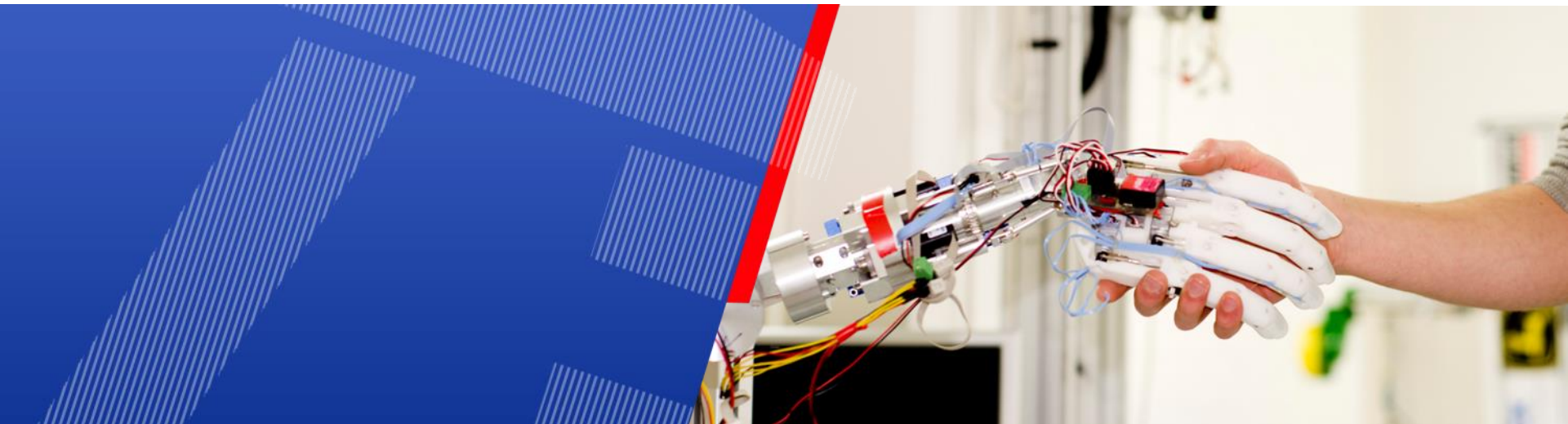


Grundlagen der Robotik - Einführung



Prof. Karsten Berns

Robotics Research Lab

Department of Computer Science

University of Kaiserslautern, Germany

Inhalt

- Organisatorisches
 - Informationen zur Vorlesung
 - Lehrveranstaltungen im Bereich der Robotik
 - Forschungsarbeiten der AG
 - Übersicht über die Vorlesung
- Einführung in die Robotik
 - Was beinhaltet die Robotik?
 - Geschichte der Robotik
 - Einsatzgebiete
 - Roboterzukunft

Allgemeine Informationen

- Vorlesung Montag, 15:30 – 17:00, Raum 42/115
- Mittwoch, 11:45 – 13:15, Raum 46/210
- Übung alle 2 Wochen, üblicherweise mittwochs
- Prüfungsmodus: Mündlich, siehe Prüfungsordnungen
- Sprechstunde: Mittwochs 10:00 – 12:00
(vorher anmelden)
- Homepage: rrlab.cs.uni-kl.de
- Skript
 - Folien und Zusatzmaterial unter:
 - <https://agrosy.informatik.uni-kl.de/studium/lehrangebot>
 - <https://olat.vcrp.de/url/RepositoryEntry/3848833296>

Übungsbetrieb und Prüfung

- **Übungsblätter**
 - Ausgabe: Freitags in Olat
- **Leistungsnachweis Übung**
 - Registrierung in OLAT
 - Übungsblätter müssen sinnvoll bearbeitet werden
 - Maximale Gruppengröße 3
 - Abgabe: Freitags, in OLAT
 - Vorrechnen von Aufgaben an der Tafel
 - Anwesenheitspflicht mindestens eines Gruppenmitglieds
- **Prüfung**
 - Voraussetzung: Bestandener Leistungsnachweis
 - Termine: Vereinbarung im Sekretariat
 - Mindestens ein Termin pro Monat

