durch intuitives Programmieren, durch Vor-

## Kognitive Robotik für intelligentes Verhalten und eine bessere Interaktion zwischen Mensch und Roboter



Robotik ist eng mit dem Thema Künstliche Intelligenz (KI) verknüpft. Roboter werden schließlich gebaut, um etwas zu tun. Damit Roboter wissen, was zu tun ist - und wie - brauchen sie eine gewisse Intelligenz. Dazu arbeitet die Abteilung an drei zentralen Themen der KI, damit jeder Roboter, mit dem wir arbeiten, seine Aufgaben möglichst effizient und zielgerichtet lösen kann. Je mehr explizites Wissen wir einem Roboter darüber geben, was er tut und warum er es tut, desto besser kann er seine Ziele erreichen. Der erste Schwerpunkt der Abteilung ist es daher, Wissen explizit darzustellen und abrufbar zu machen. Dabei handelt es sich um Wissen über die Umgebung sowie die Ziele und Fähigkeiten des Roboters selbst. Zu einem Ziel führen fast immer mehrere Wege.

**Was man schon weiß, muss man nicht mehr lernen.**

machen und durch „Reinforcement Learning“. Ein dritter Fokus liegt auf der Verarbeitung und Interpretation von biologischen Messdaten – etwa einem Elektromyogramm oder elektrodermalen Reaktionen. Ziel dabei ist, die Intentionen von Menschen zu erkennen und sogar zu antizipieren, so dass sie intuitiv verschiedene Assistenzgeräte bedienen können, wie zum Beispiel Prothesen oder Rollstühle.

## Institutsentwicklung und zentrale Aufgaben

Bei Fragen zum Technologietransfer, zu strategischen Kooperationen oder zu Lizenzierungen finden Sie hier Ihren richtigen Ansprechpartner: Telefon +49 8153 28-2163 [roland.unterhinninghofen@dlr.de](mailto:roland.unterhinninghofen@dlr.de)



Dr.-Ing. Roland Unterhinninghofen, Abteilungsleiter Institutsentwicklung



## Für den besten Support und eine reibungslose Zusammenarbeit

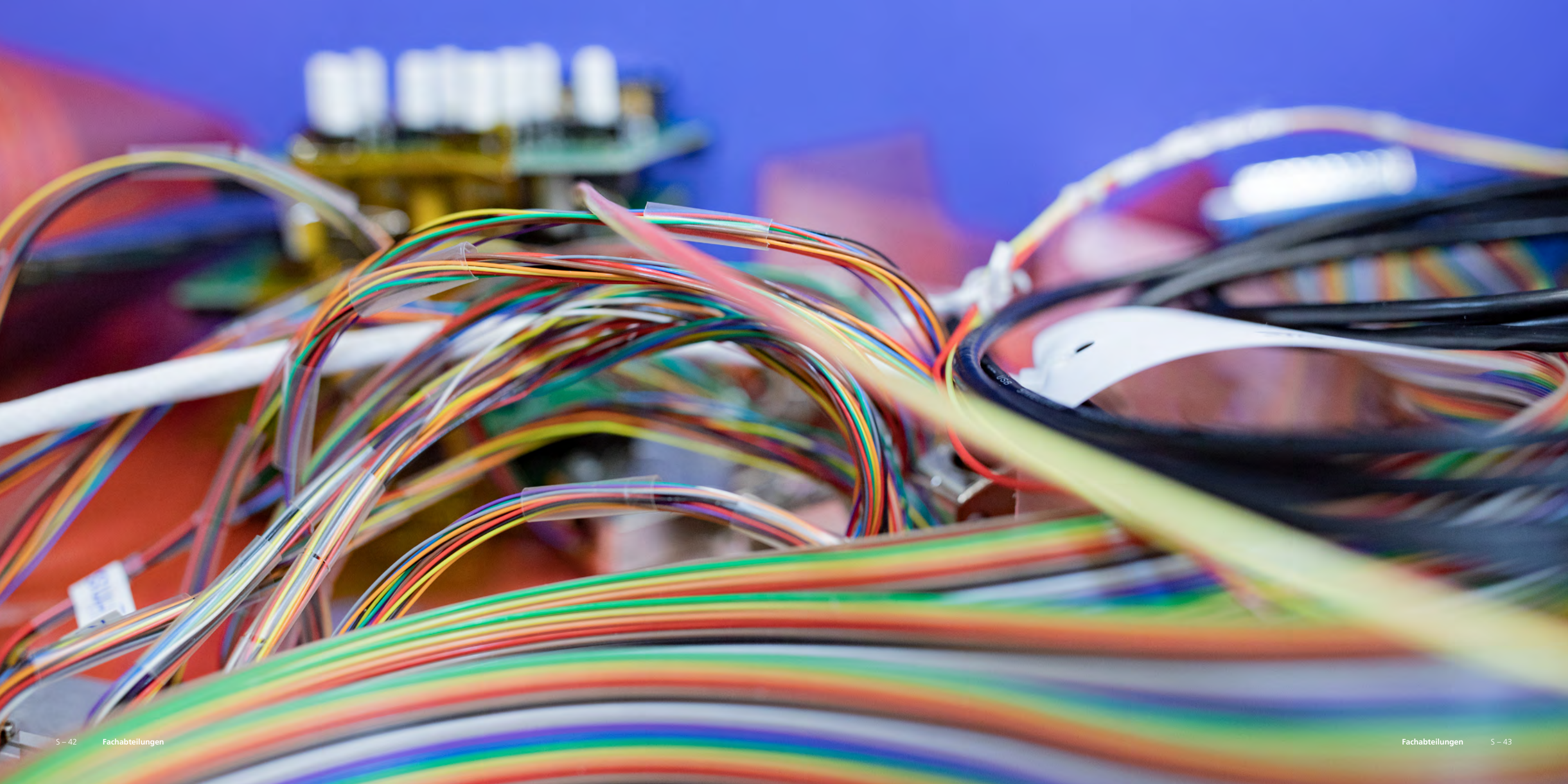
Die Vielzahl der Projekte und Fragestellungen, an der circa 200 fest angestellte sowie rund 100 studentische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten, erfordert systematische und strategische Planung und Koordinierung. Dies übernimmt die Abteilung Institutsentwicklung und zentrale Aufgaben in den Bereichen Organisationsmanagement, Controlling, Personaladministration, Öffentlichkeitsarbeit und IT. Beispielsweise begleitet ein Projektmanagementbüro alle Projekte von der Planung und Antragstellung über die Durchführung bis zum Abschluss und koordiniert die Abstimmung der Projekte untereinander. Ein aufwändiges Controlling sorgt für eine langfristig stabile Finanzplanung und den zielgerichteten Einsatz der Gelder, die zum größten Teil der öffentli-

