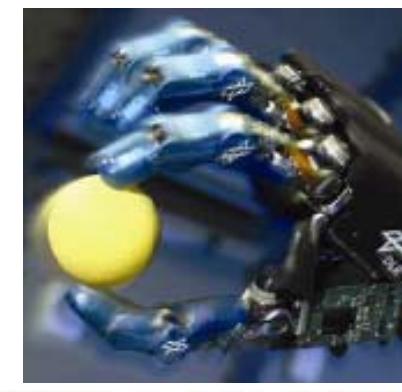
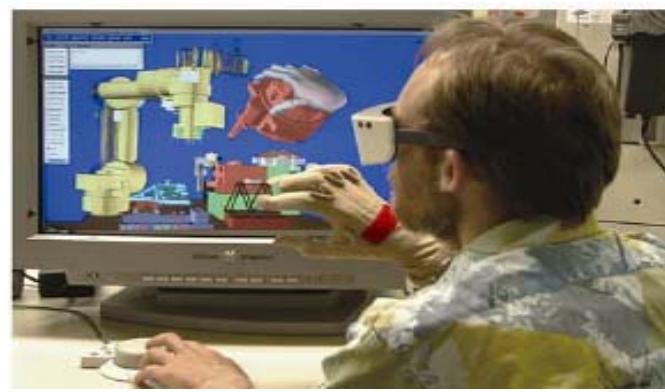
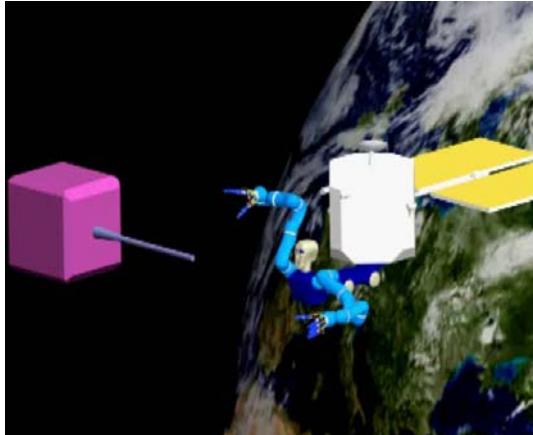


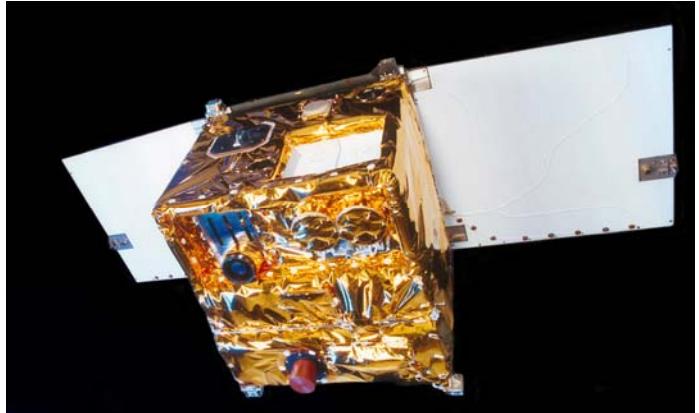
# "Soft Robotics" - Neue Formen robotischer Interaktion mit Umwelt und Menschen

Prof. Gerd Hirzinger  
DLR-Robotik und Mechatronik Zentrum  
Oberpfaffenhofen/Berlin

# Fachliche Schwerpunkte Oberpfaffenhofen



# Fachlicher Hintergrund OS Berlin-Adlershof



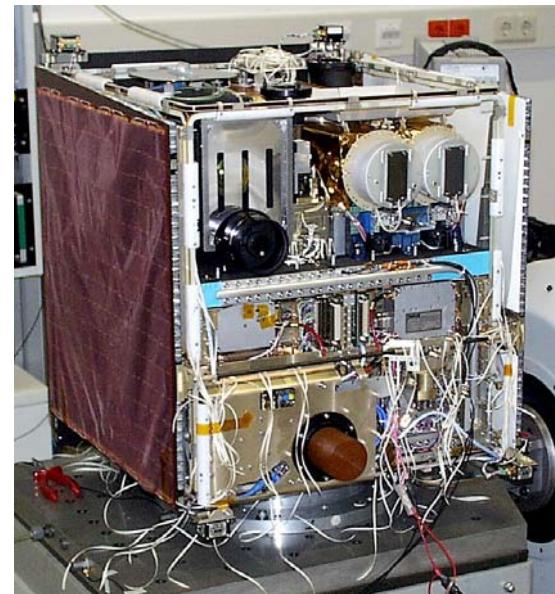
## BIRD Feuerdetektion

**ADS40 Airborne Digital Sensor**  
Photogrammetric accuracy and remote sensing insight combined



- 3 panchromatic CCD lines each  $2 \times 12,000$  pixels, staggered by  $3.25 \mu\text{m}$
- 4 .. 6 multispectral CCD lines, each  $12,000$  pixels
- Pixel size:  $6.5\mu\text{m} \times 6.5 \text{ mm}$
- Field of view (FoV) or swath angle:  $64^\circ$
- Focal length:  $62.77\text{mm}$
- Stereo angles:  $14^\circ, 28^\circ, 42^\circ$

LH Systems

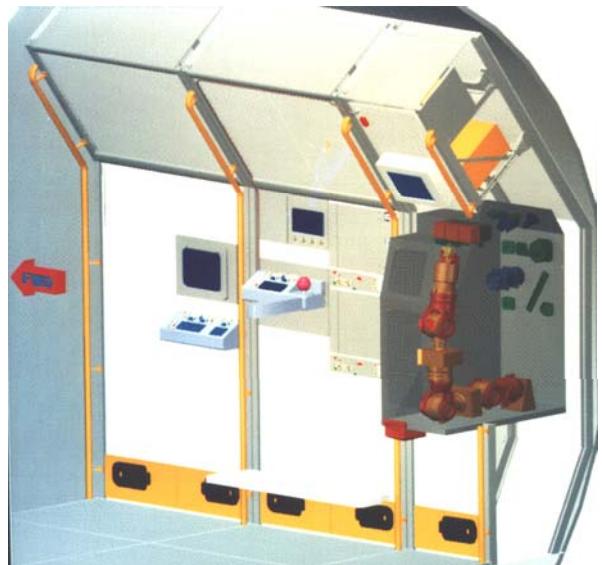


Zeilenkamera  
ADS 40 -  
ein erfolgreiches  
Lizenz-Produkt  
(LEICA)

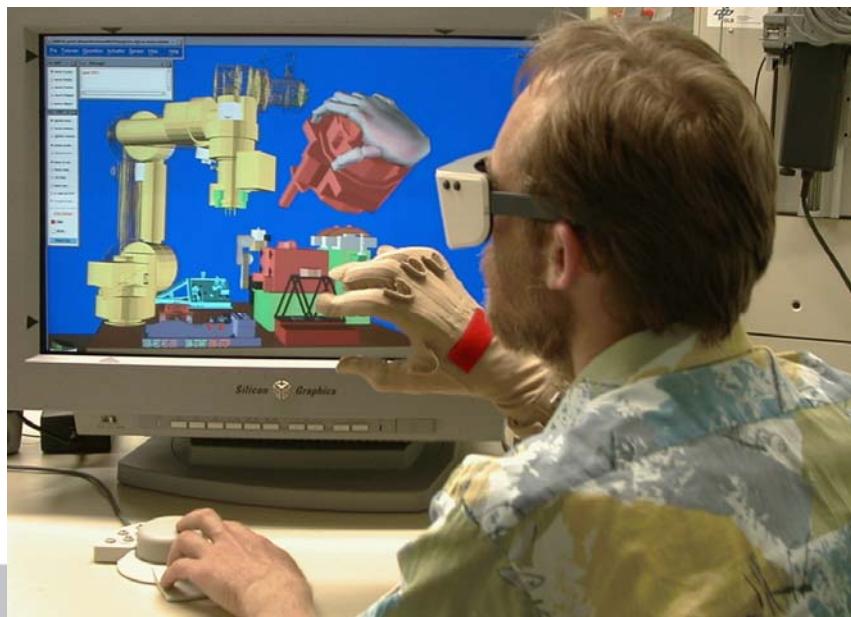


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

# ROTEX 1993



# ETS VII 1999



# ROKVISS-Arm auf der ISS

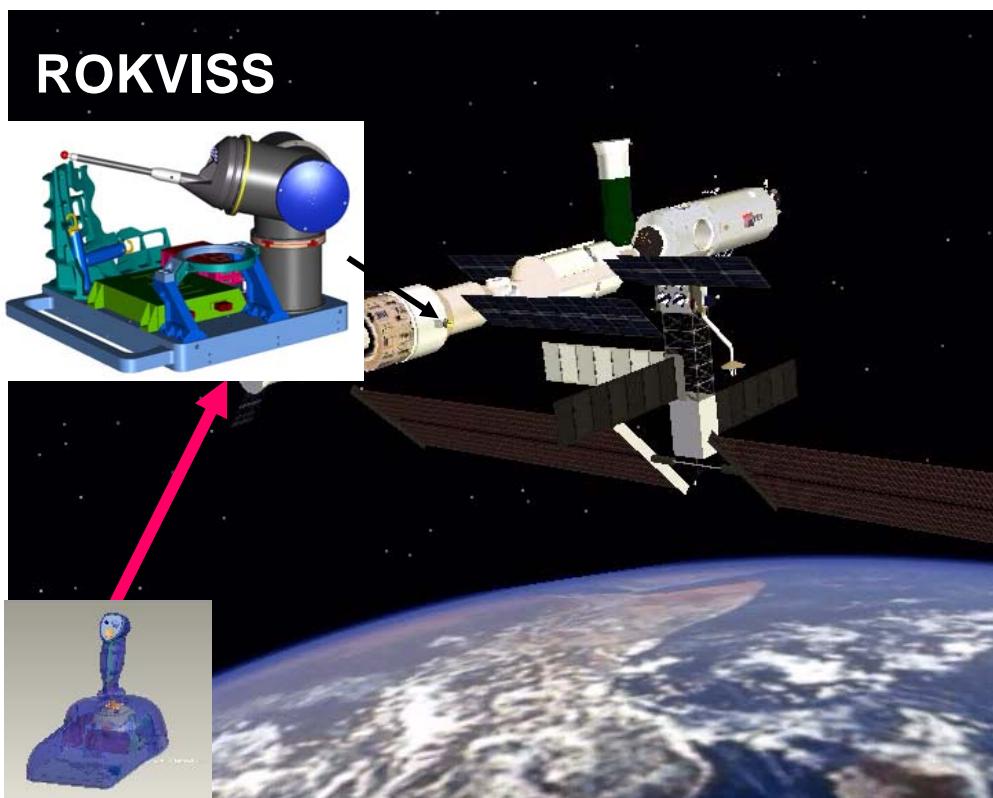


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

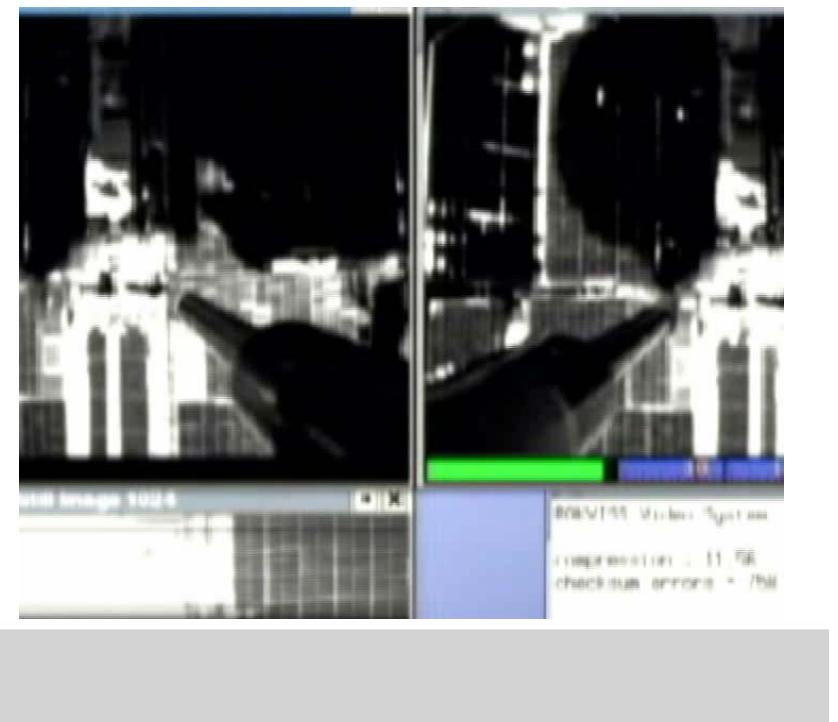
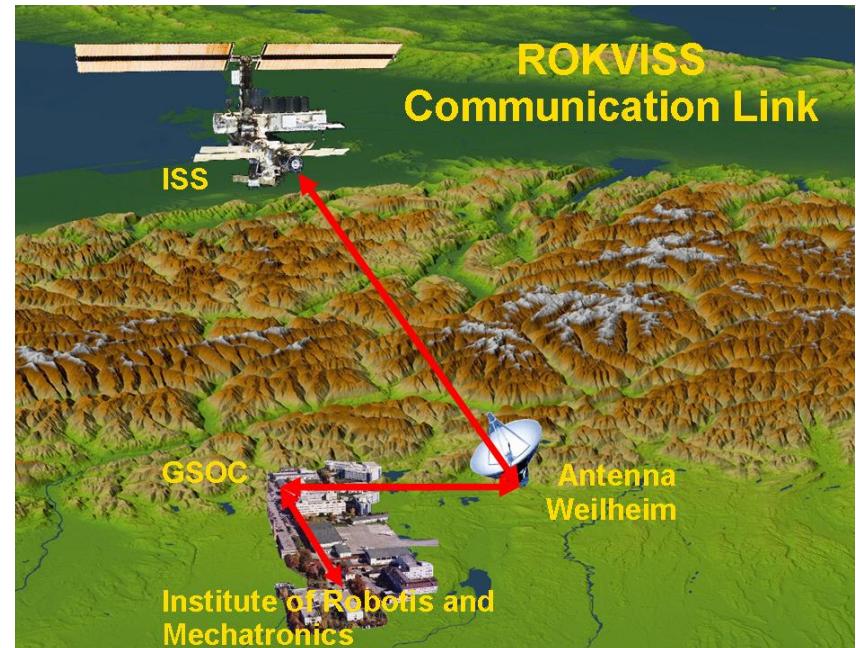
**ROKVISS** - our third remotely controlled robot system in space - aims at :

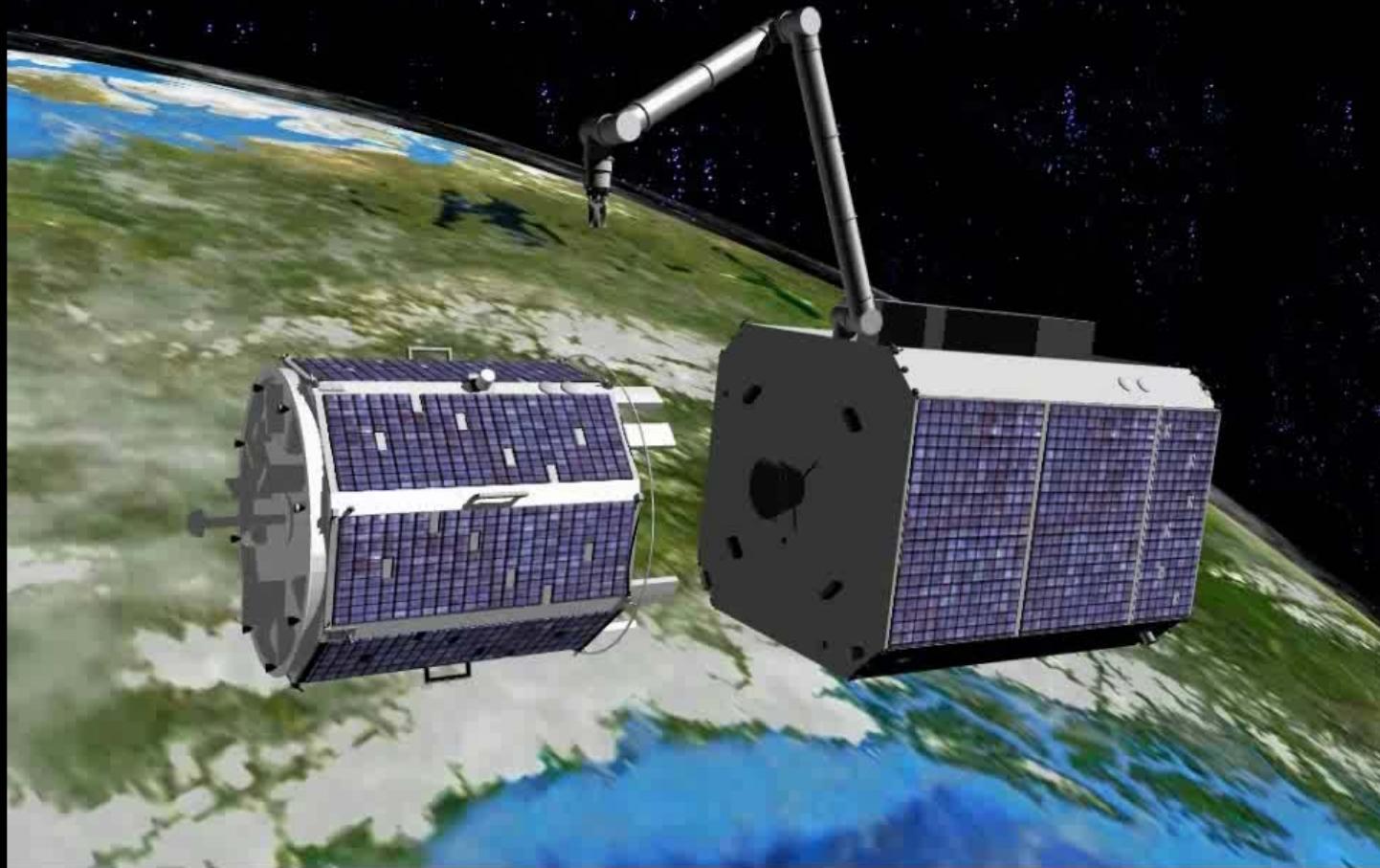
- space qualification / verification of joints
- Telepresence (force reflecting teleop.)

