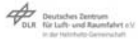




Robotik und Prothetik in der Medizin

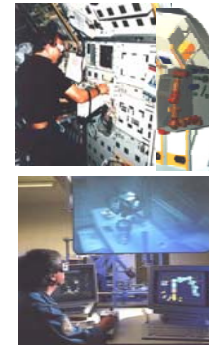
Prof. Gerd Hirzinger

Robotik und Mechatronik Zentrum (RMC)  
DLR Oberpfaffenhofen

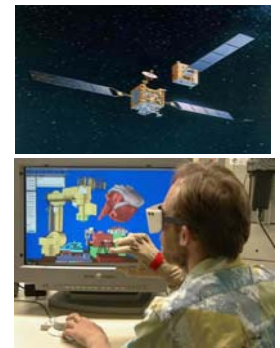


Oberpfaffenhofen / Berlin

ROTEX 1993



GETEX 1999



Die ersten Weltraumroboter



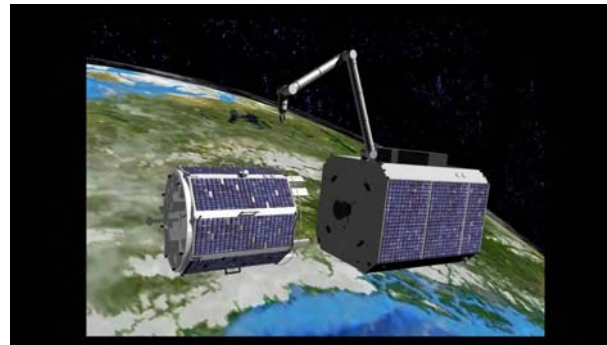
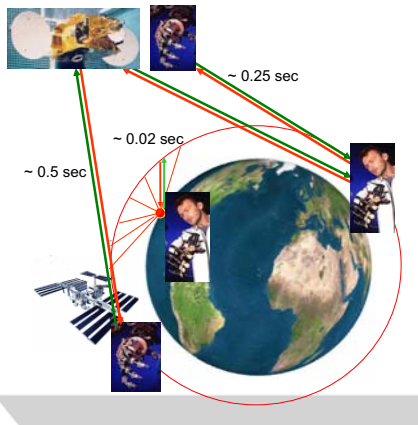
ROTEX Kurz



ROKVISS-Arm auf der ISS

**ROKVISS –**  
ferngesteuertes Robotersystem auf der ISS mit den Zielen:  
Raumflug-qualifikation/-verifikation  
Telepräsenz-Demo  
Schon 5 Jahre funktionierend

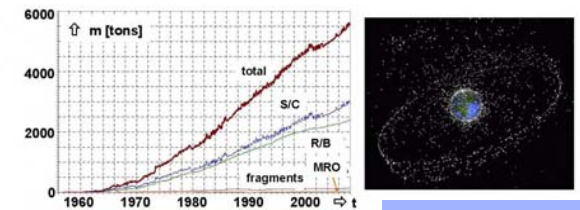
Rountrip-Verzögerungen stellen das Haupt-Problem für die Telepräsenz dar



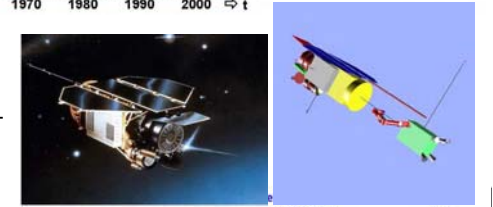
Orbitale Servicing Mission DEOS

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

Space Debris 2009– 13.000 Objekte



Der ROSAT-Absturz



DLR

Ultraleichte Arme und geschickte Hände



Technologietreiber Raumfahrt

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

Programming by demonstration



The „head injury criterion“ had to be redefined!!