Lehrveranstaltungen im Bereich der Robotik

Grundlagen Eingebetteter Systeme (4 + 2 SWS) (Bachelor)

1. Einleitung
2. Elektrische Grundlagen
3. Elektrische Netzwerke
4. Halbleiter
5. Operationsverstärker
6. Systemtheorie
7. Regelung
8. Signalverarbeitungsprozess
9. Sensordatenverarbeitung
10. Aktuatorik
11. Recheneinheiten
12. Kommunikation
13. Echtzeitsysteme
14. Anwendung

Lehrveranstaltungen im Bereich der Robotik

Autonome mobile Roboter - AMR (4 + 2 SWS) (Master)

1. Übersicht
2. Sensorik
3. Basismerkmale
4. Antriebskinematik radbasierter Systeme
5. Rechnerarchitektur und Steuerungsarchitekturen
6. Regelung
7. Hindernisvermeidung
8. Lokalisierung
9. Umweltmodellierung
10. Navigation
11. Komplexe AMR-Systeme und deren Anwendungen

Lehrveranstaltungen im Bereich der Robotik

Biological inspired Robots - BioBots (3 + 1 SWS) (Master)

(Mo. 13:45 - 15:15, Raum 11-241)

(Mi. 13:45 - 15:15, Raum 42-110)

1. Biological concepts in robotics
2. The mechatronics system design
3. Control architecture and methods
4. Skills of Humanoid Robots
5. Interaction

Lehrveranstaltungen im Bereich der Robotik

- Bachelor-Seminar „Eingebettete Systeme“
 - Mi. 26.10.22, 15:30, Raum 48/379
- Master-Seminar „Eingebettete Systeme und Robotik“
 - Mi. 26.10.22, 15:30, Raum 48/379
- Praktikum mobile Roboter (halbtägig im WS)
 - Mi. 26.10.22, 10:00, Raum 48/379
 - Versuchspraktikum
 - 4 – 5 vorbereitende Versuche
 - Aufbau eines Robotersystems im Team (6 Personen)
 - Entwicklung eines autonomen Gabelstaplers
 - Vorstellung der Ergebnisse in einer Abschlusspräsentation
 - Kurze schriftliche Zusammenfassung der Ergebnisse

Wettbewerb – Roboterpraktikum



Forschungsarbeiten

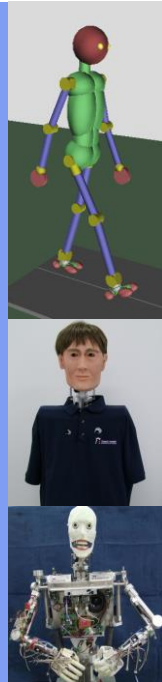
Themenbereiche für Master- und Bachelorarbeiten

- Zweibeiniges Laufen
- Kletterroboter
- Autonome Fahrzeuge (indoor und outdoor)
- Sensoren/Sensorsysteme für Roboter
- Rechnerarchitekturen
- Humanoide Roboter
- (Verhaltensbasierte) Robotersteuerungen
- Framework
- Mensch-Maschine-Interaktion

