

Robotik I: Einführung in die Robotik

Tamim Asfour

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



Organisatorisches

Vorlesungsbetreuer H2T (Geb. 50.20)



Tamim Asfour
Prof. Dr.-Ing.
Raum 017
Tel.: 608 - 47379
asfour@kit.edu



Fabian Paus
M. Sc.
Raum 334
Tel.: 608 – 47126
paus@kit.edu



Peter Kaiser
Dipl.-Inform.
Raum 332
Tel.: 608 – 47132
peter.kaiser@kit.edu



Mirko Wächter
Dr.-Ing.
Raum 333
Tel.: 608 – 48322
mirko.waechter@kit.edu



Christian Mandery
Dr.-Ing.
Raum 326
Tel.: 608 – 41625
mandery@kit.edu



Jonas Beil
Dipl.-Ing.
Raum 230
Tel.: 608 – 45935
jonas.beil@kit.edu



Markus Grotz
Dipl.-Inform.
Raum 334
Tel.: 608 – 45388
markus.grotz@kit.edu



Samuel Rader
M. Sc.
Raum 228
Tel.: 608 – 48489
samuel.rader@kit.edu

Sprechstunde

- Tamim Asfour
 - Mittwochs 10:00 –12:00 Uhr,
und nach Vereinbarung per email an
asfour@kit.edu
- Weiter Sprechstunden: Siehe H²T Webseite
 - www.humanoids.kit.edu
 - www.humanoids.de

H²T: Geb. 50.20

H²T am Institute für
Anthropomatik
und Robotik



Termine

■ Vorlesung & Übung

- Hörsaal: Fasanengarten-Hörsaal (HS a.F., Geb. 50.35)
- Montag, 17:30 - 19:00 Uhr
- Donnerstag, 17:30 - 19:00 Uhr
- Übung: 14-tägig

■ 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

Themen der Vorlesung

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

Literatur

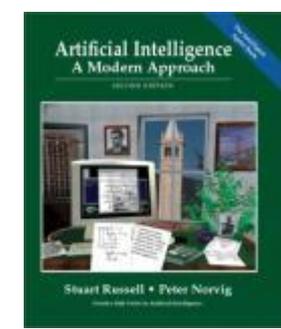
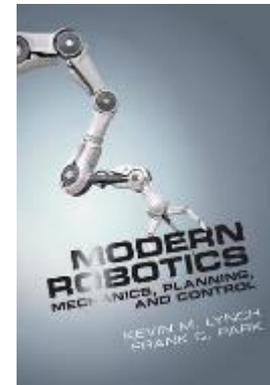
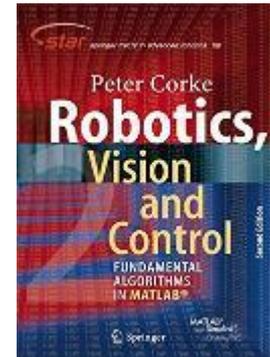
- Handbook of Robotics: **Umfassender Überblick Robotik (1600 Seiten)**
Bruno Siciliano and Oussama Khatib
PDF aus dem KIT-Netz verfügbar unter
<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-32552-1>

- Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in Matlab
Peter Corke

- Kinematik, Dynamik, Steuerung, Regelung, Planung
 - Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence
Fu, Gonzalez, Lee
 - Modern Robotics: Mechanics, Planning and Control
Kevin M. Lynch and Frank C. Park

- Planung, Architektur
 - Artificial Intelligence – A Modern Approach (2nd Edition)
Russel, Norvig

- Ausgewählte Publikationen
 - Details siehe ILIAS Arbeitsbereich



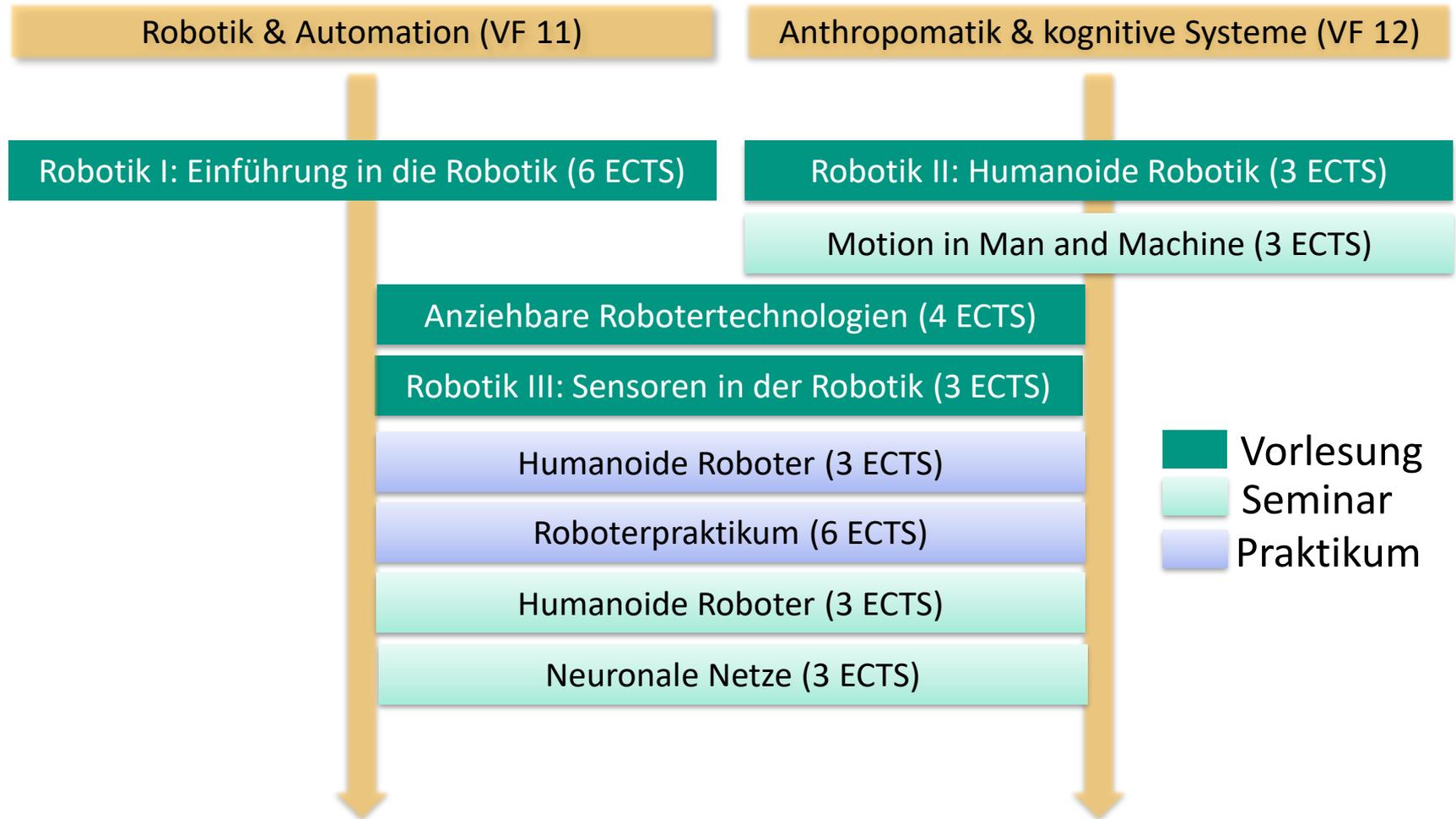
Prüfung

- Robotik I ist Stammmodul zum Vertiefungsfach „Robotik und Automation“
- Prüfung: **Schriftlich**
- Klausur im WS 17/18
 - Termin: **16. März 2018, 14:00 Uhr**
 - Anmeldung: **im Campus-System, <https://campus.studium.kit.edu>**
- Klausur im SS 2018
 - Termin: wird bekannt gegeben

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

Vorlesungen	Praktika	Seminare
Mechano-Informatik in der Robotik (4 ECTS)	Lego Mindstorms (3 ECTS)	Humanoide Roboter (3 ECTS)
Rechnerorganisation (6 ECTS)	Humanoide Roboter (3 ECTS)	Neuronale Netze (3 ECTS)
Digitaltechnik (6 ECTS)	Roboterpraktikum (6 ECTS)	Motion in Man and Machine (3 ECTS)
Robotik II: Humanoide Robotik (3 ECTS)	Basispraktikum Mobile Roboter (4 ECTS)	
Anziehbare Robotertechnologien (4 ECTS)		
Robotik III: Sensoren in der Robotik (3 ECTS)		
Praxis der Softwareentwicklung (6+2 ECTS)		
Praxis der Forschung (24 ECTS)		
Robotik: Informatik zum Anfassen (Schüler AG am Goethe Gymnasium)		

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)	Robotik III: Sensoren Robotik	
	Anziehbare Robotertechnologien (4 ECTS)	
Mobile Roboter (4 ECTS)	Motion in Man and Machine (3 ECTS)	
Digitaltechnik* (6 ECTS)	Humanoide Roboter (3 ECTS)	
Rechnerorganisation* (6 ECTS)	Roboterpraktikum (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 17/18

- Vorlesung:

Robotik I – Einführung in die Robotik

 Mathematische Grundlagen,

 Bewegungs- und Greifplanung,

 Steuerungsarchitekturen, symbolische Planung, ...

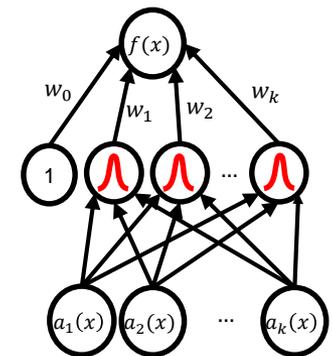
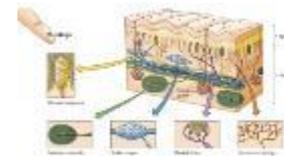
- Vorlesung:

Mechano-Informatik in der Robotik

 Mechano-Informatik als synergetische Integration

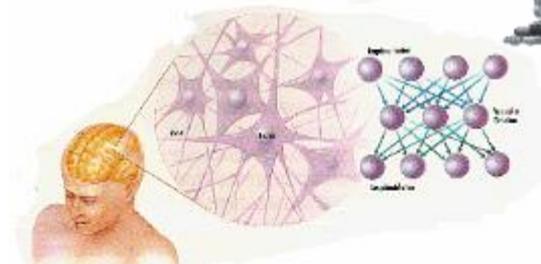
 von Mechatronik, Informatik und künstlicher

 Intelligenz



Lehrveranstaltungen am H²T im WS 17/18

- Seminare:
 - Humanoide Roboter
 - Neuronale Netze und künstliche Intelligenz
- Praktika
 - Humanoide Roboter
Blockpraktikum am Ende des Semesters
 - Lego Mindstorms
Semesterbegleitendes Praktikum

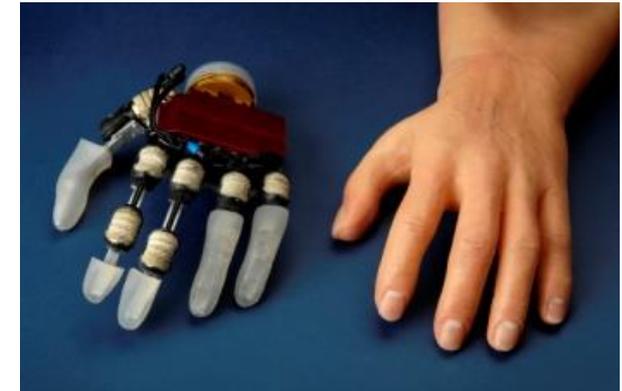


- Details zu allen Veranstaltungen und Links zur Anmeldung (über ILIAS) auf unserer Homepage: www.humanoids.kit.edu

Institute für Anthropomatik und Robotik (IAR)

Anthropomatics and Robotics

- Science and technologies to improve human's quality of life
- **Anthropomatics: The science of the symbioses between human and machine**



Institute for Anthropomatics and Robotics (IAR)