chen Hand entstammen. Eng damit verbunden ist die systematische Personaleinsatzplanung. Das Kommunikationsteam betreut in Zusammenarbeit mit der DLR-Kommunikationsabteilung die Öffentlichkeitsarbeit für das Institut, versorgt die Presse und das Internet mit relevanten Informationen und kümmert sich um die zahlreichen Besuchergruppen. Im IT-Team werden die komplexen Rechner- und Netzwerkstrukturen der Forschungslabore und der Robotersysteme betreut und ständig weiterentwickelt. Damit alle am Institut reibungslos zusammenarbeiten können.



**Hand in Hand arbeiten ist bei uns keine bloße Floskel. Wir fördern das Miteinander, unsere Mitarbeiter und unsere Projekte. Und wir haben bei allem was wir tun immer den technologischen Fortschritt im Sinn.**









## 03 Kooperationen & Projekte

**Wissenstransfer und kollegialen Austausch schreiben wir auch außerhalb unseres Instituts groß:**  
Für beste Ergebnisse in der Spitzenforschung stehen unsere Kooperationen, Projekte und Ausgründungen.

**Gemeinsam die Ergebnisse der DLR-Spitzenforschung in die Praxis zu holen – dafür lohnt sich jeder Moment unserer spannenden Zusammenarbeit.**

Alexander Huhn, Kreisgeschäftsführer Caritas-Zentrum Garmisch-Partenkirchen

46 Starke Partner im Überblick

48 Beispiel Medizinrobotik: MIRO

50 Interview Assistenzrobotik: SMILE

52 Der Laufroboter Bert

53 Die Roboterhand Clash

54 Erfolgreiche Ausgründungen im Überblick

56 Herausforderung Start-up: Roboception im Interview



# Eine Auswahl unserer starken Partner, Projekte und Kooperationen







### Beispiele für erfolgreich abgeschlossene Projekte:

- ▶ Implementierung einer robotergestützten Endoskopführung
- ▶ Entwicklung des vielseitig einsetzbaren Chirurgieroboters DLR KineMedic in Kooperation mit der Brainlab AG
- ▶ Lizenzierung technologischer Komponenten der DLR-MiroSurge-Technologie an Medtronic

## Ein Kompetenzzentrum für Medizinrobotik – dafür steht das MIRO Innovation Lab.

Medizinrobotik ist ein starker Wachstumsmarkt: Von der Diagnose bis hin zur Behandlung sind bereits in vielen medizinischen Bereichen robotische Assistenzsysteme im Einsatz. Durch die Zunahme robotischer Anwendungen sollen künftig Patienten noch schonender behandelt, Ärzte und klinisches Personal stärker entlastet werden. An diesen Punkt knüpft das MIRO Innovation Lab an. Das 2017 am Institut für Robotik und Mechatronik ins Leben gerufene Kompetenzzentrum wird durch die Helmholtz-Gemeinschaft gefördert und ist eine Schnittstelle zwischen Industrie, Forschung und klinischen Partnern.

Die Expertise unseres interdisziplinär aufgestellten Teams in Kombination mit dem umfassenden Systemzugriff auf unsere Forschungsplattform MIRO und viele andere Robotersysteme ermöglicht die Unterstützung über weite Teile des Produktentwicklungsprozesses. Unser Anspruch ist, Lösungen mit hoher technologischer

Reife zu entwickeln und unsere Partner in jedem Stadium des Produktentwicklungsprozesses zu begleiten. Dadurch können wir einen nahtlosen Technologietransfer zu unseren Partnern garantieren.