4 years performance now - not expected



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





# Orbitale Servicing Mission DEOS

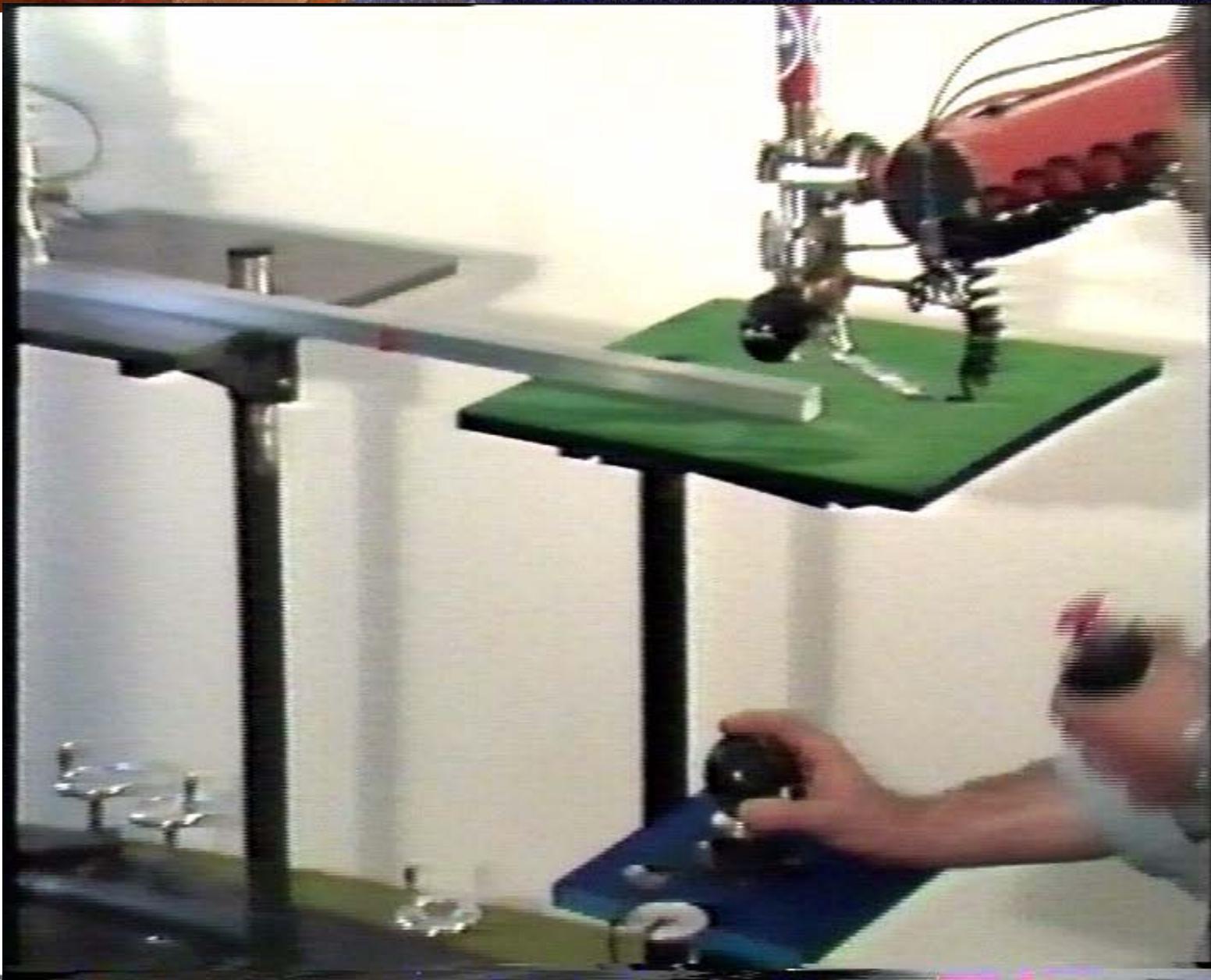


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

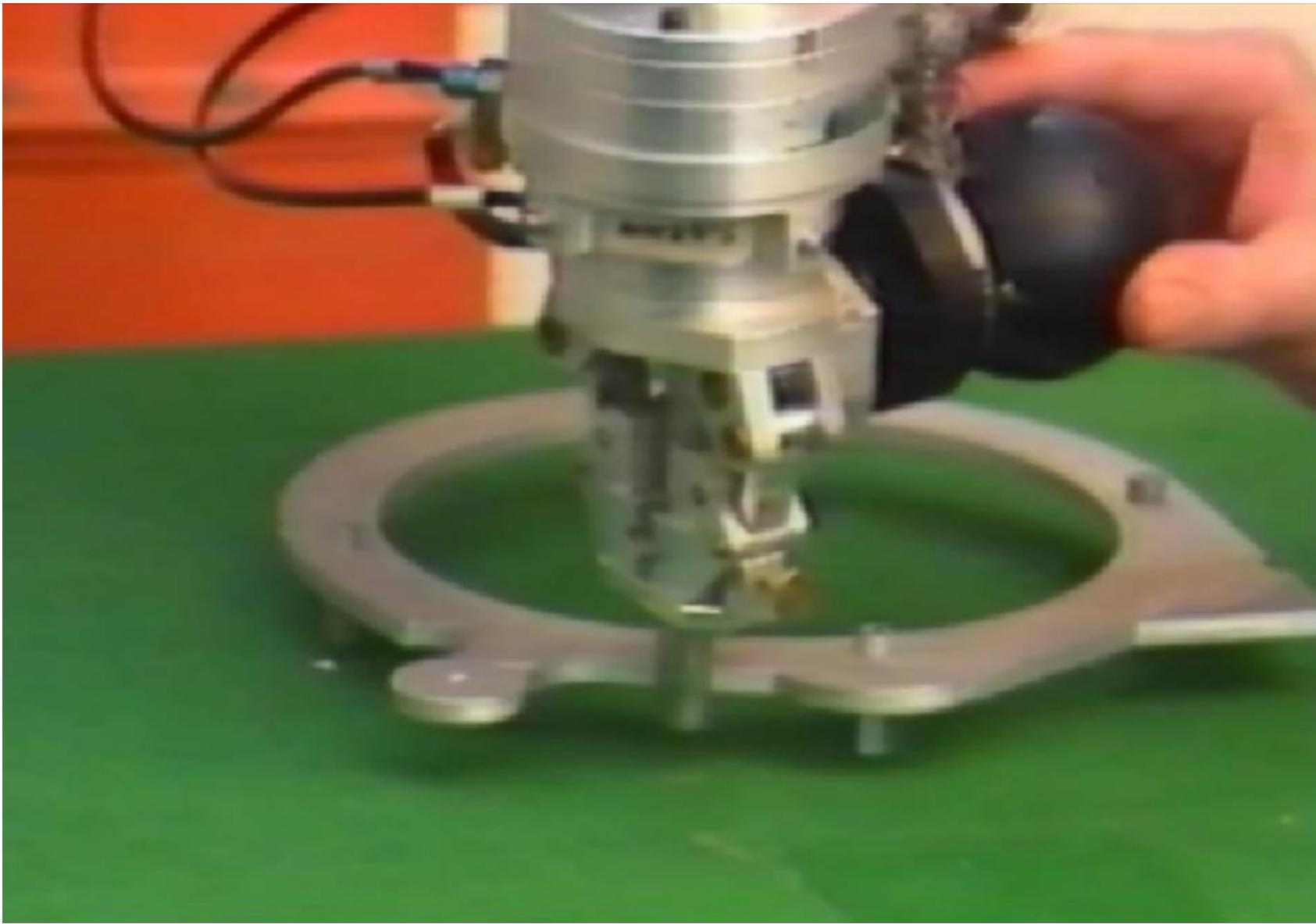


DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

# Our cooperative sensorcontrolled robots around 1980



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



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

# Programmiergerät mit 6-D-Maus bzw. Anbau direkt am Roboter



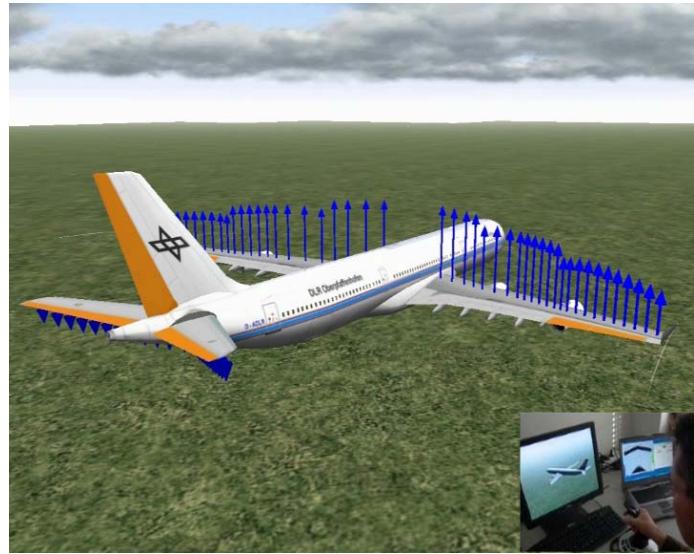
# Die KUKA-DLR-Erfolgsstory



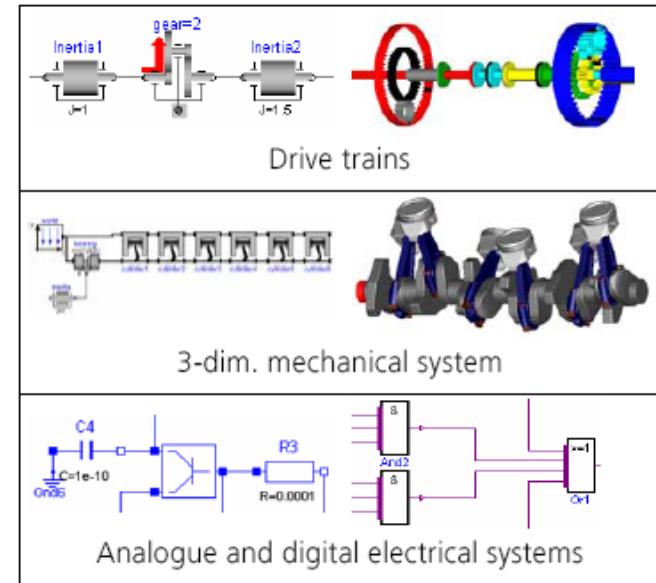
Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



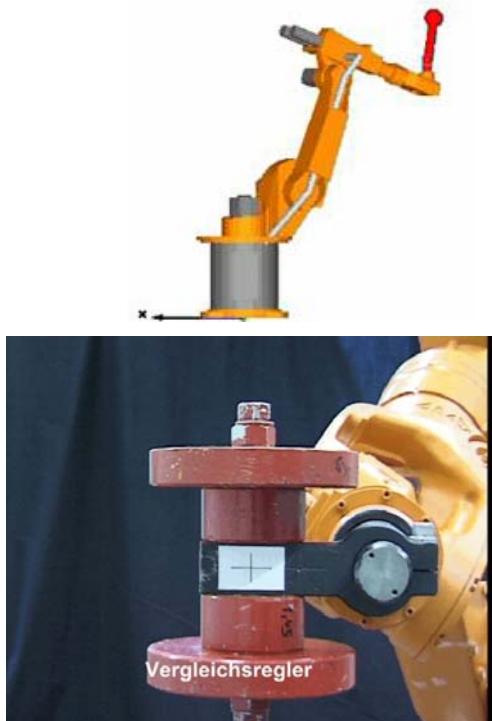
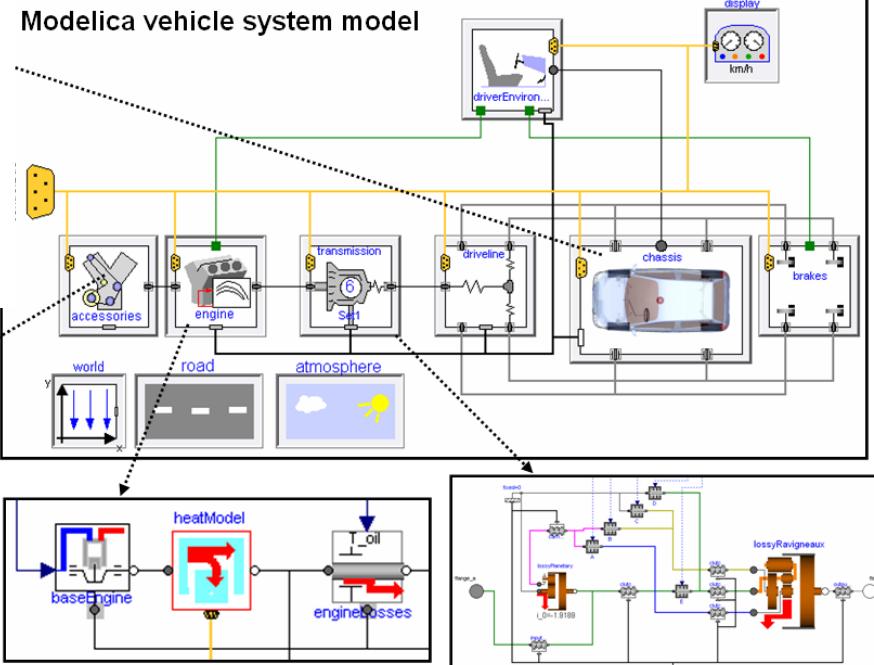
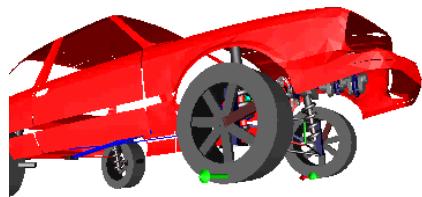
Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



# Dynamik- Modellierung / -Simulation mit Modelica



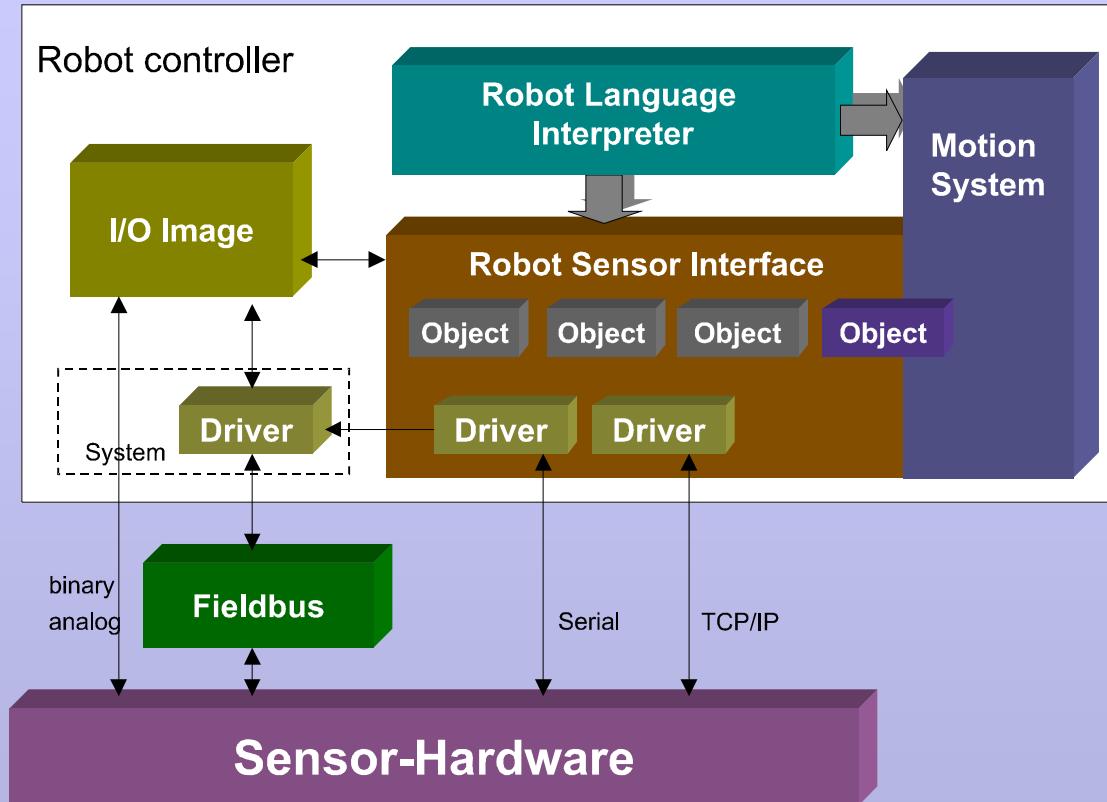
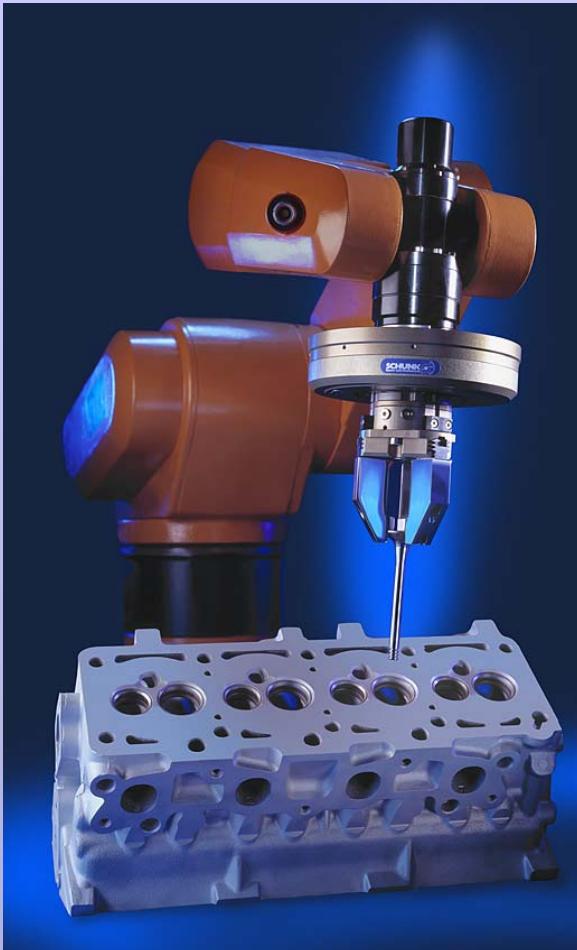
Dassault Systems/DLR





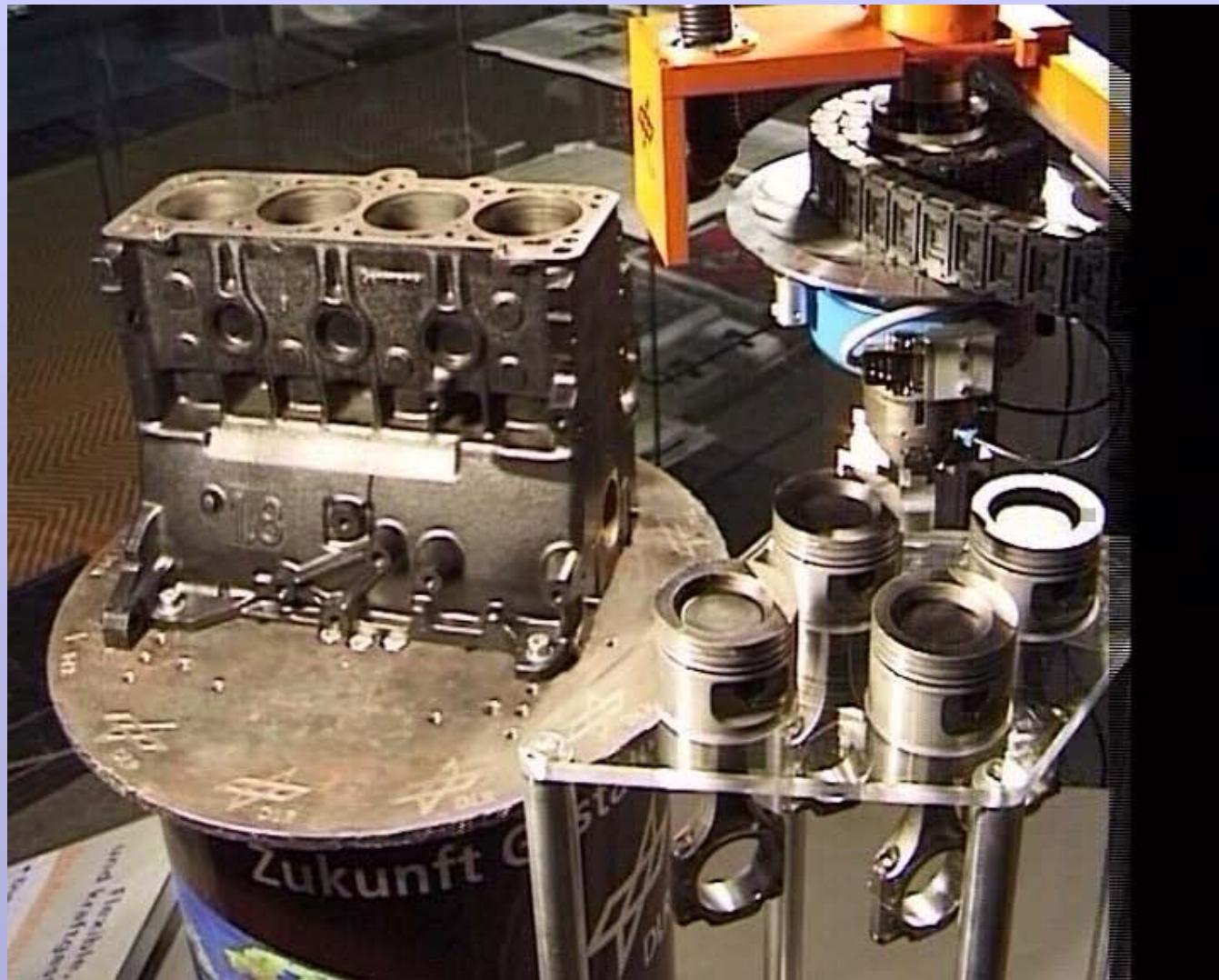
Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

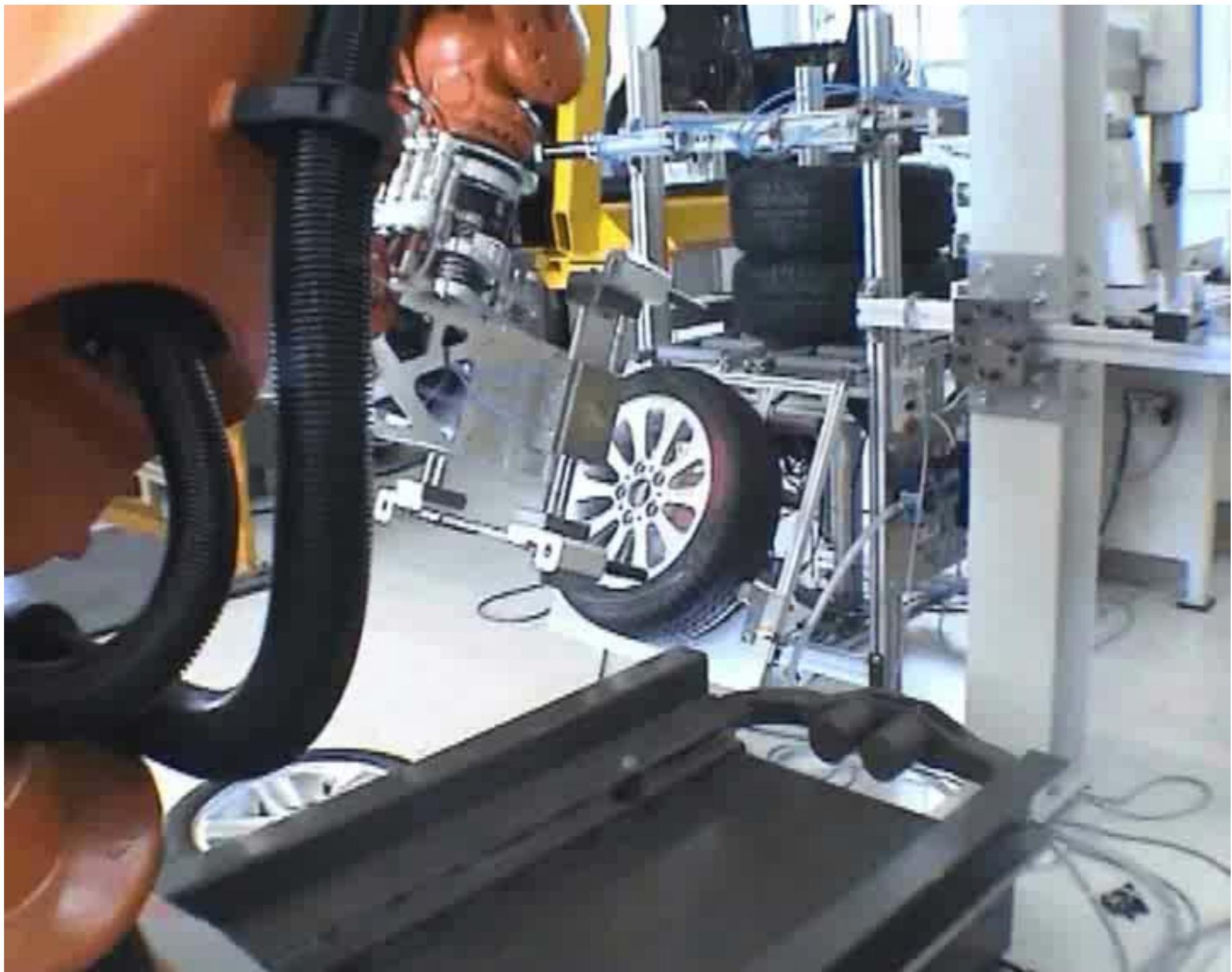
# KUKA Robot KR3 with force- torque sensor assembling motor valves



**The RSI-Interface  
Toolbox for realtime Sensor applications  
in the interpolation cycle**

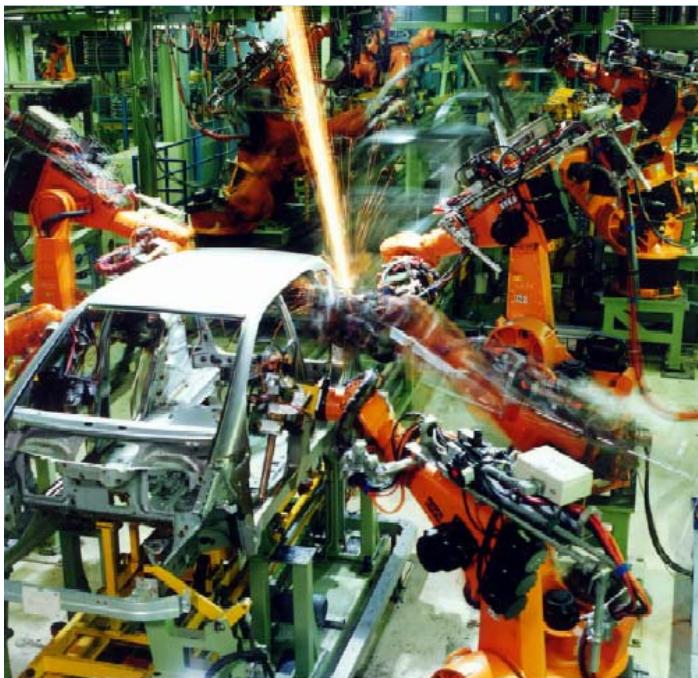
## Montage am bewegten Objekt





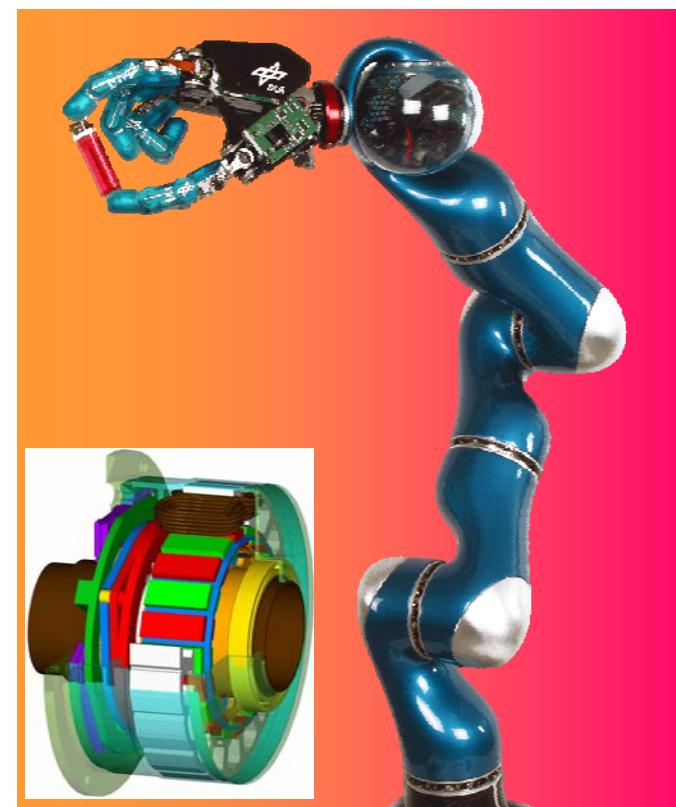
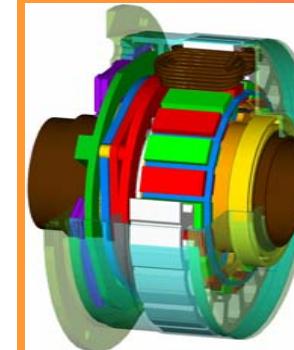
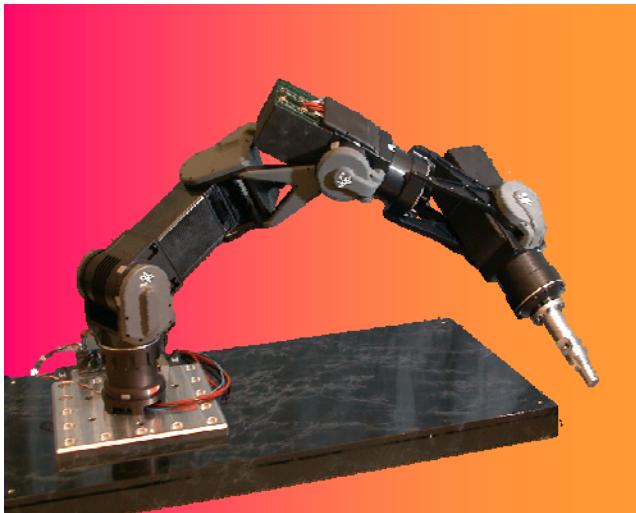
# The Lion's Cage

- Separation of robots from humans
- Structured environments
- Limited sensory feedback and flexibility



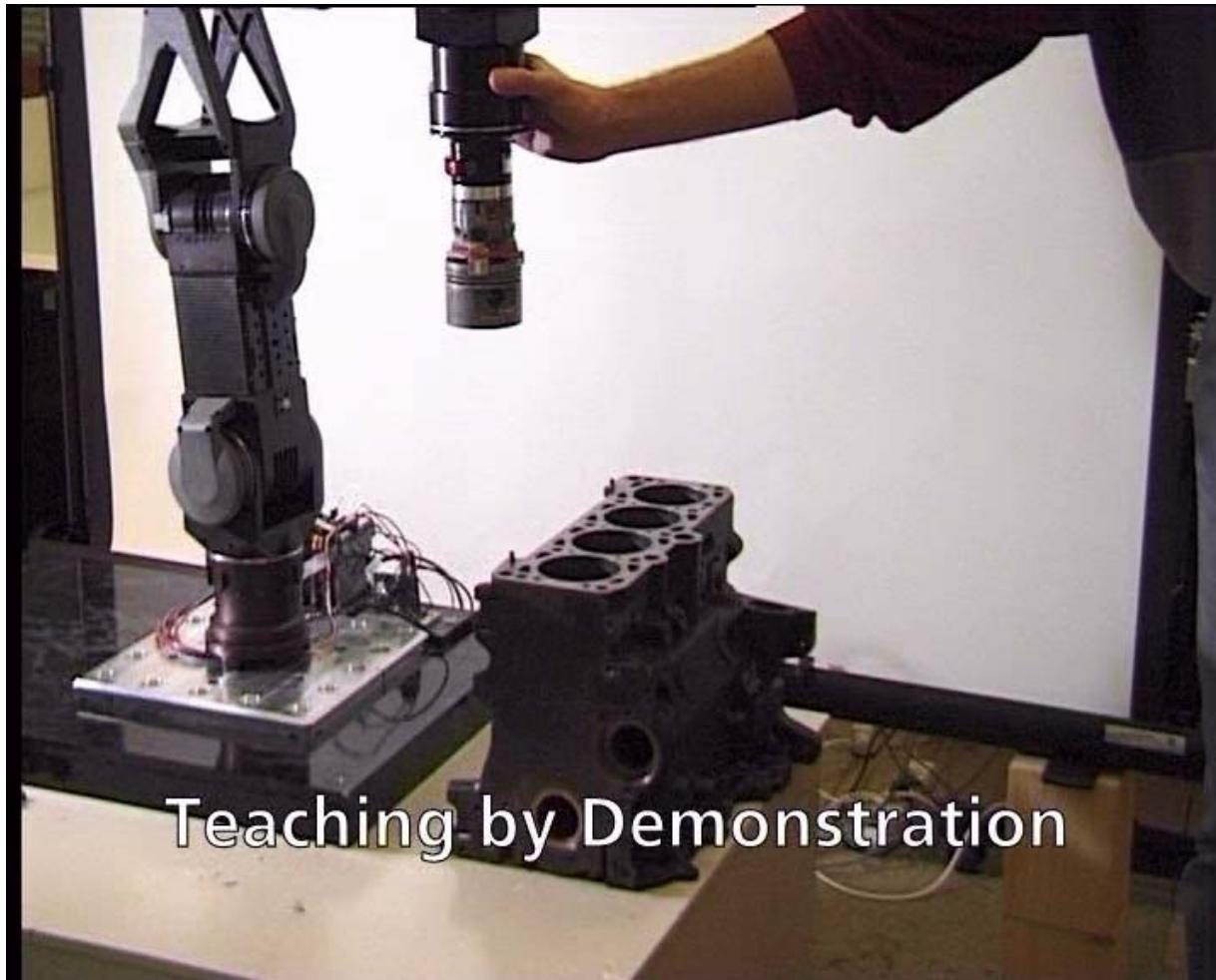


## Technologietreiber Raumfahrt

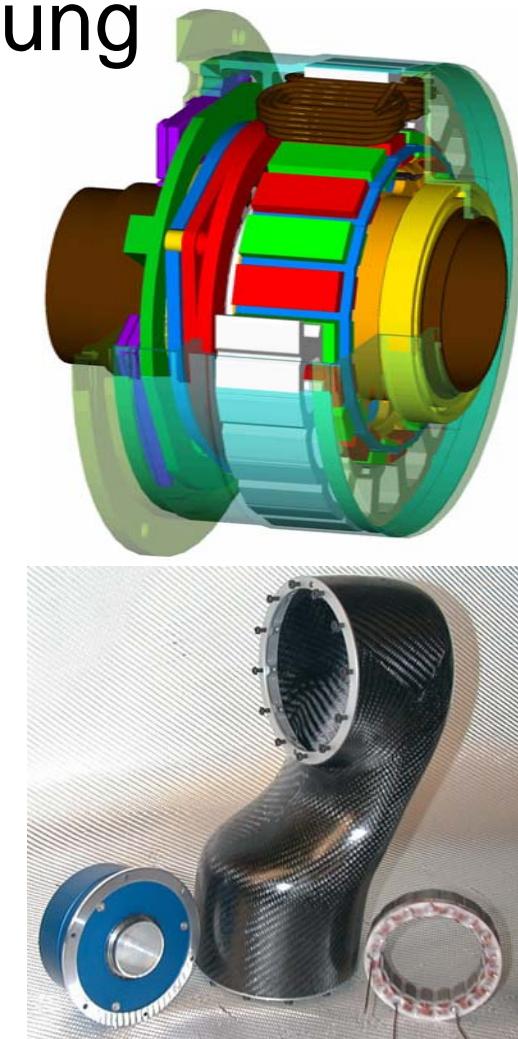
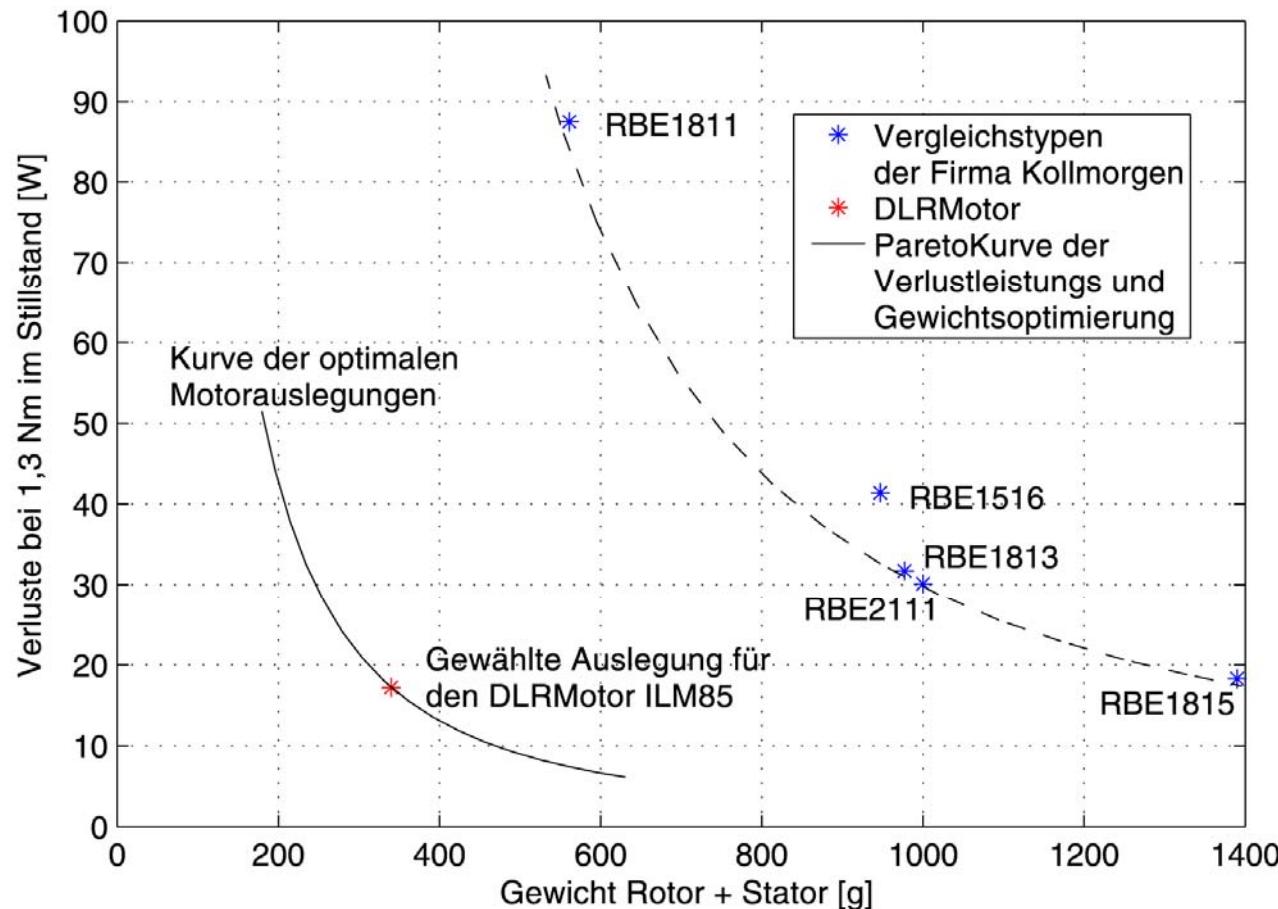


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

# Production Assistance



# ROBODRIVE-Motoren halbes Gewicht, halbe Verlustleistung



# Vibration Damping



Vibration Damping OFF



Vibration ON

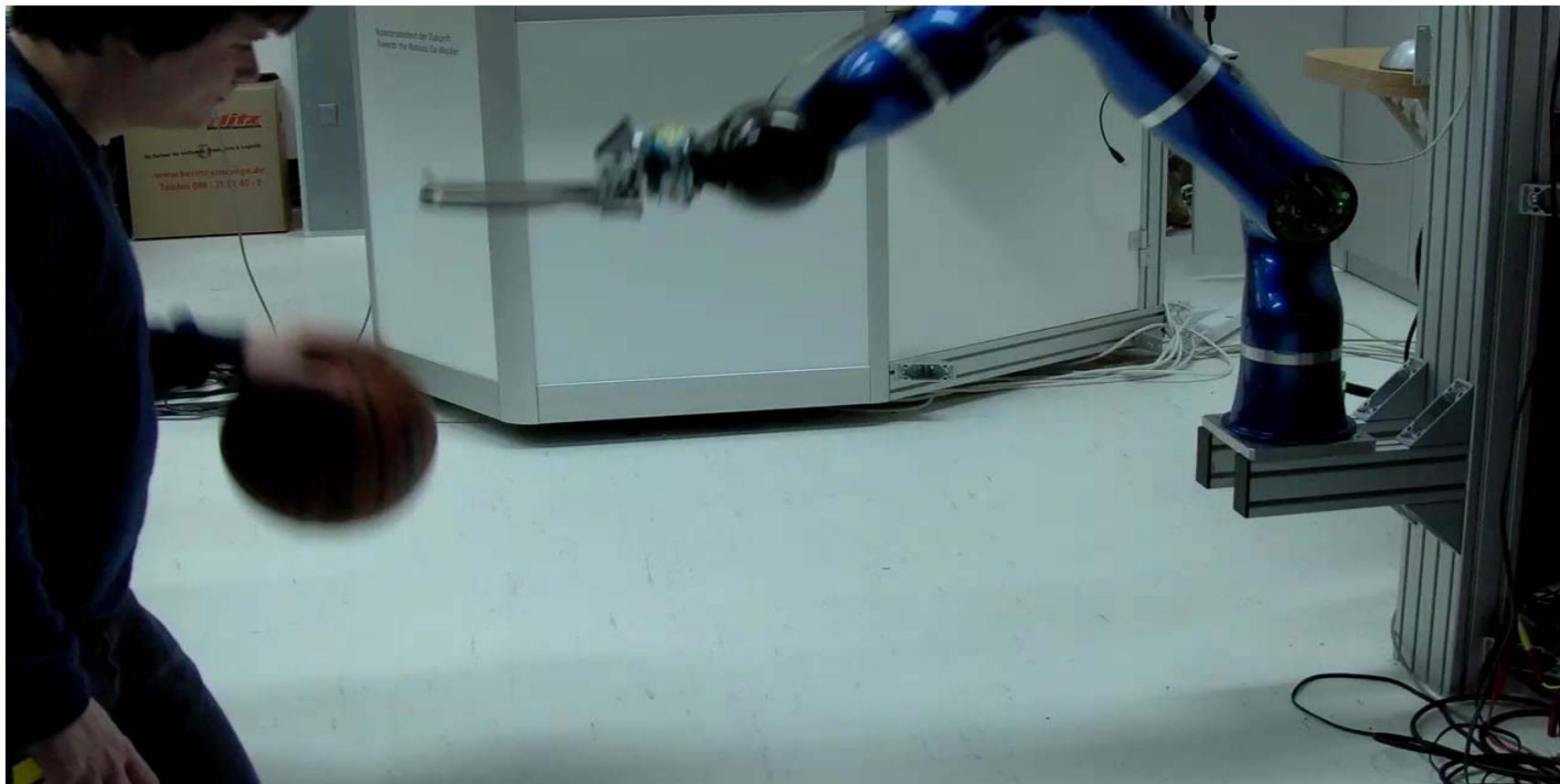
**Robot reaches the dynamics and accuracy of an industrial arm  
(according to KUKA ISO-Tests)**



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



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



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

# Eine neue “soft robotics”-Generation



Schwerkraft-Kompensation



Kinematische Redundanz

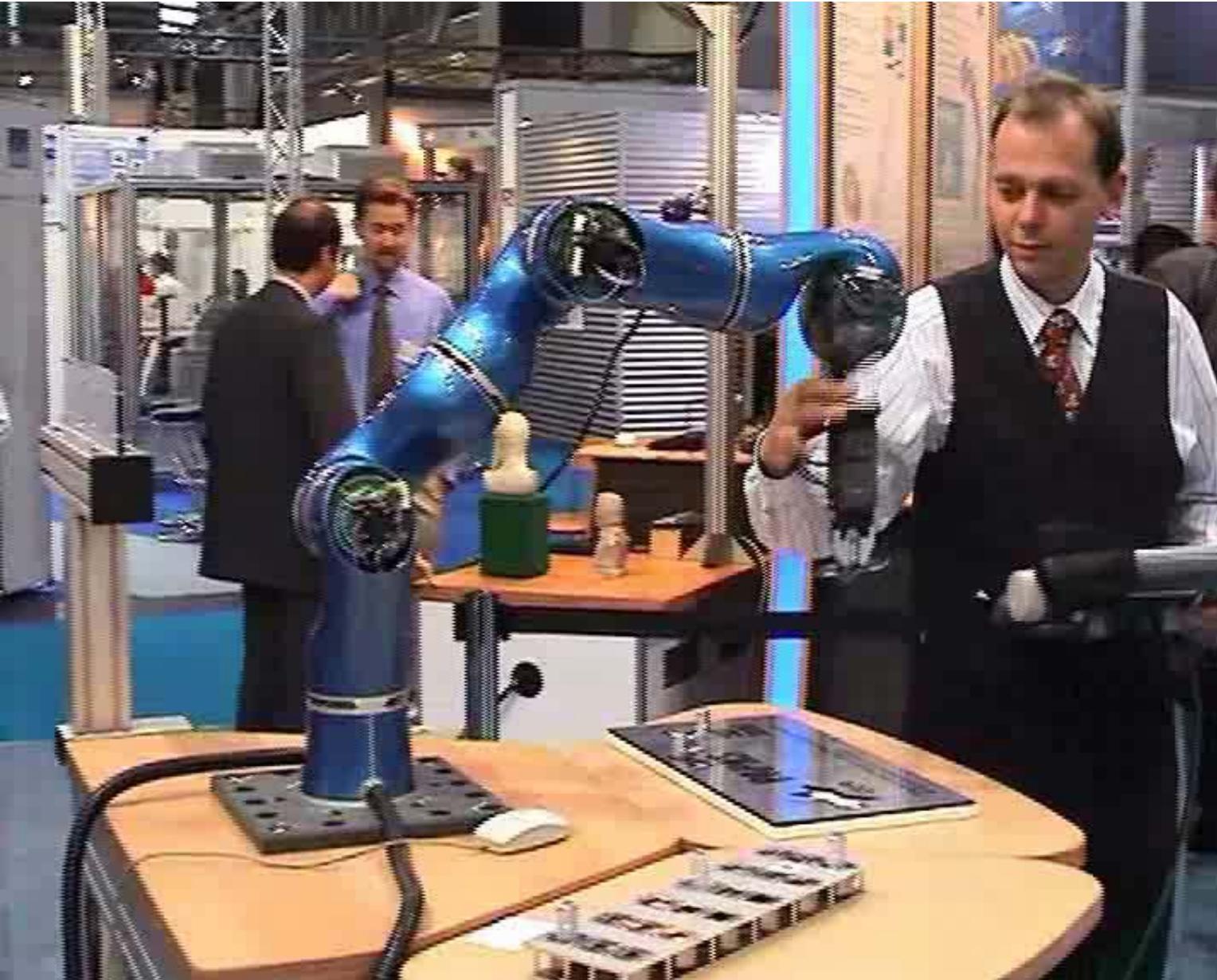


Programmierbare Dämpfung

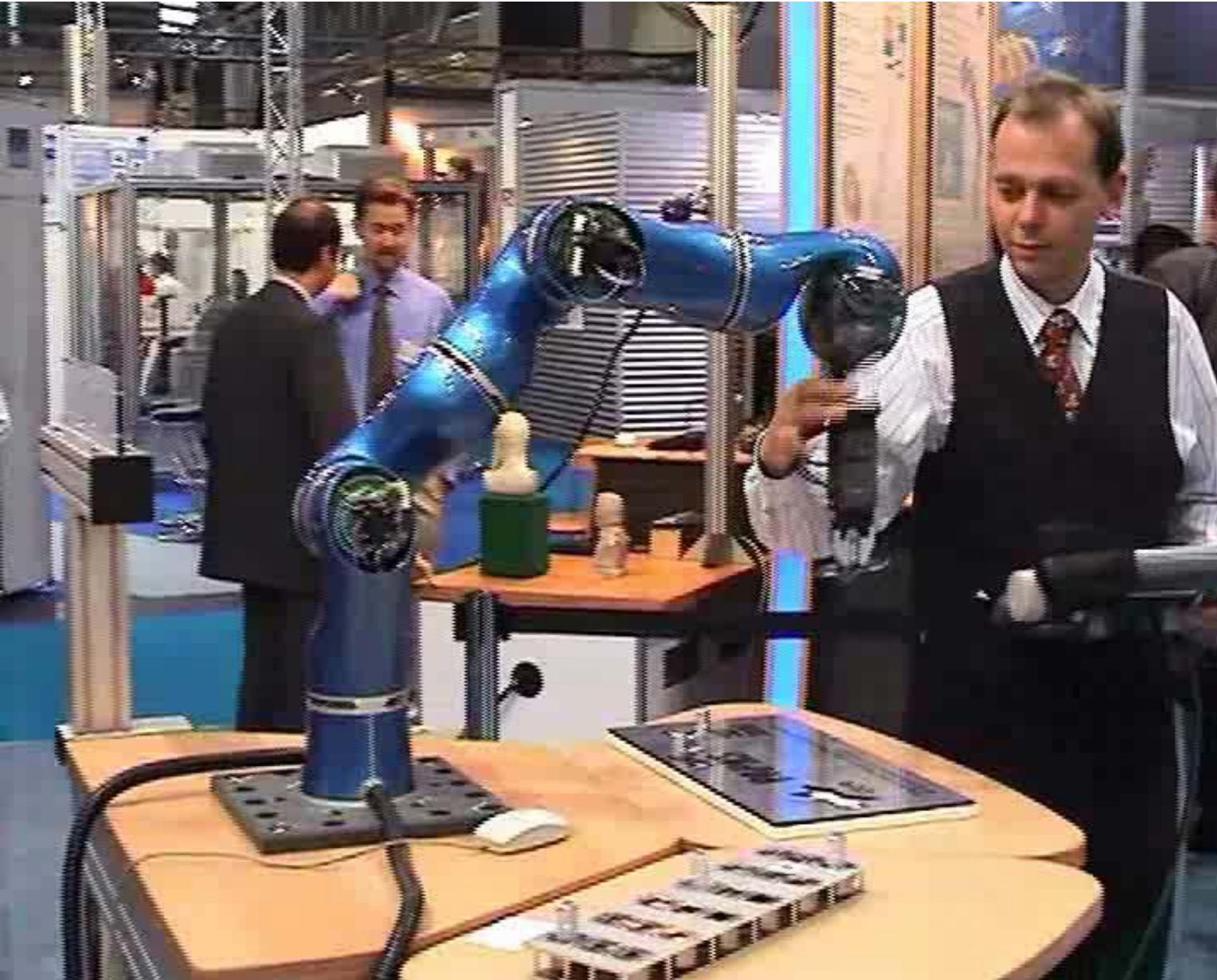


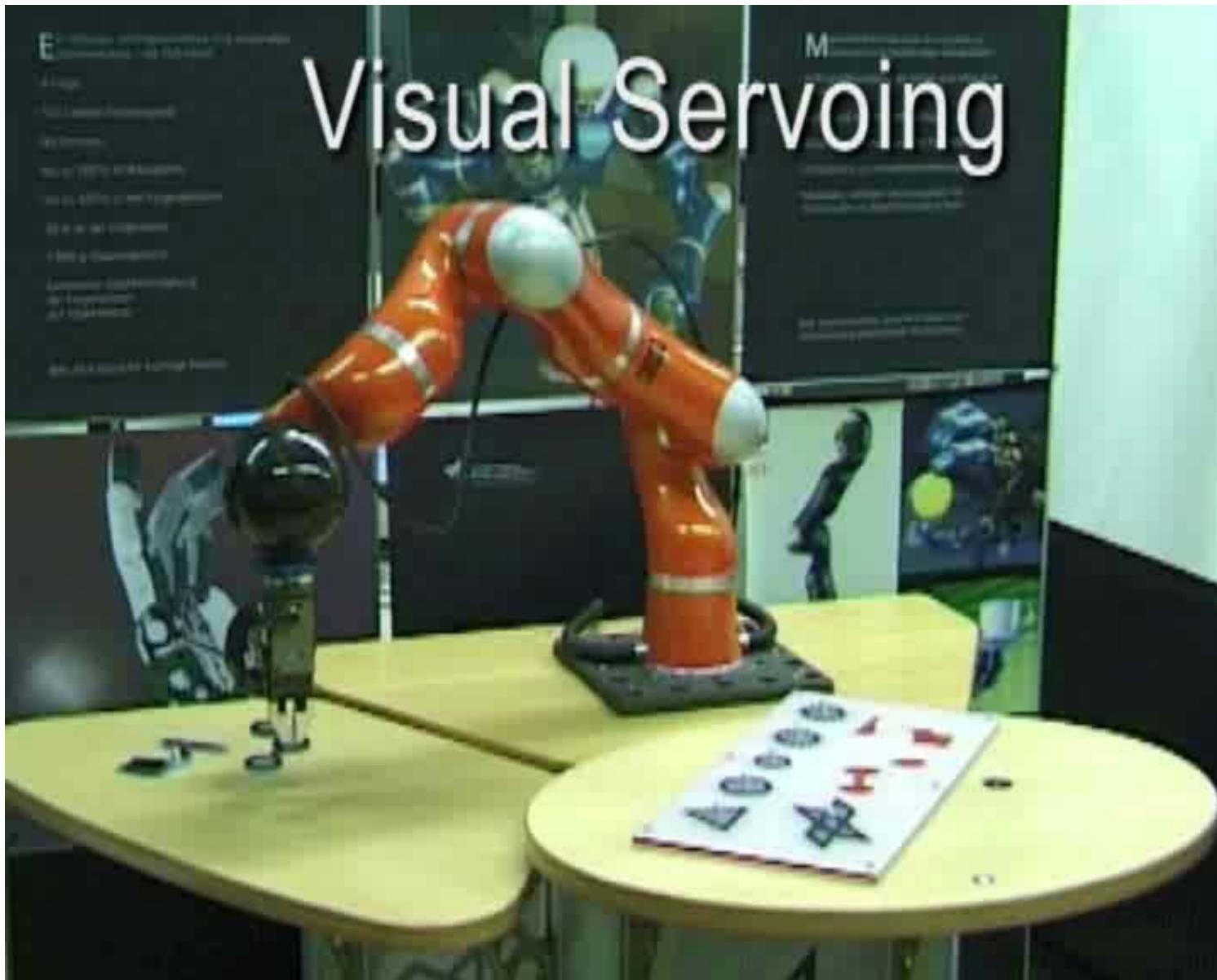
Programmierbare Steifigkeit





## Programming by demonstration



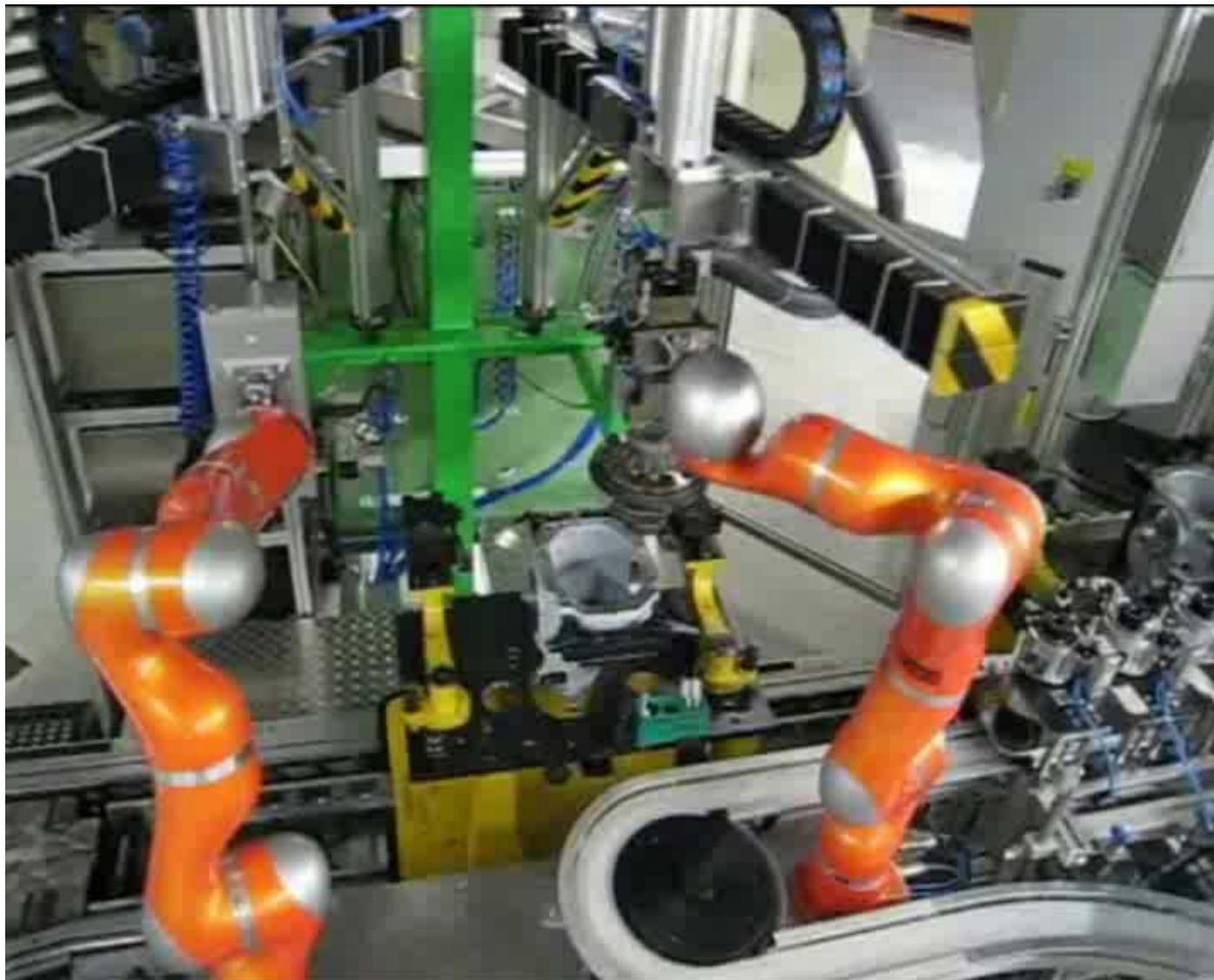


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



# Production Assistance





DLR

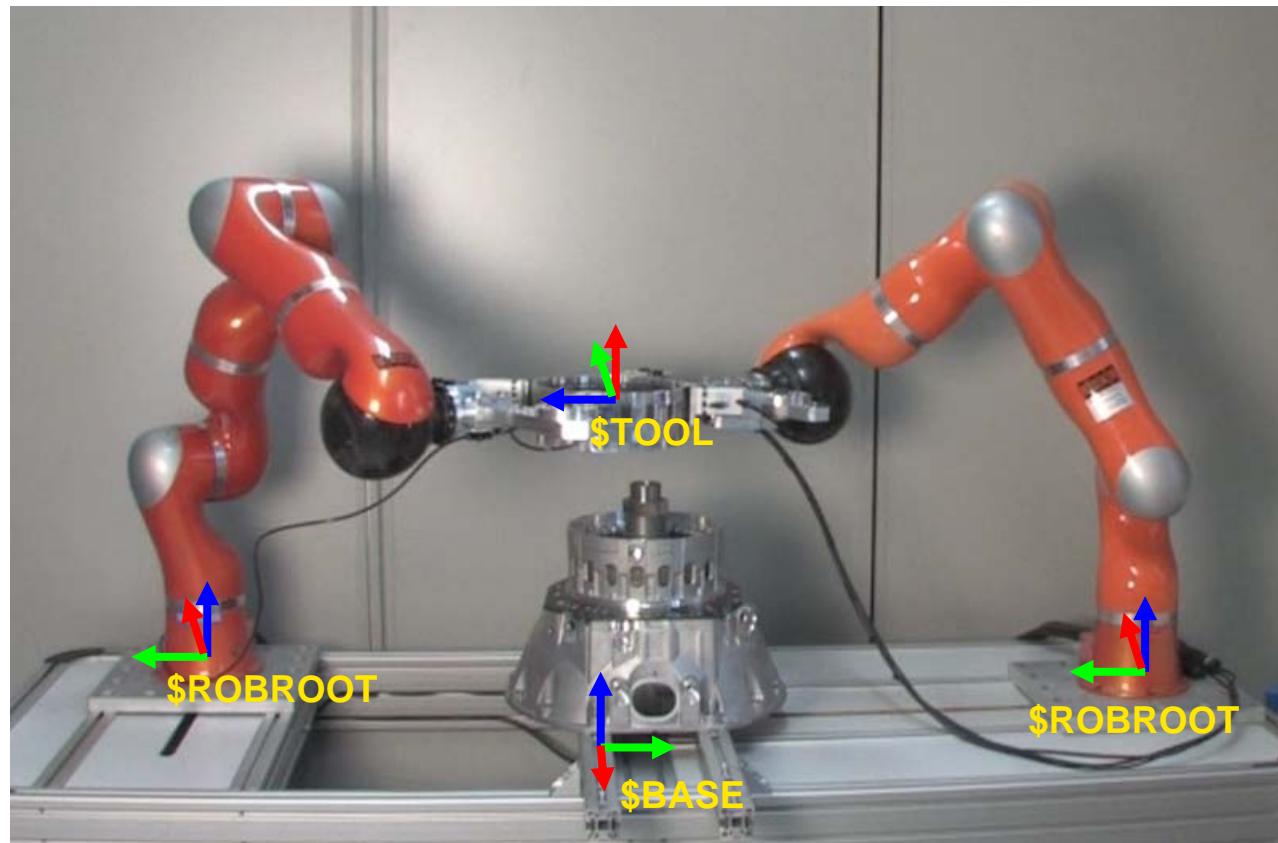
Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



DAIMLER-Pressekonf. Nov 2009

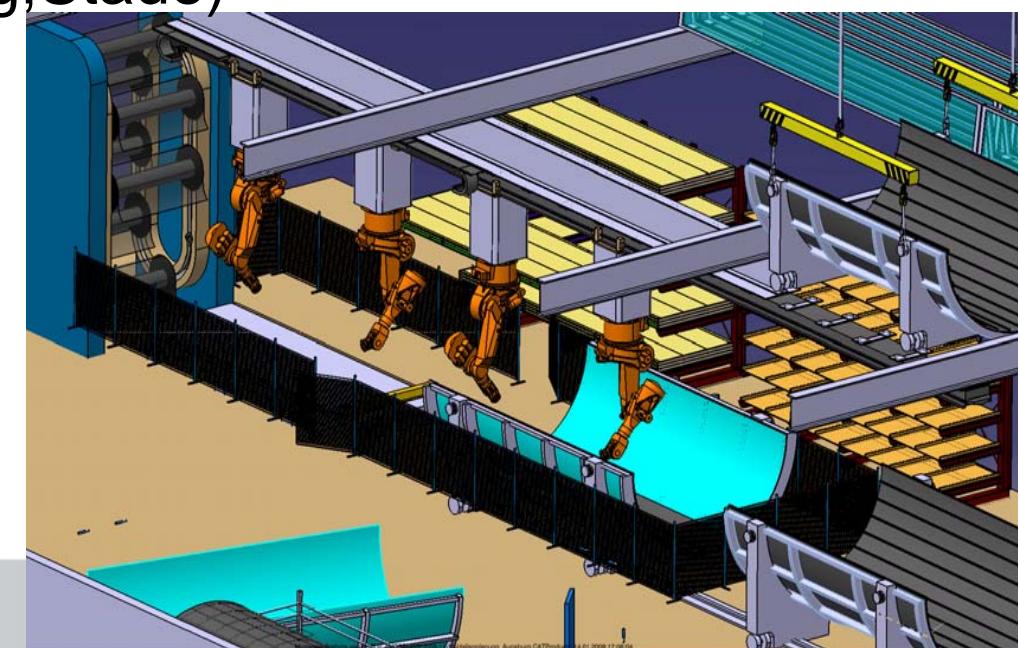
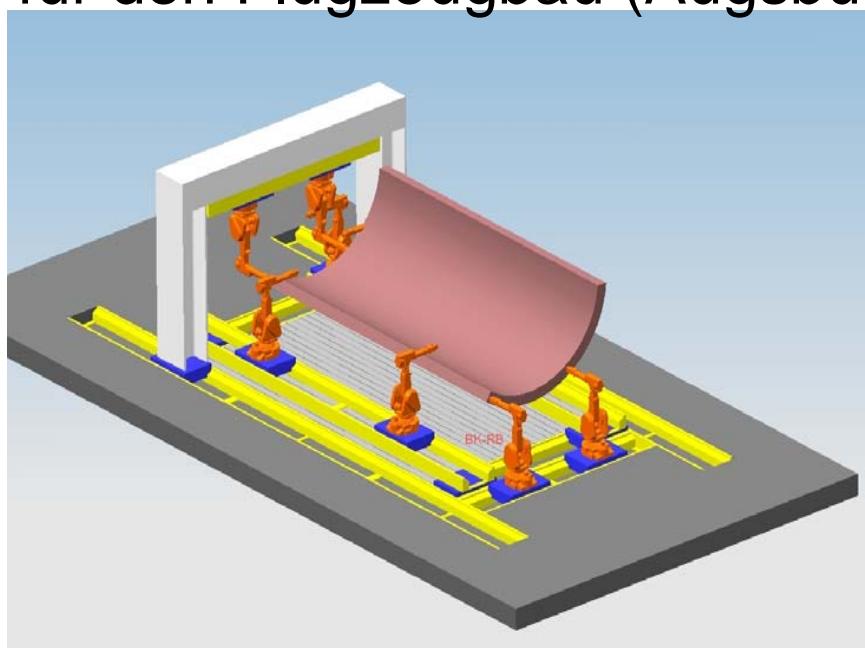
# Prototypische Implementierung: Programmierung

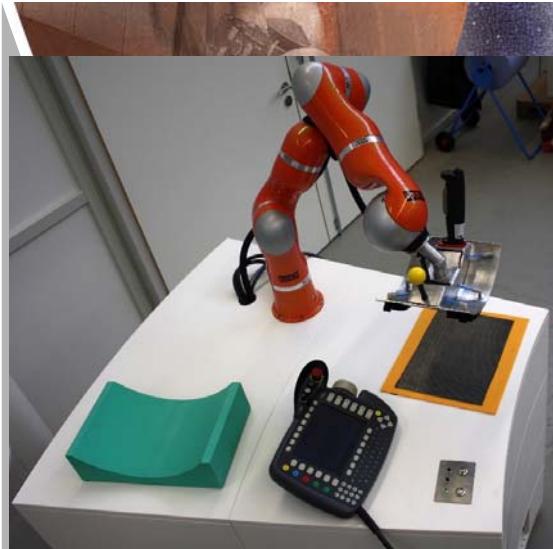
- Vereinfachung der Bewegungsprogrammierung über gemeinsame BASE- und TOOL-Transformationen





Koordinierte Roboterhandhabung von Faserverbundmaterialien  
für den Flugzeugbau (Augsburg, Stade)

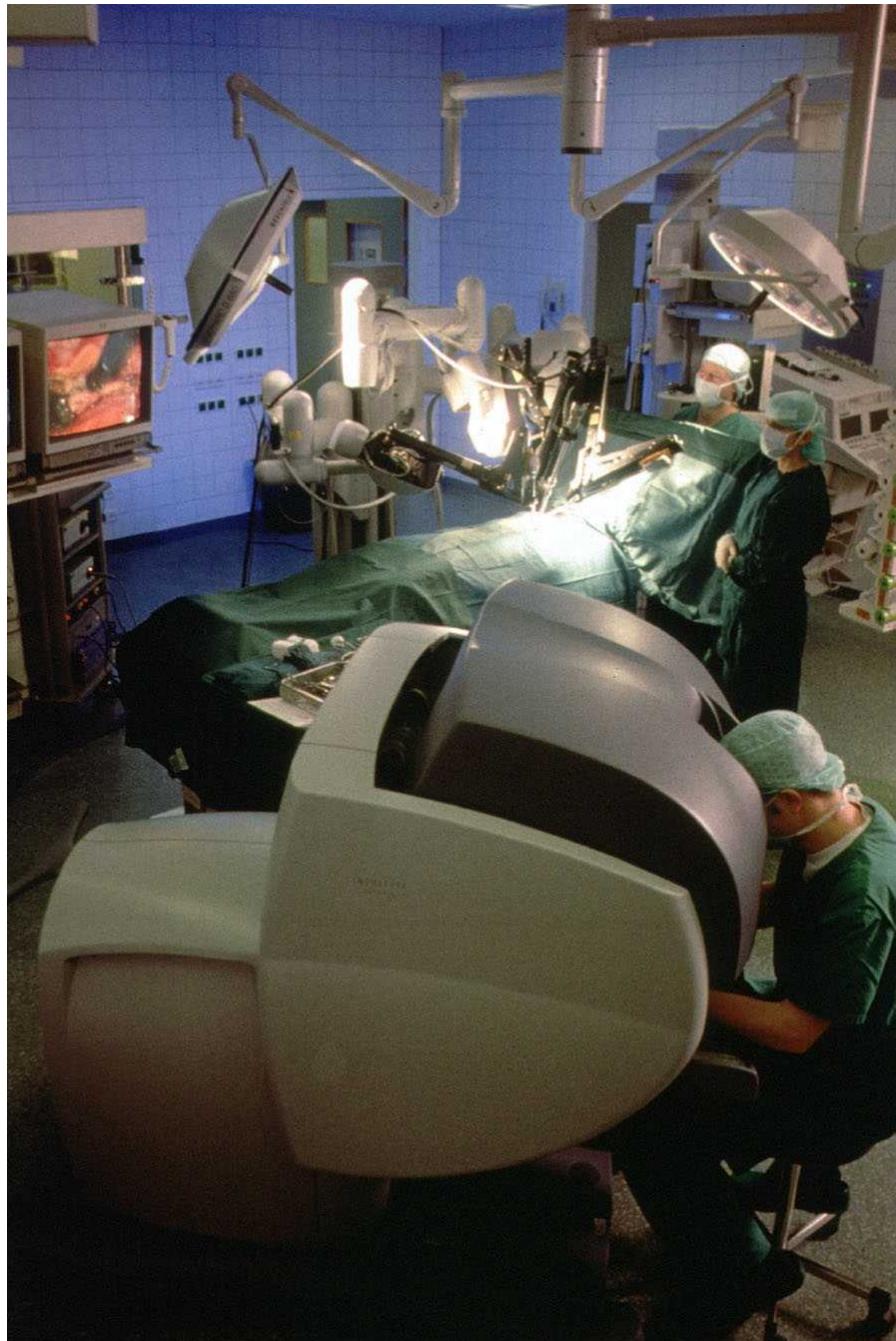




## Arbeiten von H. Krebs (ZLP)

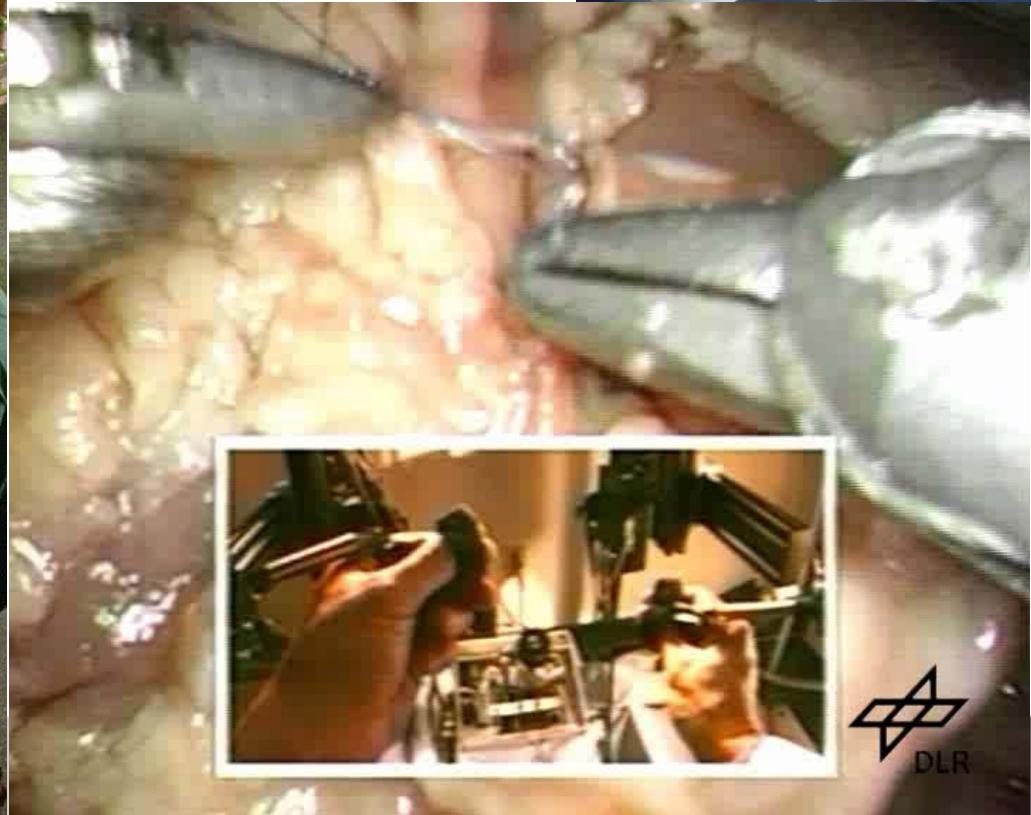


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



# Da Vinci

## Telepräsenz in der Chirurgie





## Das MIRO-System des DLR



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

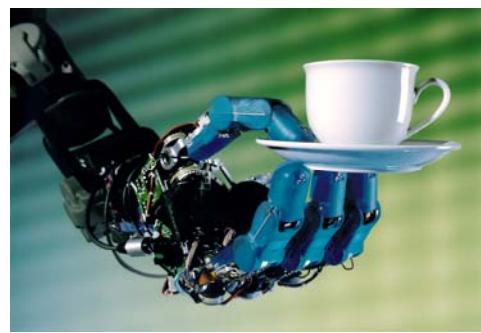


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

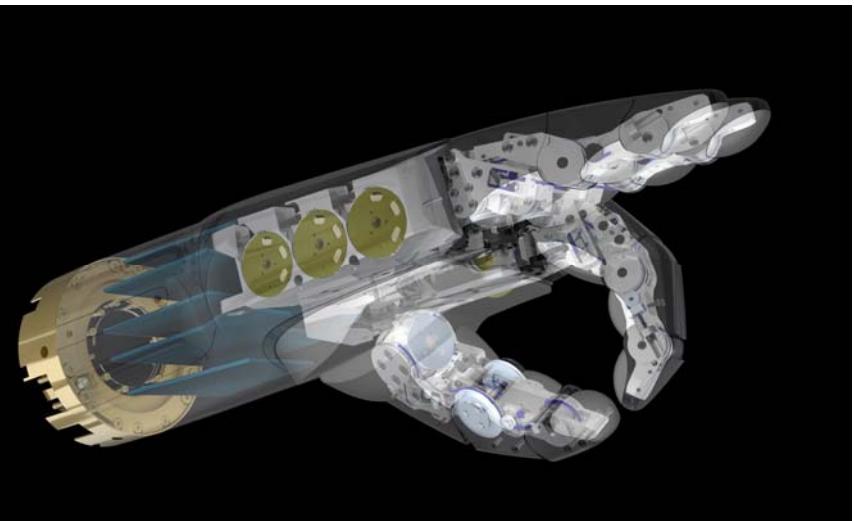
# Geschickte Hände



Technologietreiber  
Raumfahrt

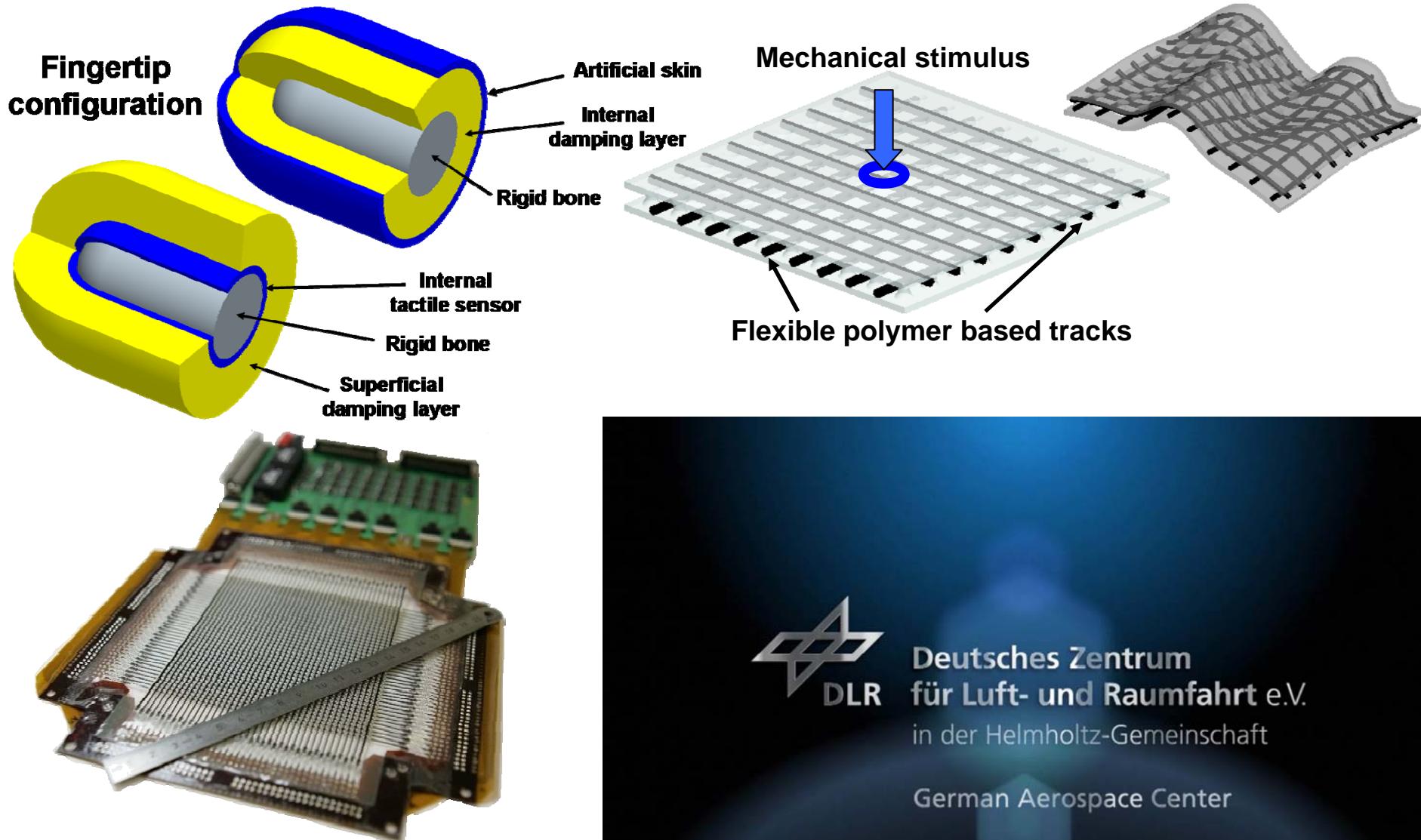


Die ESA- DEXhand



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

# Stretchable Artificial Skin as Tactile Surface Sensor



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



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

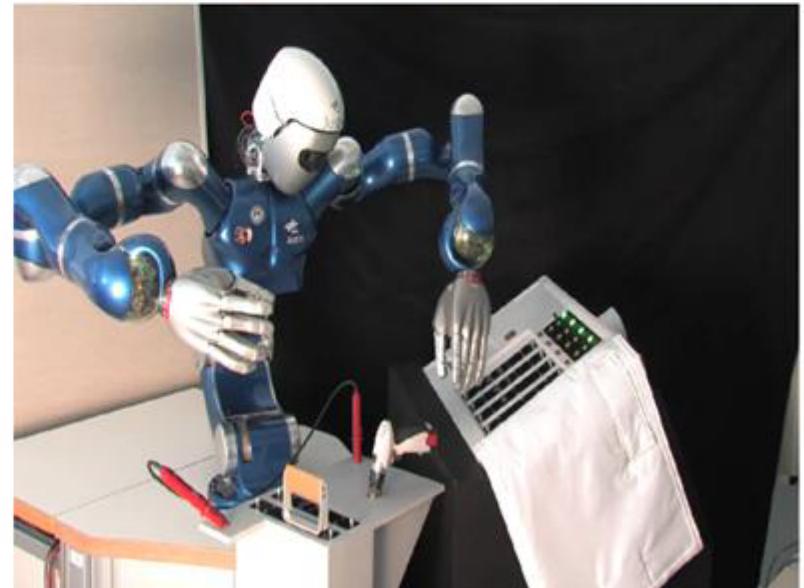
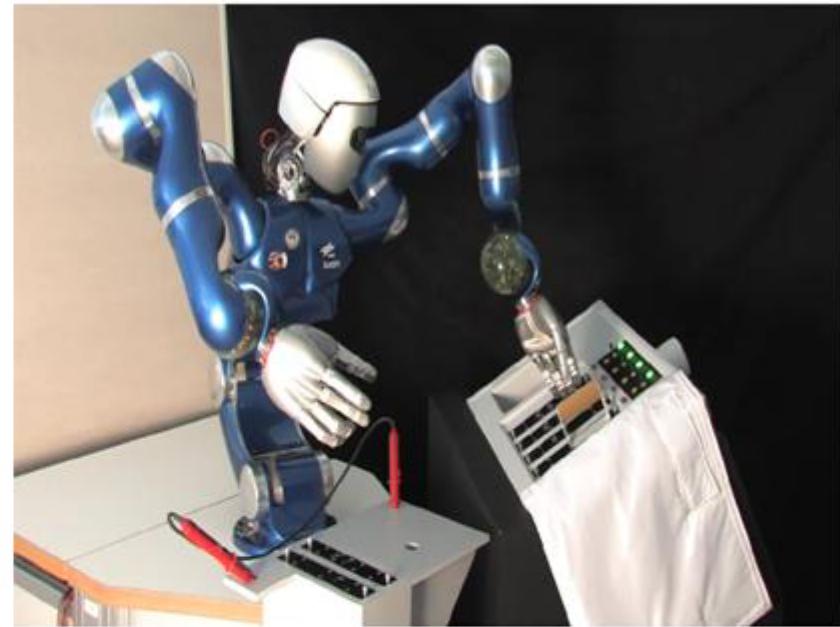
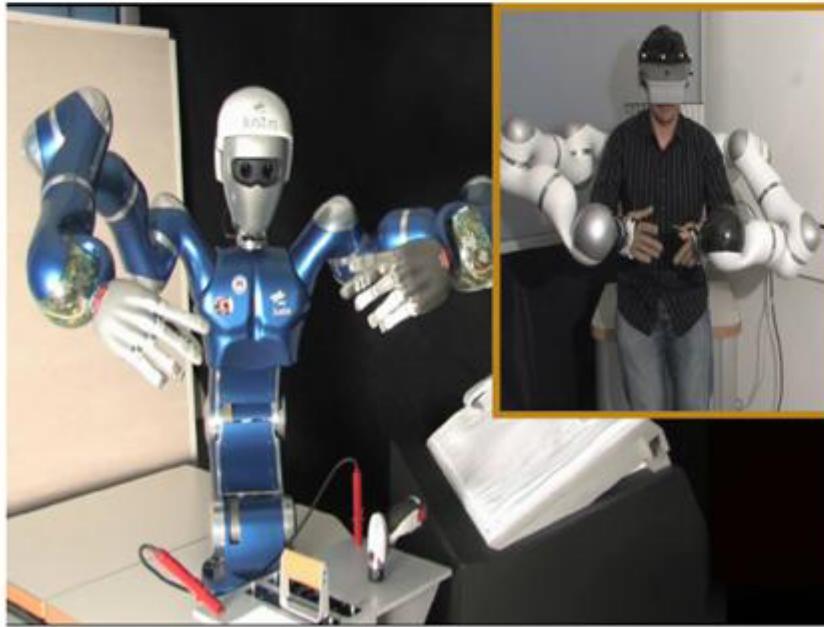
German Aerospace Center

JUSTIN





# JUSTIN – einfache Aktionen

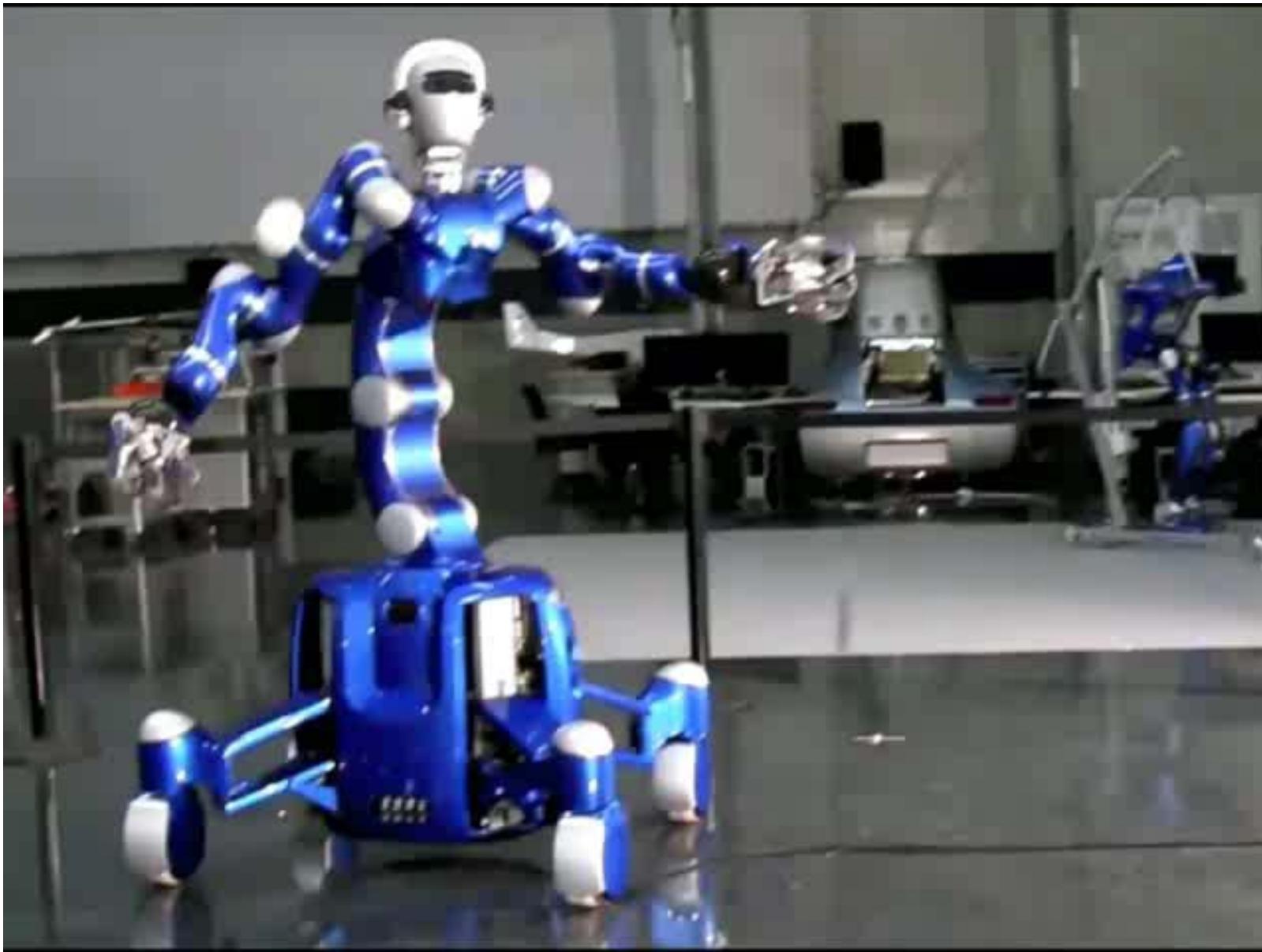


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

# NASA-Robonaut mit GM - Finanzierung

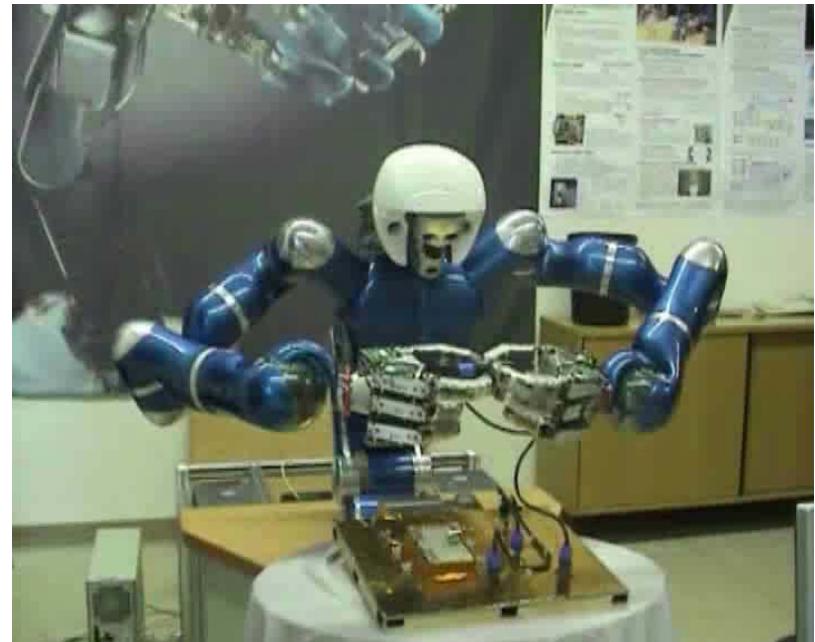
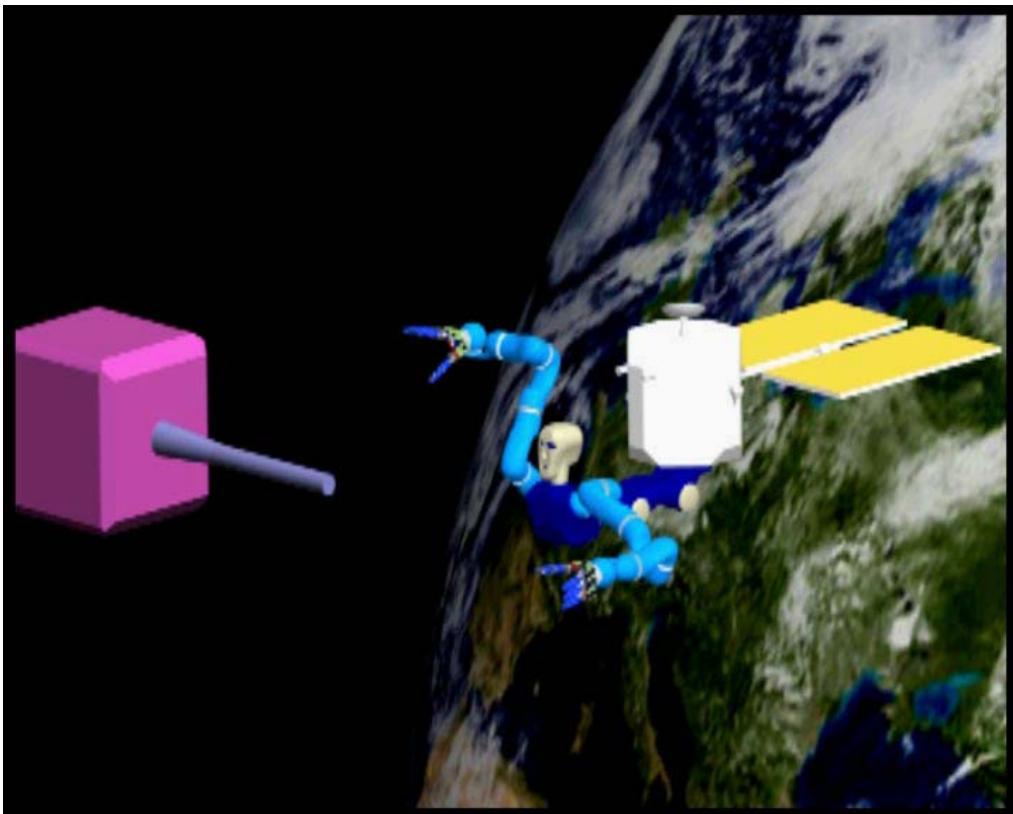






Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Unser Fernziel:  
**Robonauten und Rovonauten im  
Erdorbit, auf Planeten und Monden**



## Physical Human-Robot Interaction in Imitation Learning

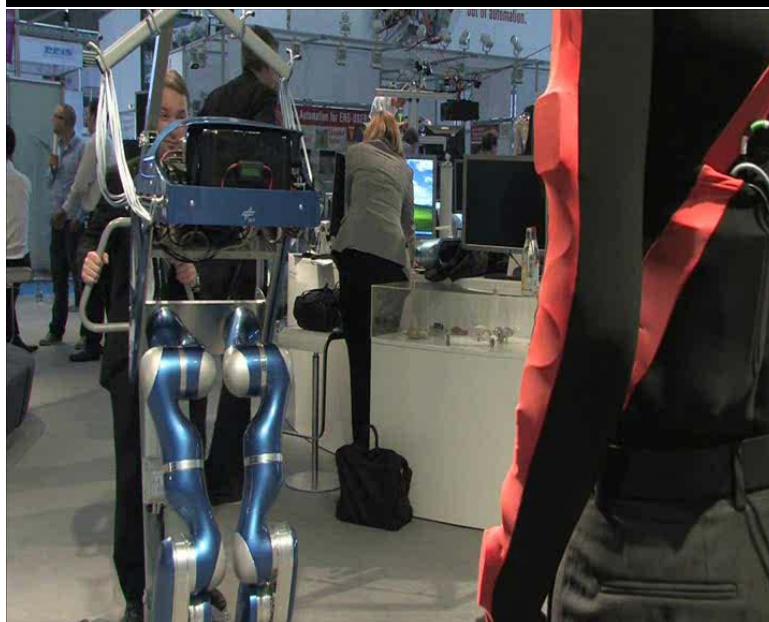
Dongheui Lee (TU Munich)  
Christian Ott (DLR)  
Y. Nakamura (Univ. Tokyo)  
Gerd Hirzinger (DLR)



Technische Universität München



THE UNIVERSITY OF TOKYO



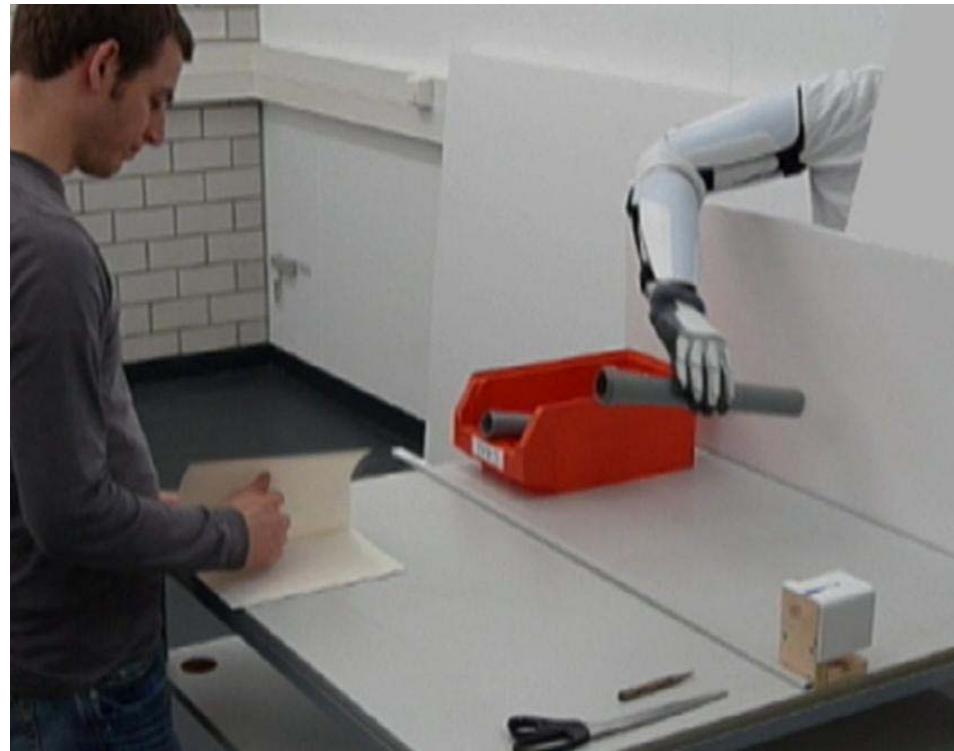
# Bewegungen durch menschliche Gestik Lernen und auslösen



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

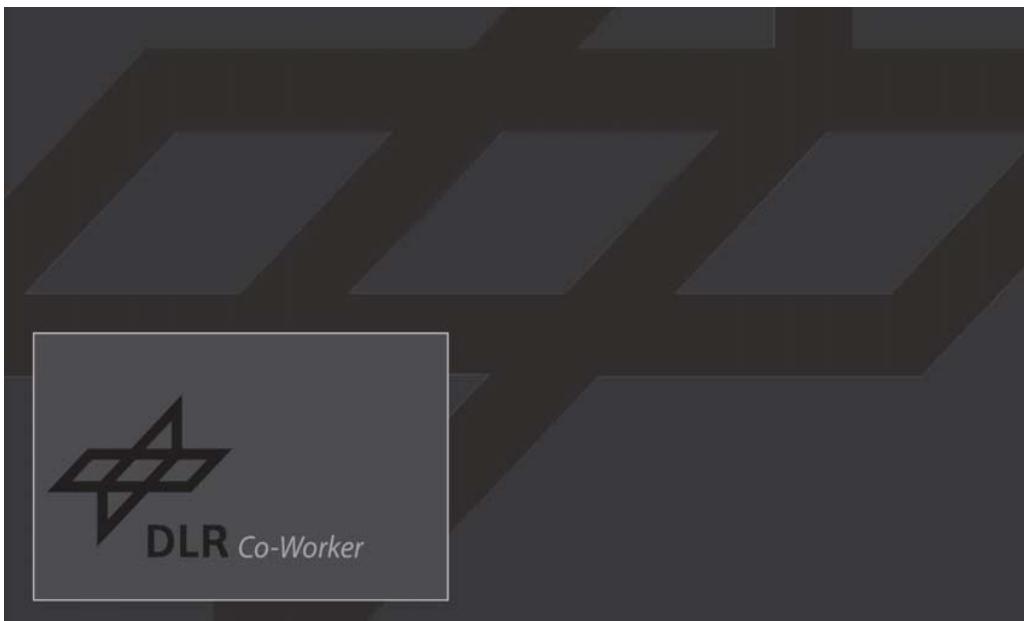
# Designing Interaction Modalities

- The robot should be as intuitively programmable as an iPhone
  - Mainly self-explaining
  - Hands-on
  - not requiring deep programming knowledge



# Intuitive Robot Interfaces and Hands-on Programming Interfaces

Integration of soft robotics features into a consistent, unified user interface concept



X-Box – KINECT mainly for human detection and interaction



How to make the large variety of control modes intuitively manageable to non-specialists?



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

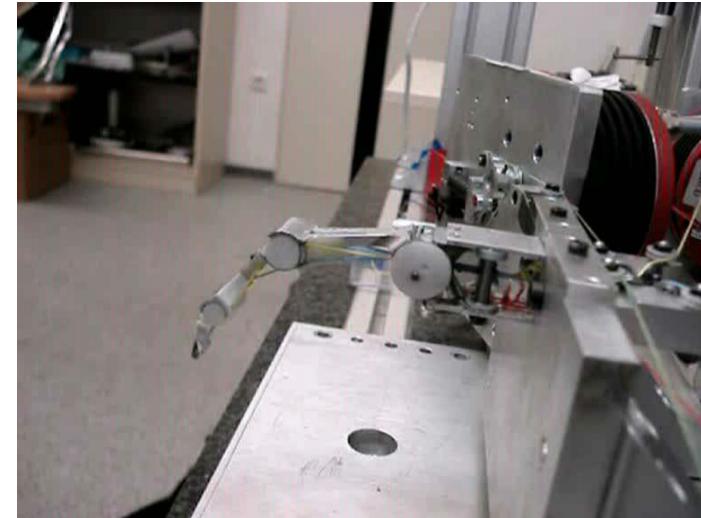
# Konzeptvalidierung „variable stiffness“

## Finger:

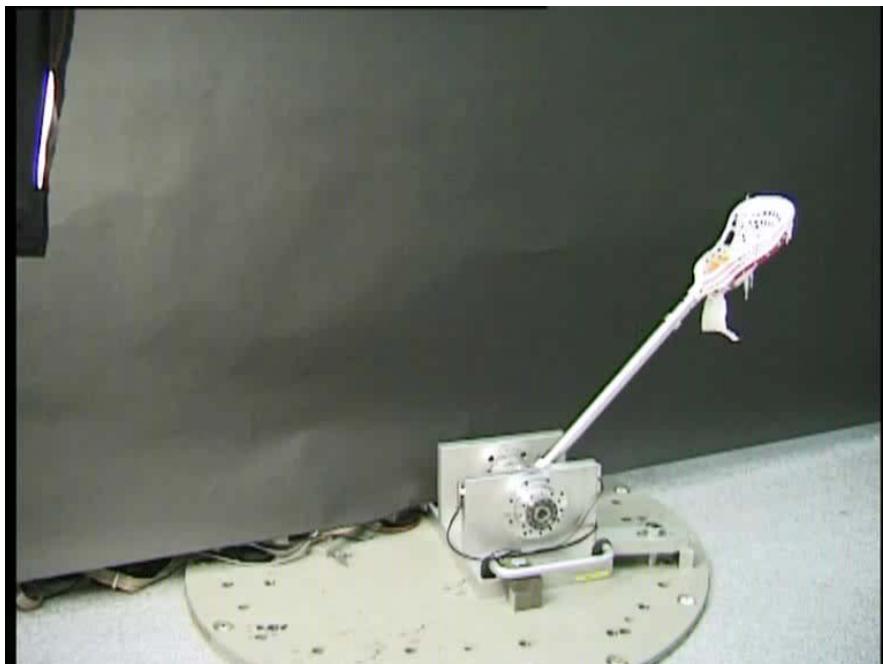
- ↗ Robust gegen Kollisionen/ Stöße

## Armgelenke:

- ↗ 2.6-fache Abtriebsgeschwindigkeit
- ↗ 6.8m statt 0.8m Wurfweite



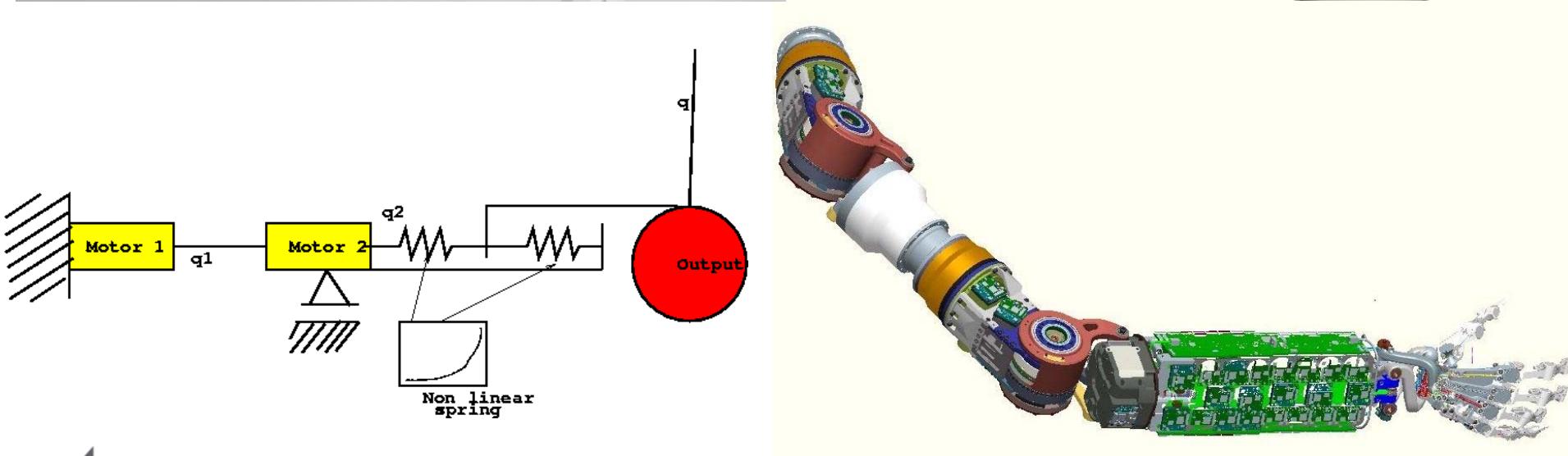
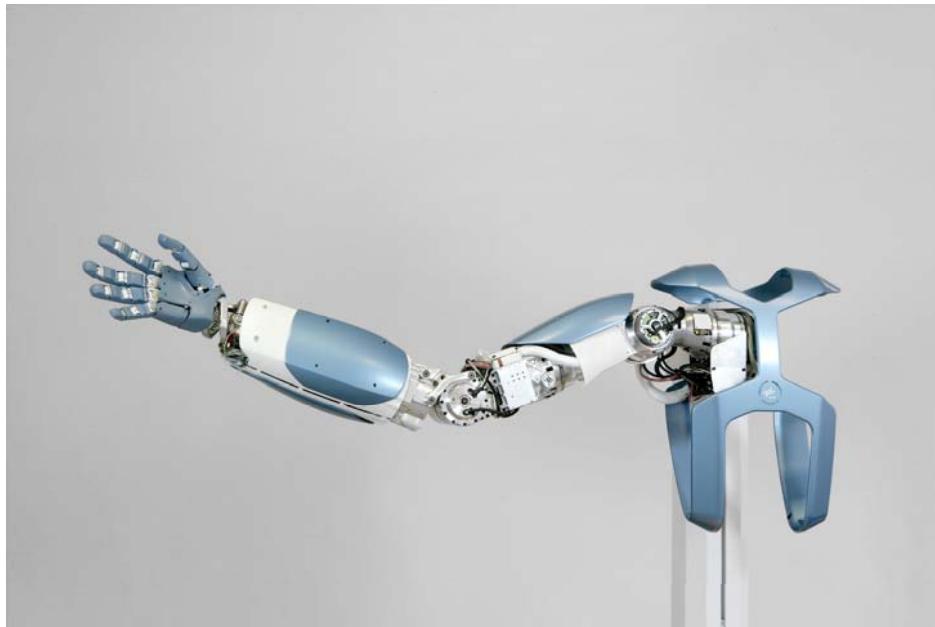
**Steifes Gelenk**



**Gelenk mit passiver  
Nachgiebigkeit**



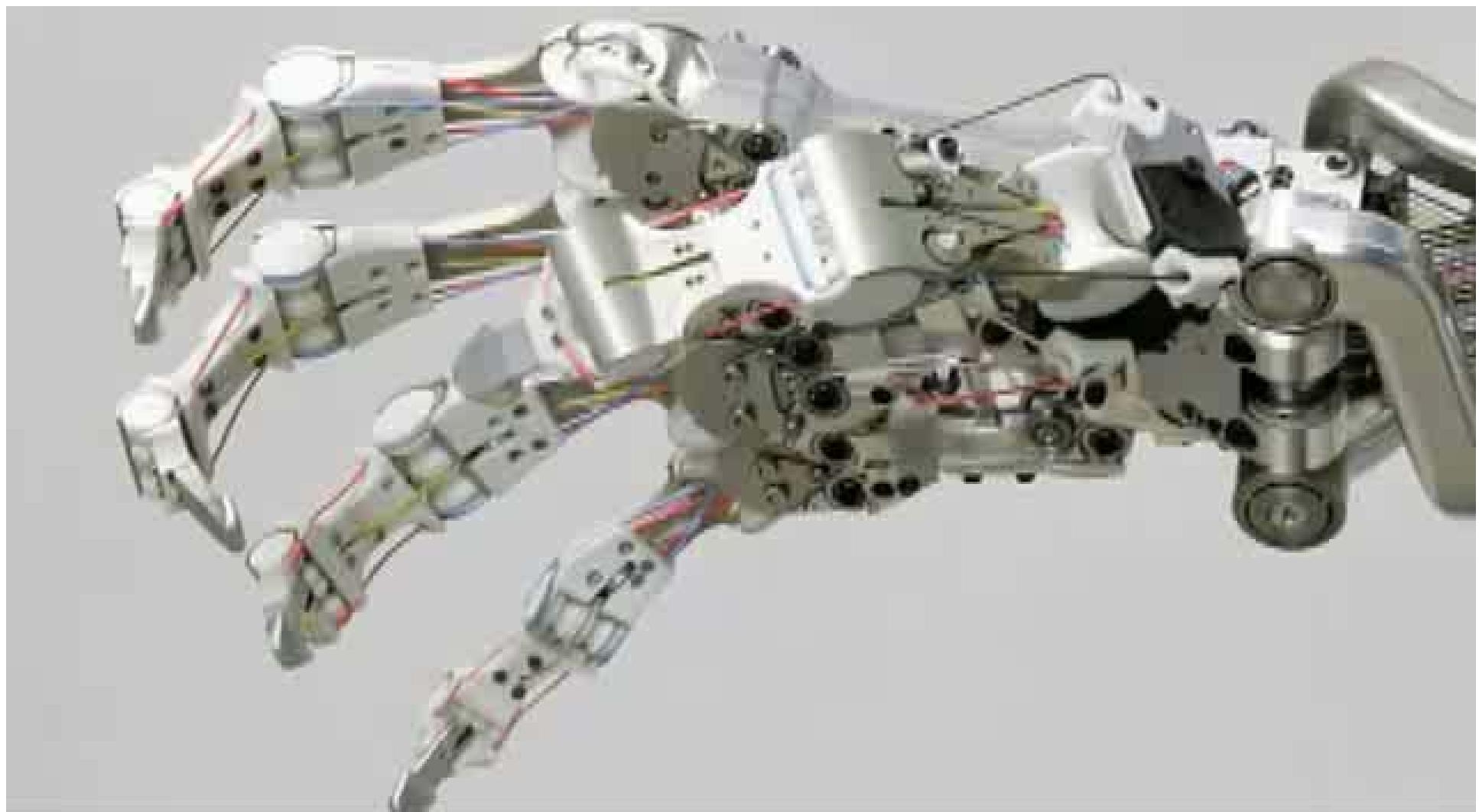
# Vom Hand-Arm-System zum Space Robot Assistant



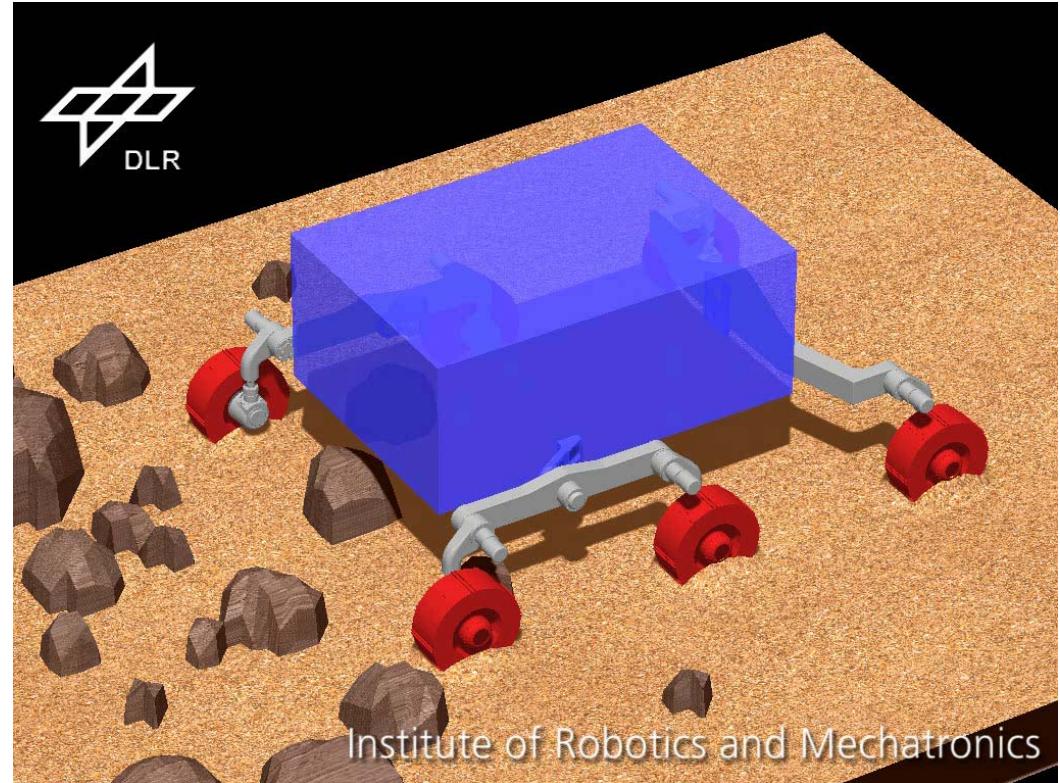
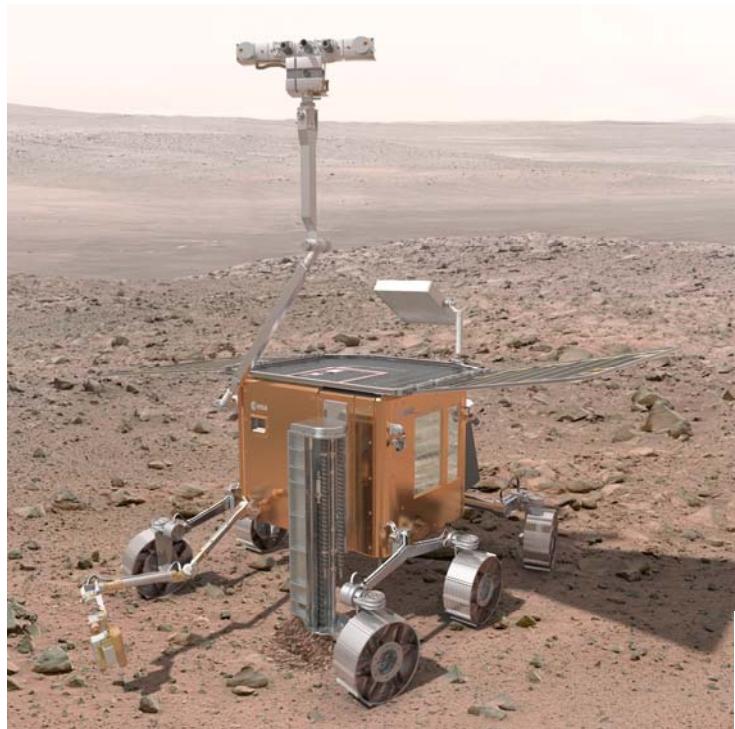




Beeindruckt die Fachwelt sehr



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



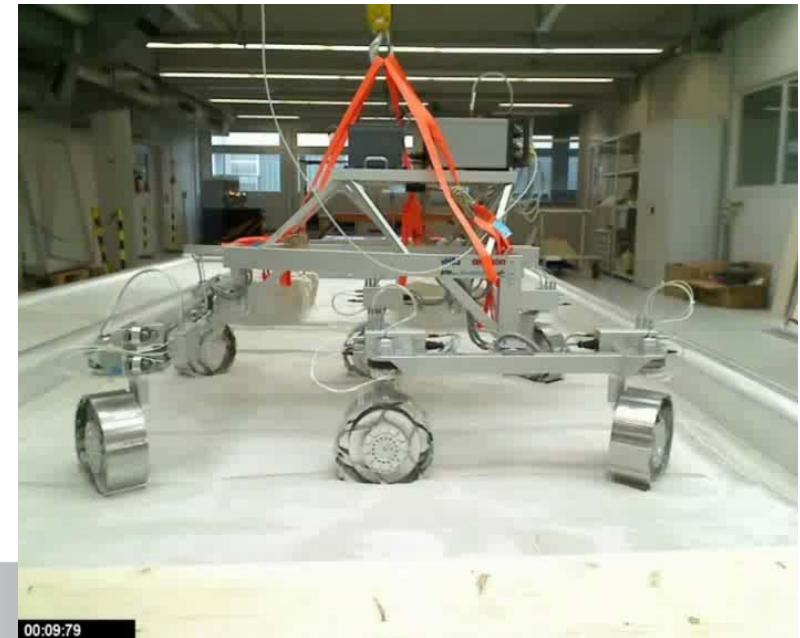
## ExoMars- Rover

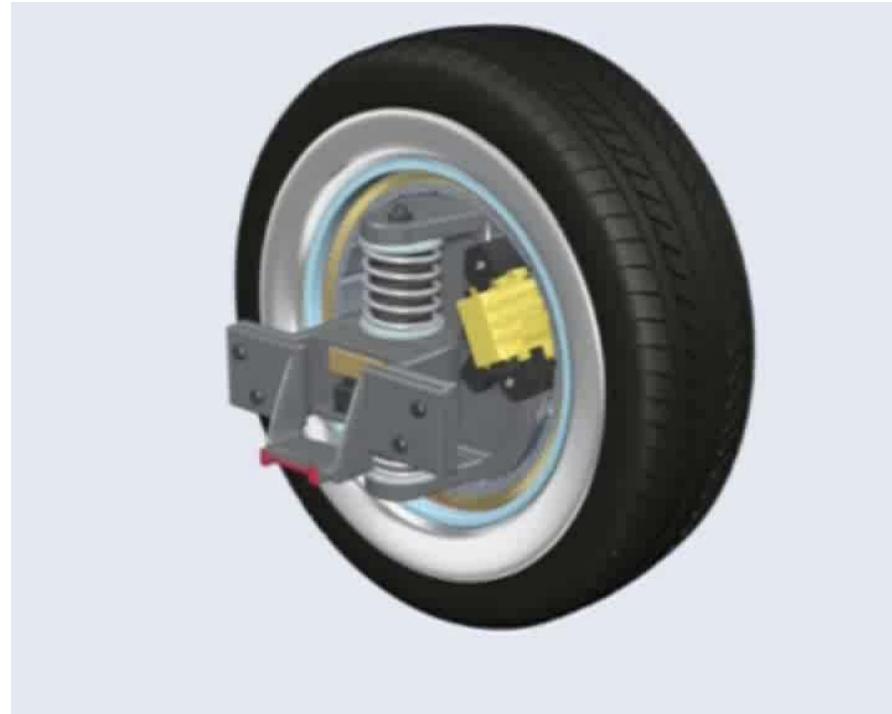
Antrieb und  
Lenkung in  
jedes Rad  
integriert

Krabbler



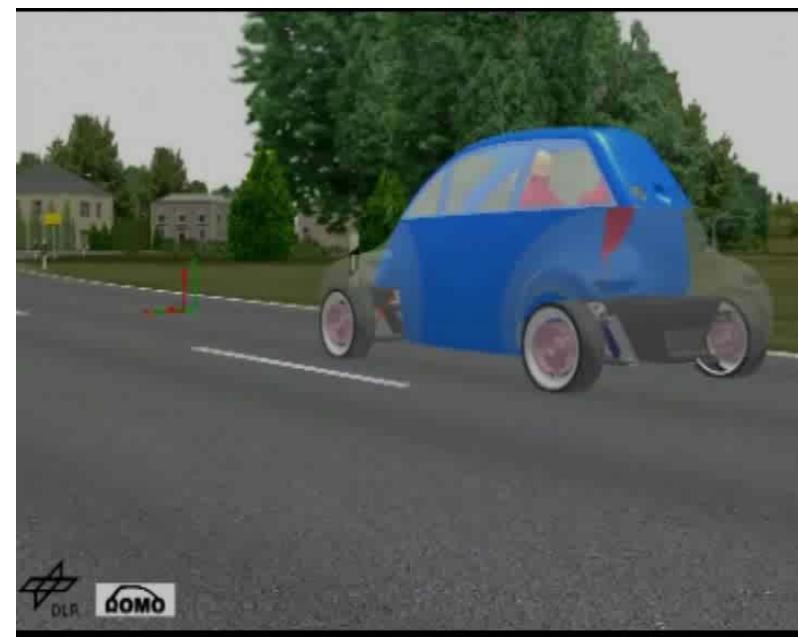
In der Helmholtz-Gemeinschaft

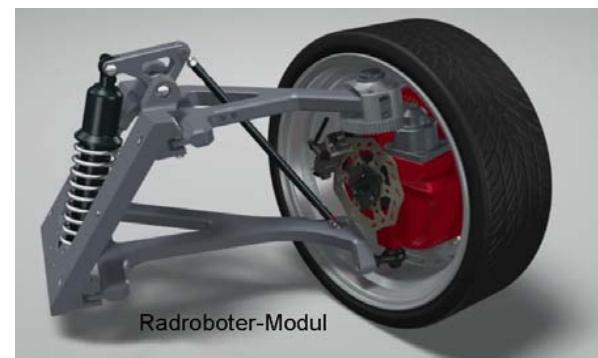
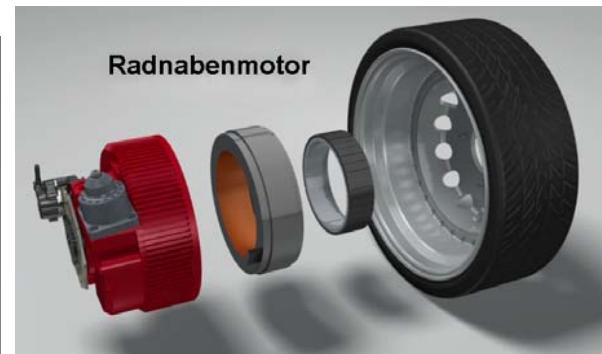
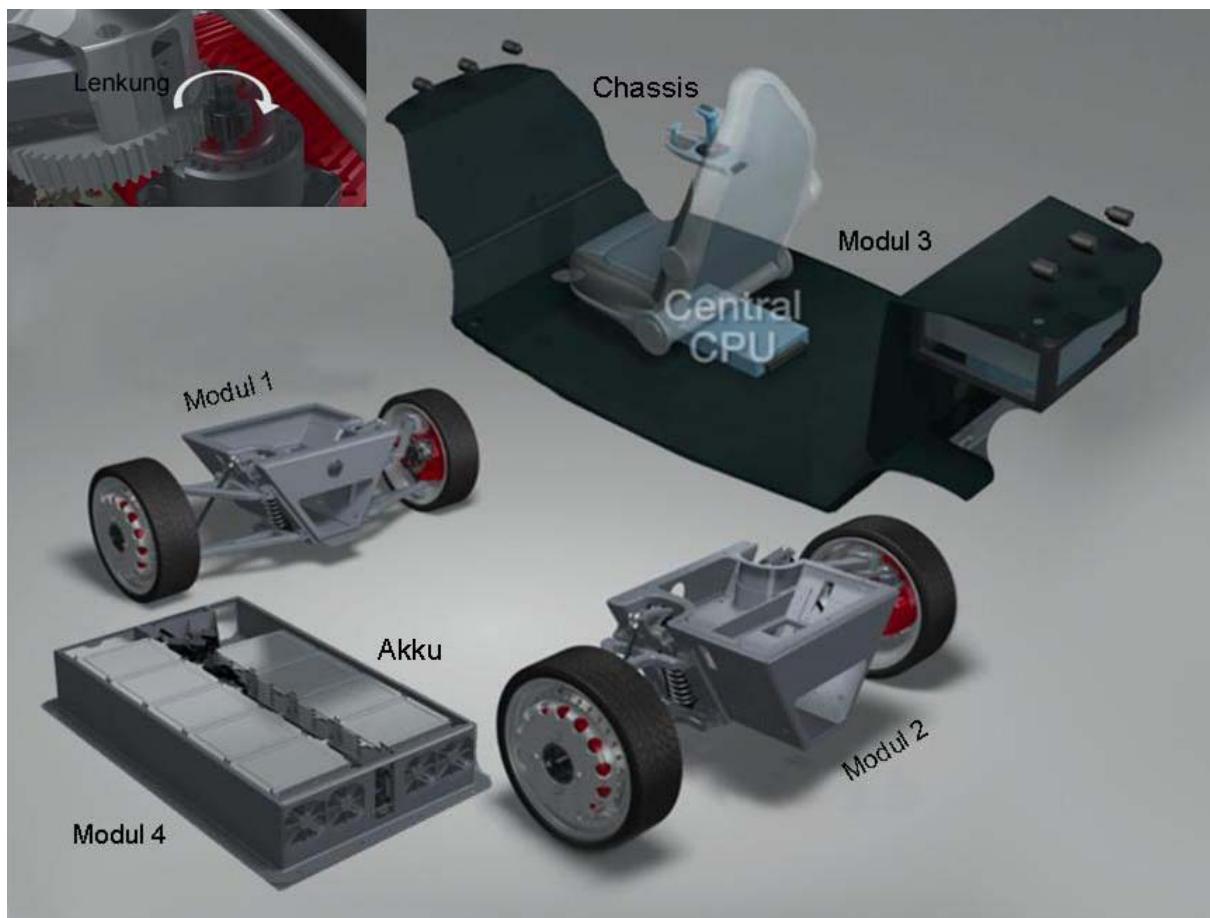




## ROboMObil

### auf „Radroboter“-Basis (4 Module)





## Das 4 Modul-Konzept



# Ausblick

Wir erwarten, dass zwei-armige, anthropomorphe Robotersysteme mit hoher manueller Geschicklichkeit künftig eine wichtige Rolle in der Fertigung von Faserverbund-Komponenten spielen werden