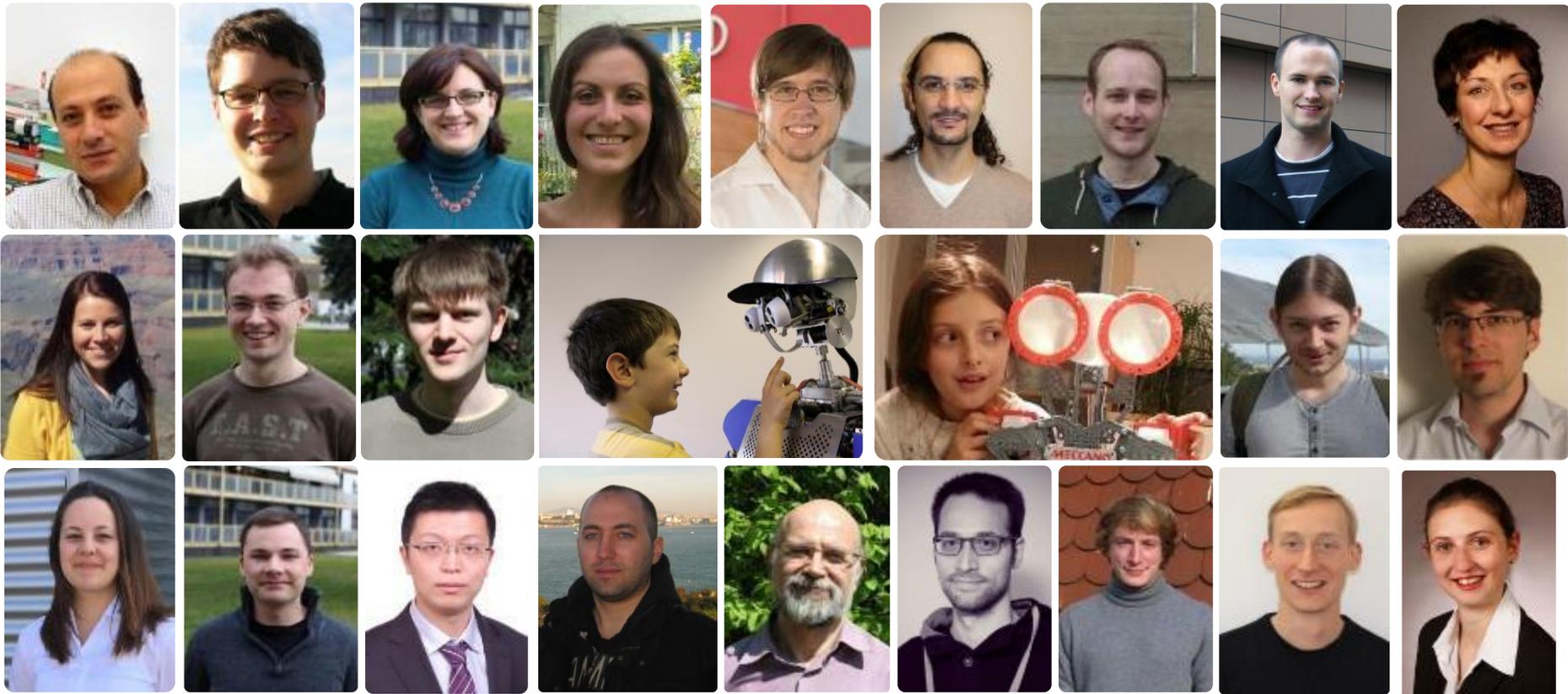
10 Labs, approx. 150 members

<ul style="list-style-type: none"> • High Performance Humanoid Technologies <p>Asfour</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Vision and Fusion <p>Beyerer</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Humanoids and Intelligence Systems <p>Dillmann</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Intelligent-Sensor-Actuator Systems <p>Hanebeck</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Intelligent Industrial Robotics <p>Hein</p> 
<ul style="list-style-type: none"> • Intelligent Process Control and Robotics <p>Kröger</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Computer Vision for Human Computer Interaction <p>Stiefelhagen</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Interactive Systems <p>Waibel</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomous Learning Robots <p>N.N.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Medical Robotics <p>N.N.</p> 

Humanoids@KIT

My team

Humanoids@KIT



H²T Research Topics

Mechano-Informatics

Learning
from Observation and Experience

Perception
Vision and Haptics

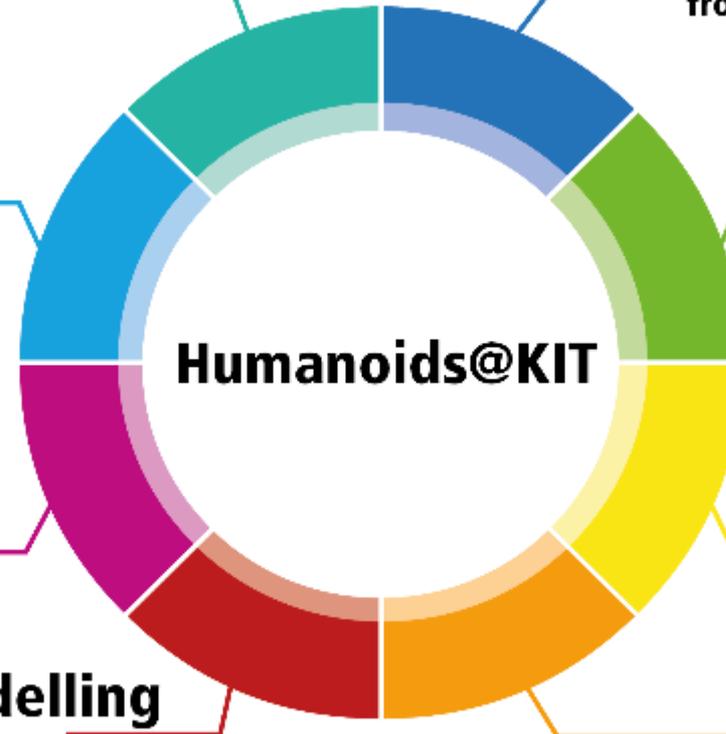
Human Body
and Motion Analysis

Grasping
and Manipulation

Balancing
and Walking

Mathematical Modelling

Robot Design



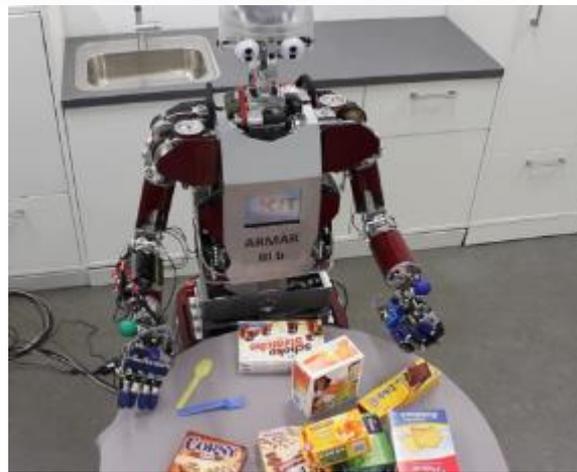
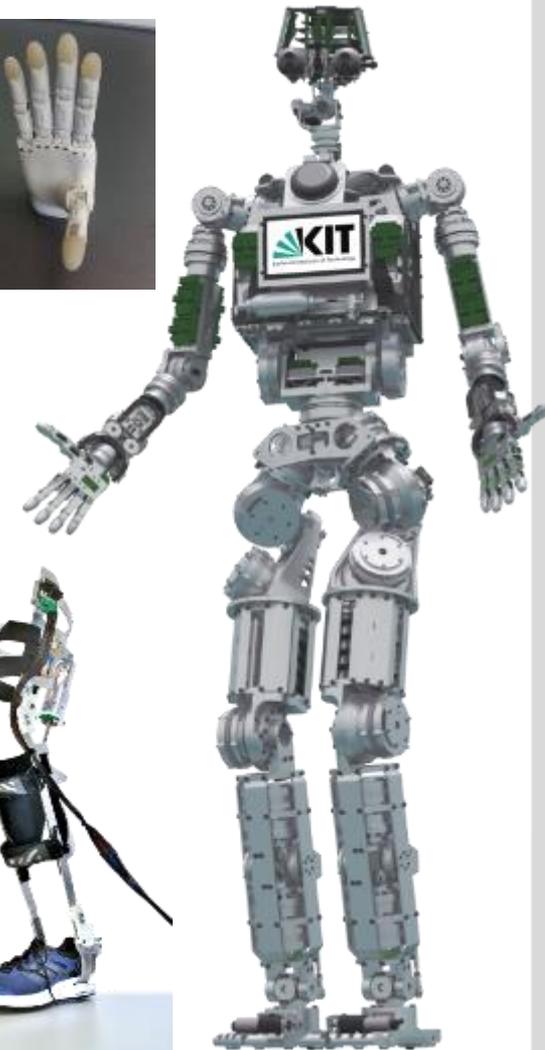
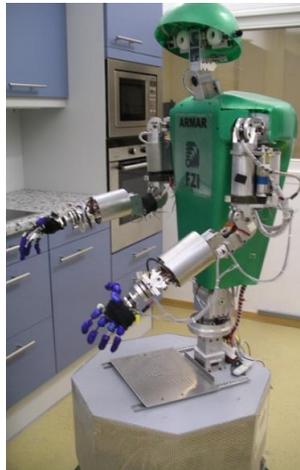
Humanoide Robotik am KIT

- Engineering humanoider Roboter
- Greifen und Manipulation
- Lernen aus Beobachtung des Menschen und aus Erfahrung
- Natürliche Interaktion and Kommunikation



© SFB 588

The ARMAR robot family



ARMAR-IIIa and ARMAR-IIIb

- 7 DOF head with foveated vision
 - 2 cameras in each eye
 - 6 microphones
- 7-DOF arms
 - Position, velocity and torque sensors
 - 6D FT-Sensors
 - Sensitive Skin
- 8-DOF Hands
 - Pneumatic actuators
 - Weight 250g
 - Holding force 2,5 kg
- 3 DOF torso
 - 2 Embedded PCs
 - 10 DSP/FPGA Units
- Holonomic mobile platform
 - 3 laser scanner
 - 3 Embedded PCs
 - 2 Batteries
- Weight: 150 kg



Fully integrated humanoid system

ARMAR-4: Mechano-Informatics

- Torque controlled
- 3 on-board embedded PCs
- 76 Microcontroller
- 6 CAN Buses

- 63 DOF
 - 41 electrically-driven
 - 22 pneumatically-driven (Hand)

- 238 Sensors
 - 4 Cameras
 - 6 Microphones
 - 4 6D-force-torque sensors
 - 2 IMUs
 - 128 position (incremental and absolute), torque and temperature sensors in arm, leg and hip joints
 - 18 position (incremental and absolute) sensors in head joints
 - 14 load cells in the feet
 - 22 encoders in hand joints
 - 20 pressure sensors in hand actuators
 - ...