### Das DLR kann Unternehmen aus der Medizintechnik mit seiner Expertise wertvolle Unterstützung bieten.

Institutsdirektor Prof. Alin Albu-Schäffer

Wir bieten Medizintechnikherstellern und -zulieferern unabhängig von der Größe des Unternehmens und der Tiefe bereits vorhandener Roboterexpertise folgende Möglichkeiten der Zusammenarbeit:

- ▶ Beratungs-, Konzept- und Machbarkeitsstudien
- ▶ Technologieanalyse, -optimierung und -neuentwicklung

Als lokaler Hub im europäischen Netzwerk DIH-HERO (Digital Innovation Hubs in Healthcare Robotics) sorgen wir nicht nur für eine europäische Vernetzung im Bereich der Robotik im Gesundheitswesen. Wir tragen auch maßgeblich dazu bei, dass Innovationen aus Industrie und Forschung schneller den Weg zu den Patienten und Ärzten finden.

### Ansprechpartnerinnen:



MIRO Innovation Lab  
Szilvia Borsdorf  
Tel.: 08153 28-3628  
E-Mail: [miroinnovationlab@dlr.de](mailto:miroinnovationlab@dlr.de)



DIH-HERO  
Andrea Schwier  
Tel.: 08153 28-1061  
E-Mail: [dih-healthcare@dlr.de](mailto:dih-healthcare@dlr.de)

## Das MIRO Innovation Lab + DIH-HERO

*Sie erhalten einen Partner mit über 20 Jahren Erfahrung und umfassender Expertise in der Medizinrobotik. Die Expertise unseres interdisziplinär aufgestellten Teams deckt die gesamte Bandbreite der Robotik – von der Mechatronik über die Regelung und Umgebungswahrnehmung bis hin zu kognitiven und autonomen Fähigkeiten – ab.*

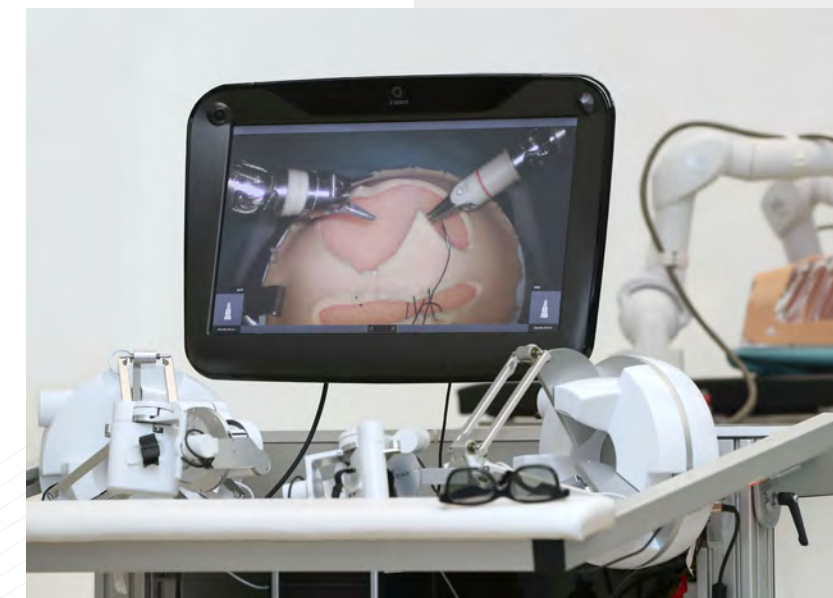
*Auf der von uns entwickelten und technisch ausgereiften Forschungsplattform MIRO können wir auch komplexe Anwendungen rasch prototypisch umsetzen und evaluieren.*

*Wir bieten Ihnen flexible und kurzfristig einsetzbare Unterstützung über weite Teile des Produktentwicklungsprozesses. Wir entwickeln Lösungen mit hoher technologischer Reife, die einen nahtlosen Transfer zu unseren Projektpartnern ermöglichen.*

*Unser Netzwerk aus Kliniken, Wissenschaft und Industrie vervollständigt unser Kompetenzzentrum für Medizinrobotik und macht schließlich präklinische Studien und Benutzertests ebenfalls möglich.*

### Weiterführende Informationen finden Sie unter:

[www.miroinnovationlab.de](http://www.miroinnovationlab.de)  
[www.dih-hero.eu](http://www.dih-hero.eu)





## Zusammen für die Pflege: Caritas, Katholische Stiftungshochschule München und das DLR- Pflegeassistentenprojekt SMiLE

Wie seine anderen Roboterkollegen darf man den Assistenz-Roboter EDAN ruhig einen Butler nennen. Schließlich bietet er mit seinem an einem Rollstuhl befestigten Arm perfekte Hilfeleistungen für Pflegebedürftige. Gesteuert wird er über Muskelimpulse. Seit über 15 Jahren arbeiten Wissenschaftler des Instituts für Robotik und Mechatronik daran, dass Assistenzroboter universell nutzbar, wirksam und zuverlässig sind. Einsatzmöglichkeiten werden im Rahmen des bayerischen Leuchtturmprojekts SMiLE - Servicerobotik für Menschen in Lebenssituationen mit Einschränkungen - mit der Caritas in Garmisch-Partenkirchen erarbeitet, die Katholische Stiftungshochschule in München überprüft relevante ethische Fragen. Wir haben Alexander Huhn, Kreisgeschäftsführer der Caritas, zum Zusammenspiel zwischen Pflegekräften und Assistenzrobotern befragt:



### Herr Huhn, warum braucht es Roboter in der Pflege?

Jeder weiß um den aktuellen Pflegenotstand. Neben dem großen Entlastungspotenzial für heutige Pflegekräfte, macht Assistenz-Technik den Pflegeberuf auch für Nachwuchskräfte und technikbegeisterte Quereinsteiger spürbar attraktiver. Wir haben bereits Bewerbungen auf dem Tisch, in denen steht: Wenn diese Roboter helfen, dass wir mehr Zeit für Patienten haben und Pflege nicht mehr so kräftezehrend ist, dann ist diese Ausbildung auch etwas für uns. Und natürlich: Patienten und Angehörige profitieren selbst enorm davon, wenn ihnen Assistenten im Alltag helfen und Pflegekräfte wieder mehr Zeit für Zwischenmenschliches haben.

### Wie fühlt er sich an, der Kontakt zwischen Roboter und Patient?

Was wir bisher erlebt haben, hat uns verblüfft: Gerade EDAN wird in ersten Tests hervorragend angenommen. Seine Sensorik ist hochempfindlich und stellt sich spürbar auf den Patienten ein, das baut sehr schnell Vertrauen auf. Zweidrittel der bisherigen Befragten können sich vorstellen, dass Robotersysteme wie EDAN eine große Chance für sie sind. Ein Drittel haben das spezifiziert und ganz klar ausgesprochen, dass sie Hol- und Bringdienste akzeptieren, sie persönliche Pflege aber ausschließlich von Mensch zu Mensch erwarten.

### Was überwiegt bei Pflegekräften: Die Distanz zum Kollegen Maschine oder die Freude über kräftesparende Hilfe?

Anfänglich hatten circa 20 Prozent unserer beteiligten Pflegekräfte Angst um ihren Arbeitsplatz. Manche fühlten sich ersetzbar, andere hatten mit der Technik nichts am Hut. Aber: Inzwischen

**Zeitgewinn durch  
Roboterassistenz in der Pflege  
heißt am Ende des Tages spürbar  
mehr zwischenmenschliche  
Zuwendung für den Patienten.**

sind sich alle einig, dass wir mit SMiLE den richtigen Weg gehen. Wir haben hier Assistenten zur Verfügung, von denen wir wissen, dass sie funktionieren. Jetzt dürfen wir sie in der Praxis erproben. Danach können wir sie gemeinsam weiterentwickeln. Für mehr Entlastung bei der Patientenüberwachung, bei körperlichen Anstrengungen wie Heben und Tragen oder zum Beispiel auch beim Clustern von Medikamenten. Es ist doch ein echter Gewinn, wenn ein fehlerfrei arbeitender Roboter die Medikamente aufteilt, anstatt einer Pflegekraft, die am Ende des Tages körperlich und mental erschöpft ist. Oder stellen Sie sich den Moment vor, an dem eine Pflegekraft am Bett des Patienten bleiben und sich ihm widmen kann, anstatt etwas Holen zu müssen. Ganz einfach, weil sie dafür den Roboter los schicken kann.

### Was gelingt an Ihrem Projektbeispiel schon heute reibungslos und was muss noch verbessert werden?

Wir befinden uns in der Phase des Learning by Doing. Alle Projektbeteiligten, auch die Patienten und deren Angehörige, nennen uns ihren Bedarf. Gemeinsam mit Jörn Vogel, beim DLR für unsere Assistenten verantwortlich, bauen wir das in die Pflege ein. Die Katholische Stiftungshochschule komplettiert uns mit ihrem