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

## Eine neue "soft robotics"-Generation



Schwerkraft-Kompensation



kinematische Redundanz



Programmierbare Dämpfung



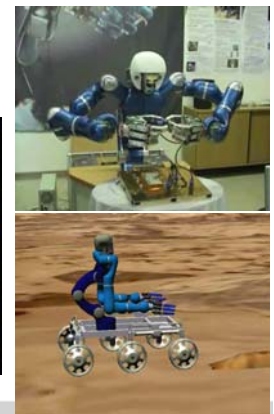
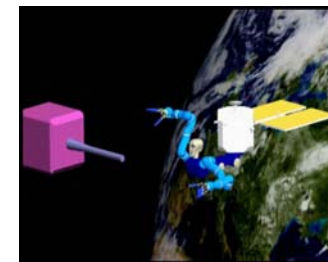
Programmierbare Steifigkeit



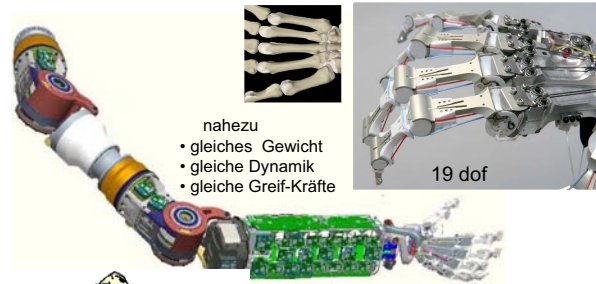
## Service-Robotik



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



Nie zuvor waren wir so nah an menschlicher Performance



nahezu

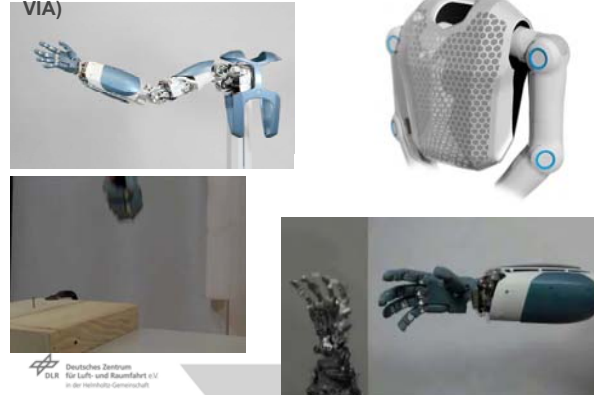
- gleiches Gewicht
- gleiche Dynamik
- gleiche Greif-Kräfte

19 dof

55 Motoren  
111 Positionssensoren

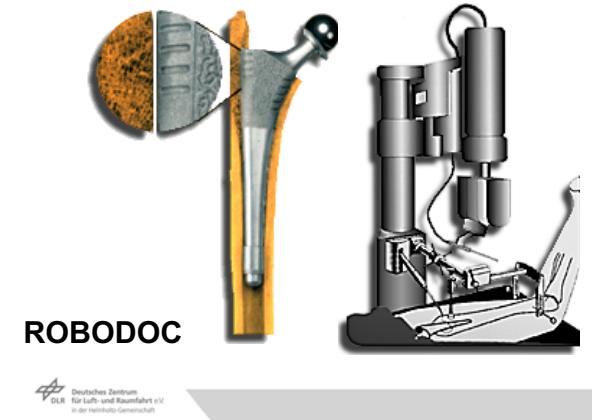
flex  
biceps contracts  
triceps relaxes  
forearm is raised

The new integrated hand-arm-system (with variable impedance actuation VIA)



HASY

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



ROBODOC

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

Cyberknife

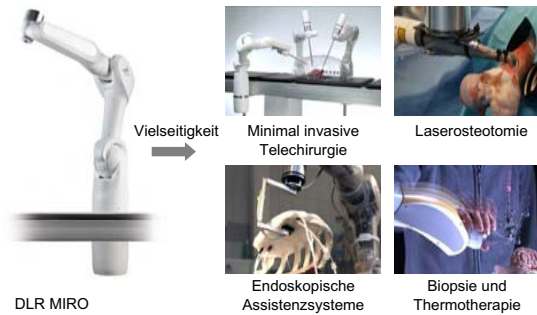
Gesundes Gewebe schonende Tumorbestrahlung aus allen Richtungen

Anpassung an die Patientenlage (keine Fixierung)

Kompensation der Atembewegungen



Assistenz in der Medizintechnik



Vielseitigkeit

DLR MIRO

Minimal invasive Telechirurgie

Laserosteotomie

Endoskopische Assistenzsysteme

Biopsie und Thermotherapie



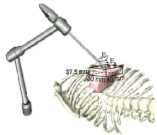
“Shared” autonomy in der MKG-Chirurgie (Prof. Lüth, Charitee)

