

Robotik I - Einführung in die Robotik

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Dillmann

- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiel
- Inhaltliche Übersicht über die Vorlesung

- Institut für Anthropomatik (IFA)
 - Lehrstuhl: Industrielle Anwendungen der Informatik und Mikrosystemtechnik (IAIM), Prof. Dr.-Ing. R. Dillmann
- Anschrift
 - Kinderklinik (Geb. 50.20)
 - Adenauerring 2
 - <http://www.iaim.ira.uka.de/>



- Dipl.-Inform. Kai Welke
 - IAIM
 - E-Mail: kai.welke@kit.edu
 - Tel.: 0721 / 608 – 7132
 - Raum 332

- Dipl.-Inform. Martin Do
 - IAIM
 - E-Mail: martin.do@kit.edu
 - Tel.: 0721 / 608 – 5427
 - Raum 331

- Termin der Sprechstunde:
Mittwochs, 10:00 – 12:00 Uhr
Bitte vorherige Anmeldung !!!
 - Prof. Dr.-Ing. R. Dillmann
Raum 029, sekretariat.dillmann@ira.uka.de
 - Kai Welke
Raum 332, kai.welke@kit.edu
 - Martin Do
Raum 331, martin.do@kit.edu

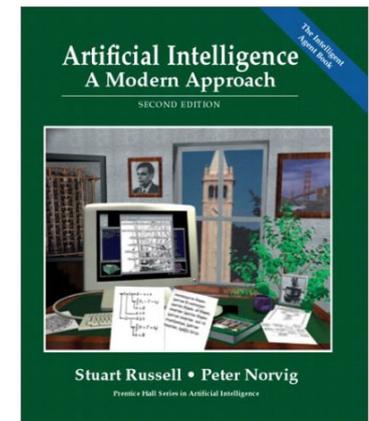
- Ort : HS -101 (Info Geb. 50.34)
- Zeit: Montag, 9:45 - 11:15 Uhr
- Prüfungsmodus: Mündlich
 - für Informatikstudenten/innen als Blockprüfung (Vertiefungsfach)
 - 2 Termine pro Monat
- Laborbesichtigung: Letzte Vorlesungswoche

- Folien zur Vorlesung
 - Vorlesungsarbeitsbereich (VAB) im KIT-Portal: **studium.kit.edu**
 - Kennwort für Folien: **rob1**

- CD zur Vorlesung
 - aktualisierte Foliensätze
 - alle Filme aus der Vorlesung
 - Unkostenbeitrag: 10,- €
 - erhältlich am Ende des Semesters im Sekretariat des IAIM

- 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



Als Kopiervorlagen bei Betreuern erhältlich.

- Robotik I – III
 - Einführung in die Robotik
 - Programmierung von Robotern
 - Sensoren in der Robotik

Robotik I – III

- Robotik I
Einführung in die Robotik
WS
- Robotik II
Programmierung von Robotern
SS
Ansprechpartner:
Sven Schmidt-Rohr
(srsr@ira.uka.de)
- Robotik III
Sensoren in der Robotik
SS
Ansprechpartner:
Pedram Azad
(azad@ira.uka.de)

- Robotik I – III
 - Einführung in die Robotik
 - Programmierung von Robotern
 - Sensoren in der Robotik
- **Roboterpraktikum**

Roboterpraktikum

- Begleitend zu Vorlesungen Robotik I-III
- Die Grundlagen aus der Vorlesung werden im Praktikum praktisch angewandt
- Jede Woche wird ein anderer Versuch im Team bearbeitet
- Max. 30 Praktikumsplätze pro Semester
- SS
Ansprechpartner:
Nikolaus Vahrenkamp
vahrenkamp@ira.uka.de

- Robotik I – III
 - Einführung in die Robotik
 - Programmierung von Robotern
 - Sensoren in der Robotik
- Roboterpraktikum
- Biologisch motivierte Roboter

Biologisch motivierte Roboter

- Übertragung von Wissen aus der Biologie und Biomechanik in die Robotik:
 - Materialien, Kinematik, Steuerungen, Sensoren
- SS
Ansprechpartner:
Thilo Kerscher (kerscher@fzi.de)



- Robotik I – III
 - Einführung in die Robotik
 - Programmierung von Robotern
 - Sensoren in der Robotik
- Roboterpraktikum
- Biologisch motivierte Roboter
- **Maschinelles Lernen**

Maschinelles Lernen

- Was können Maschinen lernen?
 - Erkennen von Objekten, Gesten, Sprache, ...
- Wie können sie das?
 - Analytisches Lernen, Neuronale Netze, Hidden Markov Modelle, Kernel Methoden, Evolutionäre Algorithmen, Reinforcement Lernen
- WS
Ansprechpartner:
Martin Lösch
(loesch@ira.uka.de)

Di. 9:45 – 11:15
HS -101, Info-Bau



- Robotik I – III
 - Einführung in die Robotik
 - Programmierung von Robotern
 - Sensoren in der Robotik
- Roboterpraktikum
- Biologisch motivierte Roboter
- Maschinelles Lernen
- Medizinische Simulationssysteme

Medizinische Simulationssysteme

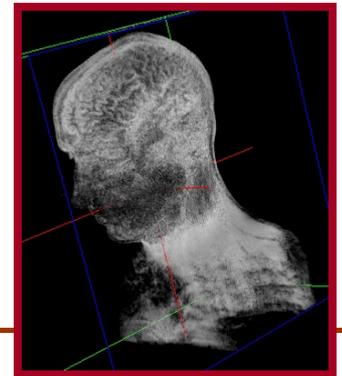
- Medizinische & Radiologische Grundlagen
- Datenaufbereitung
- Systemaufbau
- Exemplarische Systeme
- WS

Ansprechpartner:

Gunther Sudra

(sudra@ira.uka.de)

Fr. 11:30 – 13:00
HS -101, Info-Bau



- Robotik I – III
 - Einführung in die Robotik
 - Programmierung von Robotern
 - Sensoren in der Robotik
- Roboterpraktikum
- Biologisch motivierte Roboter
- Maschinelles Lernen
- Medizinische Simulationssysteme
- **Projektmanagement in der Produktentwicklung**

Projektmanagement in der Produktentwicklung

- Projekte im Unternehmensumfeld
 - Projektorganisation und Zusammenwirkungsmodelle
 - Strukturierung von Entwicklungsprojekten
 - Planungsprinzipien
 - Planungstechniken
 - Projektcontrolling
 - Informationsmanagement im Projekt
 - Toolunterstützung
 - Das persönliche Rüstzeug des Projektmanagers
- WS
Ansprechpartner:
Claus Becker
(tmg.becker@t-online.de)

Mo. 14:00 – 15:30
HS -101, Info-Bau

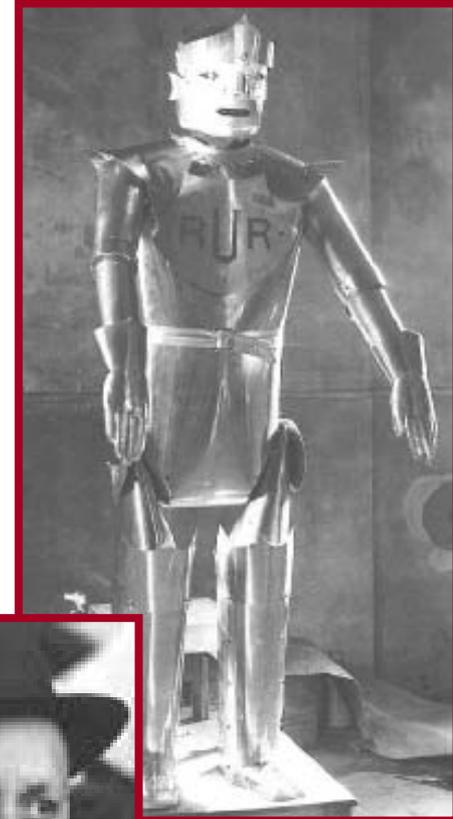
- Robotik I – III
 - Einführung in die Robotik
 - Programmierung von Robotern
 - Sensoren in der Robotik
 - Roboterpraktikum
 - Biologisch motivierte Roboter
 - Maschinelles Lernen
 - Medizinische Simulationssysteme
 - Projektmanagement in der Produktentwicklung
 - ...
- ... weitere Veranstaltungen
 - Praktika:
 - Lego Mindstorms (Ich, Robot.)
 - Projektpraktikum Mobile Roboter
 - Humanoide Roboter
 - Ausgewählte Algorithmen der Medizinischen Informatik
 - Seminare:
 - Humanoide Roboter
 - Kognitive Automobile

- Laufmaschinen
- Autonome Fahrzeuge
- Humanoide Roboter
- Kanalroboter
- Manipulatoren
- Kognitive Automobile
- Telerobotik
- Simulationssystem für Robotikanwendung
- Sensoren für Roboter
- Robotik in der Medizin
- Maschinelles Lernen

- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiel
- Inhaltliche Übersicht über die Vorlesung

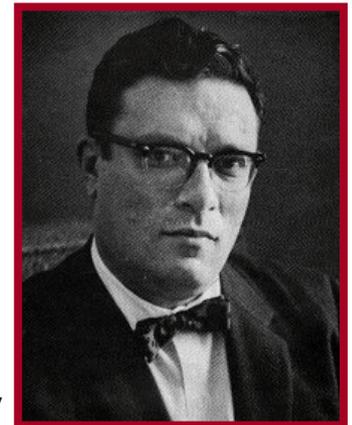
Begriff: Roboter

- 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 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)

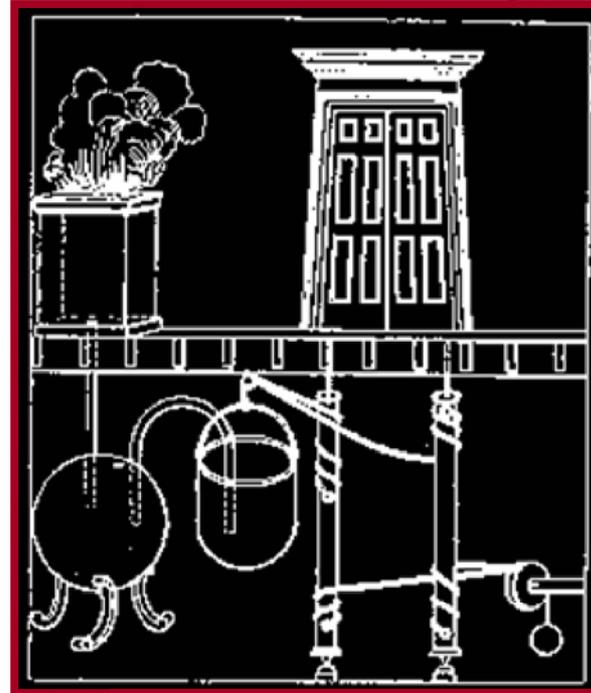
- **Roboter** sind sensomotorische Maschinen zur Erweiterung der menschlichen Handlungsfähigkeit. Sie bestehen aus mechatronischen Komponenten, Sensoren und rechnerbasierten Kontroll- und Steuerungsfunktionen. Die Komplexität eines Roboters unterscheidet sich deutlich von anderen Maschinen durch die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

Begriff: Robotik (NEUMANN, Lexikon der Informatik)

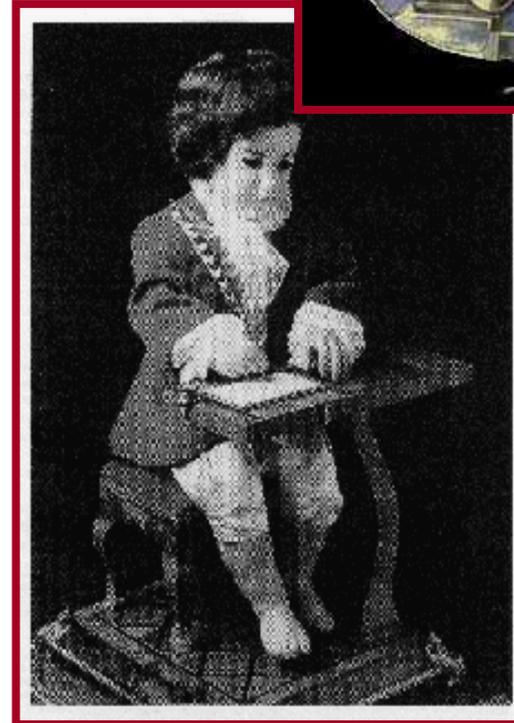
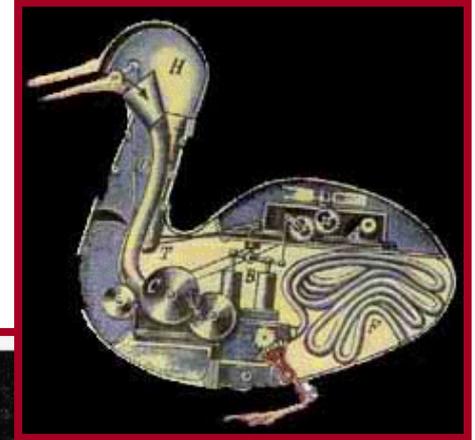
- **Robotik** ist ein interdisziplinär ausgerichtetes Forschungsgebiet, bei dem im Mittelpunkt mechanische Vorrichtungen und geeignete Steuereinheiten selbsttätig komplexe Aufgaben verrichten. Während Roboter im Bereich des Science-Fiction meist mit menschenähnlicher Gestalt und sensorischen Fähigkeiten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

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



- 1738, Jaques de Vaucanson, mechanische Ente
- 1774, Pierre Jaquet-Droz & Jean-Frédéric Leschot
- 1805, Joseph Maria Jacquard, programmierbarer Webstuhl (Lochkarten)



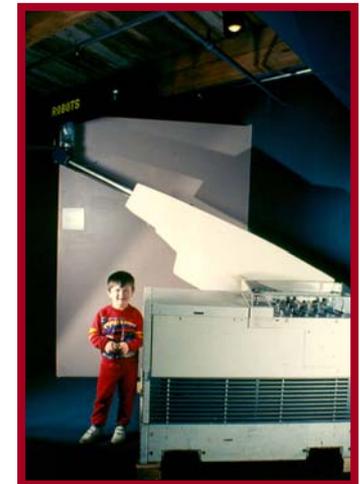
- 1893, George Moore, Steam Man
- 1930, Sabor II
- 1954, Georg Devol, Patent für programmierbaren Manipulator
- 1959/60, G. Devol u. Joe F. Engelberger, erster Industrieroboter „Unimate“, hydraulisch angetrieben mit Computersteuerung



Steam Man

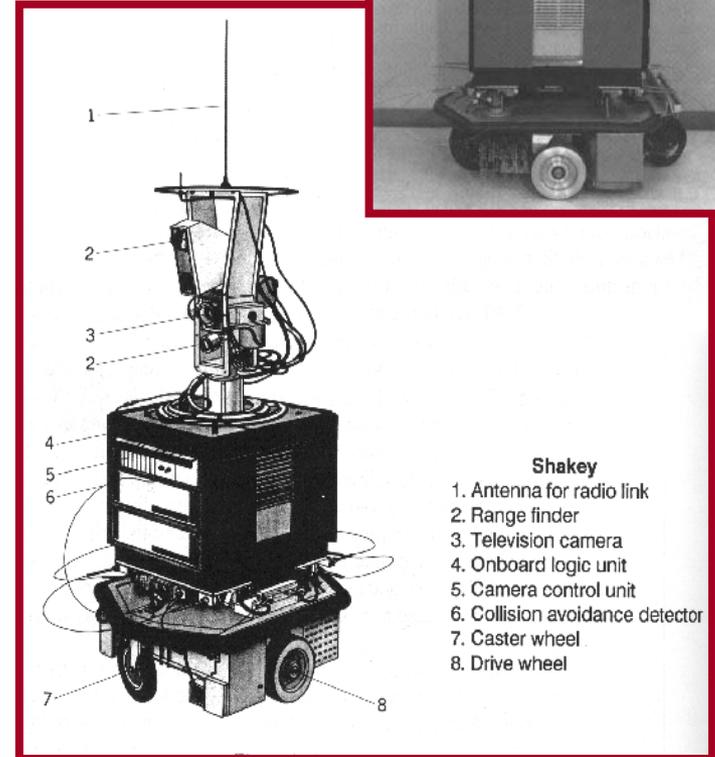
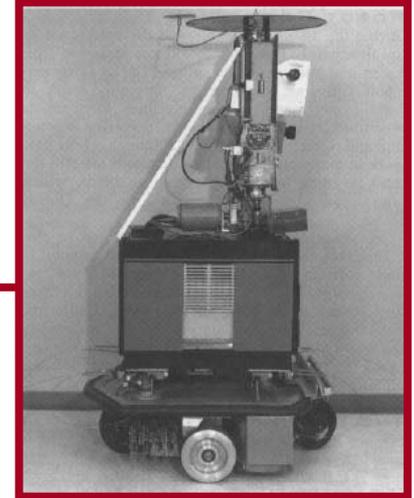


Sabor IV

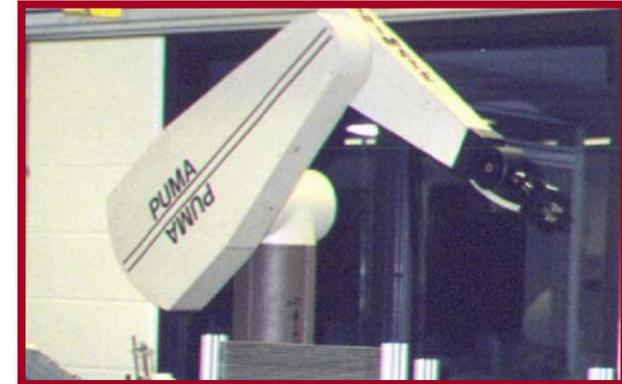


Unimate

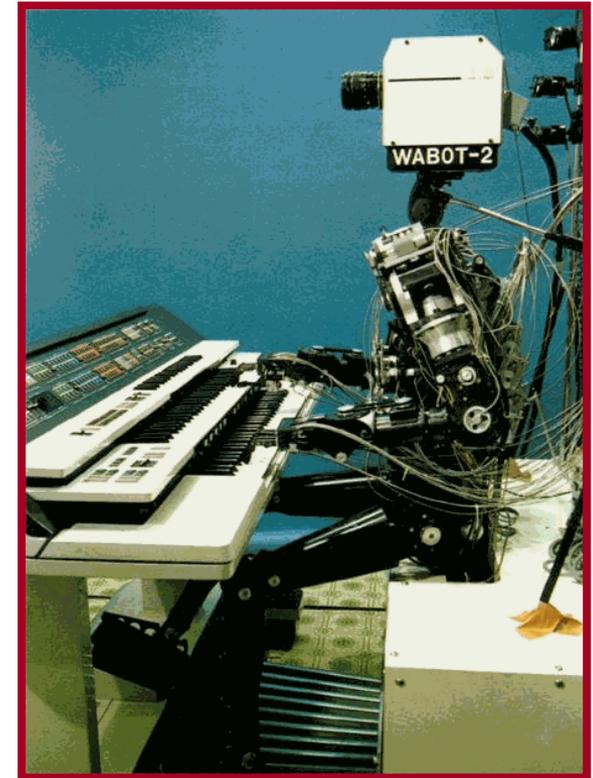
- 1959, Planet Corp., erster kommerzieller Roboter (Steuerung durch Kurvenscheiben & Begrenzungsschalter)
- 1961, Installation eines Roboters des Typs „Unimate“ bei Ford
- 1968, Charles A. Ross, Shakey, Stanford Research Institute



- 1970er, Daimler-Benz, Sindelfingen, erste Industrieroboter
- 1974, Entwicklung der Sprache AL
 - Weiterverwendung von Unimation zur Programmiersprache VAL
- 1978, PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly) von Unimation

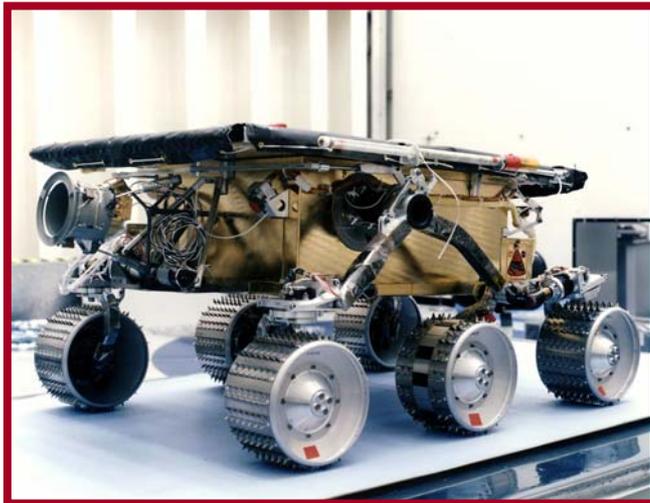


- 1984, Wabot-2, Prof. Ichiro Kato, Waseda Universität, Tokyo
- 1985, 3-Finger Salisbury-Hand, Stanford/JPL



Wabot-2

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

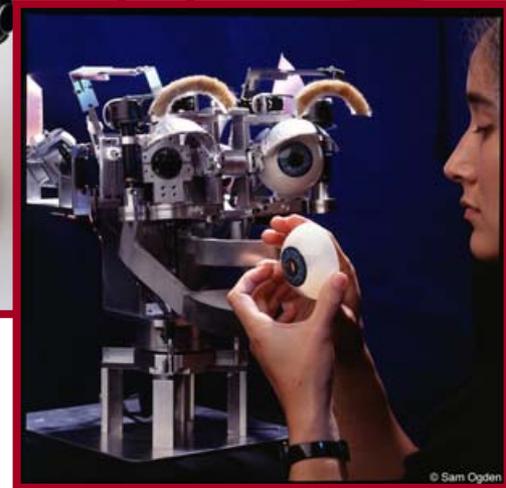


Sojourner



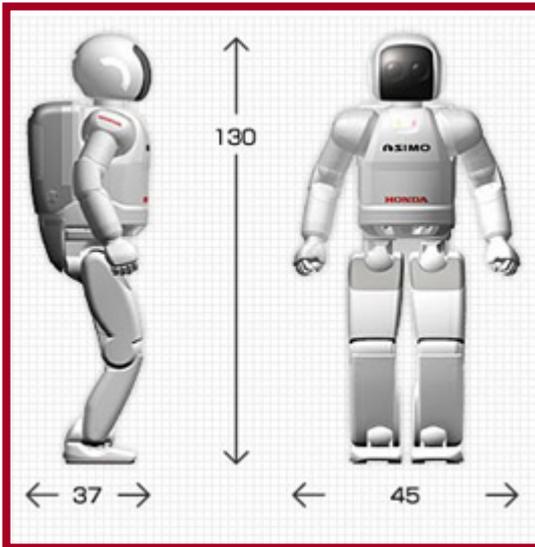
Wakamaru

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

Stanford Racing Team



Ghost rider



Team Annieway

- **1. Generation**

(programmierbare Manipulatoren, 1960 – 1975)

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

- **2. Generation**

(adaptive Roboter, 1976 – 1982)

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

- **3. Generation**

(autonome Roboter, ab 1983)

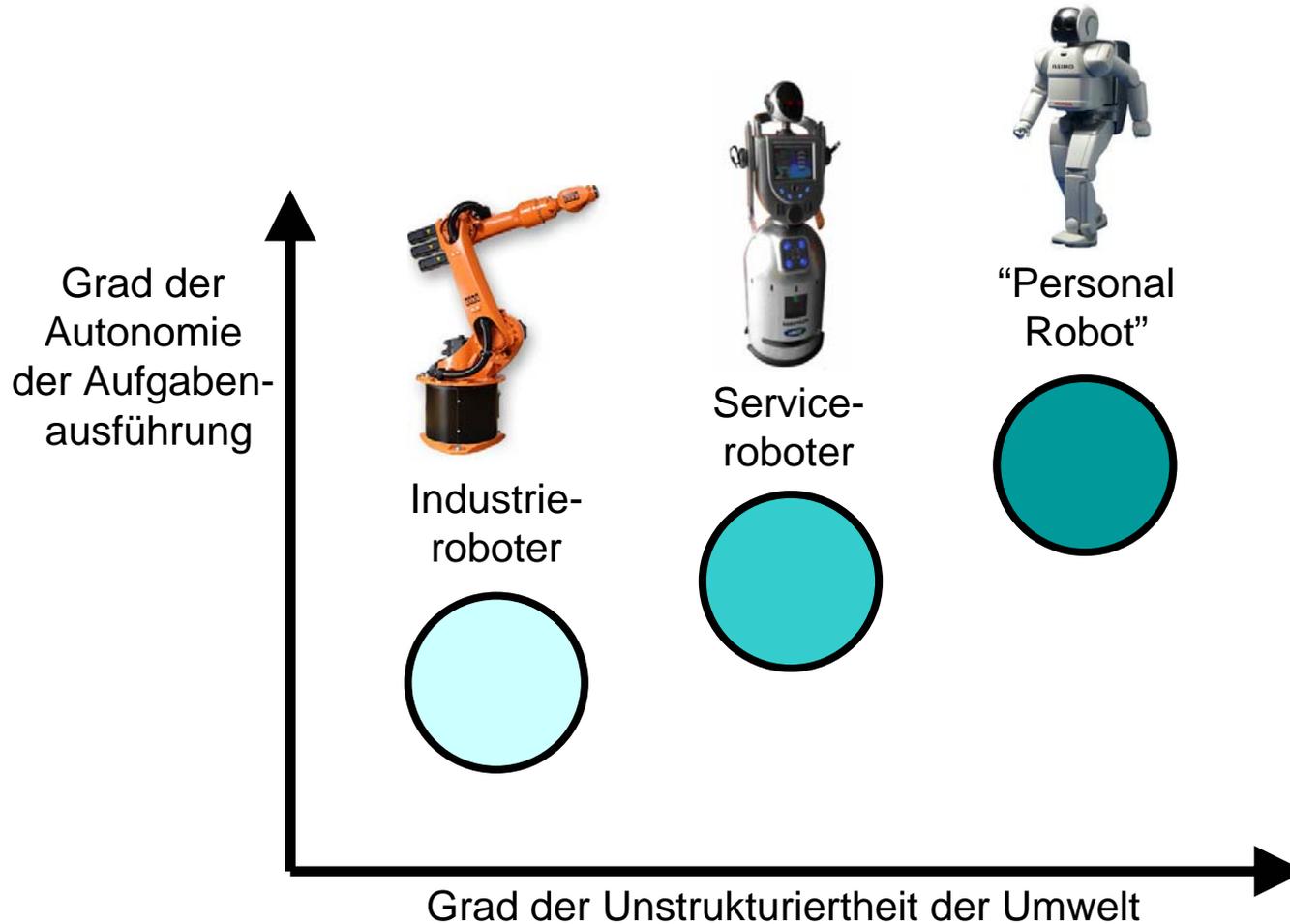
- hohe Rechenleistung (Multiprozessorsysteme)
- Aufgabenorientierte Programmierung
- Forderung nach (maschineller) Autonomie

- **4. Generation**

(humanoide AI-Roboter)

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

- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiel
- Inhaltliche Übersicht über die Vorlesung



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



Country	Yearly installations				Operational stock at year-end			
	2004	2005	2006	2009	2004	2005	2006	2009
America	15,400	21,555	17,200	20,100	126,961	143,203	153,500	182,500
Brazil	208	320			2,352	2,672		
North America (Canada, Mexico, USA)	15,170	21,136	16,500	19,100	123,663	139,553	149,400	176,000
Other America a/	22	99			946	978		
Asia/Australia	52,311	76,047	65,000	76,000	443,193	481,664	502,000	583,000
China	3,493	4,461			7,096	11,557		
India	369	450			619	1,069		
Indonesia	74	193			121	314		
Japan (see note below)	37,086	50,501	40,000	46,000	356,483	373,481	372,000	388,500
Malaysia	250	243			1,452	1,695		
Philippines	65	80			93	173		
Republic of Korea (all types of industries)	5,457	13,005			51,302	61,576		
Singapore a/	244	424			5,443	5,463		
Taiwan, Province of China a/	3,680	4,096			11,881	15,464		
Thailand	757	1,458			1,014	2,472		
Vietnam	14	99			14	113		
Other Asia a/	170	124			3,505	3,349		
Australia/New Zealand a/	652	913			4,170	4,938		
Europe	29,409	28,863	28,200	33,800	279,019	297,374	307,700	345,400
Austria a/	545	485			3,907	4,148		
Benelux a/	536	1,097			8,749	9,362		
Denmark	296	354			2,342	2,661		
Finland	401	556			3,712	4,159		
France	3,009	3,275	3,000	3,700	28,133	30,434	32,200	37,900
Germany	13,401	10,506	10,700	13,000	120,544	126,725	132,300	142,700
Italy	5,679	5,425	5,100	6,200	53,244	56,198	58,900	66,400
Norway	61	115			724	811		
Portugal	211	144			1,488	1,542		
Spain	2,826	2,649			21,893	24,081		
Sweden	833	939			7,341	8,028		
Switzerland a/	310	442			3,539	3,732		
Turkey	24	207			196	403		
United Kingdom	785	1,363	800	1,200	14,176	14,948	14,700	14,300
Central/Eastern European countries a/	419	1,149			8,372	9,337		
Other Europe a/	73	157			659	805		
Africa	87	204	220	250	430	634	900	1,600
Total	97,207	126,669	110,620	130,150	849,603	922,875	964,100	1,112,500

Anzahl Industrieroboter (2004, 2005, 2006, 2009 (Schätzung)) - Quelle: „International Federation of Robotics“

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 Produktion.
- Klassifizierung in
 - Service für Menschen
 - Service für Einrichtungen
 - Sonstige

Einsatzgebiete

Quelle: WTEC Robotics Study, 2006

Category	No. units	Value (\$ million)
Field (agriculture, forestry, mining)	885	117
Cleaning/maintenance	3370	68
Inspection	185	21
Construction, demolition	3030	195
Medical robotics	2440	352
Security, defense	1010	76
Underwater	4785	1467
Laboratory	3060	37
Others	2295	110
Overall	21060	2443

„Personal Robot“

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

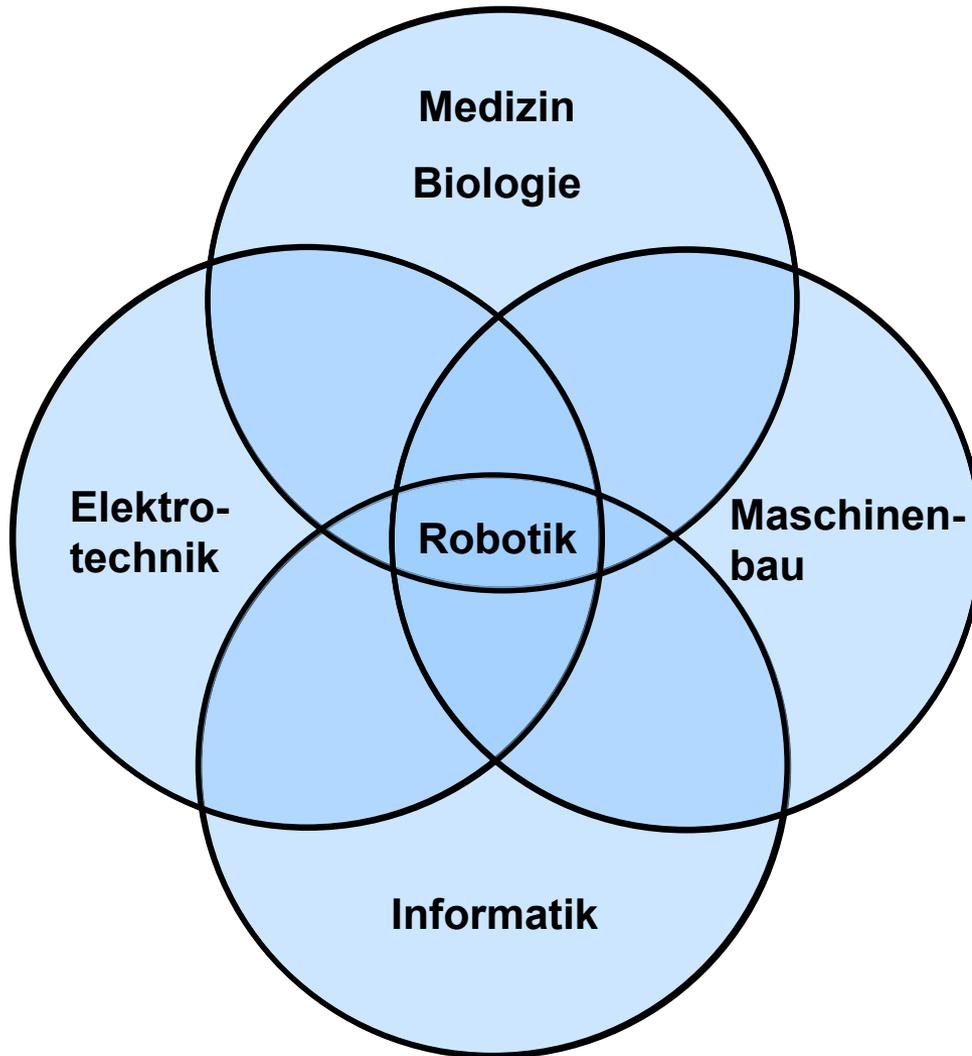
– Unstrukturierte Umgebung

Einsatzgebiete

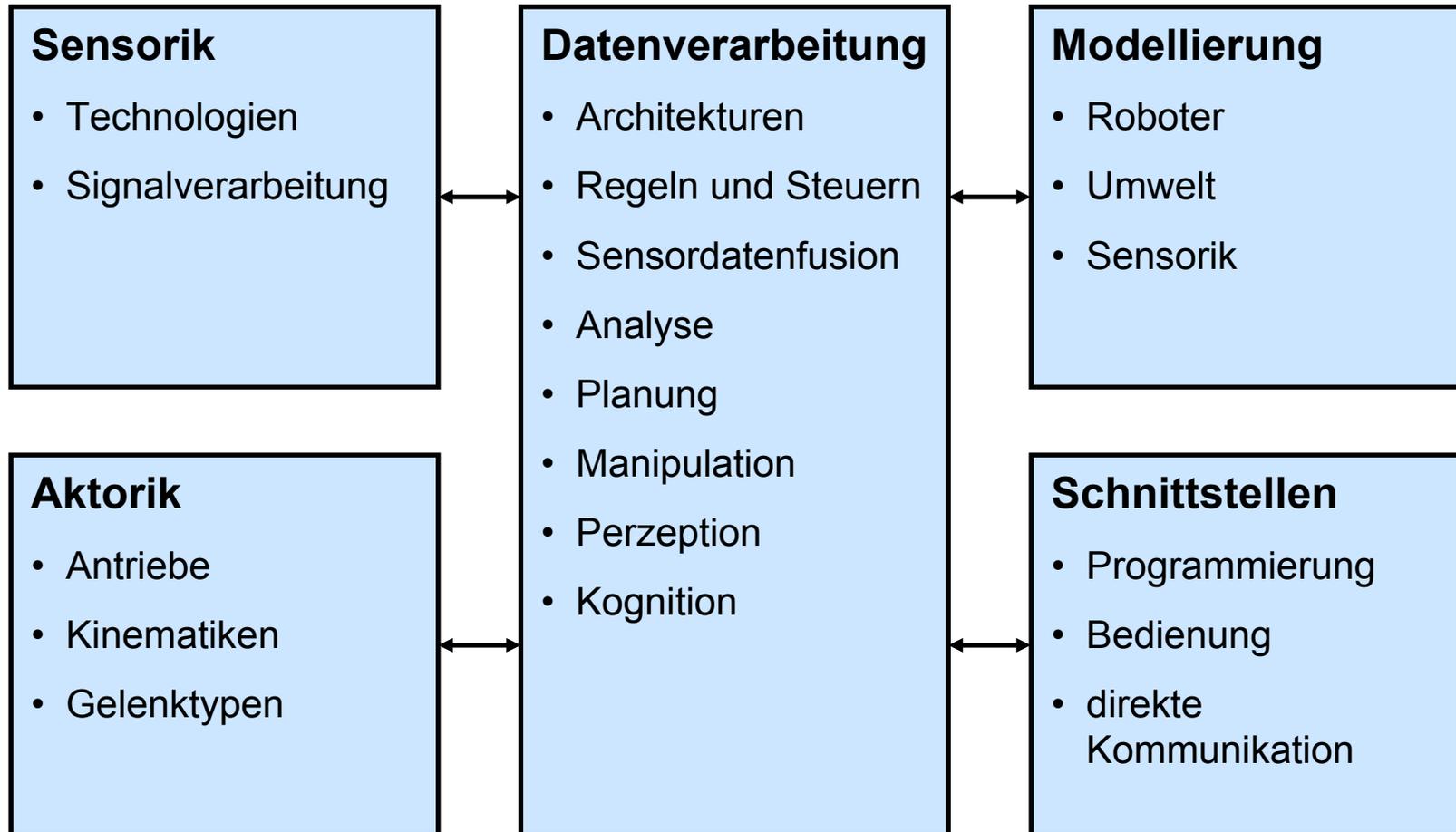
Quelle: WTEC Robotics Study, 2006

Category	No. units	Value (\$ million)
Domestic	607,000	217
Entertainment	691,490	1,125
Assistive	260	2
Other	205	7
Overall	1,298,955	1,351

- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiel
- Inhaltliche Übersicht über die Vorlesung



- 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
 - Beispiel
- Inhaltliche Übersicht über die Vorlesung

- Inspektion und Diagnose
- Servicerobotik
- Kognitive Outdoorsysteme

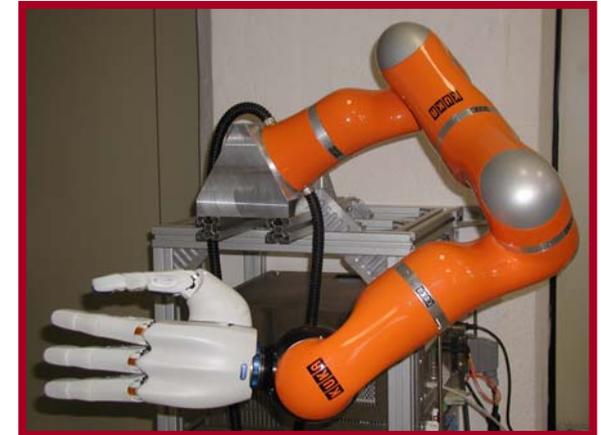


Lauron



Kairo II

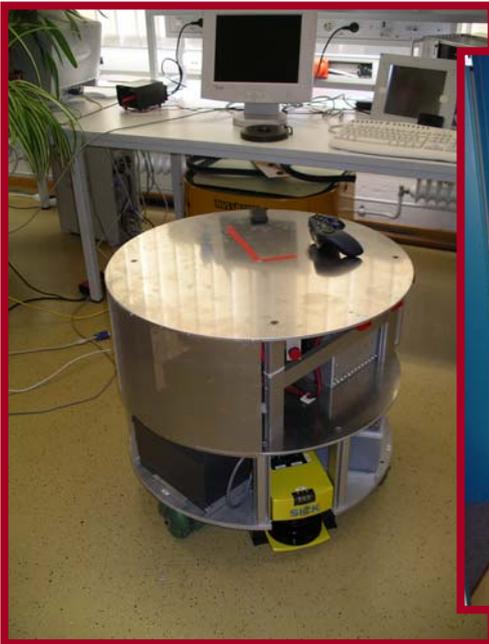
- Inspektion und Diagnose
- Servicerobotik
- Kognitive Outdoorsysteme



- Inspektion und Diagnose
- Servicerobotik
- Kognitive Outdoorsysteme



- Mobile Plattformen
- Humanoide Roboter



Omnibot

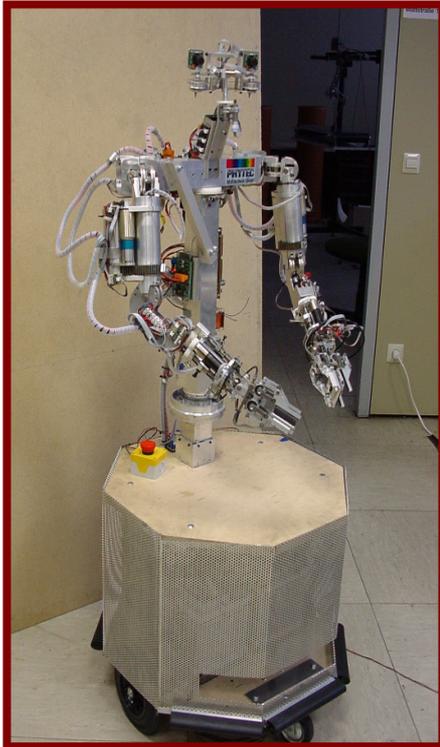


Odete

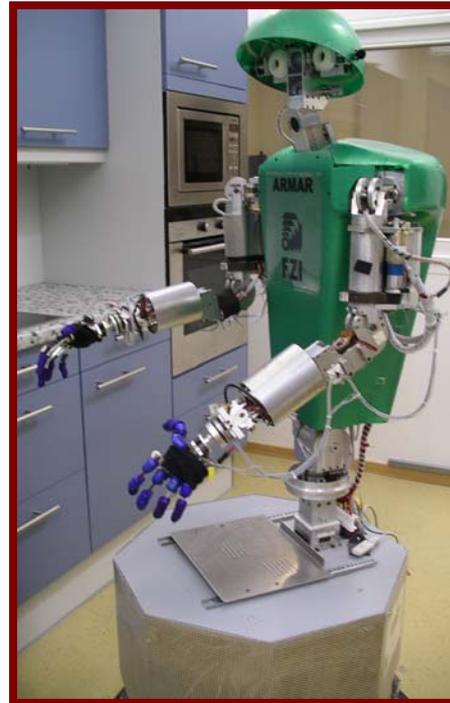


Albert

- Mobile Plattformen
- **Humanoide Roboter**



Armar I, 2000



Armar II, 2002



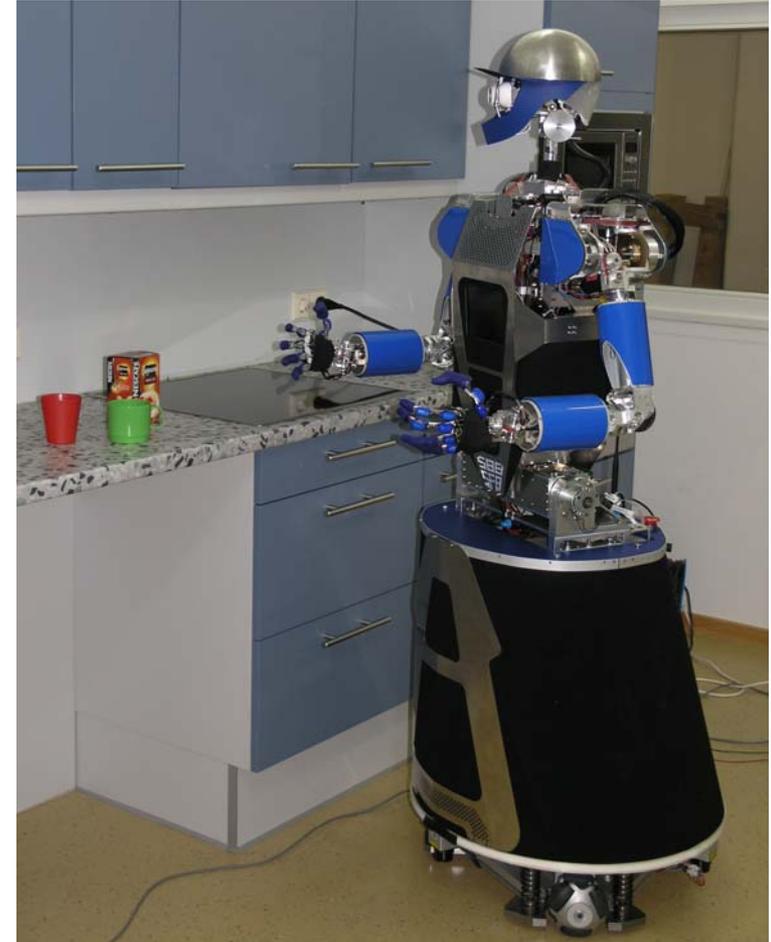
Armar IIIa, 2006



Armar IIIb, 2008

- Allgemeine Informationen zur Vorlesung
- „Robotik“
 - Begriffsbildung
 - Geschichte
 - Anwendungsfelder
 - Teilbereiche
 - Beispiel
- Inhaltliche Übersicht über die Vorlesung

- 19.10.2009 Einführung
- 26.10.2009 Teilsysteme
- 02.11.2009 Math. Grundlagen I
- 09.11.2009 Math. Grundlagen II
- 16.11.2009 Modellierung I
- 23.11.2009 Modellierung II
- 30.11.2009 Modellierung III
- 07.12.2009 Übung
- 14.12.2009 Regelung
- 21.12.2009 Serviceroboter
- 11.01.2010 Bahnsteuerung
- 18.01.2010 Planungssysteme I
- 25.01.2010 Planungssysteme II
- 01.02.2010 Steuerungsarchitekturen
- 08.02.2010 Institutsführung



Ende

I. Einführung und Motivation