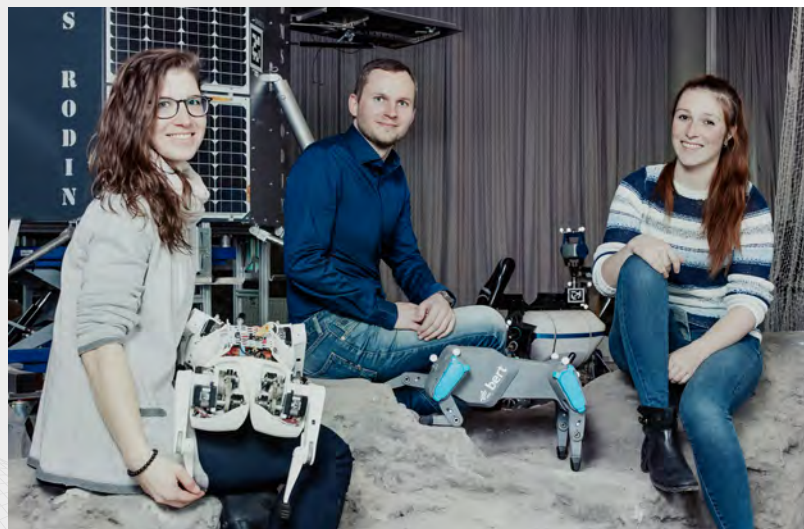


genauen Blick darauf, was ethisch gesehen Sinn macht. Bereits heute lässt sich sagen, die Optik und Haptik von EDAN ist gelungen, der Assistenz-Arm sieht nicht nur super aus, er wird auch äußerst schnell als wertvolle Hilfe akzeptiert. Bei Assistenten wie Justin, die sofort als Roboter betitelt werden und sehr menschlich wirken, müssen wir das System noch mehr an den häuslichen Kontext unserer Patienten anpassen.

### Wo sehen Sie die Assistenz in der Pflege in den kommenden 20 Jahren?

90 Prozent unserer älteren Mitmenschen, darunter viele Pflegebedürftige, möchten möglichst für immer zuhause bleiben. Damit das gelingt, sind Assistenzsysteme eine unglaubliche Hilfe. Patienten sollen diese Systeme möglichst autonom nutzen können und am Ende des Tages auch den Stecker ziehen dürfen. Insgesamt wird es ein stark wachsender Markt sein. Wir müssen nur begrifflich machen, dass es hier nicht darum geht, Technik um jeden Preis oder gar Roboter anstelle menschlicher Pflege einzusetzen. Sondern um robotische Assistenzsysteme, die zuarbeiten und beschwerliche Handgriffe übernehmen. Zur Erleichterung aller und damit die Pflege das bleibt, was sie seit Jahrhunderten ist: Zutiefst menschlicher, fürsorglicher und berührender Kontakt.





**Viele Möglichkeiten für wissenschaftlichen Nachwuchs: Im Rahmen von Master- und Doktorarbeiten beschäftigt sich das Team rund um den Laufroboter BERT mit dem Transfer biomechanischer Hypothesen auf Roboter**

## Parade-Beispiel für interdisziplinäre Forschung: Der Laufroboter BERT

**Mit BERT verfolgen wir das Ziel, natürliche Fortbewegungsmuster zu verstehen und auf Robotersysteme zu übertragen.**

Ganz nach dem Vorbild der Natur läuft BERT auf vier Beinen seinem Ziel entgegen: Der kleine Roboter sieht nicht nur niedlich aus, sondern soll die Funktion biologischer Beine verstehen und als Roboter umsetzen.

Die intelligent verkoppelten Beine des Laufroboters werden durch serienelastische Antriebe aktuiert. Deren mechanische Federn ermöglichen es während der Bewegung Energie zu speichern und wieder freizugeben, was eine Grundvoraussetzung für hochdynamische Gangarten ist. BERT ist somit eine Plattform zur Erforschung des effizienten Laufens bis hin zum Springen. Außergewöhnlich ist hier das Rapid-Prototyping-Konzept in Verbindung mit kostengünstigen Komponenten,

das die Entwicklung mehrerer Robotergenerationen in kurzer Zeit ermöglicht hat.

BERT gilt auch als hervorragendes Beispiel für unsere interdisziplinäre Forschung: Die Theorie des Resonanzverhaltens nichtlinearer dynamischer Systeme (elastische Roboterbeine) wird Erkenntnissen aus den Bereichen Biomechanik und Neurowissenschaften (biologisches Laufen) gegenübergestellt und fortwährend weiterentwickelt.

Für sein Laufrobotik-Projekt M-Runners (Modal Nonlinear Resonance for Efficient and Versatile Legged Locomotion) gewann Institutsdirektor Prof. Alin Albu-Schäffer 2019 mit dem ERC Advanced Grant eine der renommiertesten Wissenschaftsprojektförderung der Europäischen Kommission.

## Bei der Ernte hat die feinfühlige DLR-Roboterhand CLASH den richtigen Dreh raus

Die Ernte von Obst und Gemüse ist eine vermeintlich einfache Aufgabe - aber eine große Herausforderung für die Technik. Früchte sollen ohne Dellen und Druckstellen beim Konsumenten ankommen und müssen entsprechend behutsam angefasst werden. Ohne einen gewissen Kräfteinsatz geht es aber beim Lösen der Ernte von Sträuchern oder Bäumen nicht. Und dann gibt es ja auch noch eine riesige Vielzahl an völlig unterschiedlichen Produkten – eine Himbeere pflückt man ganz anders als eine Kokosnuss. Genau da kommt die DLR-Roboterhand CLASH ins Spiel. Ihr bringen unsere Wissenschaftler bei, in der Kontaktpphase sehr weich zu sein, das heißt die An-

zahl der Kontaktpunkte zu erhöhen, gleichzeitig aber die Kontaktkräfte klein zu halten. Spannend bei CLASH ist der Spagat zwischen wissenschaftlichem Laborgerät und industrienahe Manipulator, um Roboterhände in Zukunft auch für die Produktion nutzen zu können. Dazu muss die Hand günstig, feinfühlig und doch robust sein. Und genug Freiheitsgrade als auch integrierte Sensoren bieten, um neuartige wissenschaftliche Konzepte auszuprobieren. Im EU-Projekt SOMA hat sich gezeigt, dass CLASH über das gesamte Spektrum vergleichbarer Objekte besser abschneidet als andere Lösungen. Belohnt wurde dies bereits 2018 mit dem DLR IDEA AWARD.