Roboter mit Kraftsensor

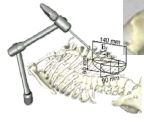


## DLR -Chirurgie-Roboter kinematisch optimiert

- Redundante Kinematik (7 DoF)
- Optimierte Segmentlängen  $l_1, l_2$
- Betrachtung von Erreichbarkeit, Genauigkeit und Manipulierbarkeit
- Berücksichtigte Interventionen:

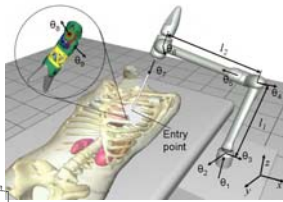


Kardiochirurgie



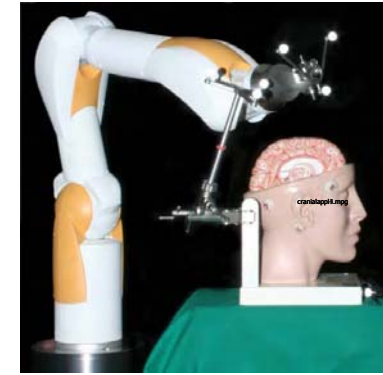
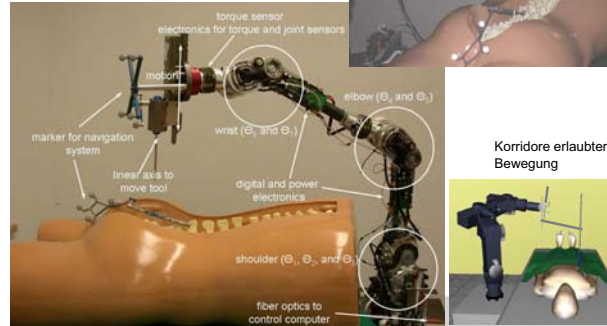
Viszeralchirurgie

Auch für Urologie, Rektums- und Kopf-Chirurgie optimiert!



„Generischer Roboterarm“  
(offene Chirurgie/MIC;  
teilautonom/ferngesteuert)

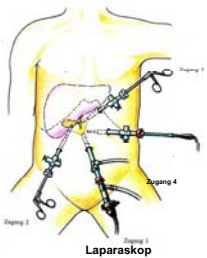
## Frühe Ansätze einer „Soft Robotics“ in der Wirbelsäulenchirurgie



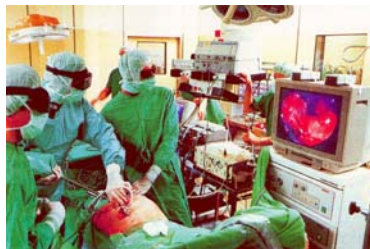
Laser-Osteotomy



## Minimal invasive Chirurgie



Laparoskop



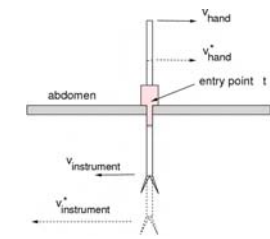
- Vorteile (für den Patienten)
- Geringeres Trauma und Infektionsrisiko
  - Kürzere Rekonvaleszenzzeit
  - Kürzere Rehabilitationszeit
  - Kleinere Narben

## Minimal invasive Chirurgie

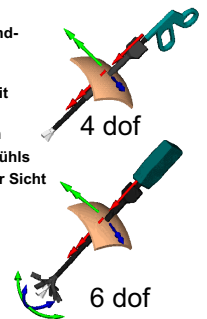
automatische Laparoskop-Führung 1995 mit dem Klinikum rechts der Isar



## Aber die „Barriere“ Körperhülle führt zu:



- reversierter Hand-Bewegung
- Skalierung der Geschwindigkeit
- Verlust von 2 Freiheitsgraden
- Verlust des Gefühls
- eingeschränkter Sicht



Robot-Chirurgie

Telepräsenz und Robotik helfen, Barrieren zu überwinden, (Entfernung, Material wie Körperhülle etc.)