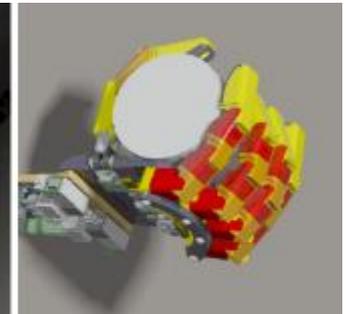
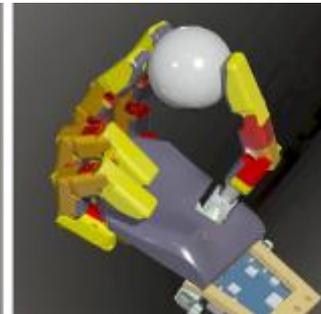
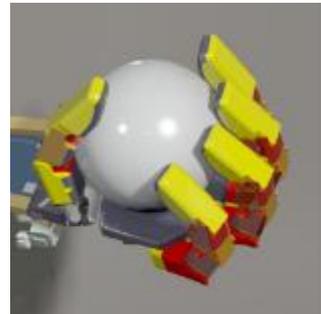
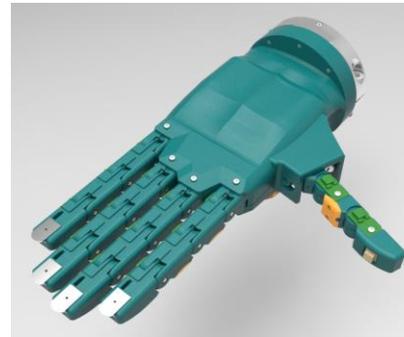
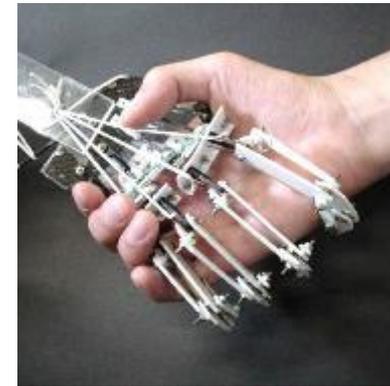
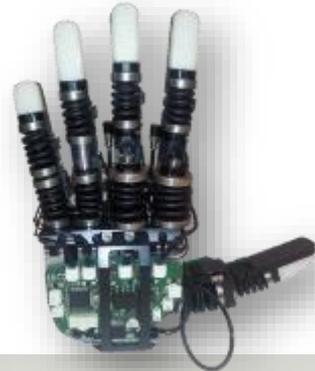
**More than
mechatronic**

**ARMAR-IV
made@KIT**

70 kg

170 cm

The ARMAR Family: Hands



Humanoids in the real world

- Engineering Humanoids
- Grasping and manipulation
- Learning for human observation and experience
- Natural Interaction and communication



© SFB 588

ARMAR-III in the RoboKITchen

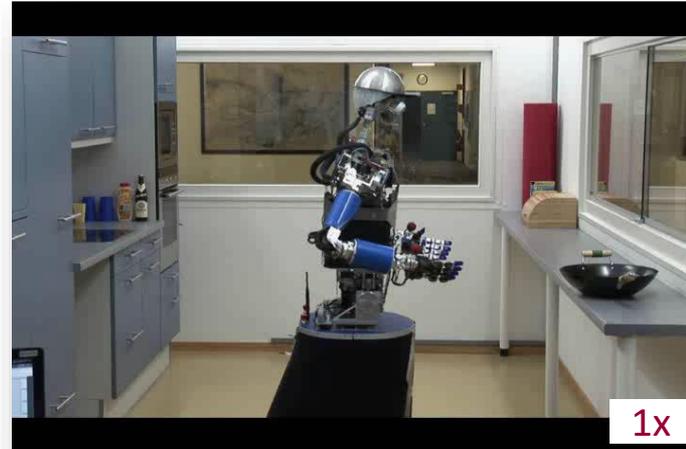


45 minutes task, more than 2250 times since February 3, 2008

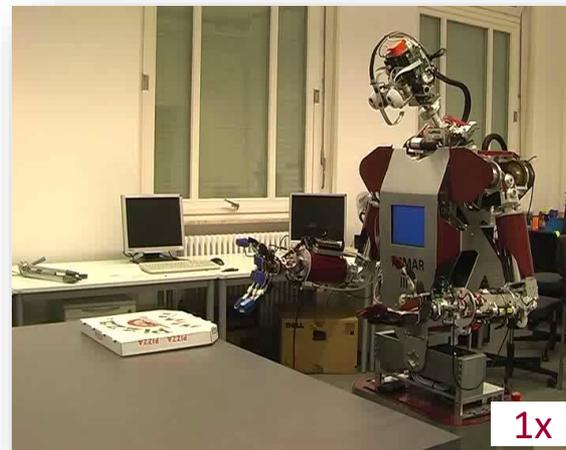
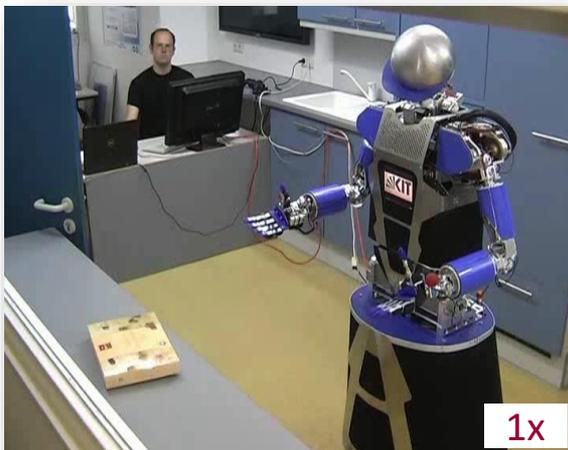


Advanced grasping capabilities

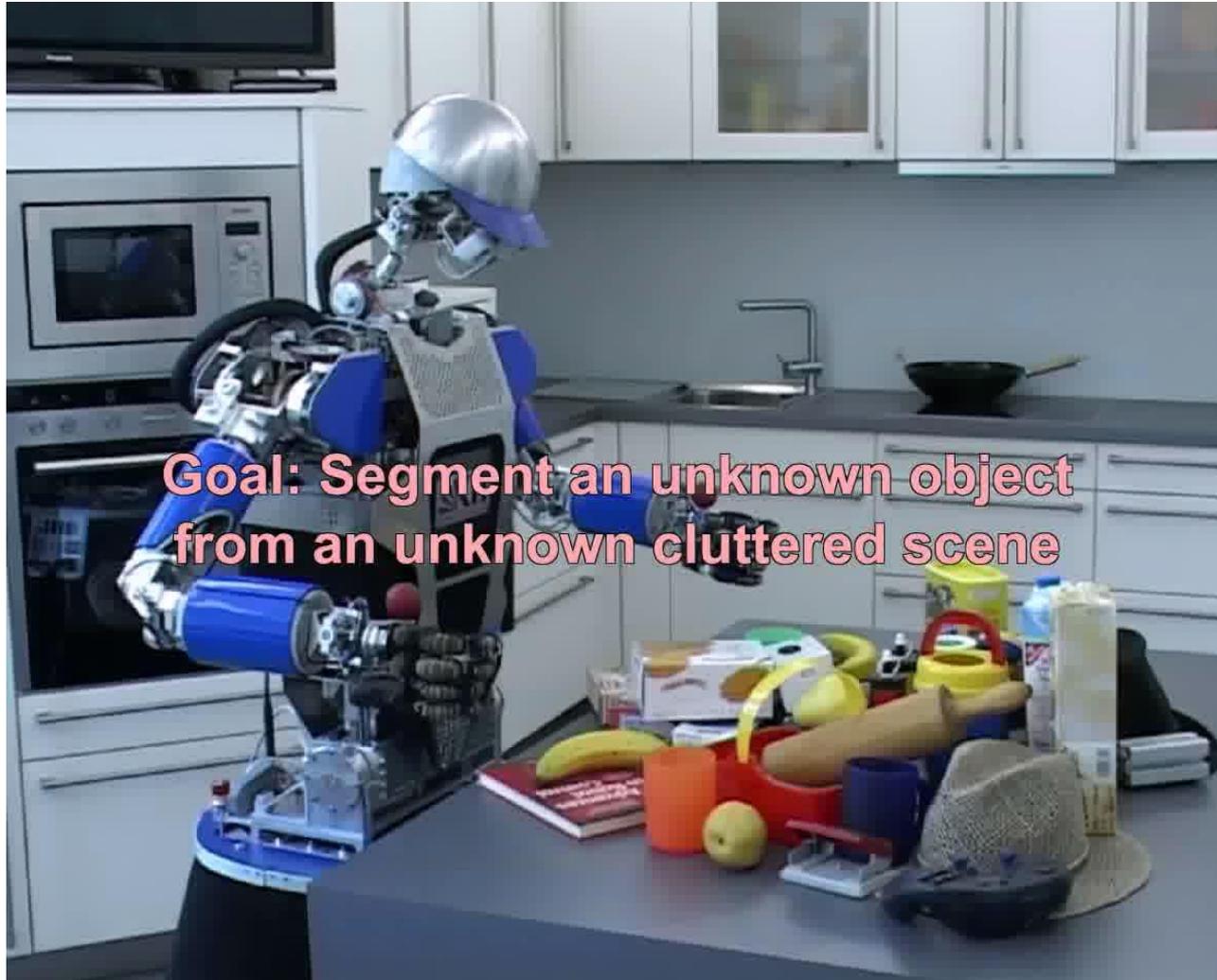
■ Bimanual grasping and manipulation



■ Pre-grasp manipulation



Discover, segment, learn and grasp unknown objects



Combining vision, action and haptics for grasping



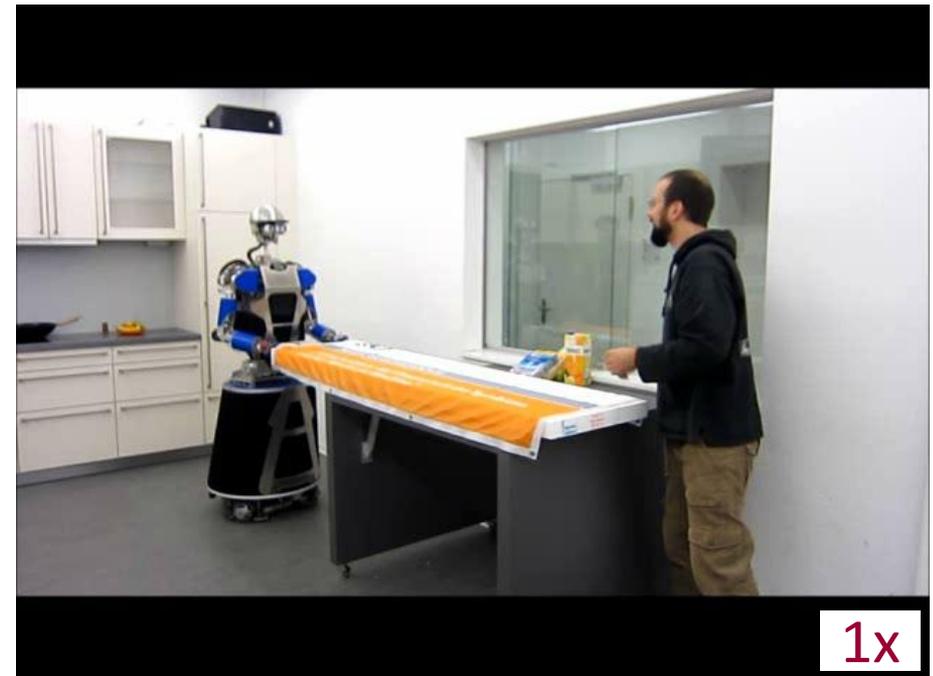
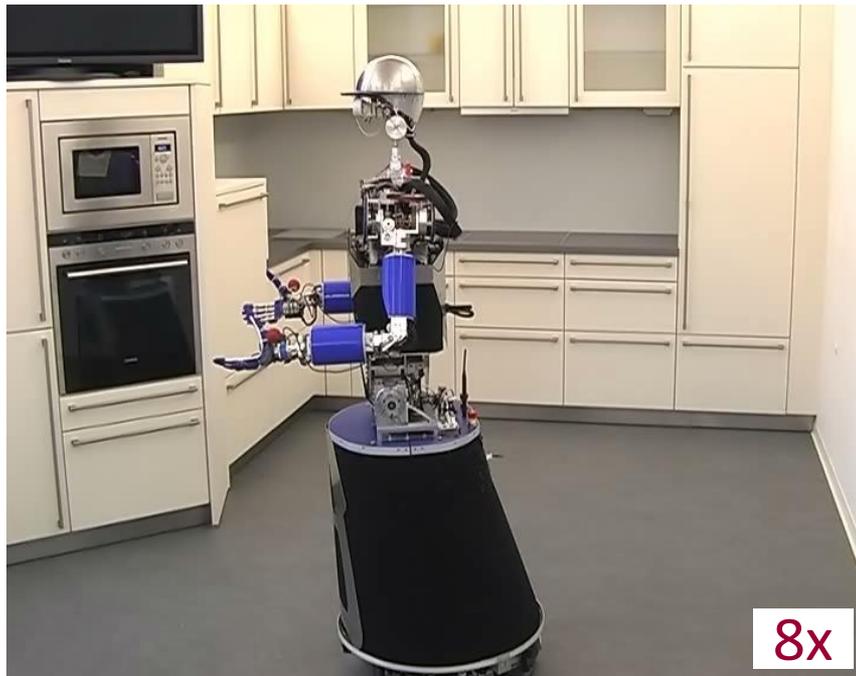
Initial object hypotheses