**Startklar: Feinfühlige Roboter-Manipulation für den industriellen Einsatz**

**Dem Projekt ein Gesicht gibt unter anderem Werner Friedl: Seit 2004 beschäftigt er sich nach seinem Feinwerk- und Mikrotechnik-Studium an der FH München mit zahlreichen Forschungsarbeiten am DLR. Darunter auch CLASH, wo er für den mechanischen Teil von Roboterhänden mit mehreren Fingern am Institut zuständig ist.**



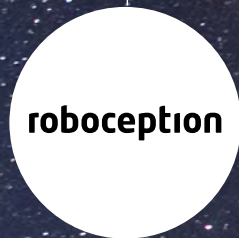


# Mit Instituts-Know-how erfolgreich am Markt: Unsere Ausgründungen

Weitere Informationen finden Sie auf  
[www.dlr.de/rm/technologietransfer](http://www.dlr.de/rm/technologietransfer)



Sensorlösungen für Navigation, Echtzeit-Wahrnehmung und Manipulation



Drehmomentsensoren, individuell entwickelte Antriebssysteme, Lenkradsimulator und Force-Feedback-Produkte



Innovative Softwarelösungen für eine sichere physische Mensch-Roboter-Interaktion



Robötische Raumfahrtlösungen basierend auf den modularen DLR-Arm & Handsystemen



Handschuh und Anzug als multimodales Steuerungsinstrument für Virtual Reality, Robotik und mehr



Kleine 3D-Sensoren als vollwertige 3D-Eingabegeräte in Handys, Tablets, Controllern und mehr



Taktile Sensortechnologie in Form von polymerbasierter künstlicher Haut



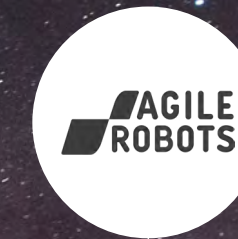
Solarbetriebene Flugzeugsysteme mit integrierten Steuerungs- und Robotiksystemen



Entwicklung innovativer Plug & Produce Roboterstationen für eine flexible Fabrik von Morgen



Spitzentechnologie für feinfühlig geschickte Roboterhände



Skalierbare Robotersysteme mit visueller Intelligenz, sicherer Bewegungsplanung und adaptivem Greifen



Antriebe für anspruchsvolle Anwendungen: Servomotoren, Frameless Motoren und Antriebssysteme



## Nach 15 Jahren erfolgreicher Arbeit am Institut für Robotik und Mechatronik ist er mit der Ausgründung Roboception GmbH durchgestartet: Dr. Michael Suppa im Interview.

Mit den Elementen Robotics für Robotik und Perception für Wahrnehmung beinhaltet der Firmennamen Roboception das Programm des jungen Unternehmens: Es bietet neuartige Lösungen für Navigation, Echtzeitwahrnehmung und Manipulation für robotische Systeme an. Eine ursprünglich am Institut entstandene Sensortechnologie wurde weiterentwickelt, angepasst und erweitert und wird seit 2015 für industrielle Zwecke eingesetzt, um ‚Robotern das Sehen zu lehren‘. Institut und Ausgründung sind nach wie vor freundschaftlich mit-

einander verbunden, was auch die gemeinsam mit dem Instituts-Designer Tilo Wüsthoff erreichte Auszeichnung mit dem red Dot Award im Bereich Product Design (2019) sowie dem iF Design Award (2018) belegt. Im Projekt MAIS-HU, das sich mit der Lieferung von humanitären Gütern beschäftigt, entwickeln Institut und Roboception seit 2022 gemeinsam neue Ideen. Ein gelungenes Beispiel also für Technologietransfer, Know-how-Sharing und Innovationen, die Arbeitsplätze schaffen und den wirtschaftlichen Vorsprung sichern.

Wir haben einen der drei Gründer, Roboception-CEO Dr. Michael Suppa gefragt, wie es ihm gelungen ist, sein Start-up erfolgreich auf dem Markt zu etablieren:

**Wir sind der beste Beweis für gelungenen Technologie-Transfer und ein erfolgreiches Start-up: Mit unserem innovativen Sensor und unseren Produkten sind wir der Schlüssel zum erfolgreichen Einsatz von Robotern in der flexiblen Produktion.**

### Herr Suppa, wie kam es nach 15 Jahren DLR zur Idee für Roboception?

In meiner Zeit am Institut für Robotik und Mechatronik hat mich mein persönlicher Werdegang vom wissenschaftlichen Mitarbeiter zum Abteilungsleiter geprägt, ebenso die hochinteressante Entwicklung in meinem Fachbereich der 3D-Wahrnehmung für Roboter: Die von der ursprünglichen Forschungsthematik hin zur technischen Produktreife. Es hat dann im März 2015 einfach alles zusammengepasst - die Nachfrage am Markt, der Einzug von mehr Flexibilität in die Produktion und unsere funktionierenden Prototypen. Auch mein bisheriges beim DLR gesammeltes Know-how in der Betreuung von Technologietransfers war eine gute Basis für das eigene Start-up. Wobei es schon zum damaligen Zeitpunkt weniger ein Wagnis, als vielmehr die Sicherheit war, mit einer Technologie unterwegs zu sein, die jenseits der Forschung interessant ist und an der zahlreiche Unternehmen Interesse bekunden.