ARTEMIS (FZK) 1992



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

### Battlefield Surgery – Initial Premise - 1992



DLR Geotechnisches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft  
"on Hour" into ..... the "Golden Minute"

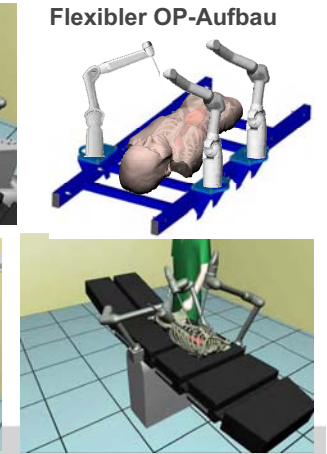
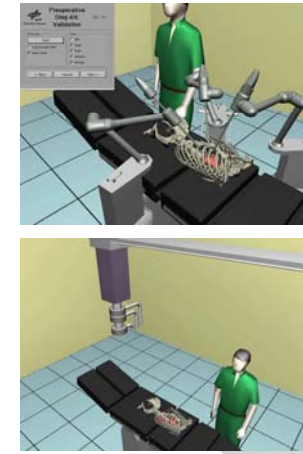
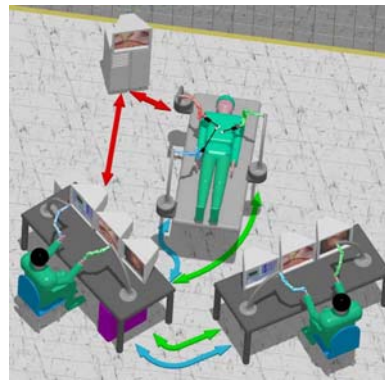


Da Vinci  
Telepräsenz  
in der Chirurgie



Urologie: (unerwarteter) Durchbruch der Roboterchirurgie? Fa. Intuitive Surgical

### Minimal invasive Chirurgie- Robotik : die frühe DLR-Vision



Flexibler OP-Aufbau

## Medizinrobotik

MIRO mit Hohlwelle

Anzahl der Achsen: 7  
 Maximale Traglast: 3 kg  
 Gewicht: 9,8 kg  
 Armlänge: 1130 mm  
 Regelungstakt: 3 kHz  
 Integrierte Elektronik  
 Hohlwellen-Handgelenk  
 Drehmomentsensork



Das MIRO-System des DLR



## EQUITY RESEARCH COMPANY UPDATE

September 2, 2008

HEALTHCARE/MEDICAL DEVICES

Stock Rating:	
<b>PERFORM</b>	
12-18 mo. Price Target	NA
ISRG - NASDAQ	\$295.58

3-5 Yr. EPS Gr. Rate	25%
52-Wk. Range	\$359.59-\$209.70
Shares Outstanding	38.8M
Float	38.0M
Market Capitalization	\$11,401.5M
Avg. Daily Trading Volume	788,100
Dividend/Yield	NA/0%

### Intuitive Surgical, Inc.

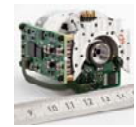
Competitive Update; A Notable Project

#### SUMMARY

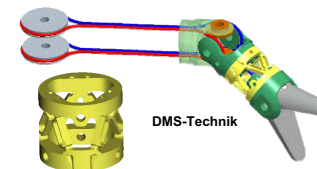
The MIRO robotic surgery system from DLR (German Aerospace Center) is still probably three years from the US market, but its current stage of development, its capabilities, and its recent publicity lead us to believe it may well end up being the first formidable competitor to da Vinci. DLR expects to announce a commercial partner by year-end. This is still relatively early stage, and so only a neutral impact to ISRG today, but the signing of a partner or continued development into human clinicals may eventually weigh on the stock. Remain at Perform rating.

## Robotische Instrumente MICA

- Anzahl der Achsen: 3
- Gewicht: 0,85 kg
- Schaftlänge: 300 mm
- Schaftdurchmesser: 10 mm
- Bewegungsbereich:  $\pm 40^\circ$
- Manipulationskräfte: bis 6 N
- Bewegungsfrequenz: bis 8 Hz
- Regelungstakt: 3 kHz
- Integrierte Elektronik



## DMS-Sensorik, Faseroptik, Ultraschall?

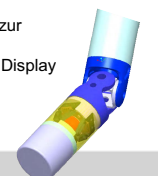


DMS-Technik

Führung einer Faser mit mehreren Meßstellen entlang einer Hexapod-Struktur (Stewart-Plattform) basierend auf Faser-Bragg-Gittern



Ultraschall-Doppler zur Arteriedetektion, ggf. mit haptischem Display





Registrierung mit BrainLAB z-touch

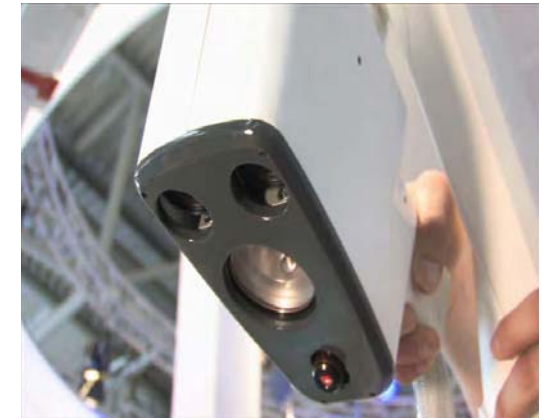


3D-Registrierung mit Streifenlicht (Uni Karlsruhe)



Laserscanner  
Light strip  
Stereo

Unser 3D-Modeller



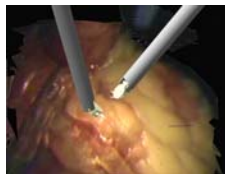
Stereo -Vision in der Endoskopie



Test setup



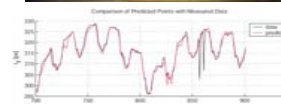
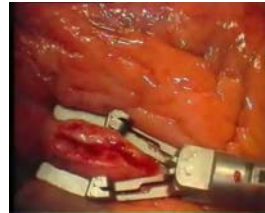
Endoskopische Sicht



Virtueller Überblick

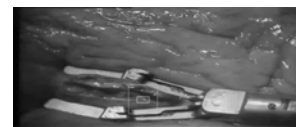
SFB 453  
G. Passig & T. Burkert & J. Leupold  
Institute of Realtime-Computersystems  
Technische Universität München

OP am schlagenden Herzen  
(Tracking der Herzbewegung)

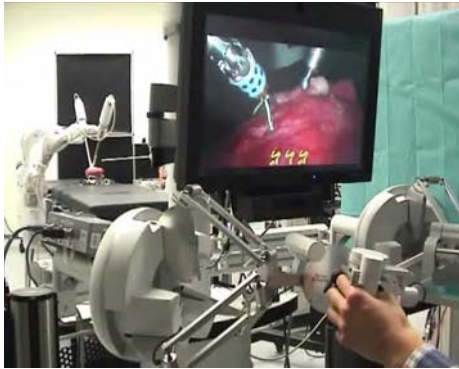


Prädiktion erhöht die Tracking-Sicherheit

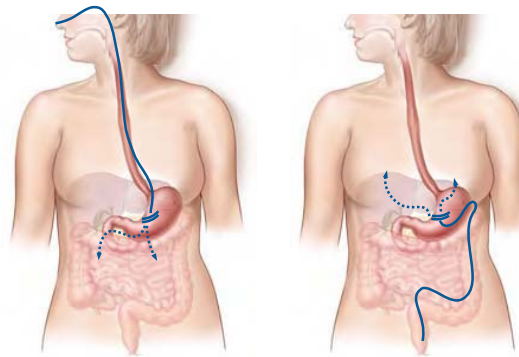
Beseitigung der „specular reflections“ ist von entscheidender Bedeutung für ein sicheres „Tracking“ der Herzbewegung



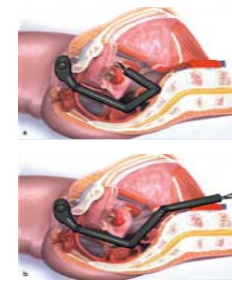
Automatische Verfolgung der Organ-Bewegung



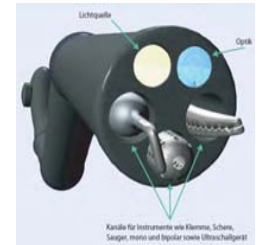
NOTES (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery) und "Single Port" Chirurgie



Transvaginaler Zugang



Prof. Feußner/Lüth (TUM)



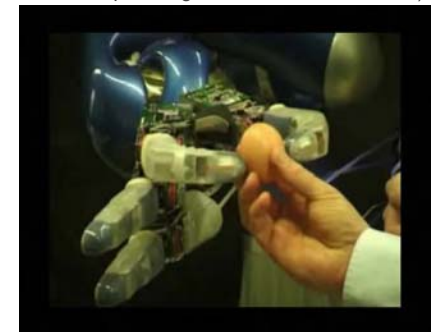
2007 Chirurg, T.Benhidjeb et al.



Eine seit 30 Jahren ab dem Hals Querschnittsgelähmte lernt selbständig zu trinken (Experimente an der Brown University/USA)



Myoelektrische Steuerung über die noch intakten Nervenenden bei Amputierten (bioelektrische Spannungen bei Muskelkontraktion)



Reimplantation des motorischen Nervs vom amputierten Arm in den Brustmuskel (Pectoralis)



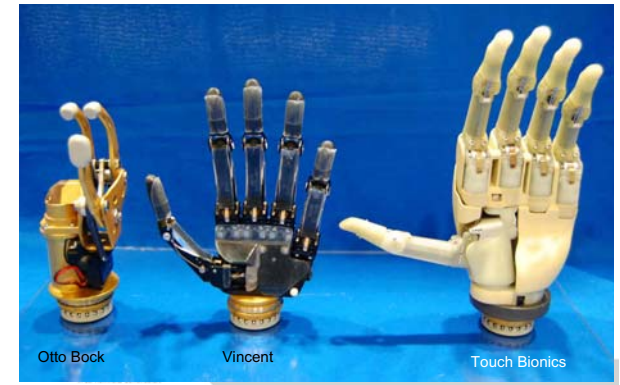
Handprothesen

- Götz von Berlichingen ca. 1500
- Vincent Hand 2010

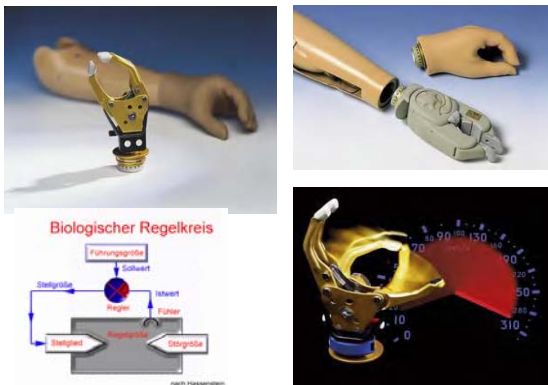


Größenvergleich

OttoBock (1 Motor, 390g) – Vincent (6 Motoren, 380g) – iLimb (5Motoren, 550g)



Otto Bock Prothetik-Marktführer



Flexible Fluid Actuators FFAs : FLUIDHAND

- Fluidhand als hydraulische Anwendung in der Prothetik
- Fluidhand als pneumatische Anwendung in der Service-Robotik



KIT Karlsruhe

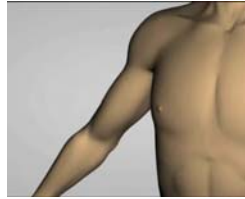
FLUIDHAND Glove (silikon cosmetic with 5 active grasping patterns)

- Combined functional and cosmetic aspects
- fitted with a silicon glove (POHLIG/Germany) with flexible and stiff areas

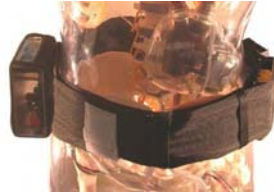




Otto Bock- Beinprothesen



Das DLR-Herz  
(Grundlage auch für ein  
implantierbares Dialyse-  
System?)



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



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

## Mein Resümee

- Mechatronik und Robotik werden zu einer Schlüsseltechnologie für Therapie und „Ersatzteilbeschaffung“ in der Medizin der Zukunft