Generate **hypotheses** based on
Color, Geometric primitives
and **Saliency**

Hypothesis 49 is chosen
for verification by pushing



Physical human-robot interaction



Predicting human motion “intention” based on force feedback

Humanoids in the real world

- Engineering Humanoids
- Grasping and manipulation
- Learning for human observation and experience
- Natural Interaction and communication



© SFB 588

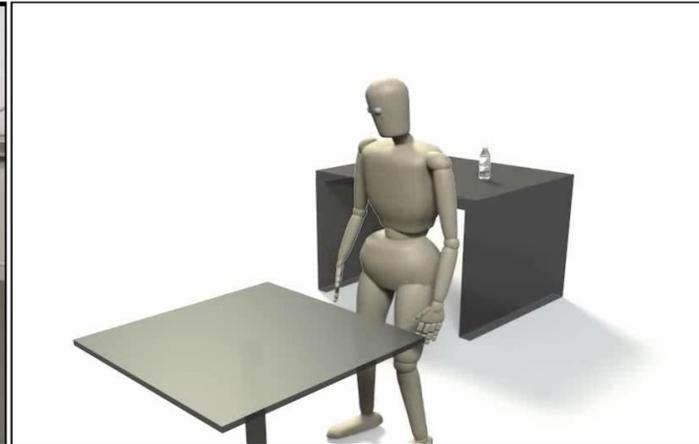
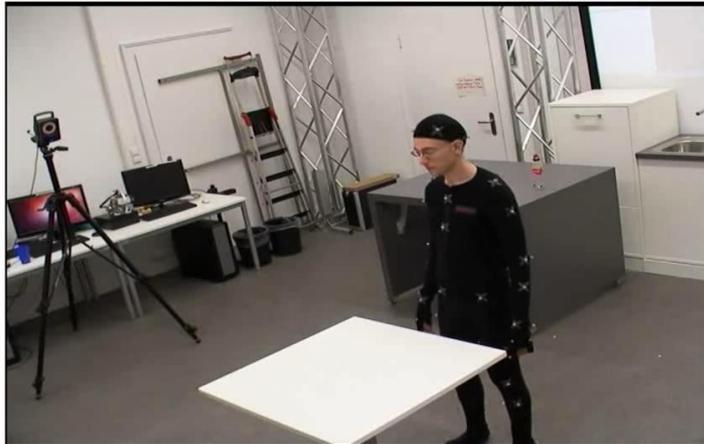
Learning from human observation

- Motion alphabet, similar to natural language
- Library of motion primitives, represented as DMPs
- Tasks as sequences of motion primitives



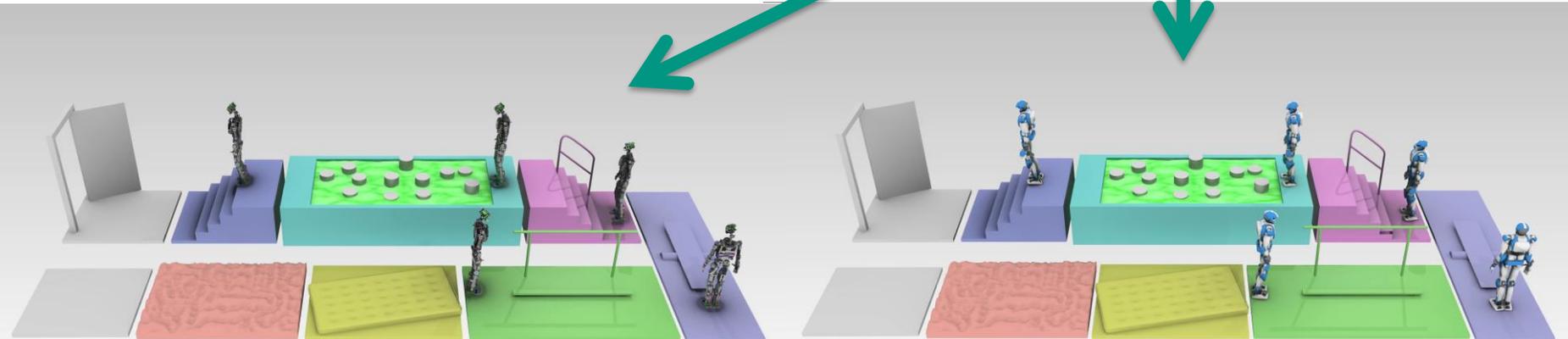
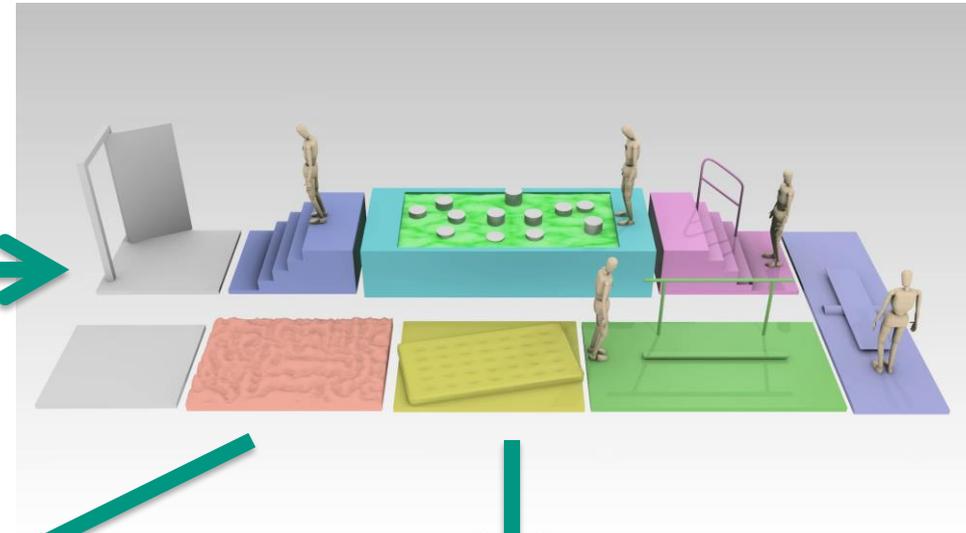
Learning whole-body actions

<https://motion-database.humanoids.kit.edu>



Conversion of Human and Object Motions with the MMM Framework

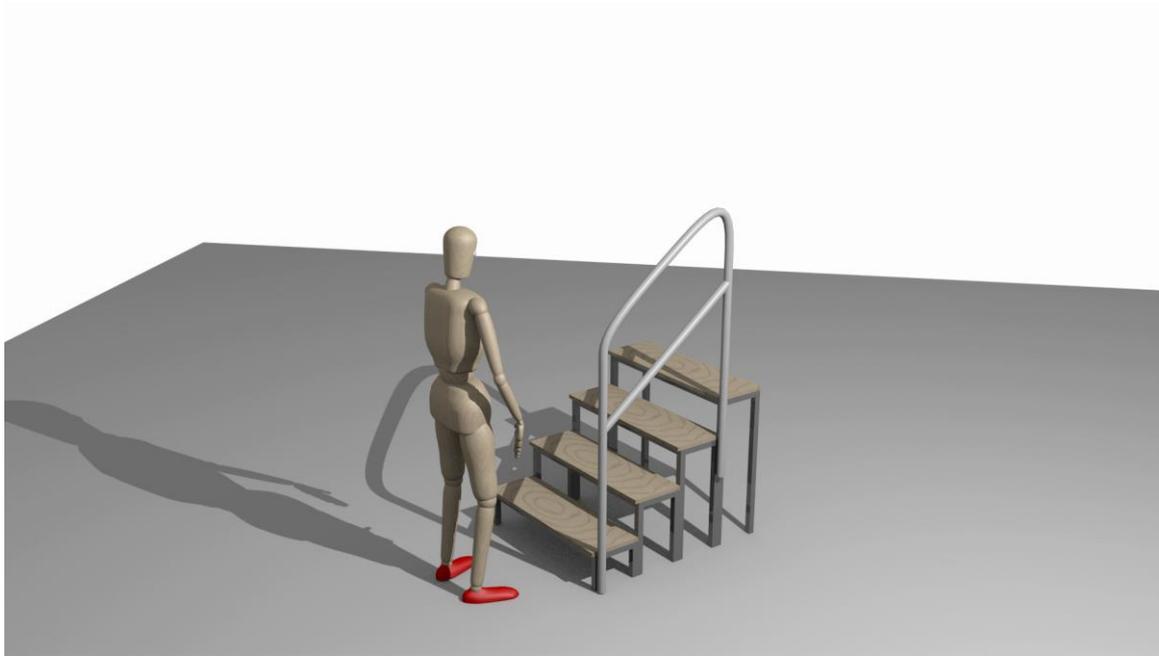
From human motion to robot programs



Analysis of pose transitions

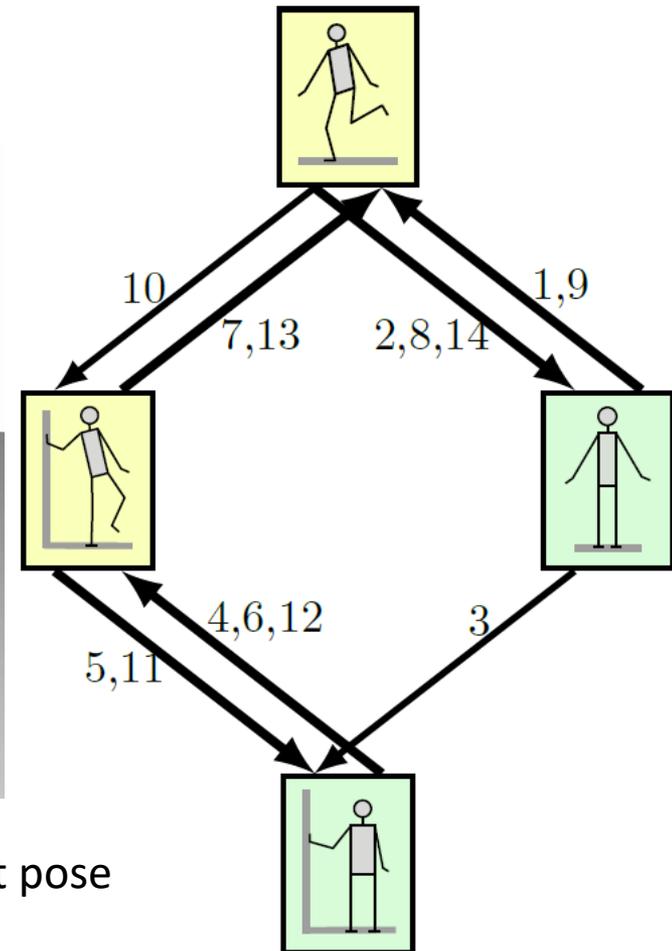
Going upstairs with a handle

Detection of **support contacts** highlighted in red

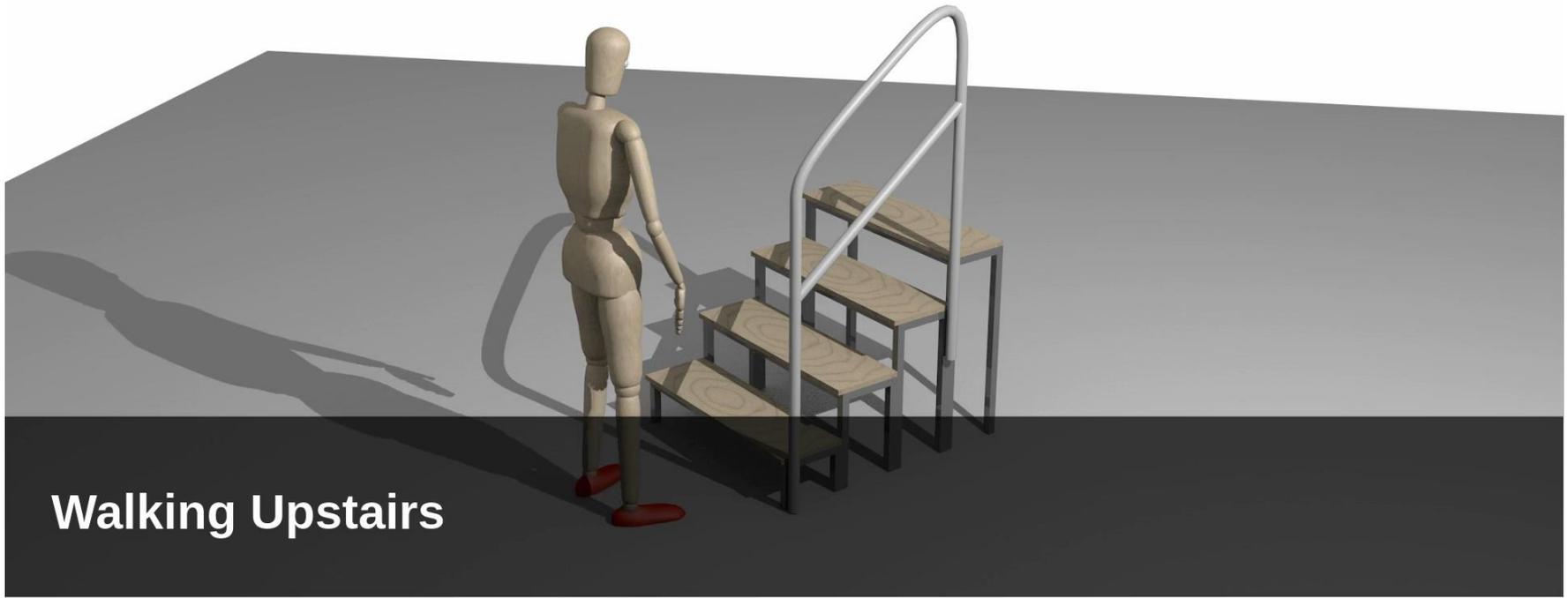


Subject swings left leg with a **right foot – right hand** support pose

Generated graph of transitions:



Semantic of human actions



Walking Upstairs

Natural language model to generate motions

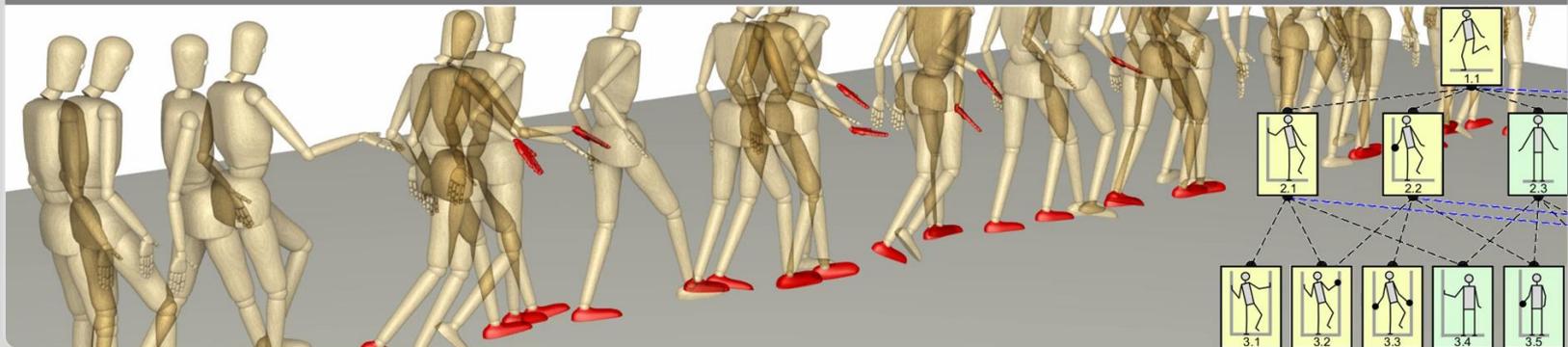
■ Motion (sentence) as sequences of poses (words)



Using Language Models to Generate Whole-Body Multi-Contact Motions

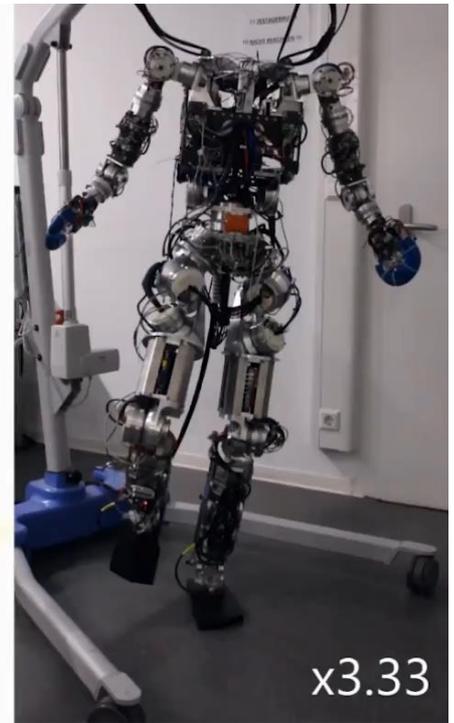
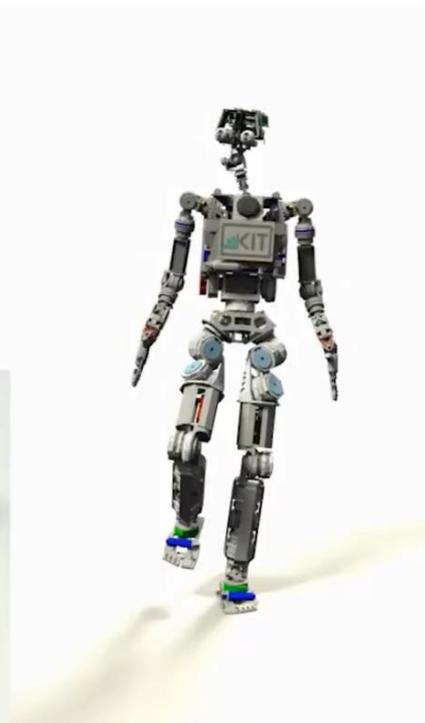
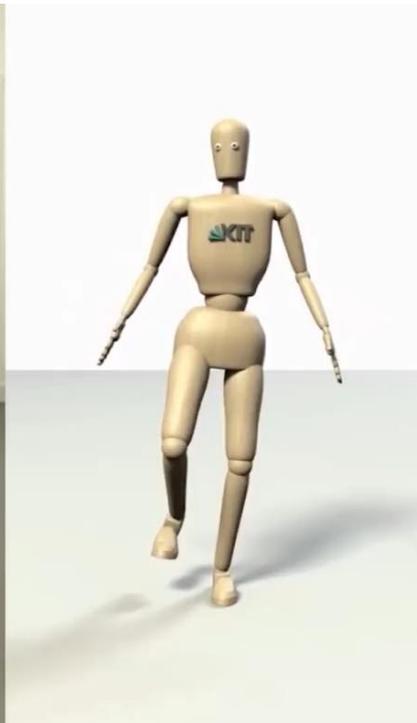
Christian Mandery, Júlia Borràs, Mirjam Jöchner, Tamim Asfour

Institute for Anthropomatics and Robotics (IAR), High Performance Humanoid Technologies (H²T)



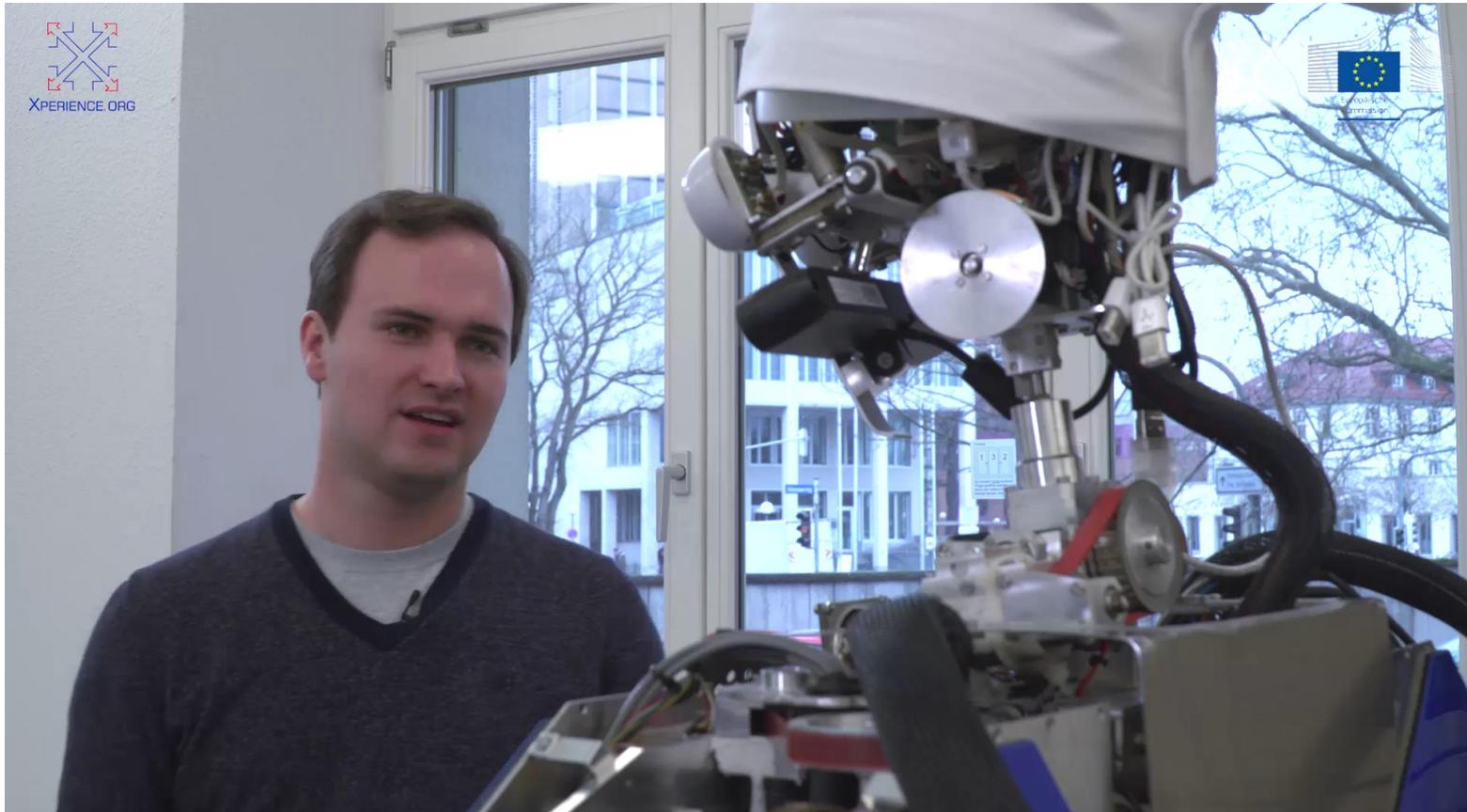
From human motion to robot programs

Human → MMM → robot model → real robot



Integration of AI, machine learning, vision and control

- ARMAR, please help me to prepare dinner for two people



ARMAR-6: Robotertechnologien im Lagerhaus

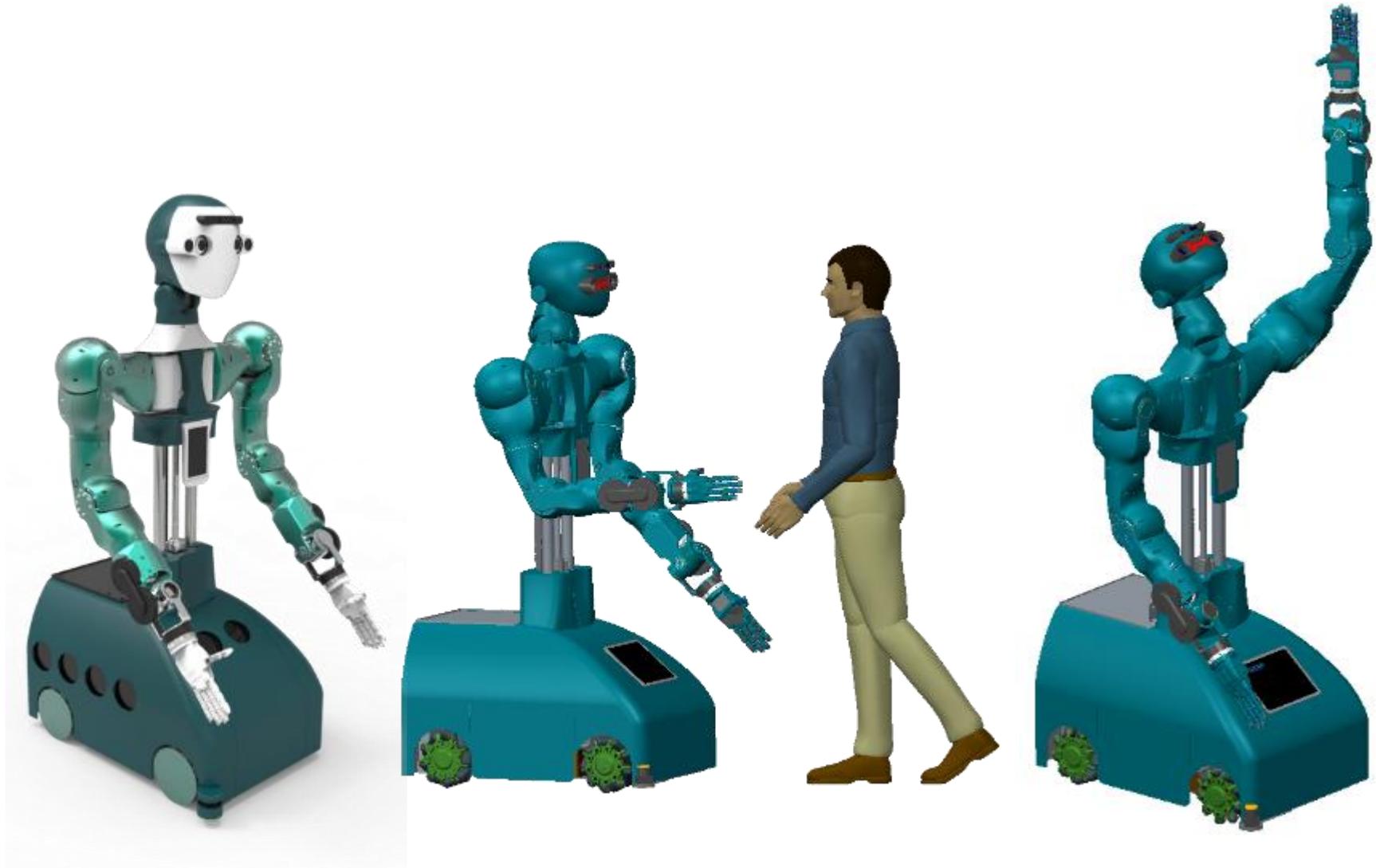
- **SecondHands: A robot assistant for industrial maintenance**
 - *EU-Horizon 2020* Projekt (2015 – 2019)
 - Ocado, KIT, Sapienza, EPFL, UCL
- Roboter unterstützt Techniker bei Wartungsarbeiten im Lagerhaus



ARMAR-6: Robotertechnologien im Lagerhaus



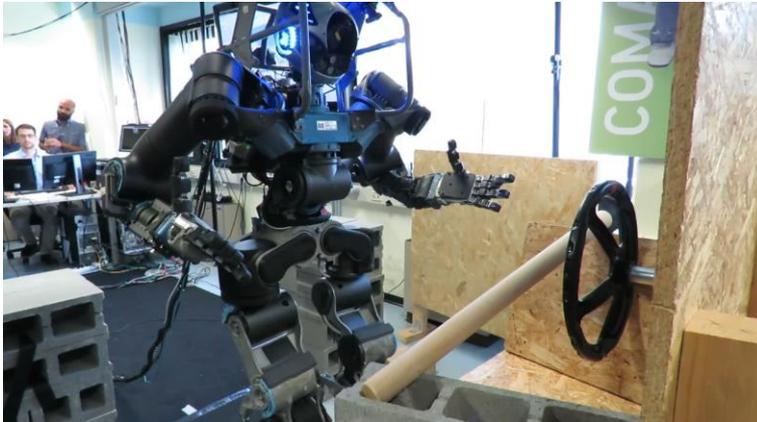
ARMAR-6-SH



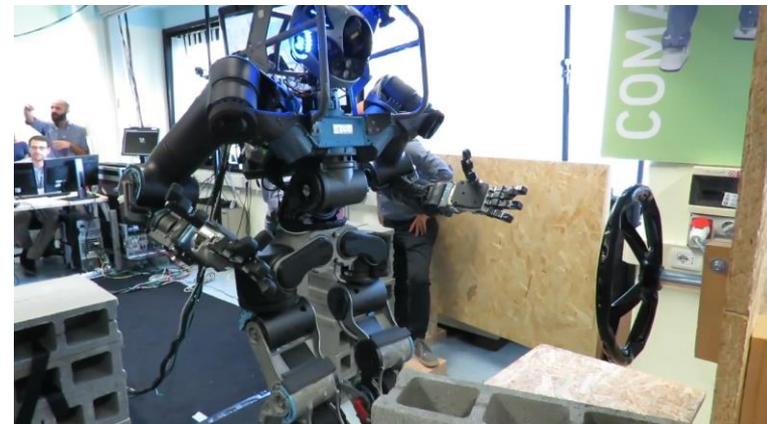
Roboter in Katastrophenszenarien



■ Manipulation in unteraktuierter Umgebung

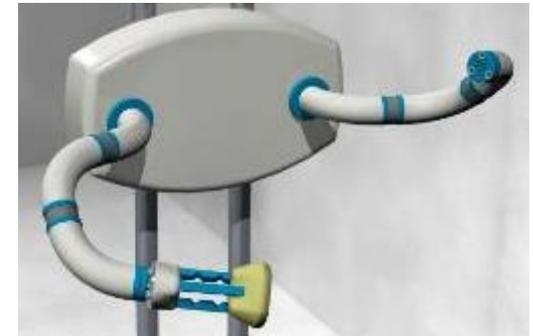
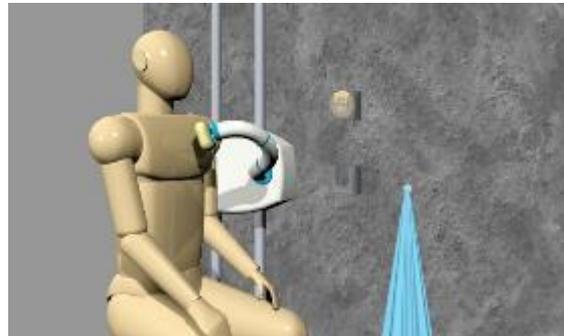


Task: Remove the pipe



Roboter im Pflegebereich

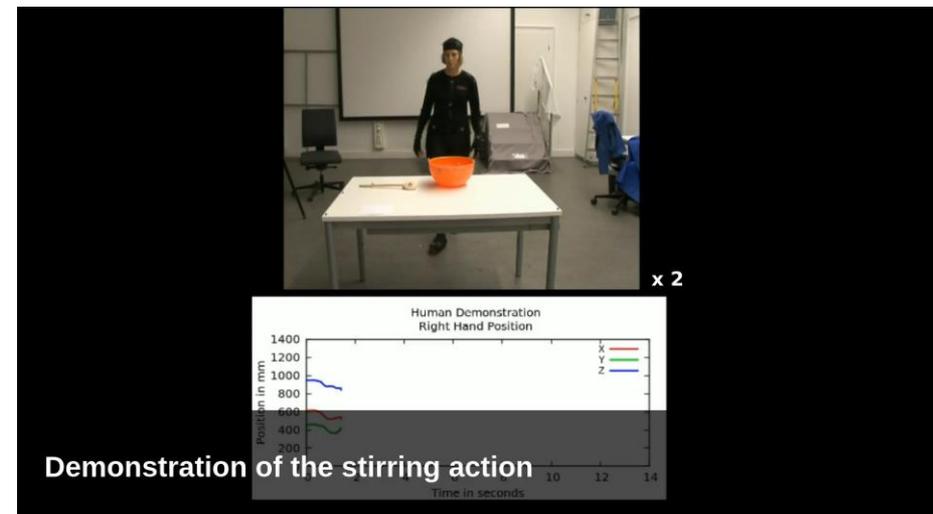
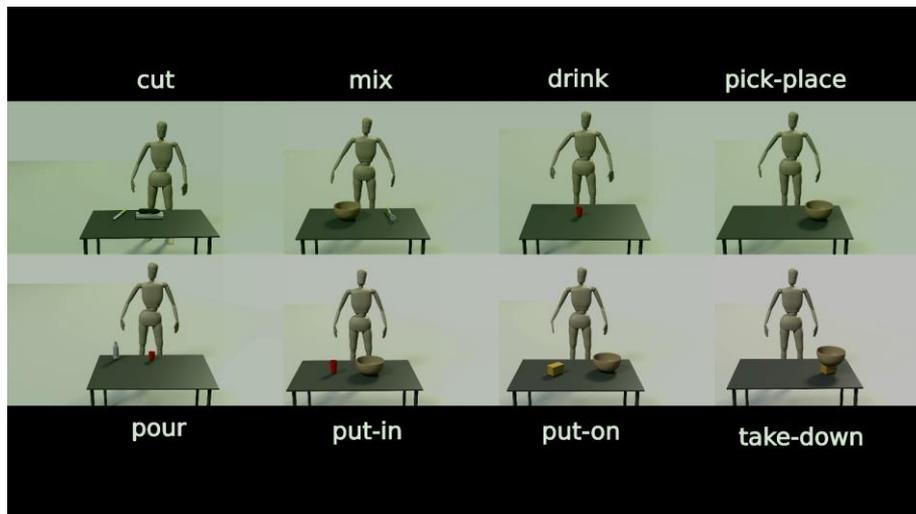
- Unterstützung beim Durschen und Trocknen



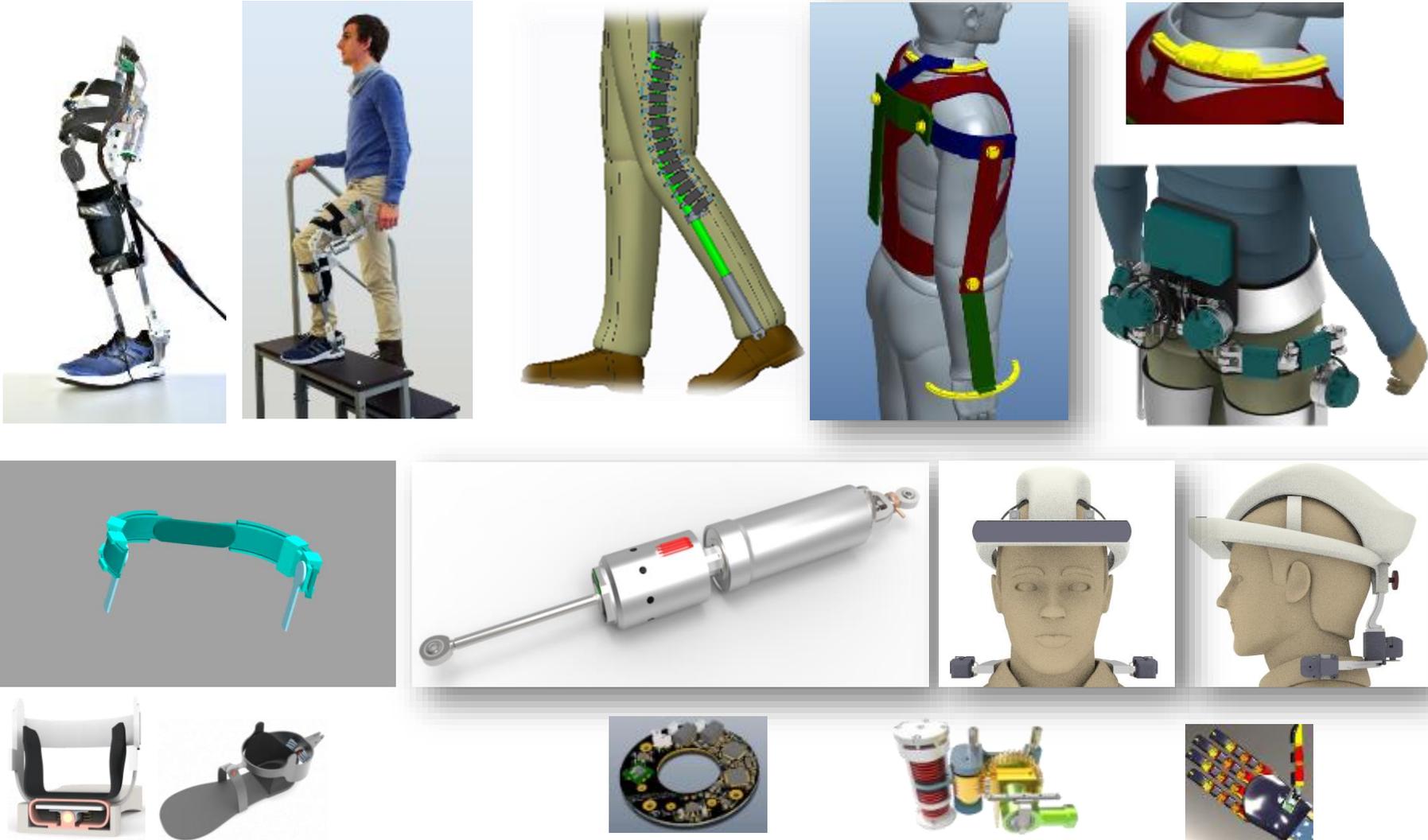
Wahrnehmung der Zeit



- Wie nehmen Menschen **Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft** wahr
- Was können wir daraus für die Robotik lernen?