### Was haben Sie an Unterstützung und anderen Faktoren mit auf den Weg genommen?

Es hat sich für uns genau richtig angefühlt, wie ein natürlicher Prozess, bei dem das DLR verlässlicher Partner und wertvoller Wegbegleiter war und ist. Letzten Endes haben wir ja keine Verbindungen gekappt, sondern an die gute persönliche Zusammenarbeit angeknüpft. Noch heute scheint mir das sehr solide Netzwerk aus DLR-Zeiten am nützlichsten. Als Beispiel sei unsere strategische Partnerschaft mit KUKA genannt, die uns bei potenziellen Kunden die Türen geöffnet hat. Kontakte sind einfach das A und O. Daneben konnte ich in meiner Zeit am Institut wertvolle Erfahrung in der Leitung von Projekten und Mitarbeitern sammeln – und das



in einem geschützten Umfeld. So ist meine am Institut gewonnene Sicherheit im Aufbau und Führen von Teams mit starken Individualisten eine gute Startvoraussetzung für den Erfolg von Roboception gewesen.

### Was sichert Ihren Erfolg heute?

2015 ist unser Gründungsjahr, 2017 hatten wir unseren ersten Produkt-Launch, 2019 haben wir erstmals Gewinne machen können – Roboception hat definitiv Präsenz am Markt. Diesen Erfolg sichert unsere Einstellung, dass das richtige Team entscheidend ist. Nur durch die Auswahl an Leuten, die voll und ganz hinter der Sache stehen, und nur durch äußerst verlässliche Partnerschaften mit anderen Firmen kann man in einem derart komplizierten technischen Umfeld wie dem unseren bestehen. Unsere Kunden schätzen besonders unsere persönliche Beratung und unsere Verlässlichkeit. Was wir versprechen, das halten wir auch. Da kommt mir persönlich mein technischer Background sehr zu gute. Hätten meine Gründungskollegen und ich das alles noch zu den betriebswirtschaft-

lichen Skills lernen müssen, dann wüsste ich nicht, wo wir heute stünden.

### Welchen Rat können Sie nachfolgenden jungen Selbstständigen in der Robotik-Branche geben?

In meinem Coaching für junge Gründer hebe ich immer ganz klar hervor: Mach dir Gedanken über dein Team! Nur wenn du eines aufbaust, das sich komplementär ergänzt und nur wenn du den Unterschied zwischen Gründern und Mitarbeitern gewissenhaft herausarbeitest, führst du dein Start-up zum Erfolg. Gleiches gilt für die Geschäftsidee an sich: Wer genau filtert, was dahinter steckt und in welches Business er sich wagt, erhöht seine Aussicht auf Erfolg. Du musst zu allererst überprüfen, ob für das Problem, das deine Technik löst, wirklich ein Markt vorhanden ist. Speziell für die Robotik-Branche kann ich sagen: Es lohnt sich, bodenständig zu bleiben – mit einem guten Netzwerk im Mittelstand. Und es zahlt sich aus, flexibel zu bleiben, bereit zu sein, sich zu transformieren. Dann klappt das.





## Ihre Ansprechpartnerin für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Sie haben Fragen? Sie benötigen Informationen? Dann stehe ich Ihnen als Ansprechpartnerin rund um die Berichterstattung über das Institut für Robotik und Mechatronik gerne zur Verfügung.

In Zusammenarbeit mit der DLR-Abteilung für Politikbeziehungen und Kommunikation versorge ich Journalistinnen und Journalisten mit relevanten News und Inhalten, pflege unsere externen Beziehungen und kümmere mich um die zahlreichen Gäste aus der Politik sowie um unsere Besuchergruppen.

Lioba Suchenwirth



[lioba.suchenwirth@dlr.de](mailto:lioba.suchenwirth@dlr.de)

