

Robotik I - Einführung in die Robotik

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Dillmann
Dr.-Ing. Sven R. Schmidt-Rohr
Dr.-Ing. Rainer Jäkel

- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiel

- Institut für Anthropomatik (IFA),
Humanoids and Intelligence Systems Lab (HIS)

- Anschrift

Geb. 50.20 (Kinderklinik)

Adenauerring 2

<http://his.anthropomatik.kit.edu/>



- Sprechstunde Dillmann:

Mittwochs, 10:00 – 12:00 Uhr, Raum 029 **Bitte vorherige Anmeldung!**

Prof. Dr.-Ing. R. Dillmann sekrdill@anthropomatik.kit.edu

- Sprechstunde Schmidt-Rohr:

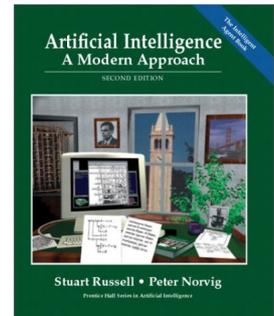
Nur mit Anmeldung per Email

Dr.-Ing. S. R. Schmidt-Rohr sven.schmidt-rohr@kit.edu

- Ort : HS -101 (Info Geb. 50.34)
- Zeit: Montag, 9:45 - 11:15 Uhr
- Prüfungsmodus: Mündlich
 - für Informatikstudierende Einzelprüfungen im Rahmen der Module:
 - Bachelor:
 - Wahlfachmodul „Grundlagen der Robotik“ (3 ETCS)
 - Master:
 - „Autonome Robotik“ (IN4INAR, 9 ETCS)
 - „Ausgewählte Kapitel der autonomen Robotik“ (IN4INAKR, 6 ETCS)
 - Andere Studiengänge entsprechend ihrer Modulordnungen
 - 1-2 Termine pro Monat je nach Prüfer

- KIT Lehrsystem **ILIAS** (**NICHT MEHR VAB!**)
 - Im ILIAS-Portal: <https://ilias.studium.kit.edu>
- Folien zur Vorlesung
 - Im ILIAS (*NICH MEHR IM VAB!*)
 - Kennwort für ILIAS: **rob1**
- Zugang ILIAS:
 - Einloggen
 - Kurs suchen: „Robotik I – Einführung in die Robotik“
 - Dann „Kurs beitreten“ mit dem Passwort
 - Danach Zugriff auf alle Materialien, Forum

- **Umfassender Überblick Robotik** (1600 Seiten)
 - Handbook of Robotics
Siciliano, Khatib **NEU: 2x in der Infobib!**
PDF aus dem KIT-Netz verfügbar (siehe ILIAS)
- 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



Robotik

- Robotik
- Humanoide Roboter
- Biologisch motivierte Roboter
- Maschinelles Lernen

Medizin

- Medizinische Simulationssysteme

Projektmanagement

- Projektmanagement in der Produktentwicklung

Robotik

- Robotik
- Humanoide Roboter
- Biologisch motivierte Roboter
- Maschinelles Lernen

Medizin

- Medizinische Simulationssysteme

Projektmanagement

- Projektmanagement in der Produktentwicklung

Robotik I – III

- **Robotik I**
Einführung in die Robotik
WS, auch im Bachelor
- **Robotik II**
Programmierung von Robotern
SS

Ansprechpartner:
Sven Schmidt-Rohr
(sven.schmidt-rohr@kit.edu)

- **Robotik III**
Sensoren in der Robotik
SS

Ansprechpartner:
Pascal Meißner
(meissner@kit.edu)

Robotik

- Robotik
- **Humanoide Roboter**
- Biologisch motivierte Roboter
- Maschinelles Lernen

Medizin

- Medizinische Simulationssysteme

Projektmanagement

- Projektmanagement in der Produktentwicklung

Humanoide Roboter

- Grundlegende Konzepte und Forschungsthemen der Humanoiden Robotik
SS

Ansprechpartner:

Tamim Asfour (asfour@kit.edu)

Robotik

- Robotik
- Humanoide Roboter
- **Biologisch motivierte Roboter**
- Maschinelles Lernen

Medizin

- Medizinische Simulationssysteme

Projektmanagement

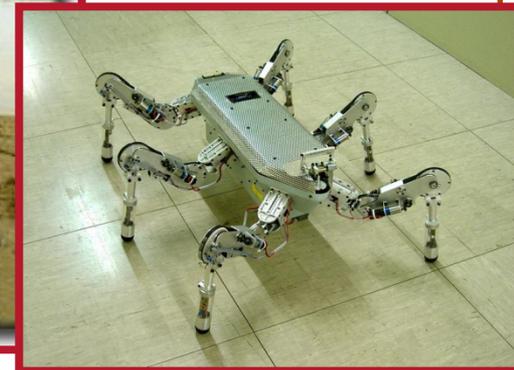
- Projektmanagement in der Produktentwicklung

Biologisch motivierte Roboter

- Übertragung von Wissen aus der Biologie und Biomechanik in die Robotik
SS

Ansprechpartner:

Arne Rönnau (roennau@fzi.de)



Robotik

- Robotik
- Humanoide Roboter
- Biologisch motivierte Roboter
- **Maschinelles Lernen**

Medizin

- Medizinische Simulationssysteme

Projektmanagement

- Projektmanagement in der Produktentwicklung

Maschinelles Lernen

- Verfahren und Einsatzmöglichkeiten maschineller Lernverfahren
WS

Ansprechpartner:

R. Dillmann

(ruediger.dillmann@kit.edu)

Di. 9:45 – 11:15
HS -101, 50.34



Robotik

- Robotik
- Humanoide Roboter
- Biologisch motivierte Roboter
- Maschinelles Lernen

Medizin

- Medizinische Simulationssysteme

Projektmanagement

- Projektmanagement in der Produktentwicklung

Med. Simulationssysteme I

- Bildverarbeitung, Modellbildung und Wissensrepräsentation, Visualisierung
WS

Fr. 11:30 – 13:00
HS 148, 50.20

Stefanie Speidel
(stefanie.speidel@kit.edu)

Med. Simulationssysteme II

- Medizinische Strömungs- und Strukturmechanik, Finite-Elemente-Methode
SS

Roland Unterhinninghofen
(roland.unterhinninghofen@kit.edu)

Robotik

- Robotik
- Humanoide Roboter
- Biologisch motivierte Roboter
- Maschinelles Lernen

Medizin

- Medizinische Simulationssysteme

Projektmanagement

- Projektmanagement in der Produktentwicklung

Projektmanagement in der Produktentwicklung

- Projekte im Unternehmensumfeld
 - Projektorganisation und Zusammenwirkungsmodelle
 - Strukturierung von Entwicklungsprojekten
 - Toolunterstützung
 - Das persönliche Rüstzeug des Projektmanagers
- WS

Ansprechpartner:
Claus Becker
(tmg.becker@t-online.de)

Mo. 14:00 – 15:30
HS 148, 50.20

Praktika

- Wintersemester
 - Lego Mindstorms: Ich, Robot
 - Mobile Roboter
- Sommersemester
 - Roboterpraktikum
 - Projektpraktikum Maschinelles Lernen
 - Humanoide Roboter
 - Medizinische Simulationssysteme

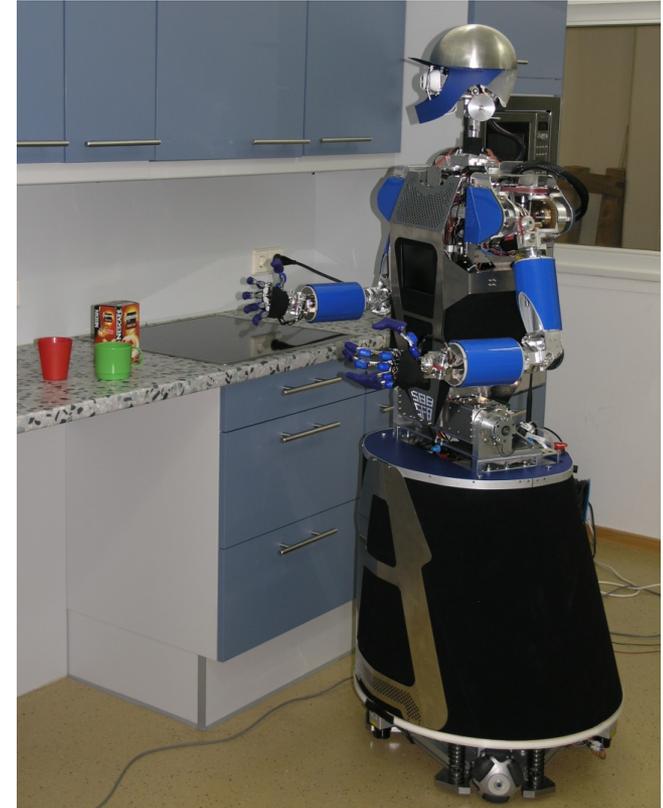
Seminare

- Wintersemester
 - Humanoide Roboter
- Sommersemester
 - Medizinische Simulationssysteme

- Maschinelles Lernen
- Intuitives Programmieren von Robotern
- Autonomes Planen und Entscheiden von Robotern
- Cloud Robotics (Cloud & big data Techniken in der Robotik)
- Umwelterfassung (v.a. Maschinensehen für Roboter)
- Computergrafik in der Robotik
- Laufmaschinen & Kanalroboter
- Humanoide Roboter
- Flexible, industrielle Manipulatoren
- Simulationssysteme in der Medizin

Students 2 Service Robotics

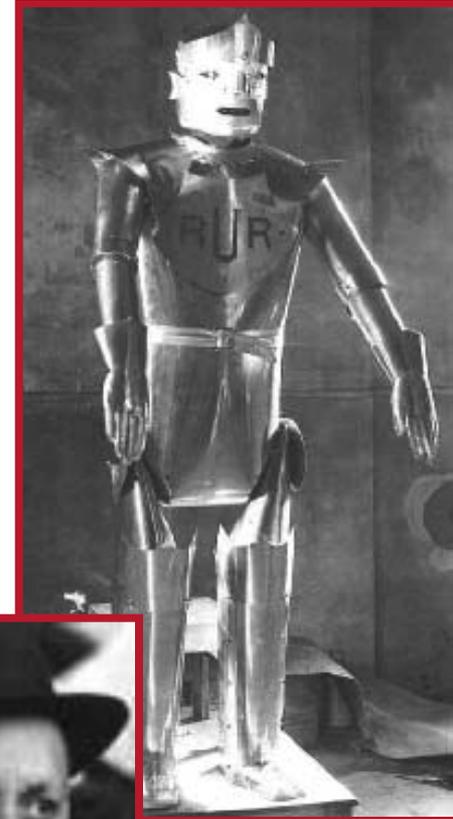
- 20.10.2014 Einführung
- 27.10.2014 Teilsysteme
- 03.11.2014 Math. Grundlagen
- 10.11.2014 Kinematik
- 17.11.2014 Invers. Kinematik
- 24.11.2014 Dynamik
- 01.12.2014 Regelung
- 08.12.2014 Bahnsteuerung
- 15.12.2014 Übung
- 22.12.2014 **Keine Vorlesung**
- 05.01.2014 Aktionsplanung
- 12.01.2014 Umweltmodellierung
- 19.01.2014 Bahnplanung
- 26.01.2014 PdV
- 02.02.2014 Architekturen & Serviceroboter
- 09.02.2014 Institutsführung



- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiele

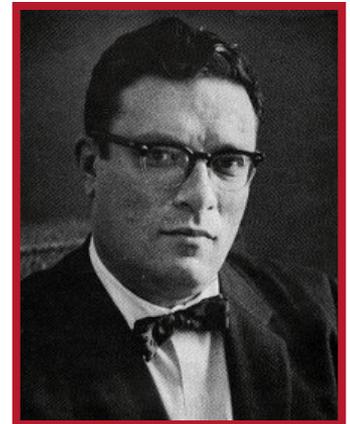
Begriff: Roboter

- 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“.



Asimovsches 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

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)

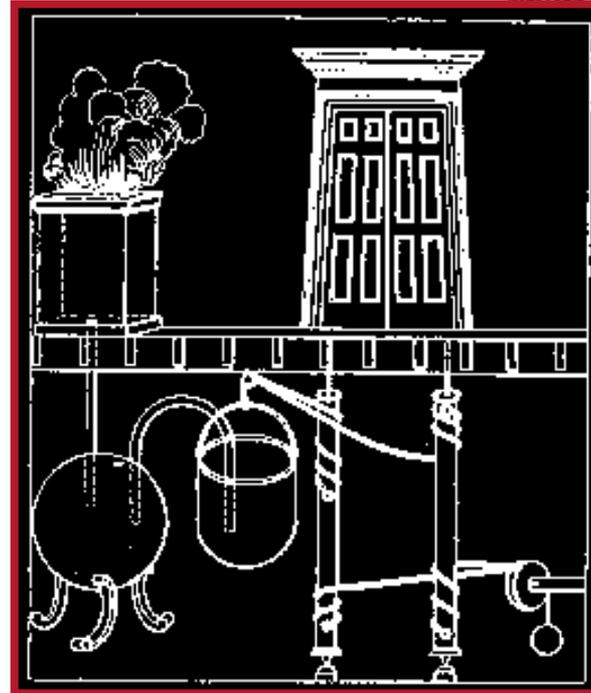
- **Roboter sind sensomotorische Maschinen zur Erweiterung der menschlichen Handlungsfähigkeit.** Sie bestehen aus mechatronischen Komponenten, Sensoren und rechnerbasierten Kontroll- und Steuerungsfunktionen. Die Komplexität eines Roboters unterscheidet sich deutlich von anderen Maschinen durch die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

Begriff: Robotik (NEUMANN, Lexikon der Informatik)

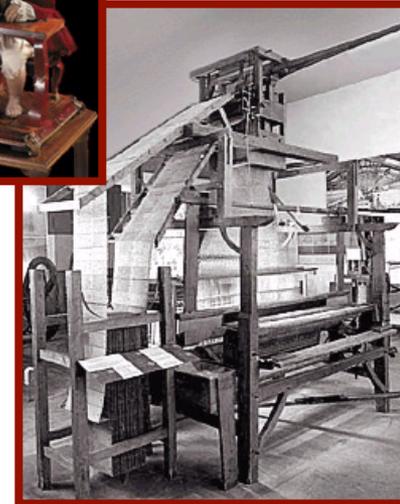
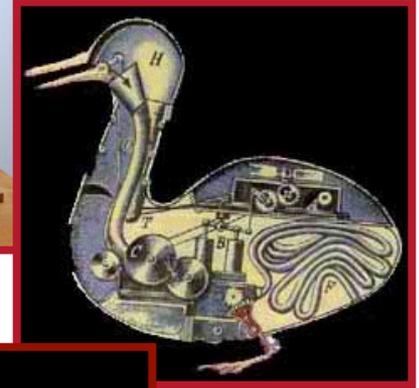
- **Robotik** ist ein **interdisziplinär ausgerichtetes Forschungsgebiet**, bei dem im Mittelpunkt **mechanische Vorrichtungen** und **geeignete Steuereinheiten selbsttätig komplexe Aufgaben verrichten**. Während Roboter im Bereich des Science-Fiction meist mit menschenähnlicher Gestalt und sensorischen 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.

- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiele

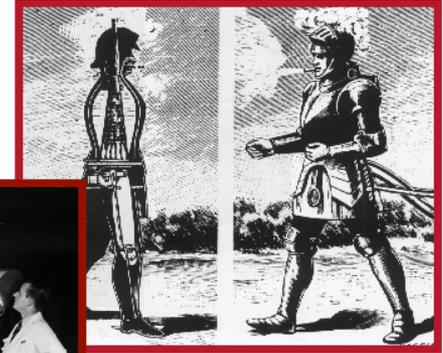
- 1. Jh. n. Chr., Heron von Alexandria, Automatischer Altar
- 3. Jh. n. Chr., Vierbeinige Laufmaschine, China



- 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)



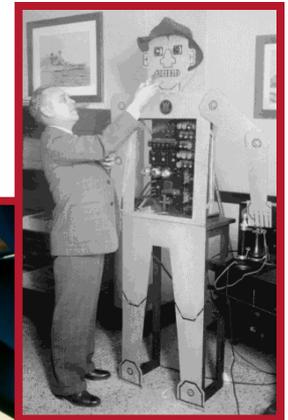
- 1893, George Moore, Steam Man
- 1927, Haushaltsroboter Televox
- 1930, Sabor II
- 1954, Georg Devol, Patent für programmierbaren Manipulator
- 1959/60, G. Devol u. Joe F. Engelberger, erster Industrieroboter „Unimate“, hydraulisch angetrieben mit Computersteuerung



Steam Man



Sabor IV

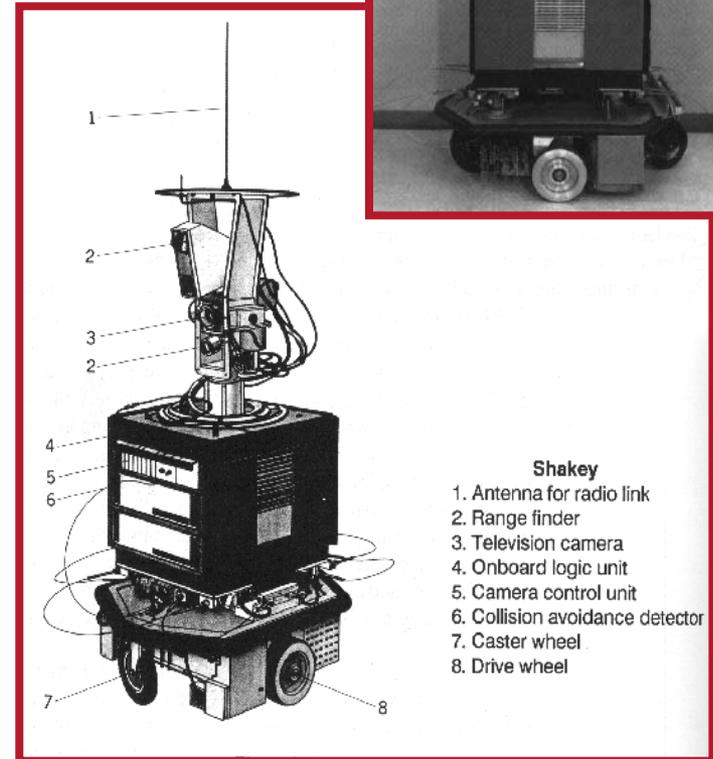
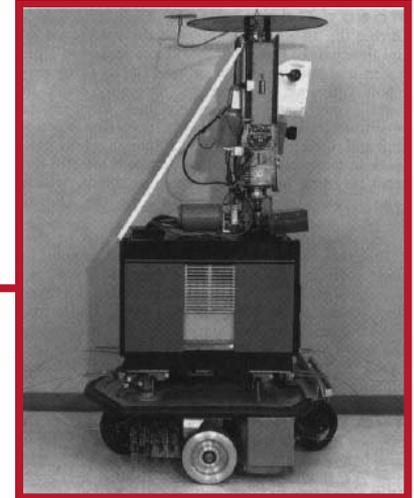


Televox

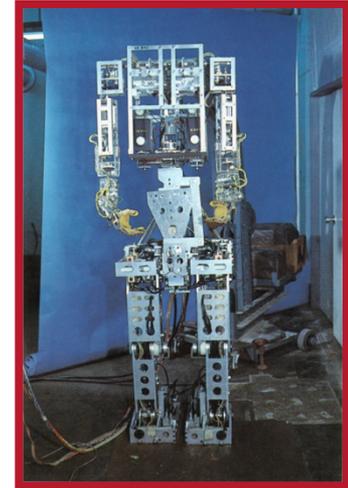


Unimate

- 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



- 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

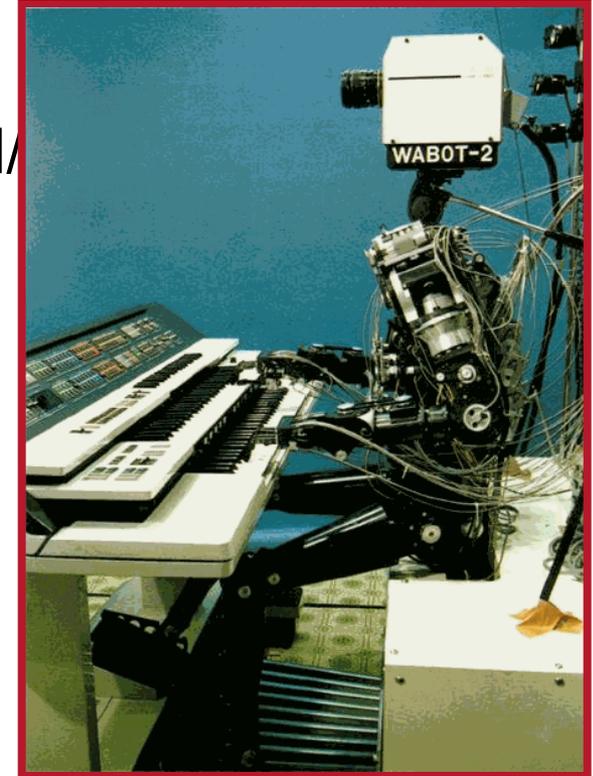


Wabot-1



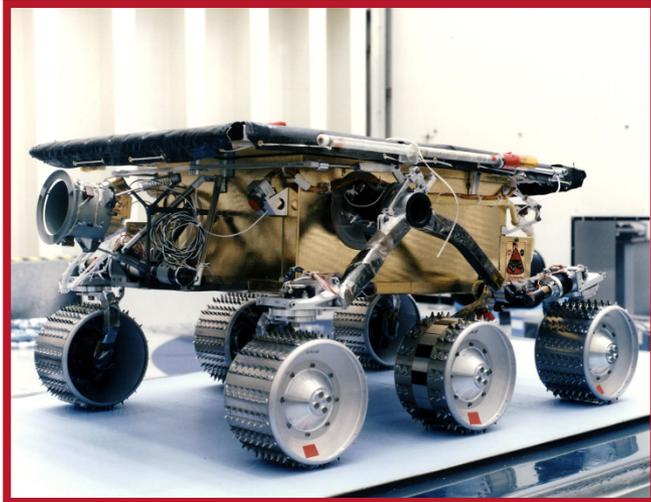
PUMA

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



Wabot-2

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

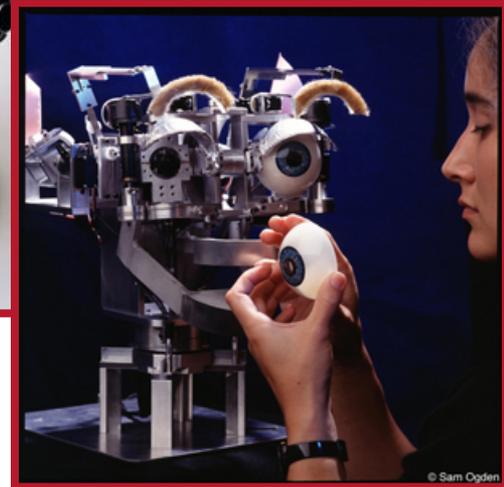


Sojourner



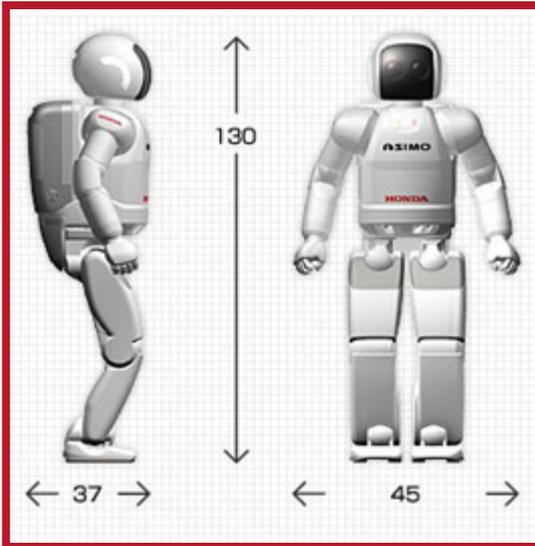
Wakamaru

DLR-Hand



Kismet

- 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



- 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



- **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)

- **3. Generation**

(autonome Roboter, heute beginnend)

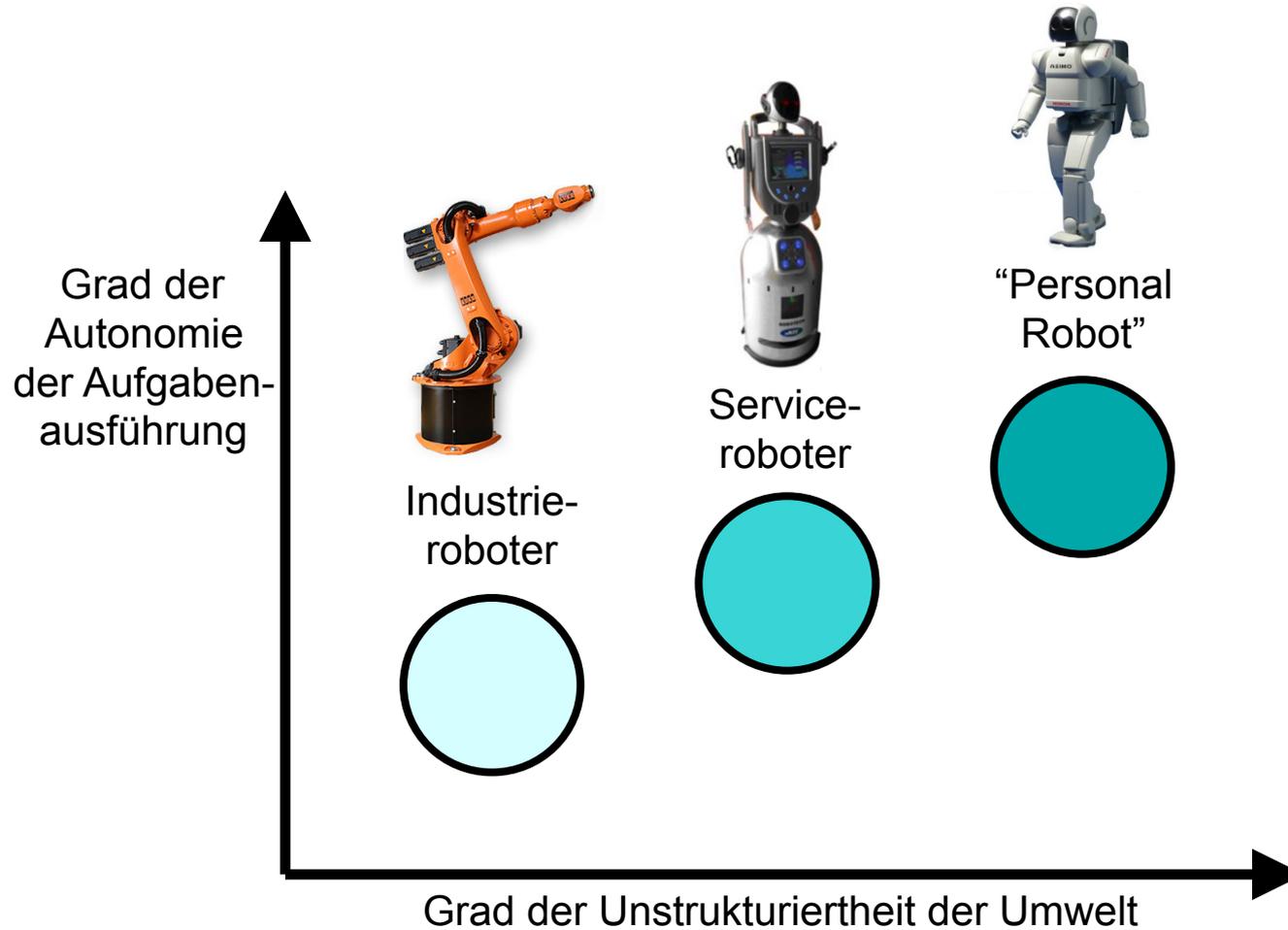
- hohe Rechenleistung (Multiprozessorsysteme)
- Aufgabenorientierte Programmierung
- Forderung nach (maschineller) Autonomie

- **4. Generation**

(humanoide AI-Roboter, aktuell Forschungsgegenstand)

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

- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiele



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, ...)

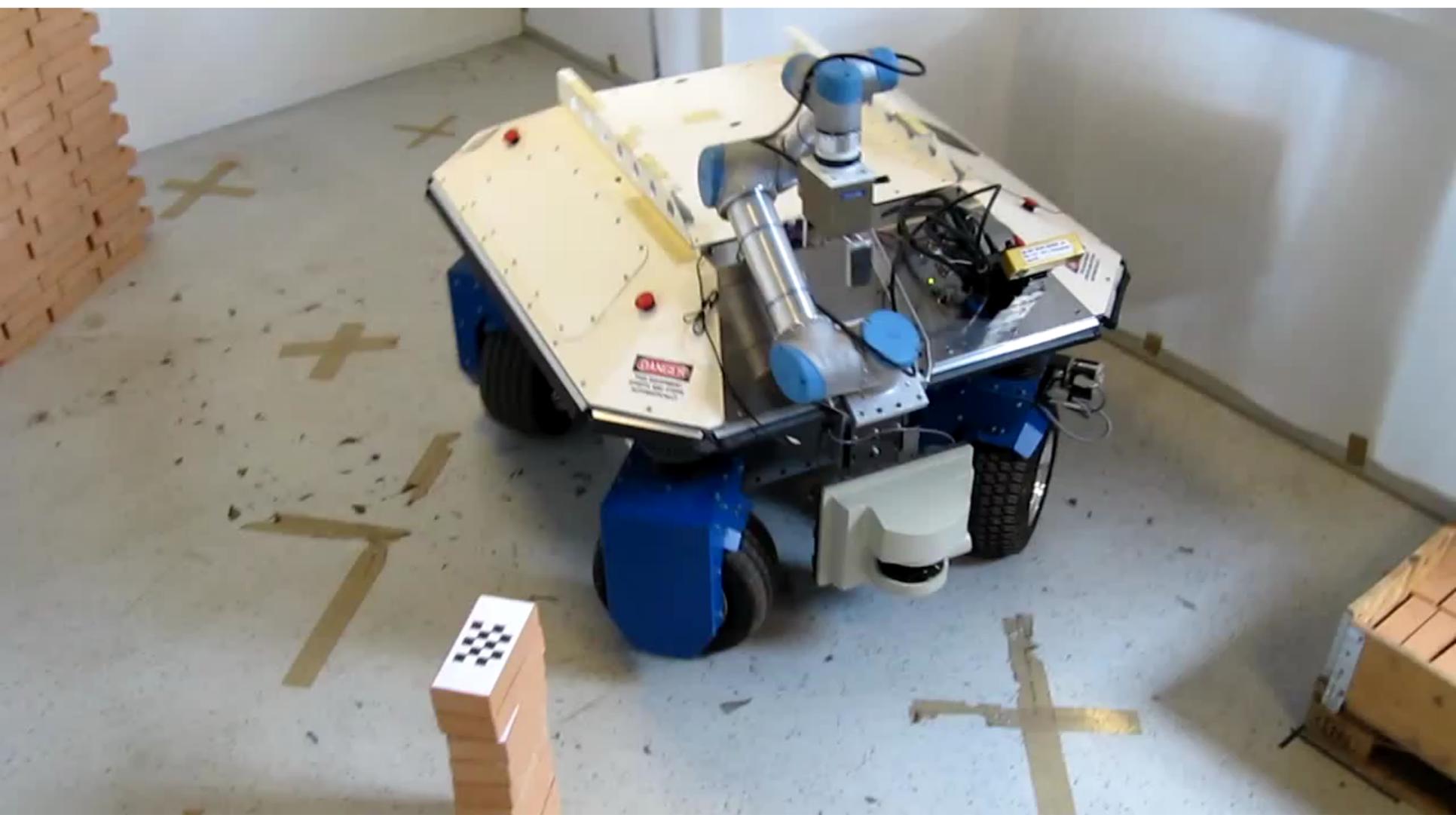
Beispiel: Lackierung und Rohbau bei Daimler

- Merkmale:
 - Meist Stationär
 - Wenige Freiheitsgrade
 - Einfache Programmierung
 - Hoher Spezialisierungsgrad
 - Effektiver als Mensch (Kosten und Arbeit)
- Aufgabengebiete:
 - Fließband
 - Schweißarbeiten
 - Lackierarbeiten
 - Bestückung
 - Umgang mit Gefahrgut



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“

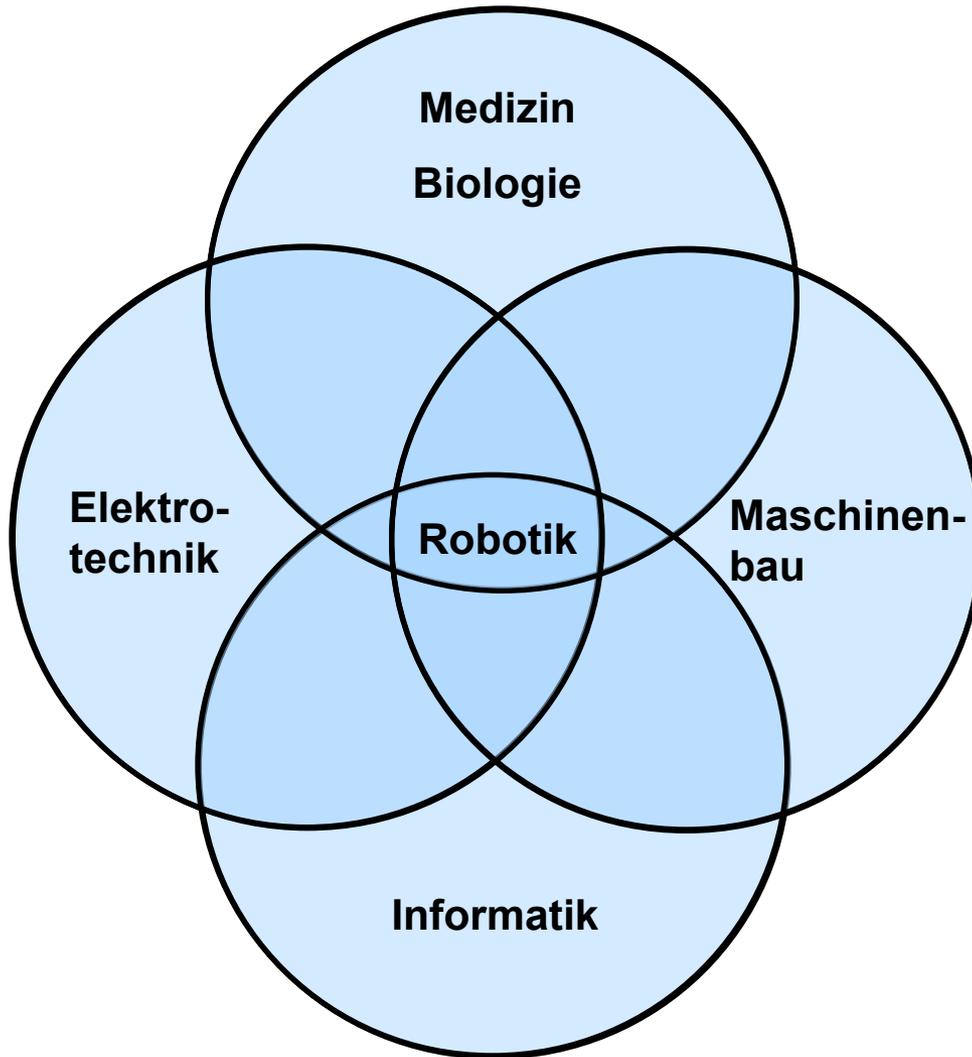
- A Robot that resembles human behavior regarding motion, intelligence, and communication.
(T. Fukuda, 2001, How Far Away Is Artificial Man?)

– Unstrukturierte Umgebung

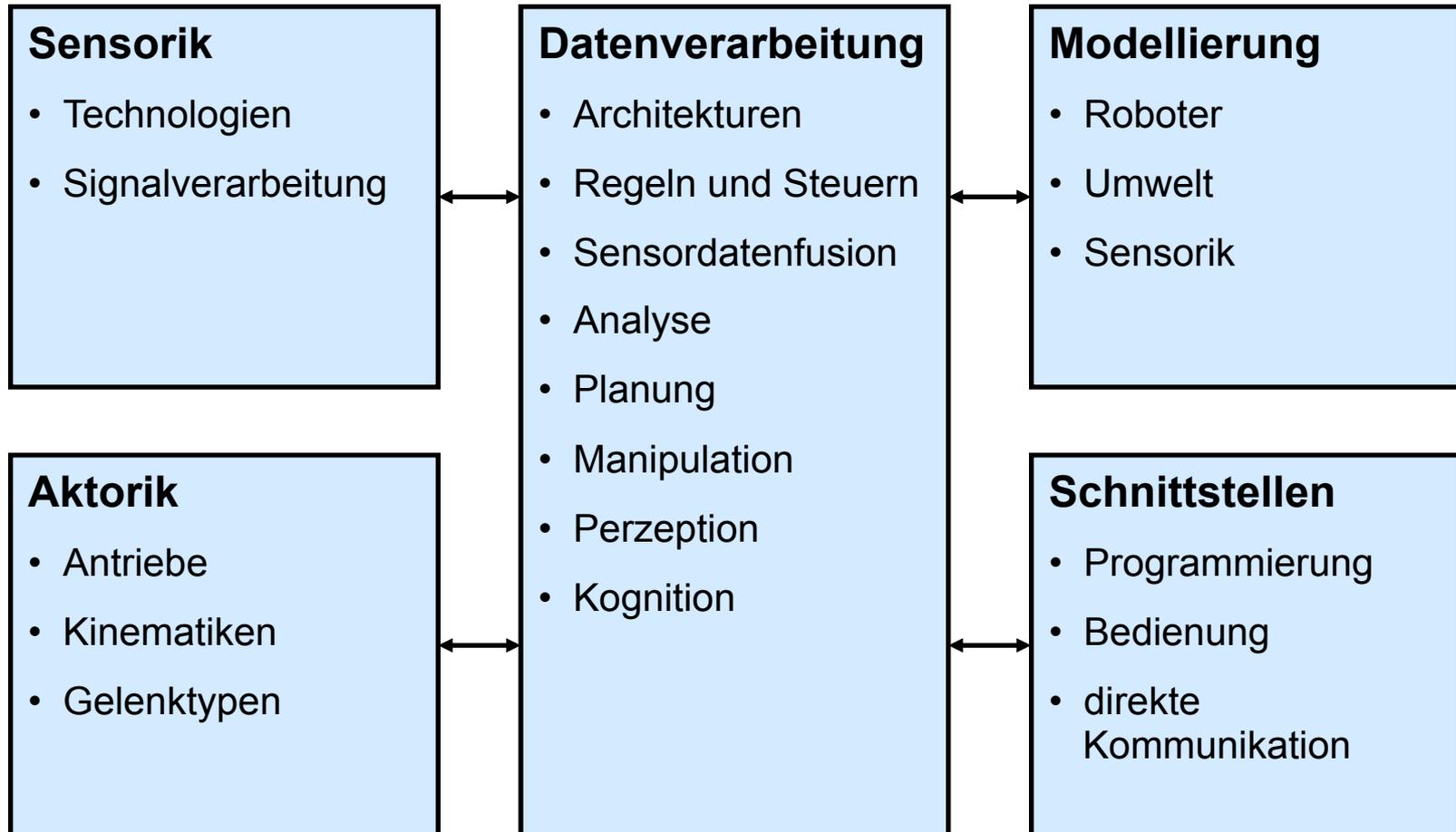


HONDA'S ALL-NEW ASIMO

- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiele

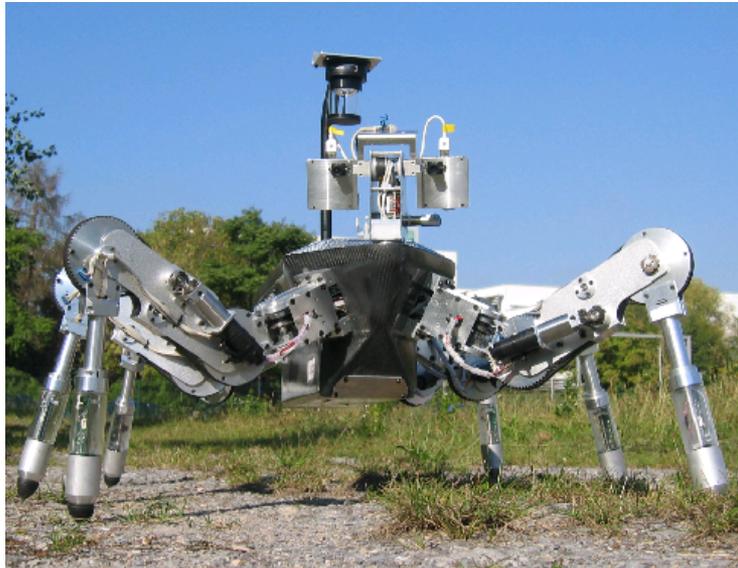


- Technische Informatik
 - Rechnerentwurf
 - Mikrorechnertechnik
 - Prozessrechentechnik
 - Vernetzte Rechensysteme
- Praktische Informatik
 - Betriebssysteme
 - Dialogsysteme
 - Softwaretechnik
 - parallele Datenverarbeitung
- Theoretische Informatik
 - Kognitive Systeme
 - Mustererkennung
 - Neuroinformatik / Fuzzy Logik
 - Bildverarbeitung



- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiele

- Inspektion und Diagnose
- Servicerobotik



Lauron

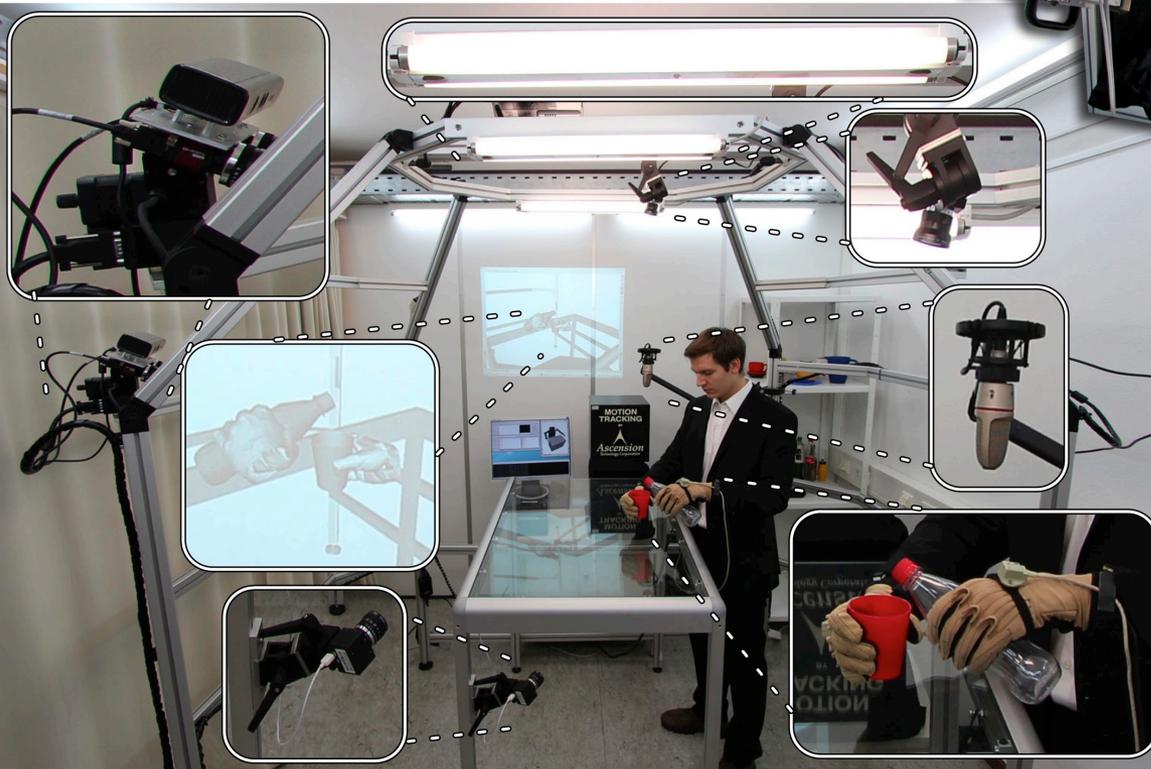
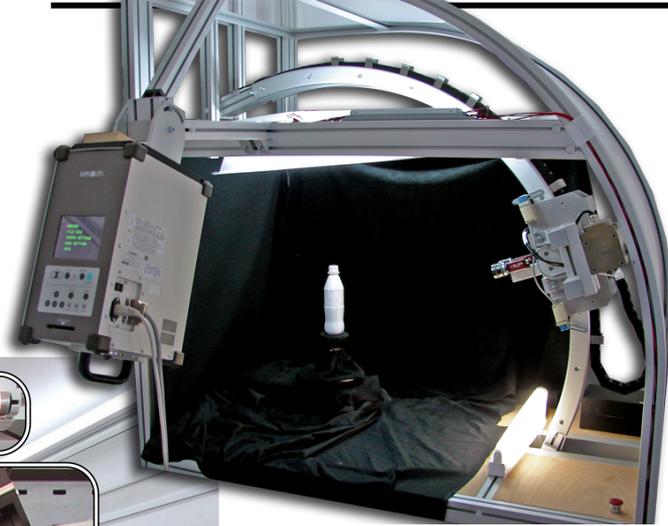


Kairo II

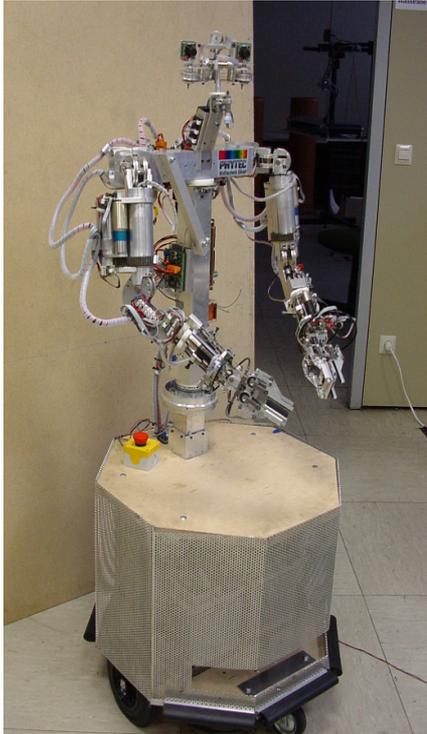
- Inspektion und Diagnose
- Servicerobotik



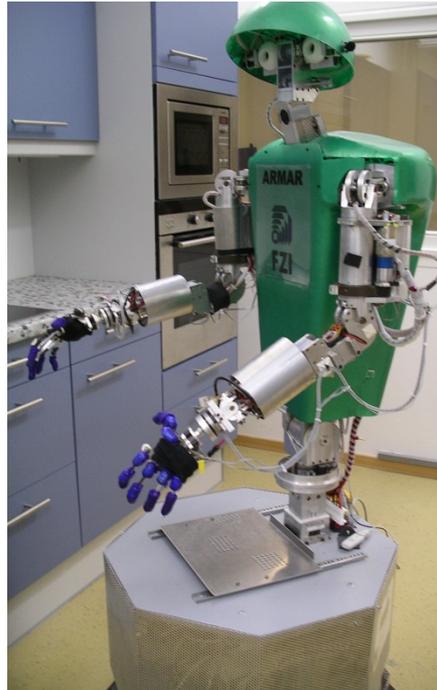
- Interaktives Lernen
- Humanoide Roboter



- Interaktives Lernen
- Humanoide Roboter



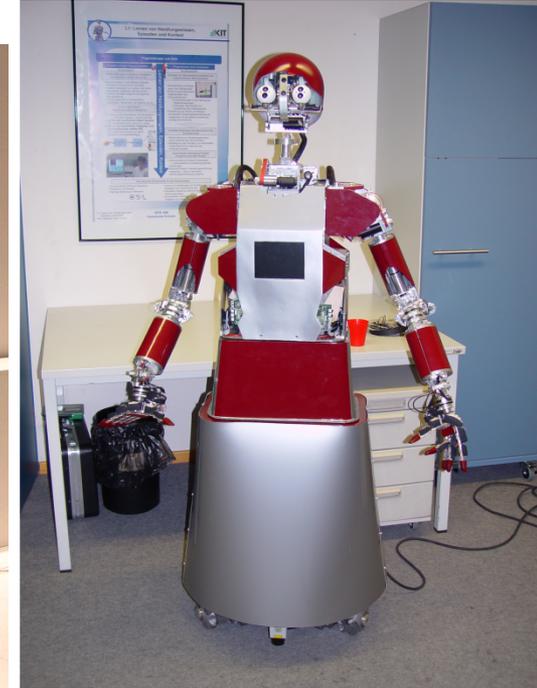
Armar I, 2000



Armar II, 2002



Armar IIIa, 2006



Armar IIIb, 2008

- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiel

Ende

I. Einführung und Motivation