ARMAR-5: Anziehbare Roboter



Vorlesung

ROBOTIK I

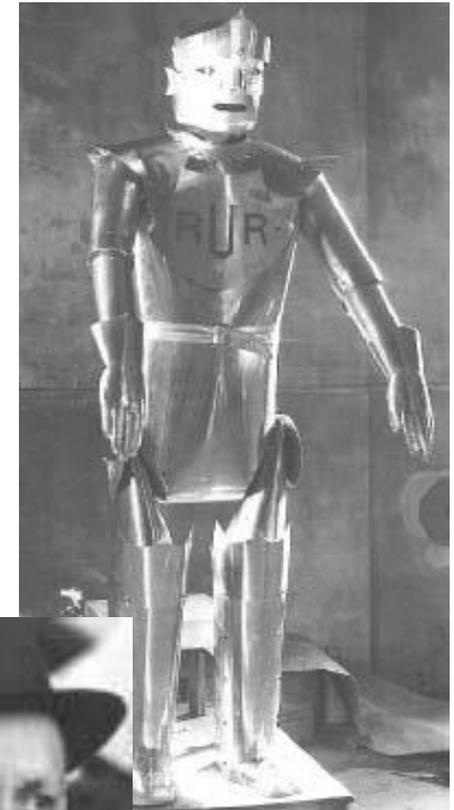
Robotik

- Begriffsbildung
- Geschichte
- Teilbereiche
- Anwendungsfelder & Beispiele

Begriffsbildung

Begriff: Roboter

- Karel Capek (1920) prägte den Begriff „robota“ (westslawisch: Schwerarbeit) in seinem Roman R.U.R (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

IEEE Robotics and Automation Society: Technical Committee on Robot Ethics

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

Begriff: Robotik (wikipedia, 2017)

- Das Themengebiet der **Robotik** (auch Robotertechnik) befasst sich mit dem Versuch, das Konzept der **Interaktion** mit der **physischen** Welt auf Prinzipien der **Informationstechnik** sowie auf eine technisch machbare **Kinetik** zu reduzieren. Der Begriff des „Roboters“ beschreibt dabei eine Entität, welche diese beiden Konzepte in sich vereint, indem sie die Interaktion mit der physischen Welt auf der Basis von Sensoren, Aktoren und Informationsverarbeitung umsetzt.

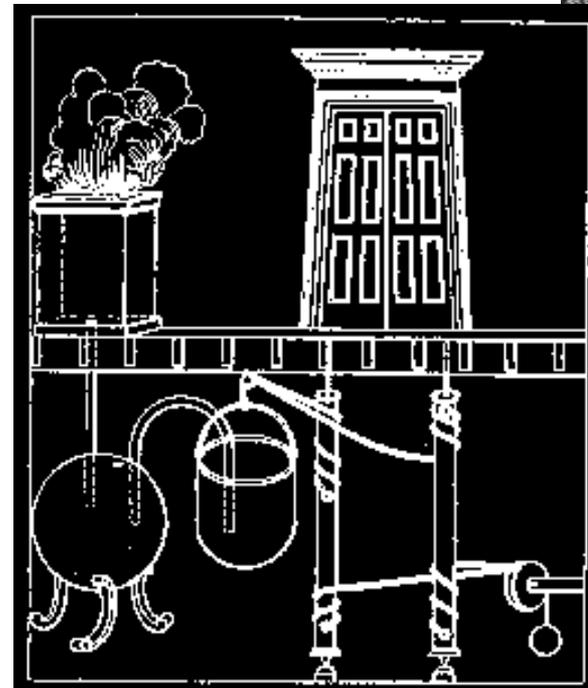
Kernbereich der Robotik ist die Entwicklung und Steuerung solcher Roboter. Sie umfasst Teilgebiete der **Informatik (insbesondere von Künstlicher Intelligenz)**, der **Elektrotechnik und des Maschinenbaus**. Ziel der Robotik ist es, durch Programmierung ein gesteuertes Zusammenarbeiten von Roboter-Elektronik und Roboter-Mechanik herzustellen.

Robotik

- Begriffsbildung
- Geschichte
- Teilbereiche
- Anwendungsfelder & Beispiele

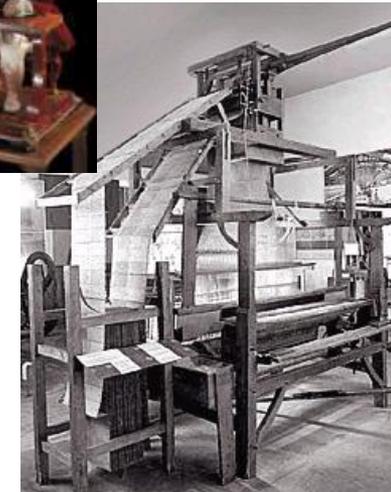
Geschichte der Robotik

- 1. Jh. n. Chr., Heron von Alexandria, Automatischer Altar
- 3. Jh. n. Chr., Vierbeinige Laufmaschine, China, 200-250 kg Nutzlast bei einer Geschwindigkeit von 10 km pro Tag



Geschichte der Robotik

- 15. Jhd, Leonardo Da Vinci, mechanischer Soldat
- 1738, Jaques de Vaucanson, mechanische Ente: Flügel schlagen, Schnattern, Wasser trinken, Körner essen und verdauen
- 1774, Pierre Jaquet-Droz & Jean-Frédéric Leschot mechanischer Schreiber
- 1805, Joseph Maria Jacquard, programmierbarer Webstuhl (Lochkarten)

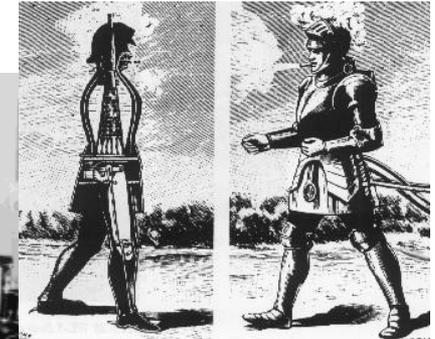


Geschichte der Robotik

- 1893, George Moore, Steam Man
- 1927, Haushaltsroboter Televox;
Schaltzentrale für Haushalt
- 1930, Sabor II; Unterhaltungszwecke
- 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

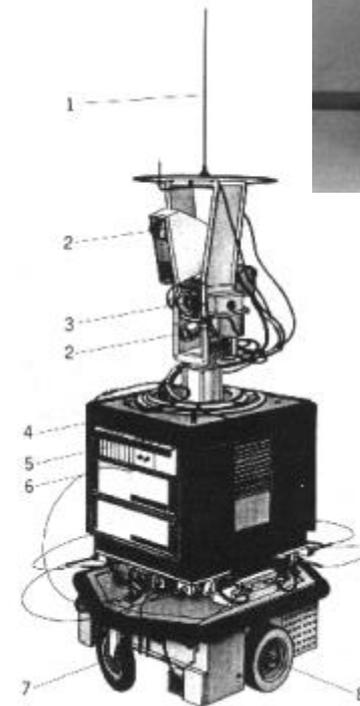
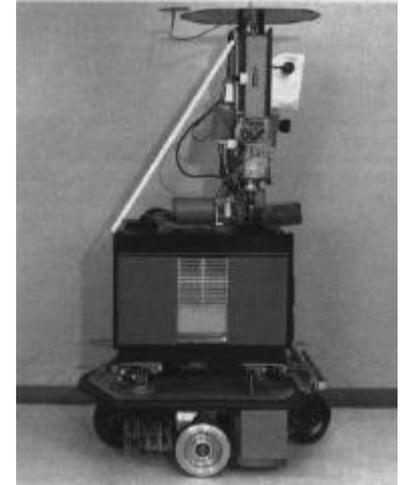


Sabor IV

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; erster mobiler Roboter, mit Bildverarbeitung

[See Celebration of the 50th Anniversary of Shakey at ICRA 2015](#)



- Shakey**
1. Antenna for radio link
 2. Range finder
 3. Television camera
 4. Onboard logic unit
 5. Camera control unit
 6. Collision avoidance detector
 7. Caster wheel
 8. Drive wheel

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



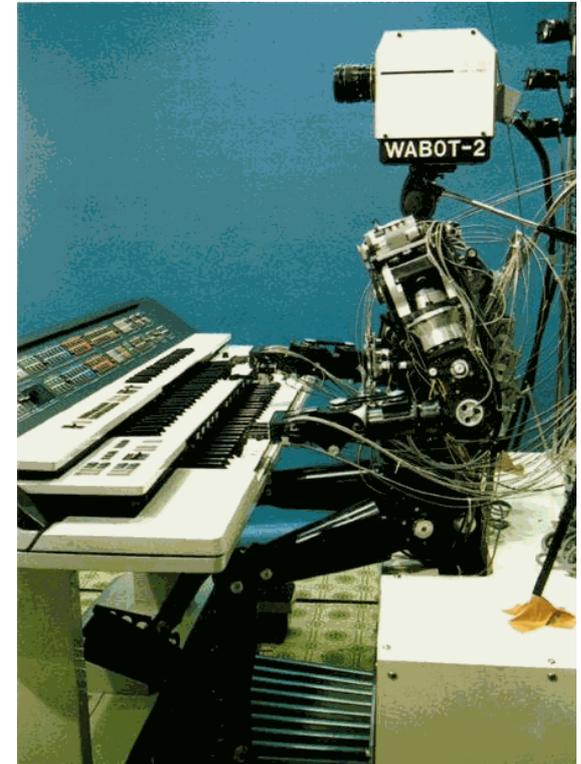
Wabot-1



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, Pathfinder MARS Mission
- 1998, DLR Hand
- The Sociable Machine Project, Kismet
- 2005, Wakamaru, Mitsubishi



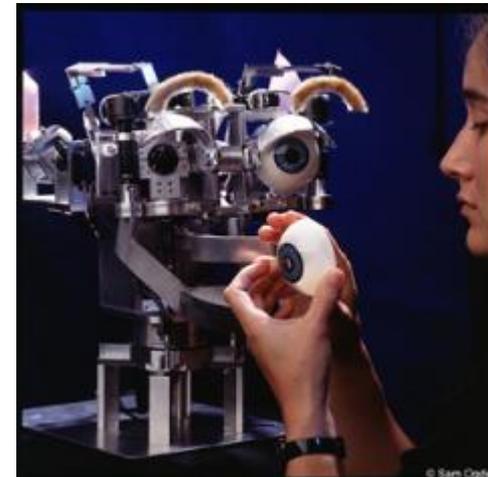
Sojourner



Wakamaru



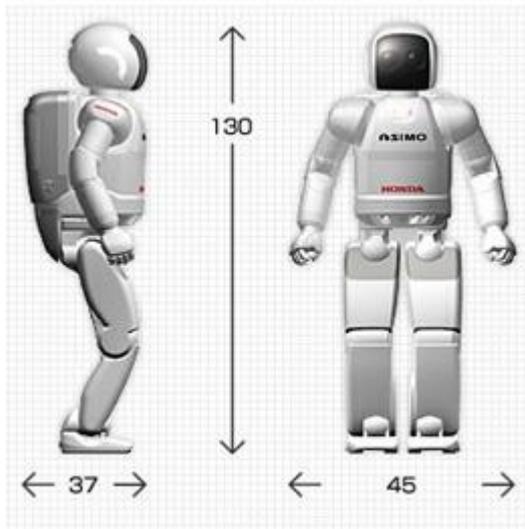
DLR-Hand



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, Karlsruhe

- 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

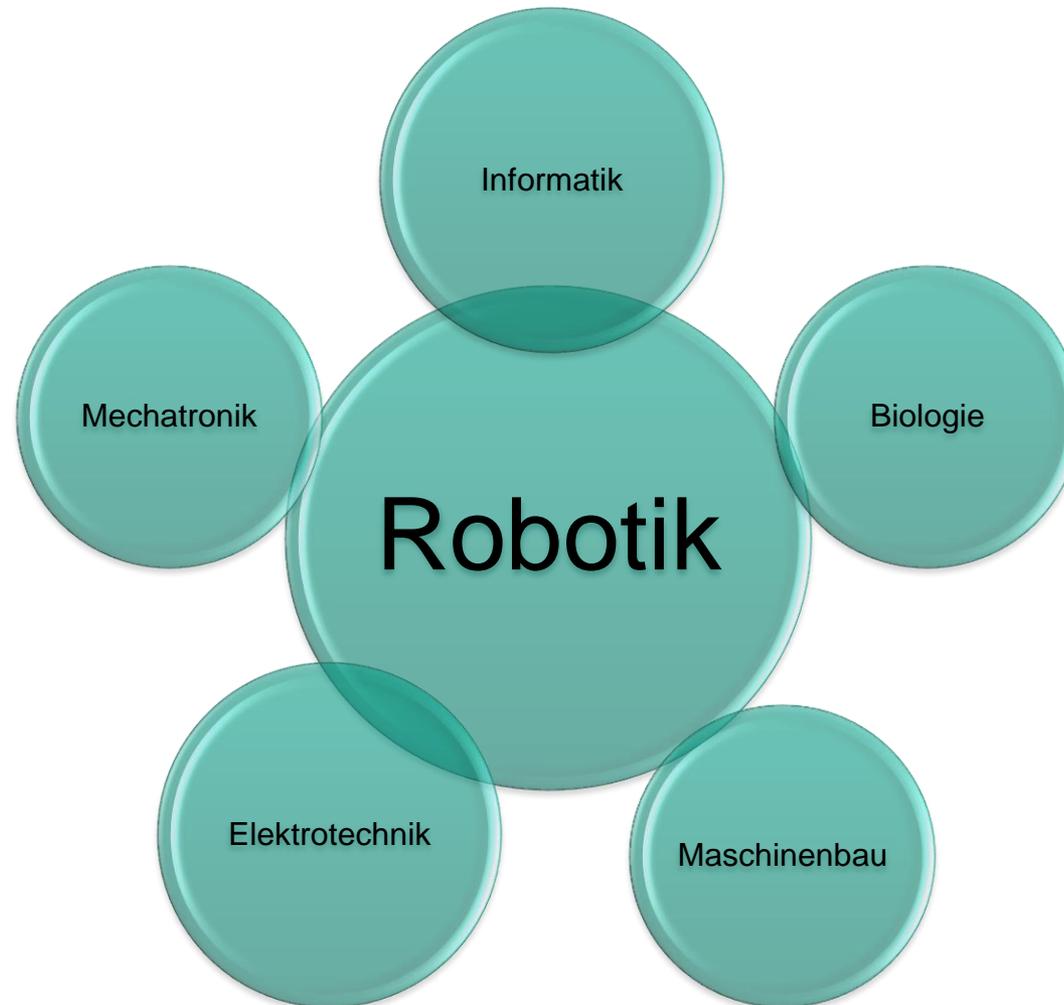
■ 4. Generation

(humanoide AI-Roboter, aktuell Forschungsgegenstand)

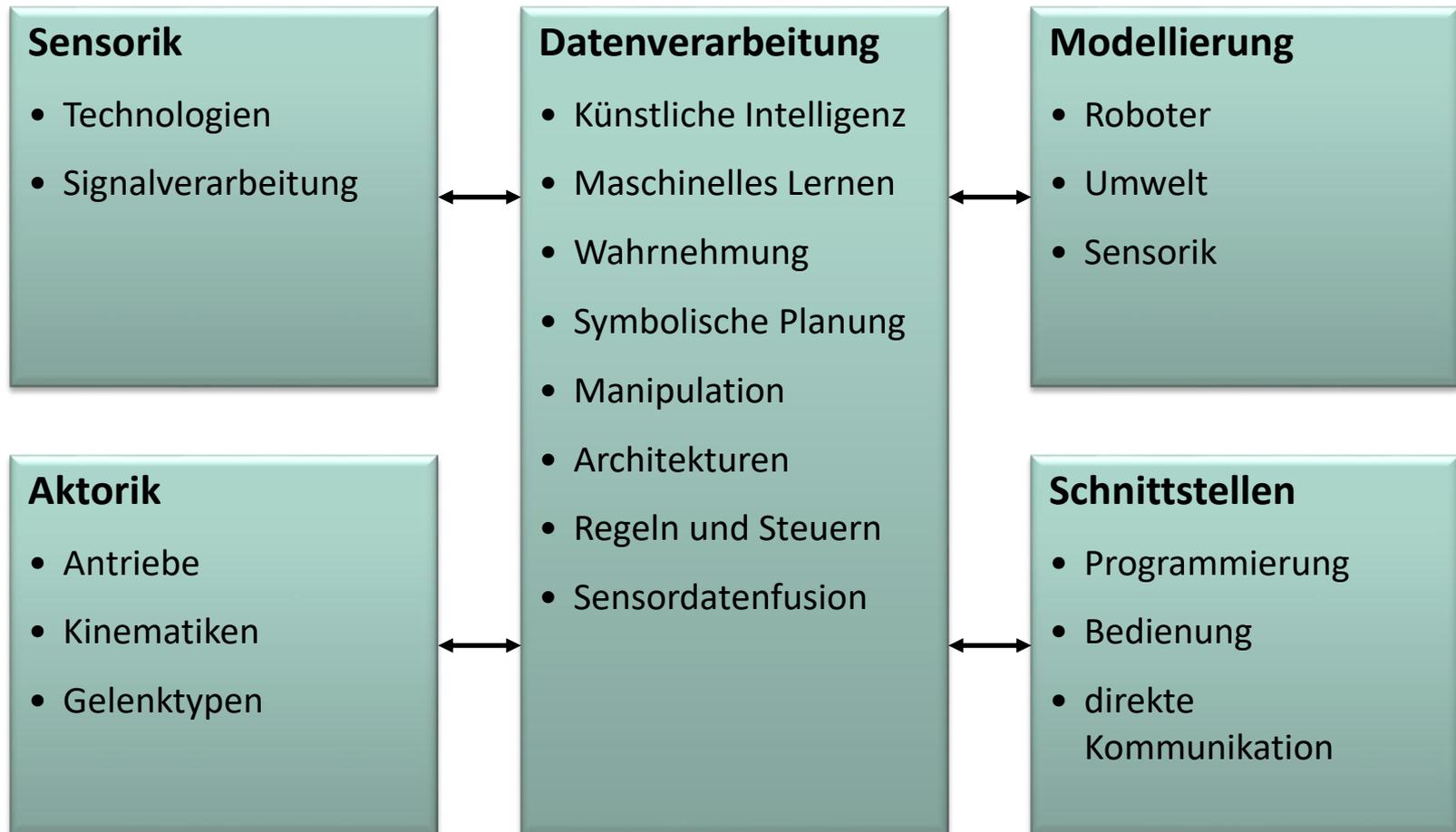
- hohe Flexibilität bzgl. Umwelt und Aufgabe
- Lernfähigkeit und Anpassungsfähigkeit
- Selbstreflexion
- Emotion

Robotik

- Begriffsbildung
- Geschichte
- Teilbereiche
- Anwendungsfelder & Beispiele



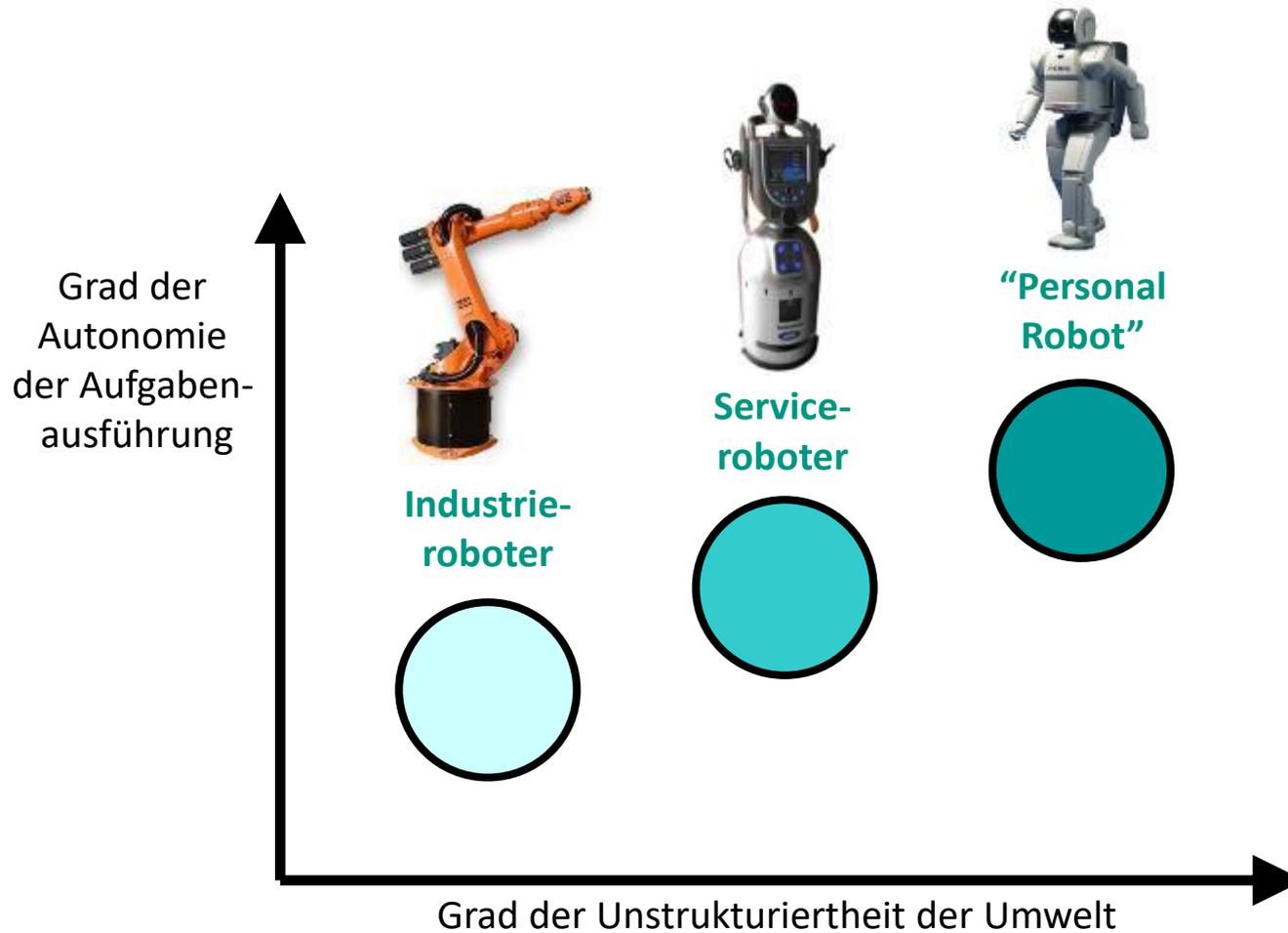
Teilbereiche



Robotik

- 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





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.)

Serviceroboter



ARMAR, KIT



Justin, DLR



Care-O-Bot; IPA



Reem-H2, PAL Robotics



Eisroboter, FZI



Rasenmäherroboter

„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