Telefon 08153 28 4292

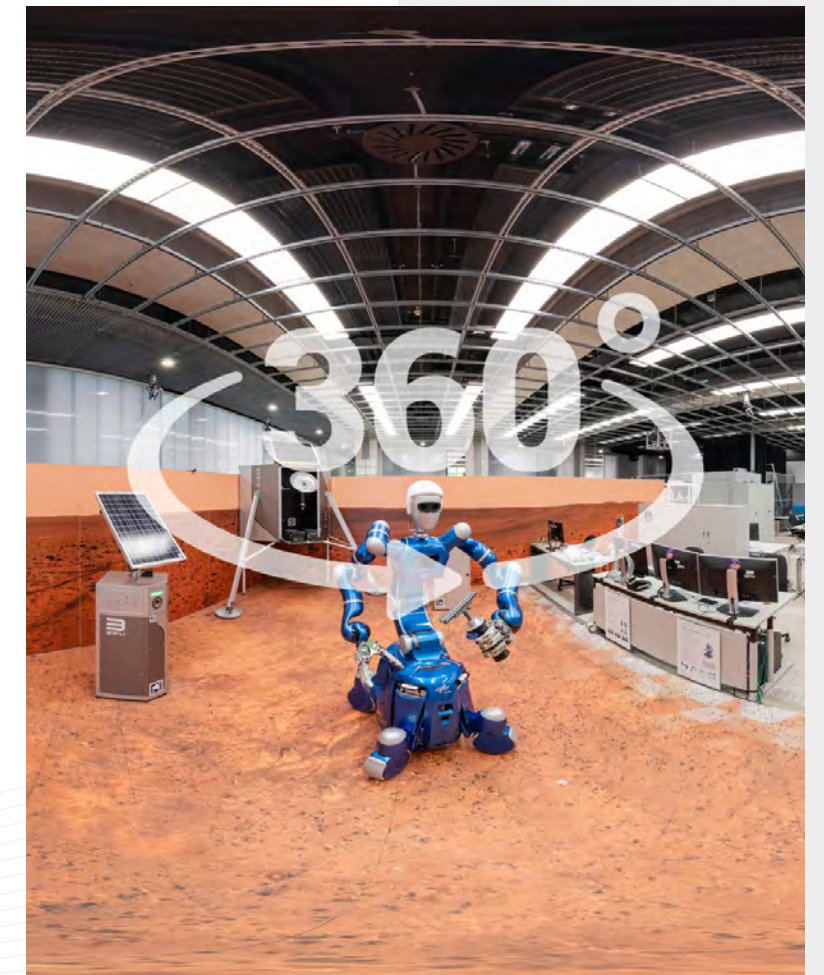
## Unabhängig von Ort und Zeit: Ihr virtueller Einblick in unser Institut dank unserer 360°-Tour

Besuchen Sie uns doch, wann Sie möchten und so oft Sie wollen: Unser virtueller 360°-Rundgang bietet Ihnen einen Einblick in unsere Arbeit und einen spannenden Rundgang durch unsere Forschungslabore. Sie finden ihn unter diesem Link: <https://rmc.dlr.de/360/>

Oder folgen einfach diesem QR-Code:



Weitere Informationen zu Projekten und Aufgaben, zu News aus dem Institut und viele ergänzende Bilder und Videos finden Sie online unter: [www.dlr.de/rm](http://www.dlr.de/rm)







## We want you: Ihre Bewerbung bei uns

Ihr Ziel ist es, gemeinsam mit uns exzellente Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu leisten? Sie möchten Ihre Ideen einbringen und unser Team bereichern? Dann bewerben Sie sich gerne bei uns - wir haben immer Interesse an neuen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für Promotionsstellen, Studien- und Abschlussarbeiten sowie für Praktika oder studentische Tätigkeiten. Laden Sie einfach auf [www.dlr.de/rm/jobs](http://www.dlr.de/rm/jobs) direkt bei „Initiativ bewerben“ alles hoch, was wir über Sie wissen sollten. Wir freuen uns darauf, Sie kennenzulernen.

## Impressum

### Herausgeber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
Institut für Robotik und Mechatronik

### Redaktion:

Lioba Suchenwirth, Sandra von Löbbecke

### Gestaltung:

Angela Kotow, Stefan Gottwald

### Kontakt:

Prof. Dr. Alin Albu-Schäffer  
Oberpfaffenhofen, Münchener Str. 20  
82234 Weßling

Telefon 08153 28-2400

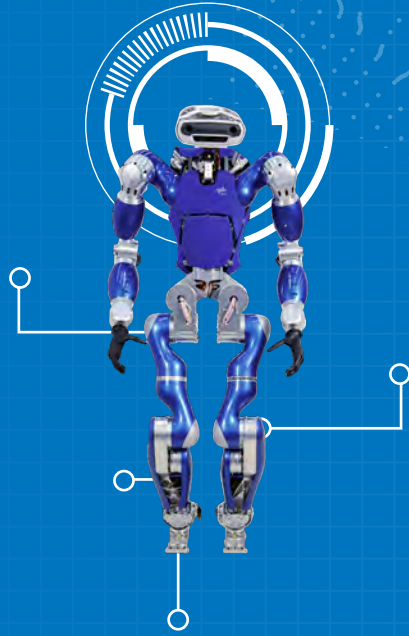
E-Mail [robotics@dlr.de](mailto:robotics@dlr.de)

Internet [DLR.de/rm](http://DLR.de/rm)

Bilder DLR (CC BY-NC-ND 3.0), soweit nicht anders angegeben. Umschlag: The Noun Project (7), Ragnar Schmuck. 12, 13 Esther Horvarth; 17 Roskosmos; 18, 38 oben European Space Agency (ESA); 24 Airbus; 58 Unsplash; 60 Thomas Hulin/DLR







Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt