

Robotik I: Einführung in die Robotik

Tamim Asfour, Rüdiger Dillmann

Institut für Anthropomatik und Robotik

KIT-Fakultät für Informatik, Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR)
Hochperformante Humanoide Technologien (H²T)



Organisatorisches

Dozenten



Tamim Asfour
Prof. Dr.-Ing.

IAR-H2T
Geb. 50.20
Raum 017
Tel.: 608 - 47379

asfour@kit.edu



Rüdiger Dillmann
Prof. Dr.-Ing.

IAR-HIS
Geb. 50.20
Raum 032
Tel.: 608 - 43846

dillmann@kit.edu

Vorlesungsbetreuer H2T (Geb. 50.20)



Nikolaus Vahrenkamp
Dr.-Ing.

Raum 033
Tel.: 608 – 48308

vahrenkamp@kit.edu



Peter Kaiser
Dipl-Inform.

Raum 332
Tel.: 608 – 47132

peter.kaiser@kit.edu



Manfred Kröhnert
Dipl-Inform.

Raum 333
Tel.: 608 - 4426

kroehnert@kit.edu

Sprechstunde

■ Tamim Asfour

- Mittwochs 10:00 –12:00 Uhr,
und nach Vereinbarung per email an
asfour@kit.edu

■ Rüdiger Dillmann

- Mittwochs 10:00 – 12:00 Uhr,
Bitte vorherige Anmeldung per email an
sekrdill@anthropomatik.kit.edu

■ Weiter Sprechstunden: Siehe H2T Webseite

- www.humanoids.kit.edu

H²T: Geb. 50.20



Termine

■ Vorlesung & Übung

- Montag, 17:30 - 19:00 Uhr, Nusselt Hörsaal (Geb. 10.23)
- Donnerstag, 17:30 - 19:00 Uhr, Hertz Hörsaal (Geb. 10.11)
- Übung findet 14-tägig statt

■ Aktuelle Termine auf ILIAS

Vorlesungsmaterial

- KIT Lehrsystem **ILIAS**
 - Im ILIAS-Portal: <https://ilias.studium.kit.edu>

- Folien zur Vorlesung
 - Im ILIAS
 - Kennwort für ILIAS: **armar@kit**

- Zugang ILIAS:
 - Einloggen
 - Kurs suchen: „Robotik I – Einführung in die Robotik“
 - Dann „Kurs beitreten“ mit dem Passwort
 - Danach Zugriff auf alle Materialien, Forum

Themen der Vorlesung

- Einleitung
- Mathematische Grundlagen
- Robotermodellierung
- Kinematik
- Dynamik
- Regelung
- Bewegungsplanung
- Greifplanung
- Umweltmodellierung
- Bildverarbeitung
- Programmierverfahren
- Autonome Planung von Roboteraktionen
- ...

Literatur

■ Umfassender Überblick Robotik (1600 Seiten)

■ Handbook of Robotics

Siciliano, Khatib

PDF aus dem KIT-Netz verfügbar unter

<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-32552-1>



■ Kinematik, Dynamik, Steuerung, Regelung, Planung

■ Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence

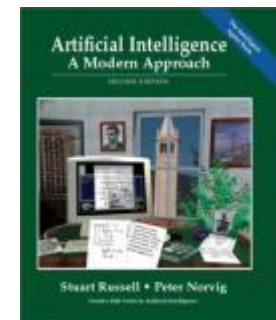
Fu, Gonzalez, Lee



■ Planung, Architektur

■ Artificial Intelligence – A Modern Approach (2nd Edition)

Russel, Norvig



■ Ausgewählte Publikationen

■ Details siehe ILIAS Arbeitsbereich

Prüfung

- Robotik I ist Stammmodul zum Vertiefungsfach „Robotik und Automation“
- Prüfung: **Schriftlich**
- Klausur im WS 16/17
 - Termin: **10. April 2017, 14:00 Uhr**
 - Anmeldung: **im ILIAS**
- Nachklausur im SS 2017
 - Termin: wird bekannt gegeben

Robotik I – Einführung in die Robotik Stammmodul (6 ECTS)

Vorlesungen

Mechano-Informatik in der Robotik (4 ECTS)

Rechnerorganisation (6 ECTS)

Digitaltechnik (6 ECTS)

Robotik II: Humanoide Robotik (3 ECTS)

Anziehbare Robotertechnologien (4 ECTS)

Robotik III: Sensoren in der Robotik (3 ECTS)

Praktika

Lego Mindstorms (3 ECTS)

Humanoide Roboter (3 ECTS)

Roboterpraktikum (6 ECTS)

Basispraktikum Mobile Roboter (4 ECTS)

Seminare

Humanoide Roboter (3 ECTS)

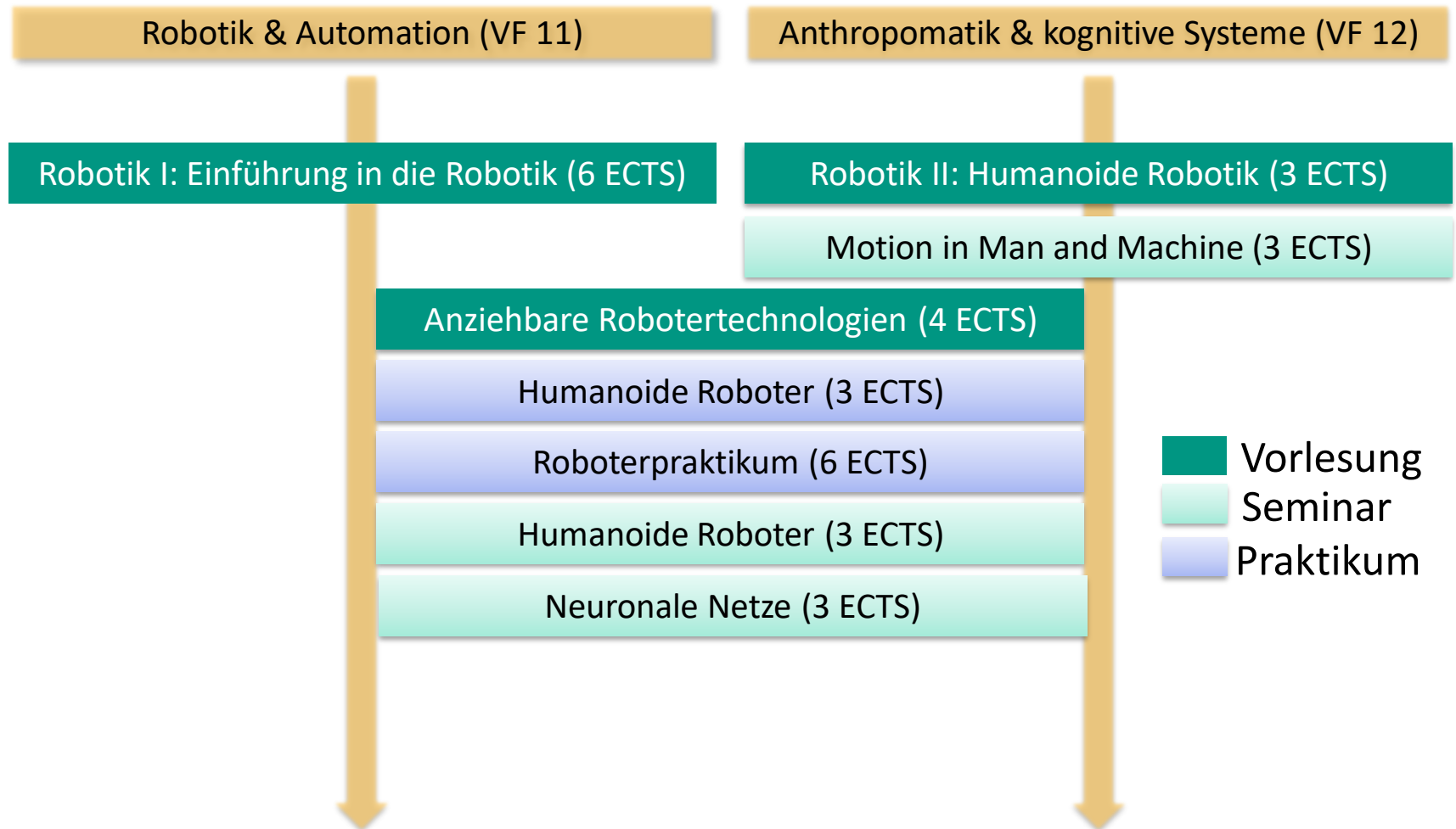
Neuronale Netze (3 ECTS)

Motion in Man and Machine (3 ECTS)

Praxis der Softwareentwicklung (6+2 ECTS)

Praxis der Forschung (24 ECTS)

Lehrveranstaltungen @ H2T - Vertiefungsfächer



Lehrveranstaltungen @ H2T

B.Sc. (I, IW, MI, EI, M)	M.Sc. (I, IW, MI, EI, M)	M.Sc (Sportwissenschaften)
Robotik I: Einführung in die Robotik (6 ECTS)		
Mechano-Informatik in der Robotik (4 ECTS)	Robotik II: Humanoide Robotik	
Lego Mindstorms (3 ECTS)	Anziehbare Robotertechnologien (4 ECTS)	
	Motion in Man and Machine (3 ECTS)	
Mobile Roboter (4 ECTS)	Humanoide Roboter (3 ECTS)	
Digitaltechnik* (6 ECTS)	Roboterpraktikum (6 ECTS)	
Rechnerorganisation* (6 ECTS)	Humanoide Roboter (3 ECTS)	
	Neuronale Netze (3 ECTS)	

I = Informatik (* = gilt **nur** für Informatik)
IW = Informationswirtschaft
MI = Mechatronik & Informationstechnik

EI = Elektrotechnik & Informationstechnik
M = Maschinenbau

 Vorlesung
 Seminar
 Praktikum

Lehrveranstaltungen am H²T im WS 16/17

■ Vorlesung:

Robotik I – Einführung in die Robotik

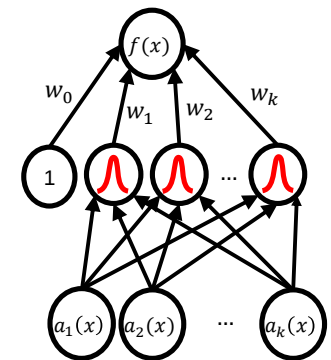
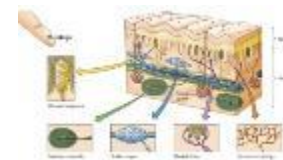
Mathematische Grundlagen,
Bewegungs- und Greifplanung,
Steuerungsarchitekturen, symbolische Planung, ...



■ Vorlesung:

Mechano-Informatik in der Robotik

Mechano-Informatik als synergetische Integration
von Mechatronik, Informatik und künstlicher
Intelligenz



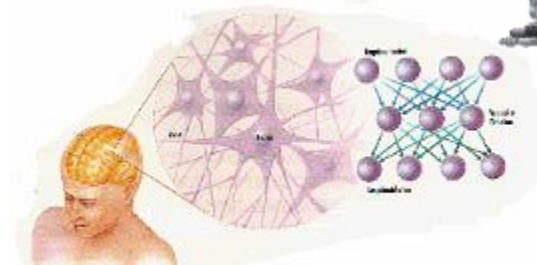
Lehrveranstaltungen am H²T im WS 16/17

■ Seminare:

- Humanoide Roboter
- Neuronale Netze und künstliche Intelligenz

■ Praktika

- Humanoide Roboter
Blockpraktikum am Ende des Semesters
- Lego Mindstorms
Blockpraktikum am Ende des Semesters



- Details zu allen Veranstaltungen und Links zur Anmeldung (über ILIAS) auf unserer Homepage: www.humanoids.de

Institute für Anthropomatik und Robotik (IAR)

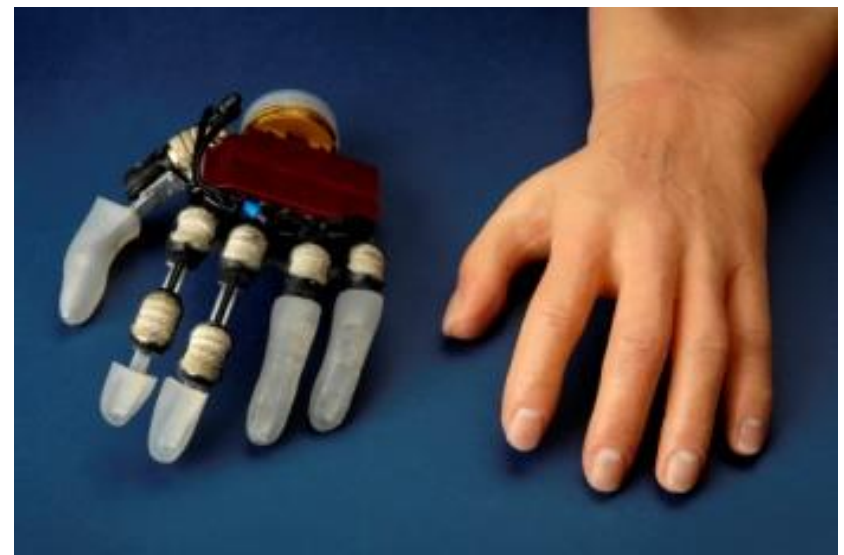
Robotics is ...

... the science of automatic handling for
manufacturing, services and humans



Anthropomatics is ...

... the science of the symbioses between
human and machine



Institute for Anthropomatics and Robotics (IAR)

10 Labs, approx. 150 members

• **High Performance Humanoid Technologies**

Asfour



• **Vision and Fusion**

Beyerer



• **Humanoids and Intelligence Systems**

Dillmann



• **Intelligent-Sensor-Actuator System**

Hanebeck



• **Intelligent Industrial Robotics**

Hein



• **Autonomous Learning Robots**

N.N



• **Computer Vision for Human Computer Interaction**

Stiefelhagen



• **Interactive Systems**

Waibel



• **Process Control, Automation and Robotics**

Wörn



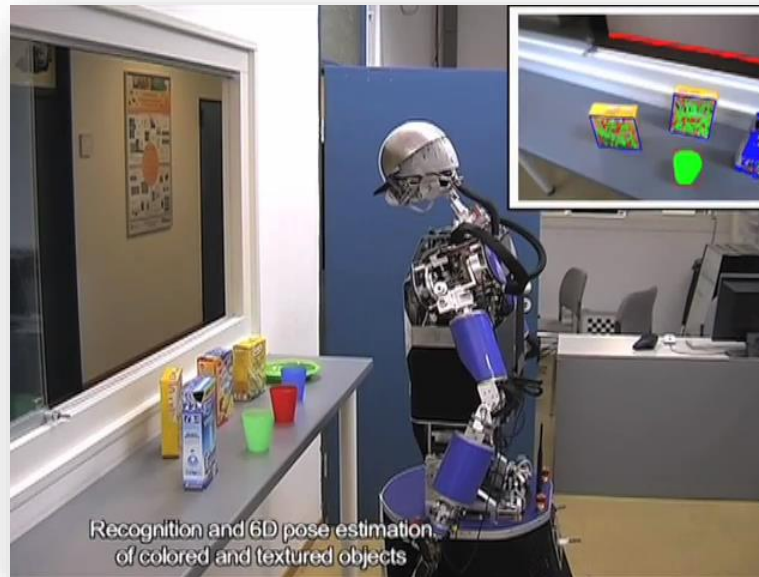
• **Applied Technical Cognitive Systems**

Zöllner



High Performance Humanoid Technologies (Asfour)

- Mechatronics and Mechano-Informatics
- Grasping and dexterous manipulation
- Learning from human observation
- Wearable robotics



Humanoids and Intelligence Systems (Dillmann/Asfour)

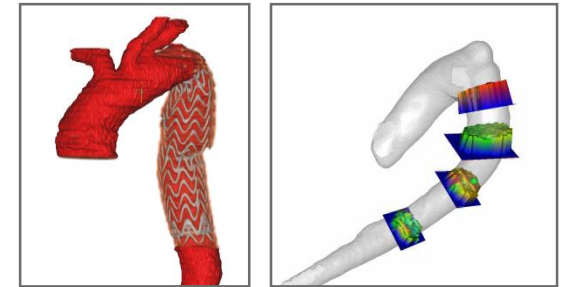
- Learning from human observation
- Programming by Demonstration
- Application in humanoid and service robotics



Humanoids and Intelligence Systems (Dillmann)

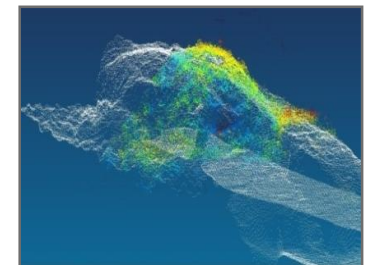
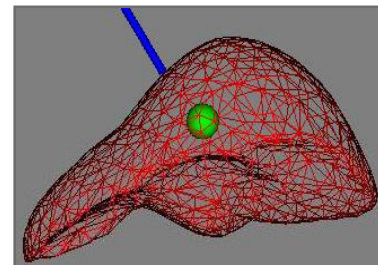
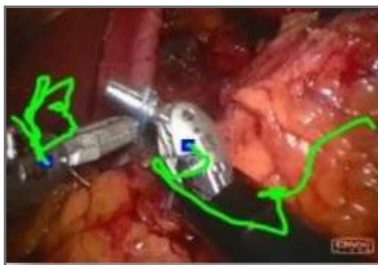
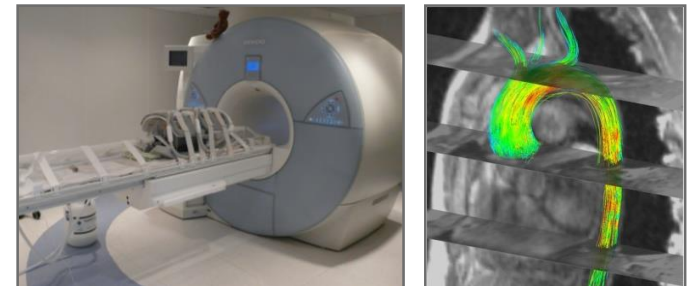
■ Medical Systems: Cardiovascular Diagnostics

- MRI Flow Imaging
- Numerical Flow Simulation
- MRI-Based Blood Pressure Computation



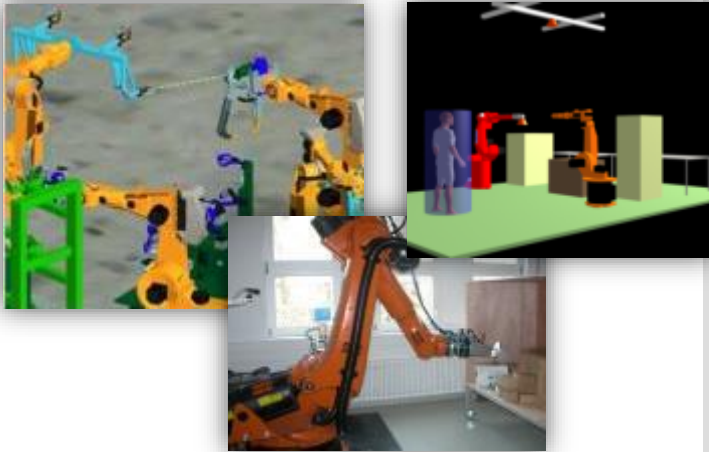
■ Medical Systems: Surgical Assistance

- Stereo endoscopy
- Biomechanical Modeling
- Context-aware visualization



Intelligent Process Control and Robotics (Wörn)

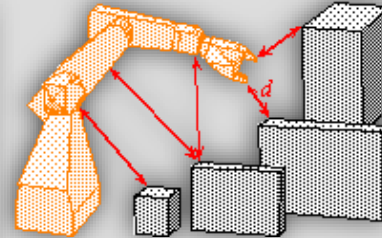
Industrial Robotics



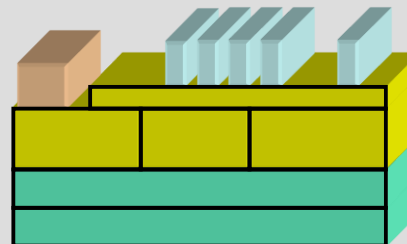
Medical Robotics



Algorithms for Robotics



Programming,
Interaction,
Path planning,
Calibration

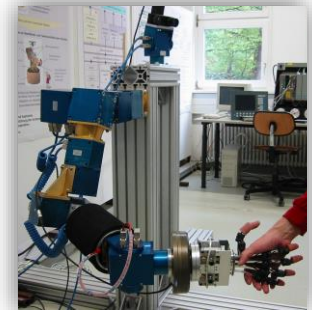


Modular control
architecture for multi-
agent systems

Humanoids and Service Robotics

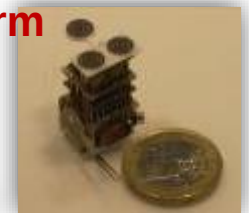


Hands



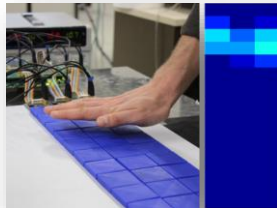
**Tactile
Sensors**

Micro and Swarm Robotics



Intelligent Industrial Robotics (Hein)

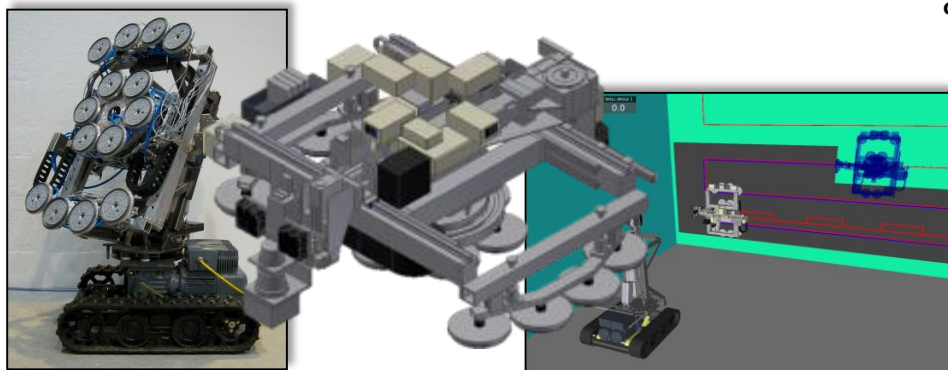
■ Interaction technologies for industrial and service robots



Sensors
(Proximity sensors)

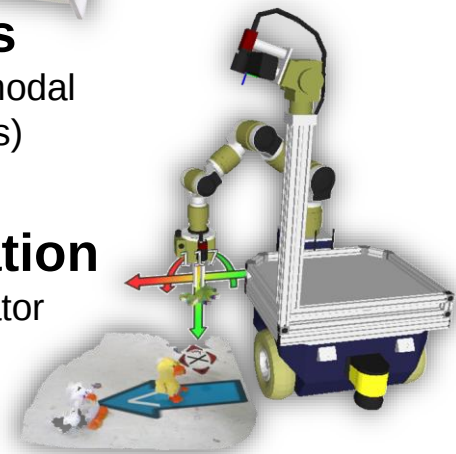


Aktors
(Hard- and Software)



Interfaces
(Integrated multimodal
Sensors/Aktors)

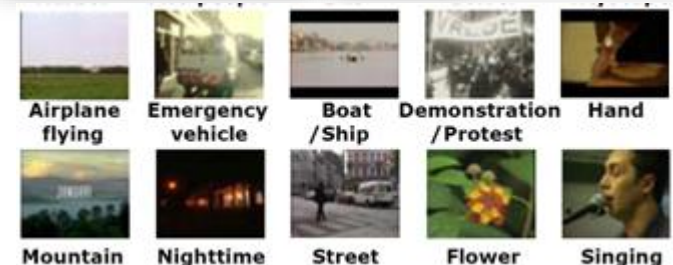
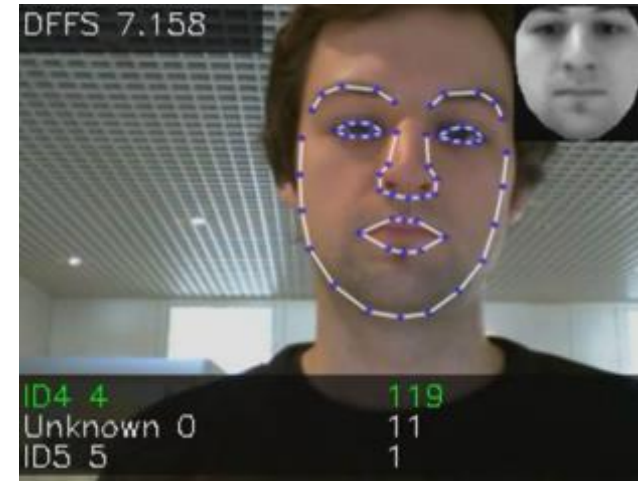
Telemanipulation
(AR-based operator
assistance)



Applications
(Dismantling of nuclear power
plants, release measurement,
Control und Programming)

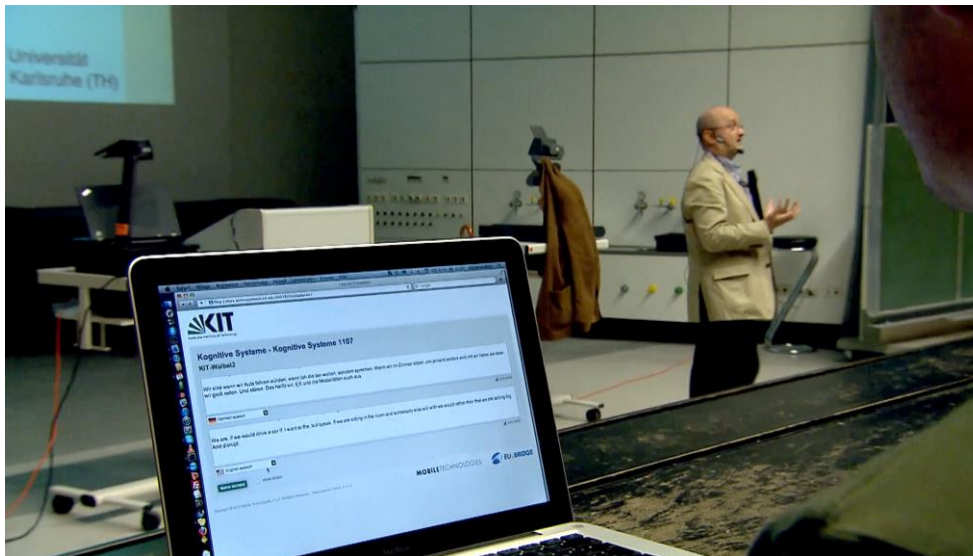
Computer Vision for Human Computer Interaction (Stiefelhagen)

- Human-Robot Interaction
 - Person tracking, head and hand tracking, pointing gestures (3D), face recognition
- Smart environments
 - Smart crisis control room (Fraunhofer IOSB)
- Videoanalysis & Retrieval, Security, Surveillance
 - Interactive search in video
 - Recognition of politicians and VIPs
 - Gender, age, head orientation, interest, ...
- Assistance systems for visually-impaired people



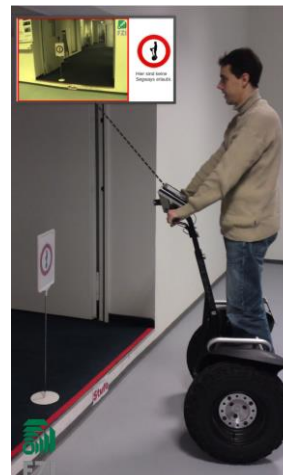
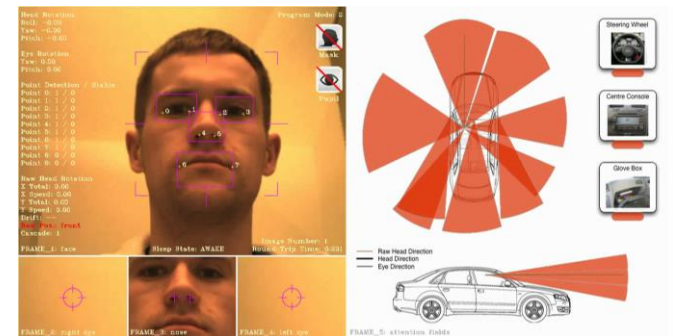
Interactive Systems (Waibel)

- Automatic Speech Recognition
- Simultaneous Machine Translation
- Translation of Lectures and Speeches
- Multimodal Dialog Systems
- Partner Laboratory at Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA



Applied Technical Cognitive Systems (Zöllner)

- Driver Assistance Systems
- Environment perception and interpretation
 - Weather detection
 - Sign and sign post recognition
 - Vehicle and Pedestrian Detection
- Semi-Autonomous User-Adaptive Cars
 - Sensing the driver's intention
 - Traffic scene interpretation
 - Emergency situation detection
 - Cooperative action decision
- Personal navigation assistance

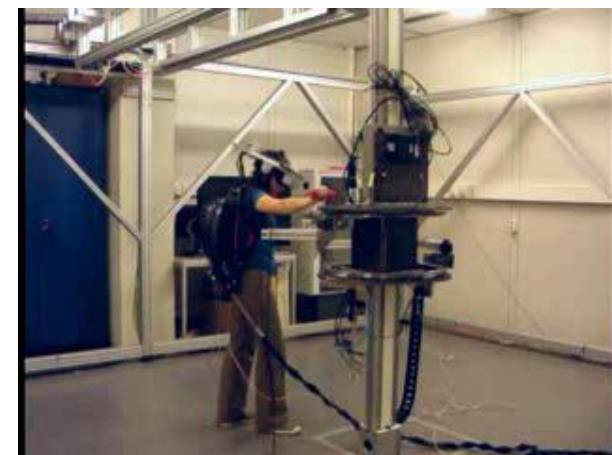
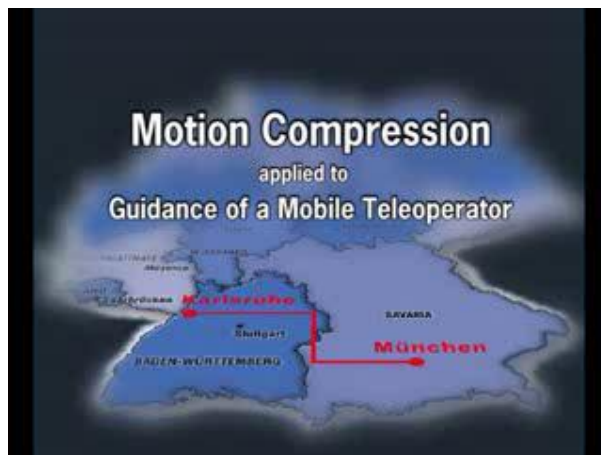


Intelligent-Sensor-Actuator System (Hanebeck)

- Extended-Range Telepresence
 - Multi-modal interface
 - Navigation by walking in arbitrary-sized environments
 - Increased degree of immersion

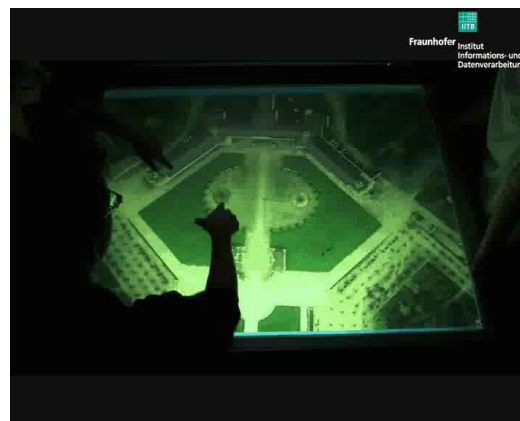
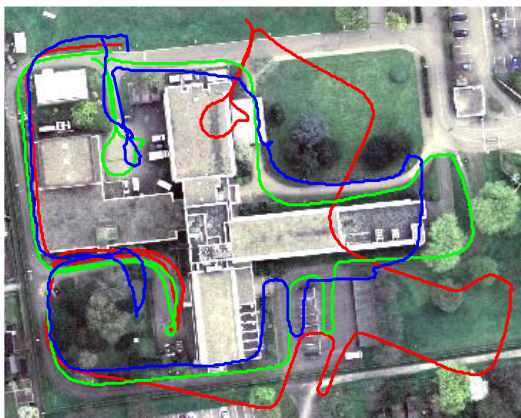
- Self-organizing Sensor-Actuator-Networks

- Stochastic Model-Predictive Control



Vision and Fusion (Beyerer)

- Visual Inspection
 - Deflectometry & Fusion of Image Series
- Human Machine Interaction
 - Multi-Display Interaction
 - Mission planning / teleoperation for visual surveillance
- Visual Environment Perception & Distributed Cooperation



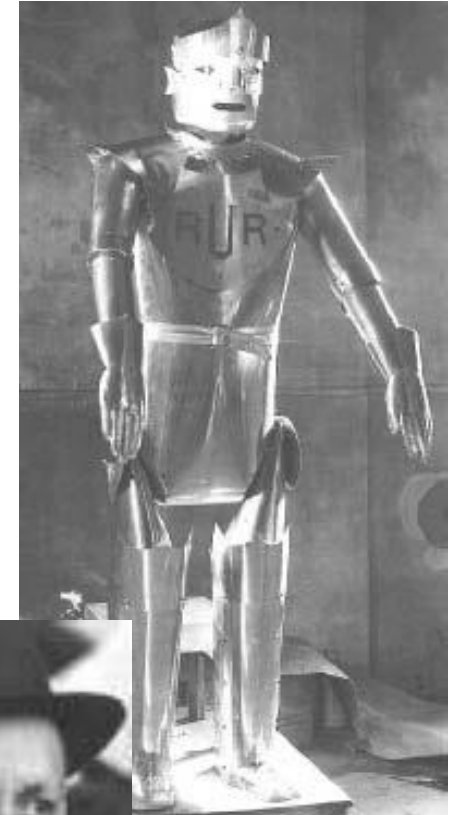
ROBOTIK

- Begriffsbildung
- Geschichte
- Teilbereiche
- Anwendungsfelder & Beispiele

Begriffsbildung

Begriff: Roboter

- Karel Capek (1920) prägte den Begriff „robota“ (westslawisch: Schwerarbeit) in seinem Roman „Rossum's Universal Robot“
- für Capek ist ein Roboter (im Gegensatz zum Menschen) „rastlos arbeitend“.



Begriffsbildung

Asimovsche Robotergesetze („Runaround“ 1942)

- Ein Robot darf keine Menschen verletzen oder durch Untätigkeit zu Schaden kommen lassen
- Ein Robot muss den Befehlen eines Menschen gehorchen, es sei denn, solche Befehle stehen im Widerspruch zum ersten Gesetz
- Ein Robot muss seine eigene Existenz schützen, solange dieser Schutz nicht dem ersten oder zweiten Gesetz widerspricht.



Isaac Asimov

Begriffsbildung

Kontext Industrie (VDI- Richtlinie 2860, 1990)

- Ein **Roboter** ist ein **frei programmierbarer, multifunktionaler Manipulator** mit mindestens 3 unabhängigen Achsen, um Materialien, Teile, Werkzeuge oder Geräte auf programmierten, variablen Bahnen zu bewegen zur Erfüllung verschiedener Aufgaben.

Kontext Wissenschaft (Th. Christaller, 2001)

- **Roboter** sind **sensomotorische Maschinen zur Erweiterung der menschlichen Handlungsfähigkeit**. Sie bestehen aus mechatronischen Komponenten, Sensoren und rechnerbasierten Kontroll- und Steuerungsfunktionen. Die Komplexität eines Roboters unterscheidet sich deutlich von anderen Maschinen durch die größere Anzahl von Freiheitsgraden und die Vielfalt und den Umfang seiner Verhaltensformen

Begriffsbildung

Begriff: Robotik (NEUMANN, Lexikon der Informatik)

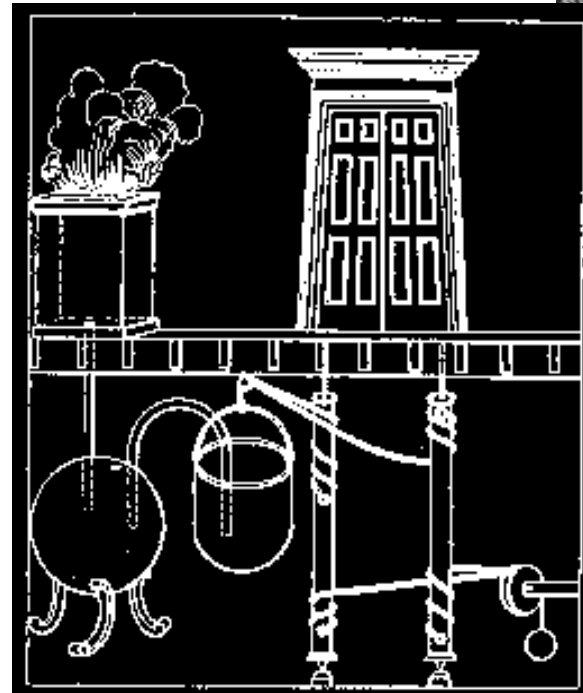
- **Robotik** ist ein **interdisziplinär ausgerichtetes Forschungsgebiet**, bei dem im Mittelpunkt **mechanische Vorrichtungen und geeignete Steuereinheiten selbsttätig komplexe Aufgaben verrichten**.

Während Roboter im Bereich des Science-Fiction meist mit menschenähnlicher Gestalt und sensorischen Fähigkeiten vorgestellt werden, sind die bisher praktisch eingesetzten Roboter stationäre Manipulatoren, die durch Programmierung für wechselnde industrielle Aufgaben eingesetzt werden können, z.B. Schweiß- oder Lackierarbeiten im Automobilbau.

- Begriffsbildung
- Geschichte
- Teilbereiche
- Anwendungsfelder & Beispiele

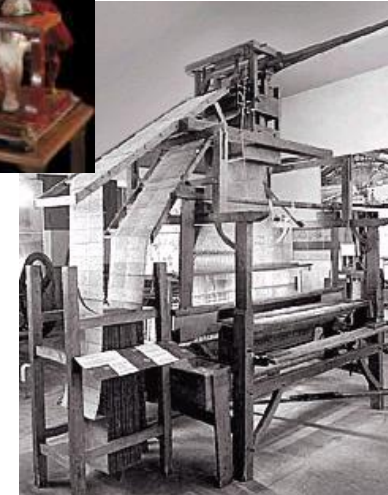
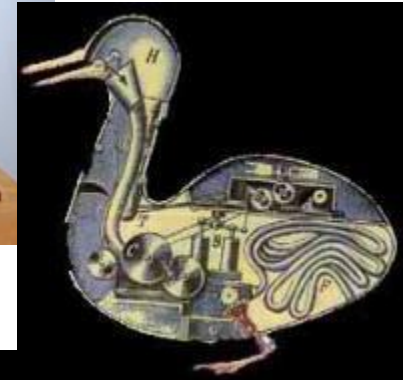
Geschichte der Robotik

- 1. Jh. n. Chr., Heron von Alexandria, Automatischer Altar
- 3. Jh. n. Chr., Vierbeinige Laufmaschine, China



Geschichte der Robotik

- 15. Jhd, Leonardo Da Vinci, mechanischer Soldat
- 1738, Jaques de Vaucanson, mechanische Ente
- 1774, Pierre Jaquet-Droz & Jean-Frédéric Leschot mechanischer Schreiber
- 1805, Joseph Maria Jacquard, programmierbarer Webstuhl (Lochkarten)

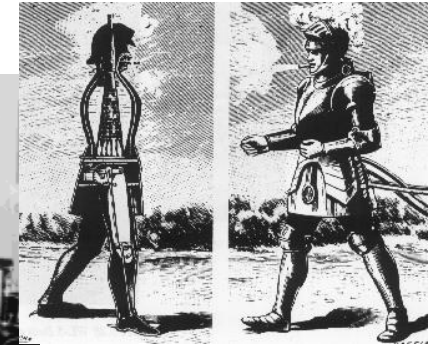


Geschichte der Robotik

- 1893, George Moore, Steam Man
- 1927, Haushaltsroboter Televox
- 1930, Sabor II
- 1954, Georg Devol, Patent für programmierbaren Manipulator
- 1959/60, G. Devol u. Joe F. Engelberger, erster Industrieroboter „Unimate“, hydraulisch angetrieben mit Computersteuerung



Televox



Steam Man



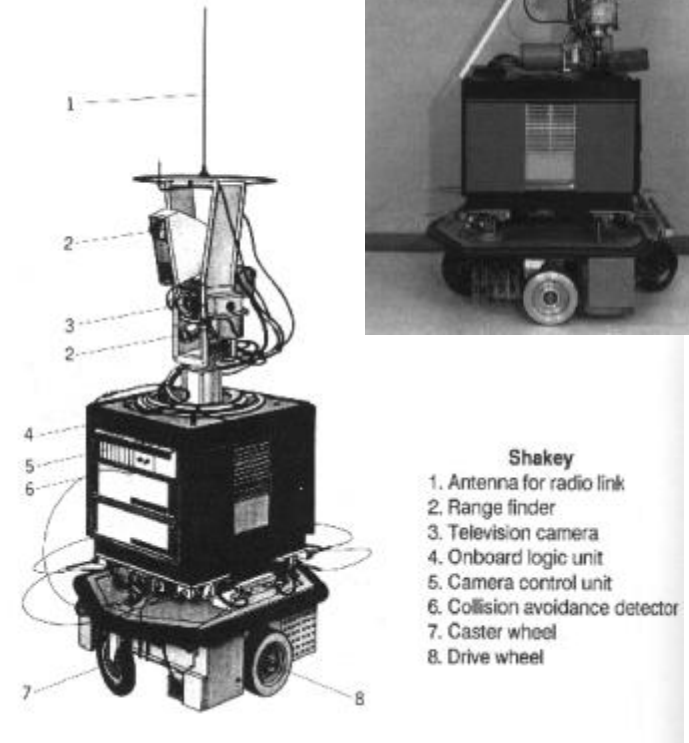
Unimate



Sabor IV

Geschichte der Robotik

- 1959, Planet Corp., erster kommerzieller Roboter (Steuerung durch Kurvenscheiben & Begrenzungsschalter)
- 1961, Installation eines Roboters des Typs „Unimate“ bei Ford
- 1968, Charles A. Ross, Shakey, Stanford Research Institute



Geschichte der Robotik

- 1970er, Daimler-Benz, Sindelfingen, erste Industrieroboter
- 1973, Waseda-Universität Tokyo
erster humanoider Roboter: Wabot-1
- 1974, Entwicklung der Sprache AL
 - Weiterverwendung von Unimation zur Programmiersprache VAL
- 1978, PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly) von Unimation



Wabot-1



PUMA

Geschichte der Robotik

- 1984, Wabot-2, Prof. Ichiro Kato, Waseda Universität, Tokyo
- 1985, 3-Finger Salisbury-Hand, Stanford/JPL



Wabot-2

Geschichte der Robotik

- 1996, Sojourner
- 1998, DLR Hand
- The Sociable Machine Project, Kismet
- 2005, Wakamaru



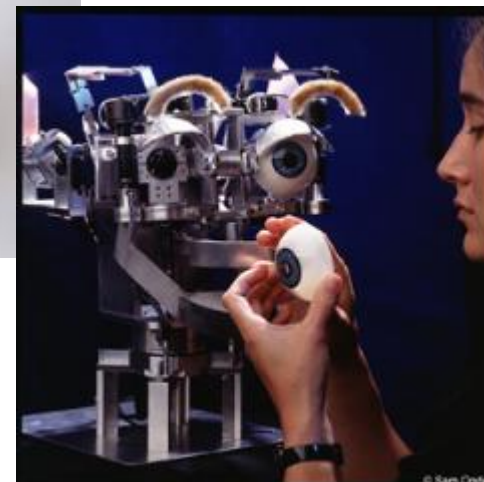
Sojourner



Wakamaru



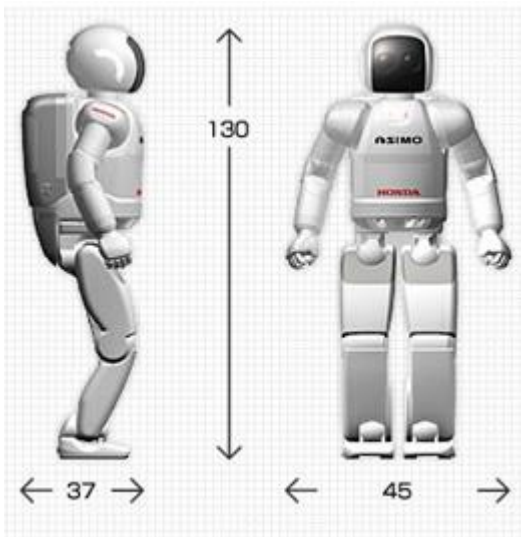
DLR-Hand



Kismet

Geschichte der Robotik

■ 2005, New Asimo



Size

Height:	130cm
Width:	45cm
Depth:	37cm
Weight:	54Kg

Degrees of Freedom

Head:	3
Arm:	7×2
Hand:	2×2
Torso:	1
Leg:	6×2
TOTAL	34

Performance

Running speed:	6km/h
Operational Time:(Walking)	40minutes



Geschichte der Robotik

- 1986 Ernst Dickmanns,
Bundeswehr Universität München
 - Roboterfahrzeug VaMoRs mit
Geschwindigkeiten bis zu 96 km/h
- 2004, Grand Challenge
 - Ghost rider, Berkeley
- 2005, Grand Challenge
 - Stanford Racing Team
- 2007, Urban Challenge
 - Team Annieway
- 2011, Straßenzulassung
 - Google Autonomous
Vehicle

Stanford
Racing Team



Team Annieway

Google
Autonomous
Vehicle



Robotergenerationen

■ 1. Generation

(programmierbare Manipulatoren, ab 1960)

- geringe Rechenleistung
- nur feste Haltepunkte (Punkt-zu-Punkt-Programmierung)
- kaum sensorielle Fähigkeiten (Pick-and-Place-Aktionen)

■ 2. Generation

(adaptive Roboter, ab 1980er)

- mehr Sensoren (z.B. Kameras)
- Anpassung an Umwelt
- eigene Programmiersprachen (z.B. VAL)
- geringe Roboter-Intelligenz (adaptive Aufgabendurchführung)

Robotergenerationen

■ 3. Generation

(autonome Roboter, heute beginnend)

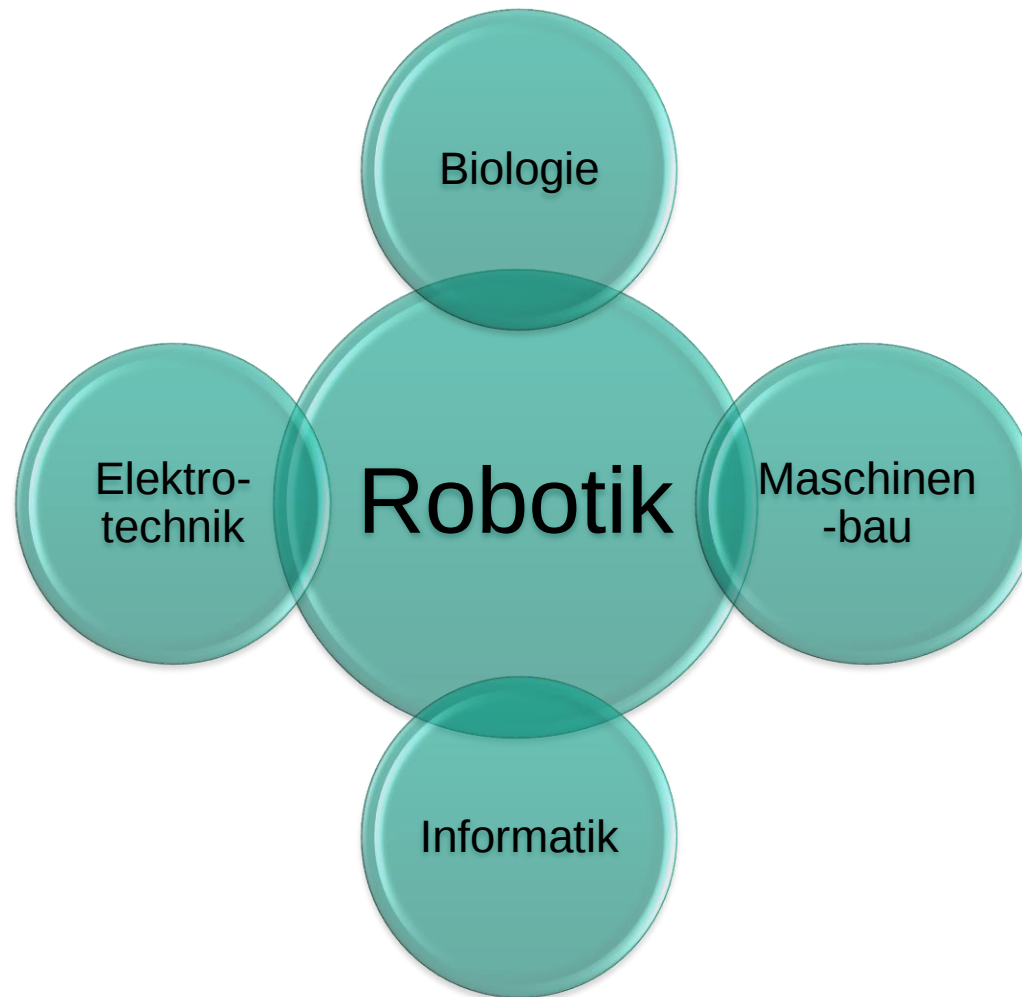
- hohe Rechenleistung (Multiprozessorsysteme)
- Aufgabenorientierte Programmierung
- Forderung nach (maschineller) Autonomie

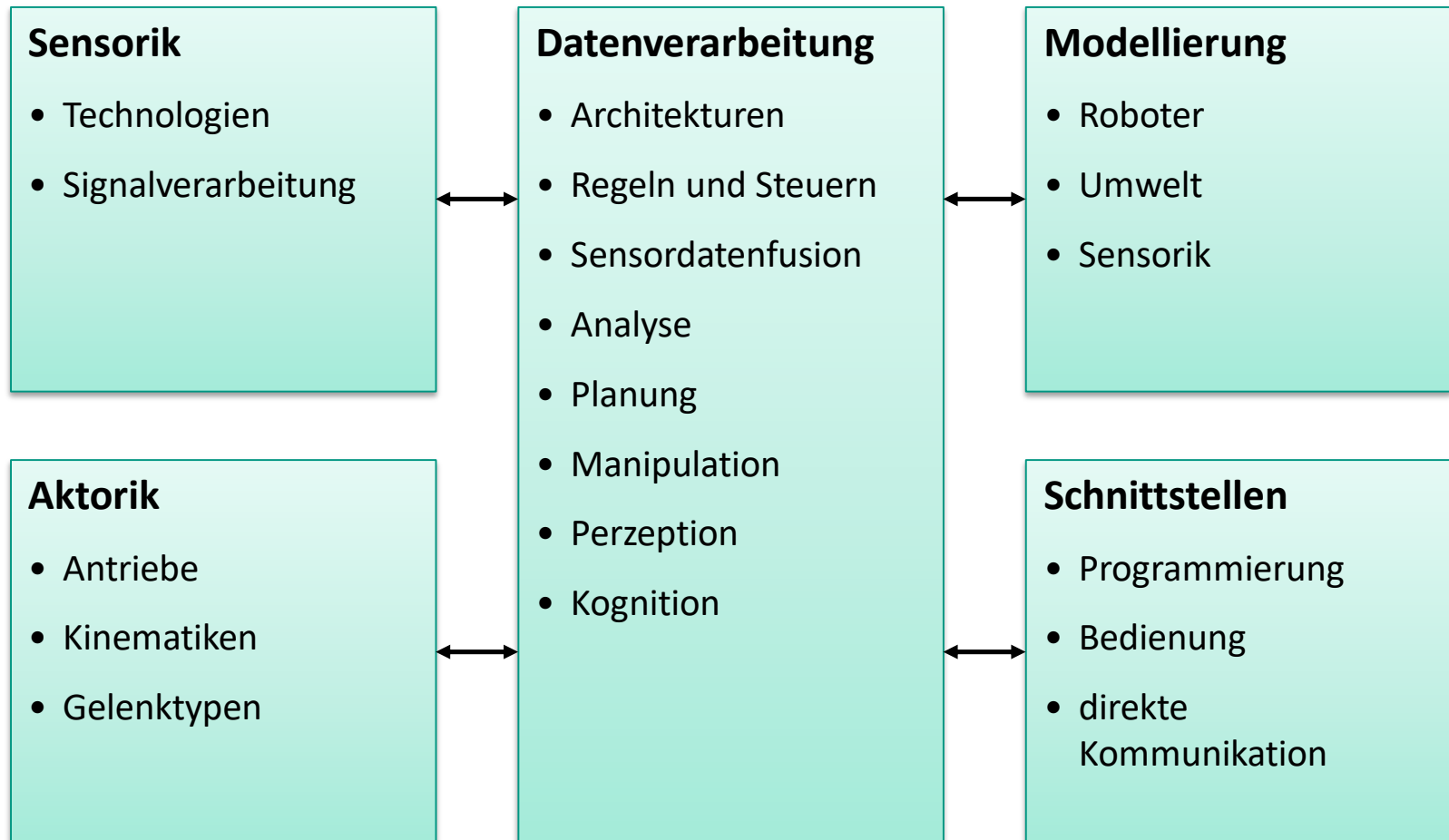
■ 4. Generation

(humanoide AI-Roboter, aktuell Forschungsgegenstand)

- hohe Flexibilität bzgl. Umwelt und Aufgabe
- Lernfähigkeit und Anpassungsfähigkeit
- Selbstreflexion
- Emotion

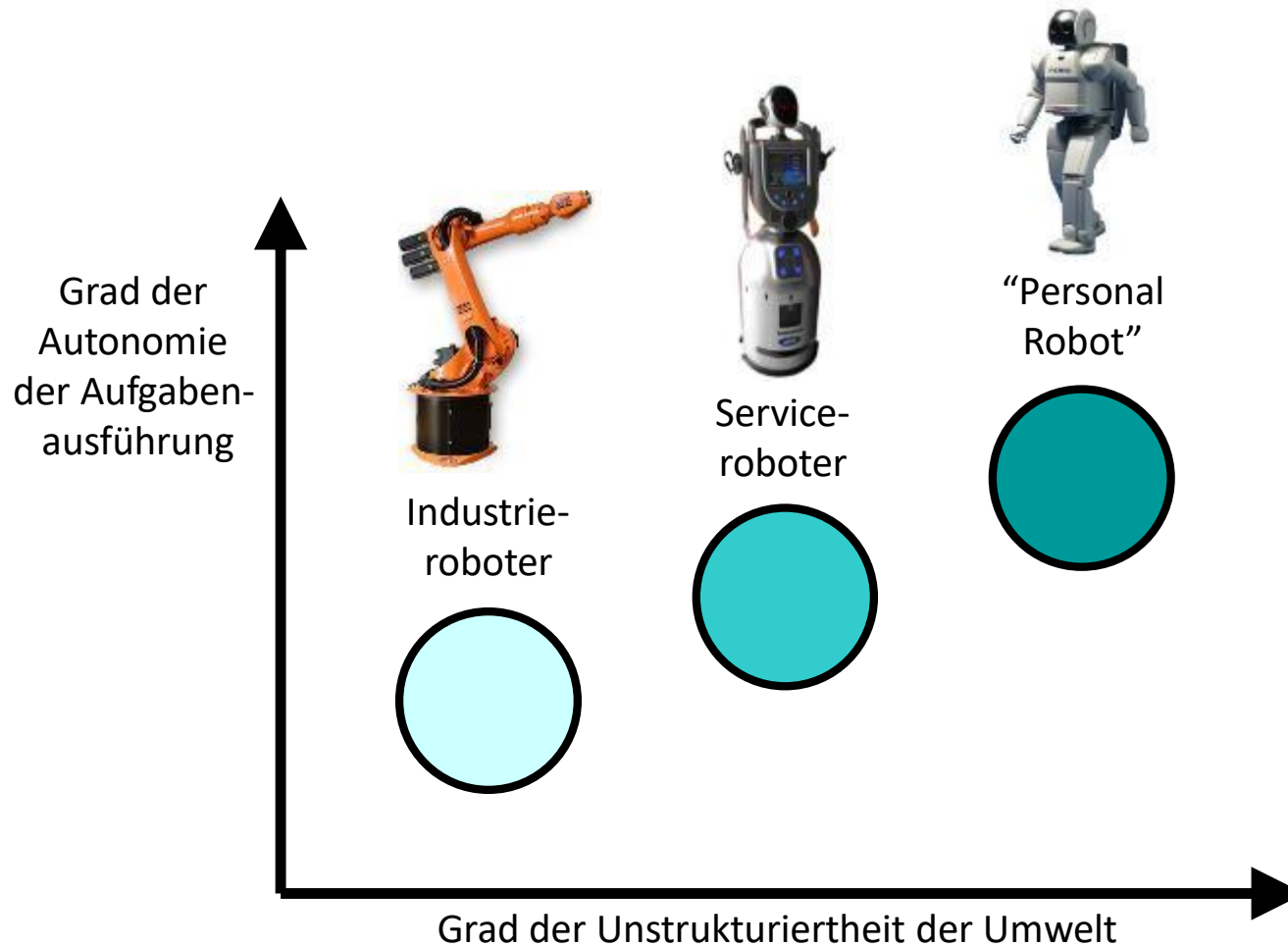
- Begriffsbildung
- Geschichte
- Teilbereiche
- Anwendungsfelder & Beispiele





- Begriffsbildung
- Geschichte
- Teilbereiche
- Anwendungsfelder & Beispiele

Anwendungsfelder



Industrieroboter

ISO 8373 (Manipulating industrial robots, 1994)

- An automatically controlled, reprogrammable, multipurpose manipulator programmable in three or more axes, which may be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications

- Klassifizierung über
 - Anzahl der Achsen (3, 4, 5, ...)
 - Art der Steuerung (PTP, kont. Pfad, adaptiv, teleoperativ)
 - Mechanische Struktur (SCARA, parallel, ...)

Industrieroboter

Beispiel: Lackierung und Rohbau bei Daimler

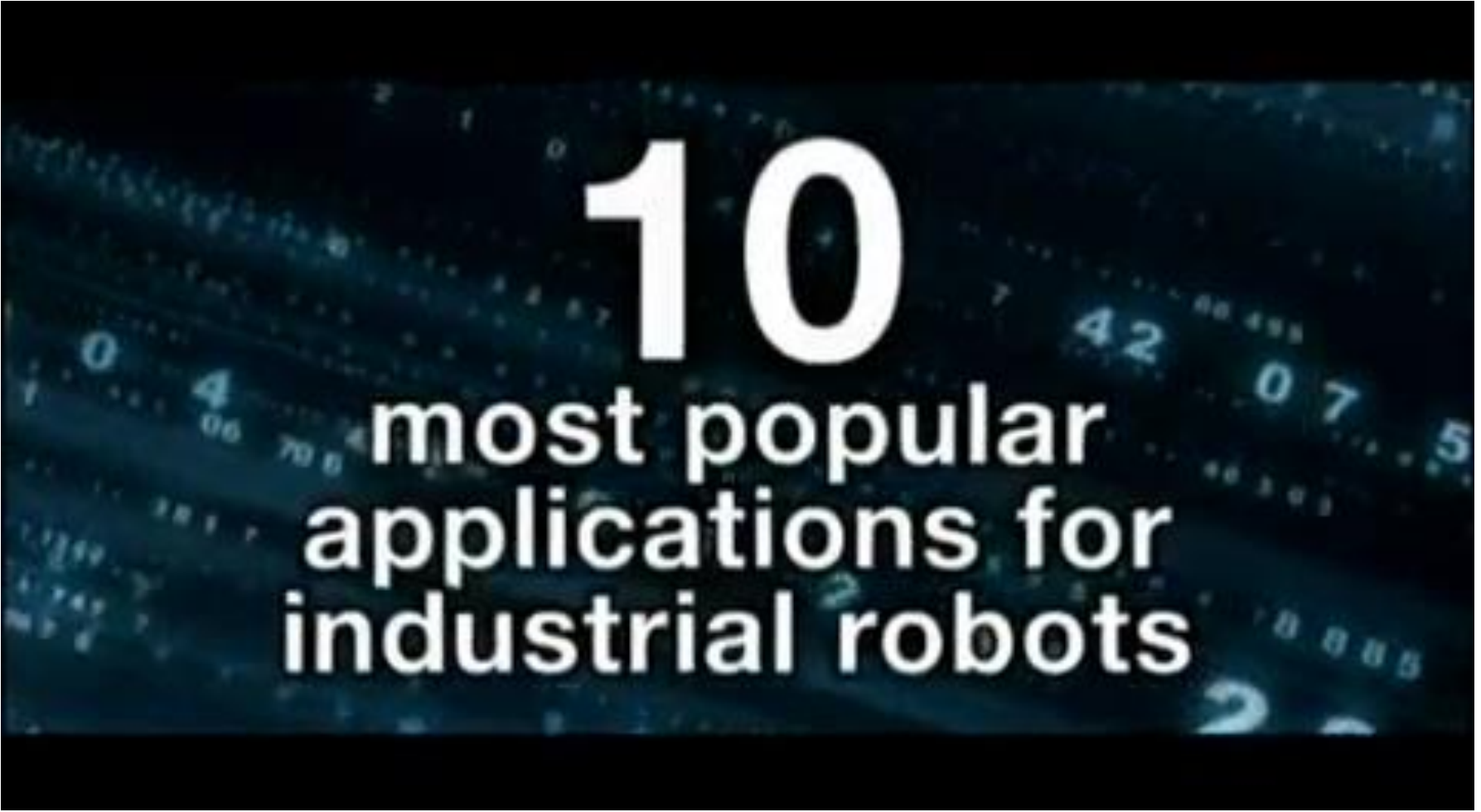
■ Merkmale:

- Meist Stationär
- Wenige Freiheitsgrade
- Einfache Programmierung
- Hoher Spezialisierungsgrad
- Effektiver als Mensch (Kosten und Arbeit)

■ Aufgabengebiete:

- Fließband
- Schweißarbeiten
- Lackierarbeiten
- Bestückung
- Umgang mit Gefahrgut

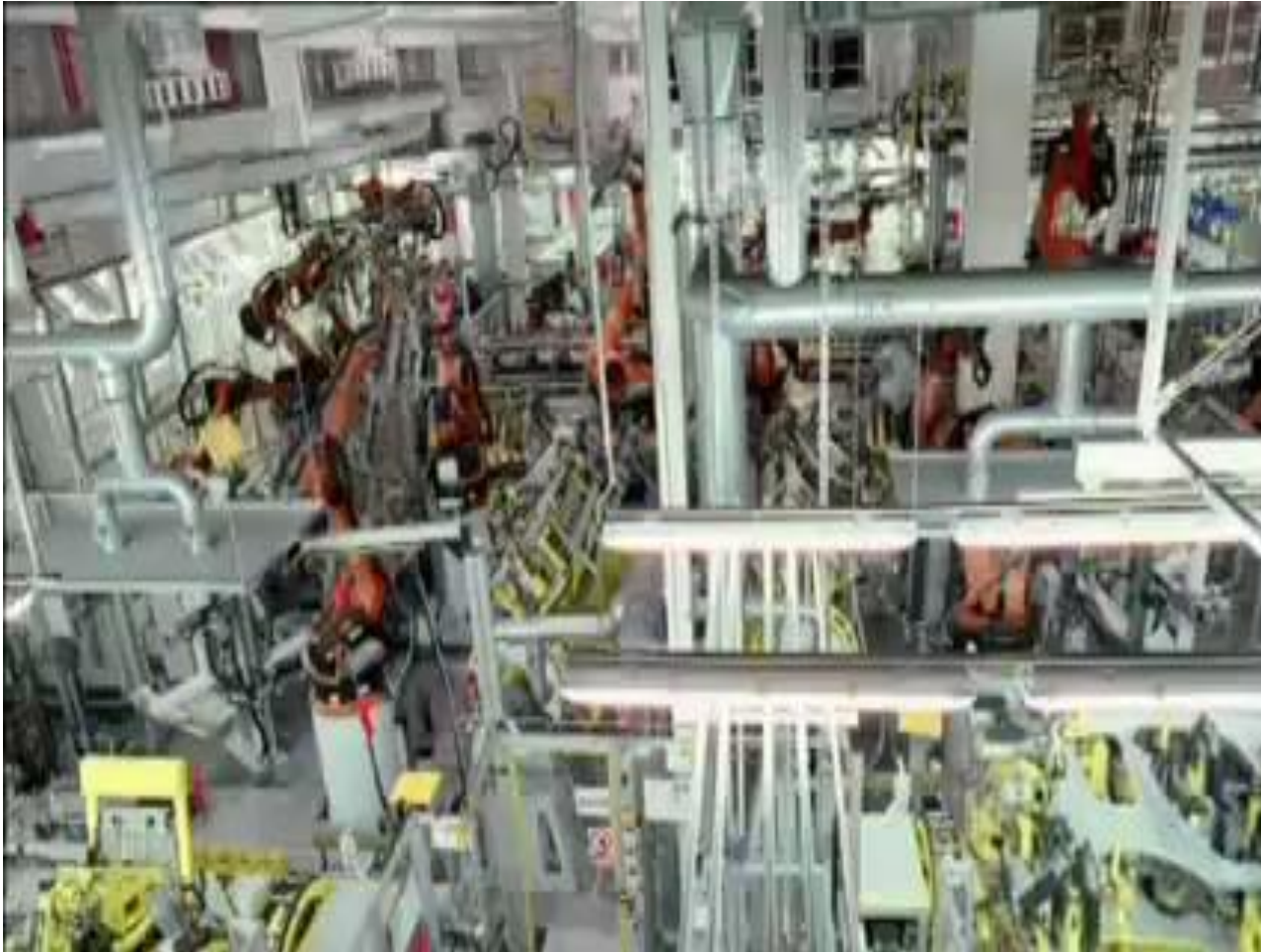




10

most popular
applications for
industrial robots

Industrieroboter in Automobil-Produktion



Television spot “Skoda Giggle” uploaded on YouTube 04/01/2007 by jruckman

Serviceroboter

Service Roboter

- Ein Roboter der halb- oder vollautonom arbeitet, mit dem Ziel, nützliche Dienste zum Wohle von Menschen und Einrichtungen zu erledigen. Ausgenommen sind hierbei Aufgaben im Bereich der industriellen Produktion.

- Klassifizierung in
 - Service für privaten Bereich („domestic service robots“)
 - Service für Einrichtungen, Handwerk („professional service robots“)
 - Sonstige (z.B. für Militär, Forschung, etc.)



„Personal Robot“

„Personal Robot“

- A Robot that resembles human behavior regarding motion, intelligence, and communication. (*T. Fukuda, 2001, How Far Away Is Artificial Man?*)

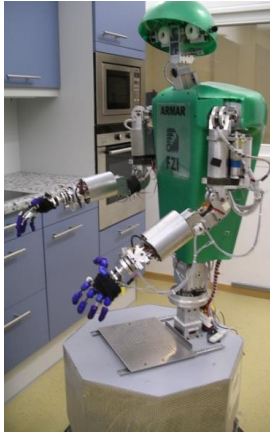
Honda's Asimo



Humanoide Roboter @ KIT



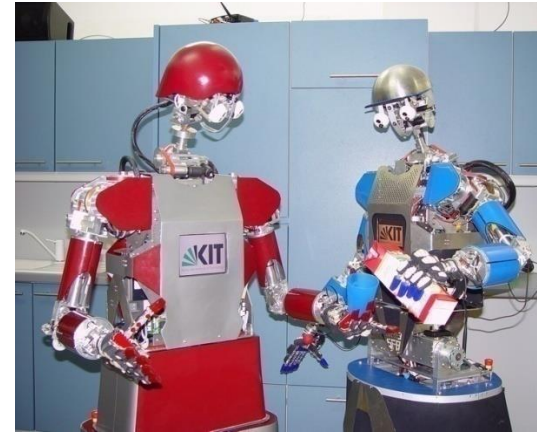
ARMAR, 2000



ARMAR-II, 2002



ARMAR-IIIa, 2006



ARMAR-IIIb, 2008

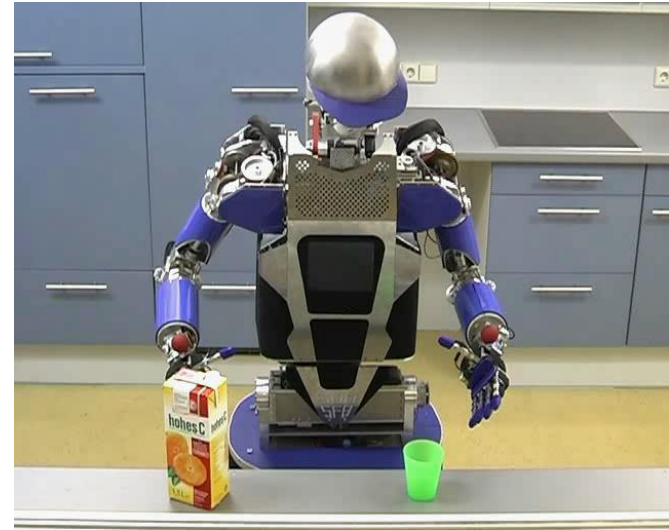


ARMAR-4, 2011

■ Collaborative Research Center 588: Humanoid Robots – Lernende und kooperierende multimodale humanoide Roboter (SFB 588)

- Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- 2001 – 2012
- <http://www.sfb588.uni-karlsruhe.de/>

KIT's ARMAR



Nächste Vorlesung

Donnerstag, 20. Oktober, 17:30 – 19:00 Uhr
Hertz Hörsaal (Geb. 10.11)