Forschungsbereiche der AG Robotersysteme

Autonome mobile Roboter

Humanoide Roboter



Off-road Service Roboter

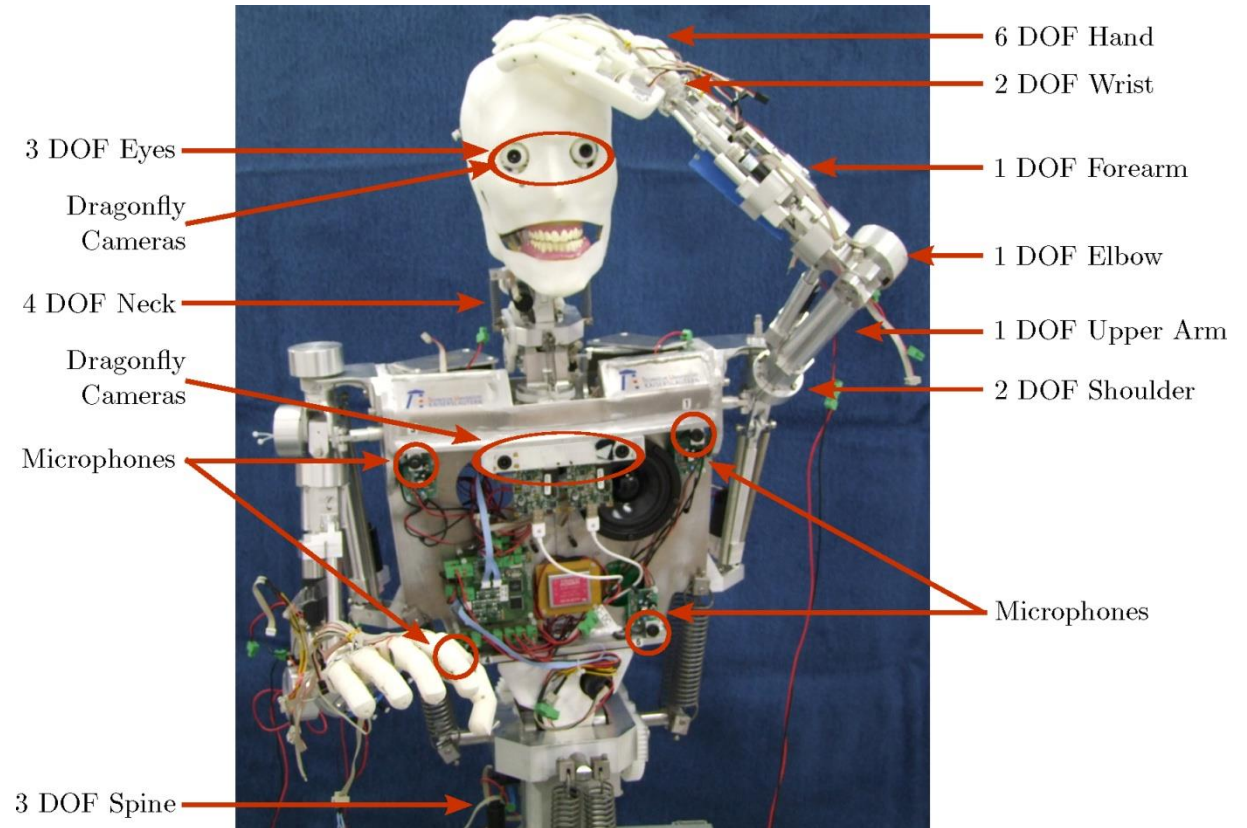
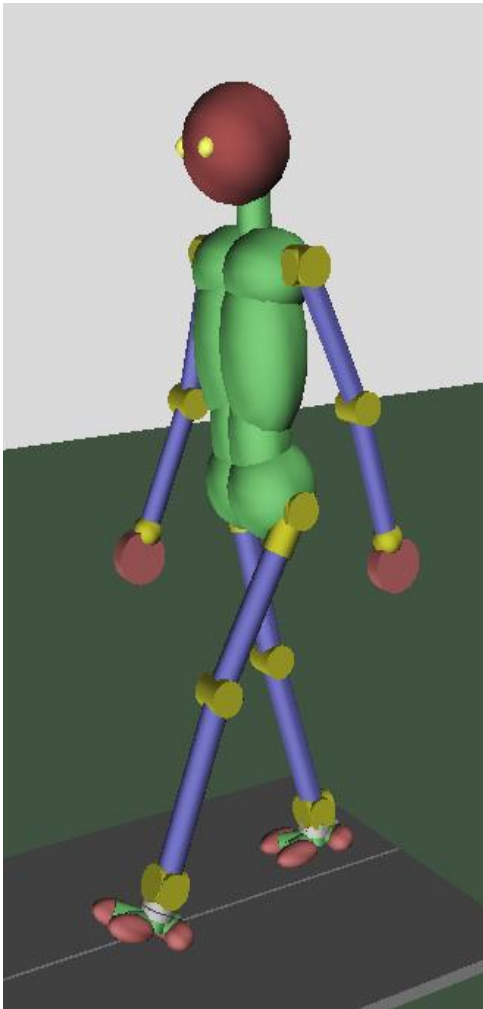


Service Roboter



Methoden und Algorithmen

Motivation Robotik



Inhalt der Vorlesung

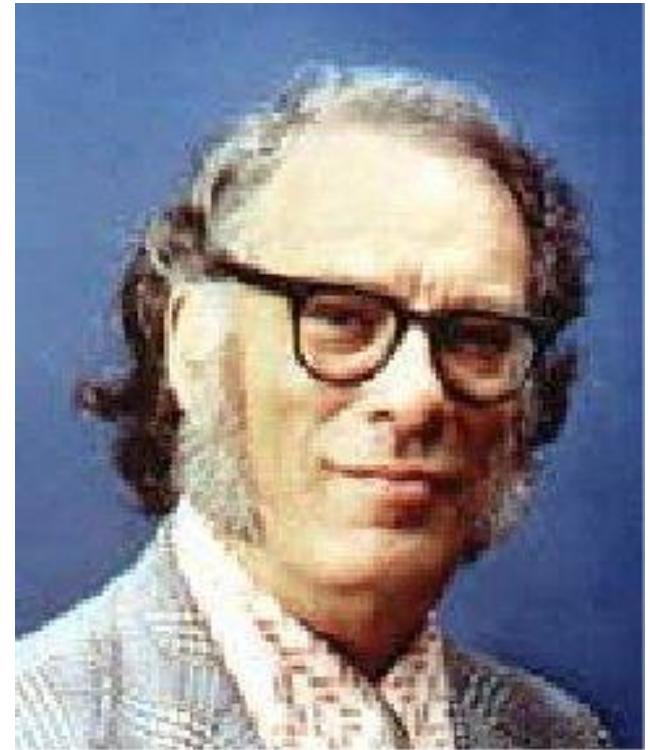
1. Grundbegriffe und Einführung
2. Teilsysteme von Robotern
3. Raumkinematische Grundlagen
4. Modellierung von Robotersystemen
5. Bahnsteuerung
6. Greifplanung
7. Planungssysteme
8. Roboterarchitekturen
9. Roboterprogrammierung
10. Anwendungen und Zusammenfassung

Begriffsbildung

- Roboter: 1920 Karel Capek prägte den Begriff „robota“ (slowakisch) = Schwerarbeit; für Capek ist ein Roboter (im Gegensatz zum Menschen) „rastlos arbeitend“.
- „Rossum’s Universal Robot“ von Karel Capek
 - Entwicklung einer chemischen Substanz zur Herstellung von Robotern
 - Roboter sollten Menschen gehorsam dienen und schwere Arbeiten verrichten
 - Wissenschaftler Rossum entwickelt „perfekten“ Roboter
 - Roboter fügen sich nicht mehr, rebellieren und töten gesamtes menschliches Leben

Asimovsche Robotergesetze (1942)

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



Definition: Roboter

- Allgemeine Definitionen
 - Arbeitsmaschine
 - künstlicher Mensch
 - Kampf- / Kriegsmaschine
 - Science Fiction: denkende Maschine
- Technische Definitionen
 - flexibles Handhabungsgerät (Greifvorrichtung/Sensoren)
 - Maschine zur Aufnahme von Informationen (Sensoren) und Einwirkung auf die Umwelt (Aktuatoren/Aktoren)
 - Maschine, die sich selbst und/oder andere Objekte bewegt

Definition: Roboter

- Roboter – Maschinenmensch; Bewegungen durch elektrische Wellen (drahtlos) ausgelöst, auch elektronisch gesteuerter Automat.
[Kleines Lexikon der Büchergilde 1973]
- (Wieder-) Programmierbarer, multifunktionaler Manipulator, dazu gedacht, Materialien, Teile oder (spezialisierte) Werkzeuge mit Hilfe verschiedener programmierter (minimal vieler) Bewegungen zu bewegen/benutzen.
[nach „The Robot Institute of America“ 1979]
- Äußerlich wie ein Mensch gestaltete Apparatur, die manuelle Funktionen eines Menschen ausführen kann; Maschinenmensch. Elektronisch gesteuertes Gerät.
[Fremdwörter-Duden, 1990]

Definition: Roboter (Neumann)

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.

[NEUMANN, Lexikon der Informatik und Datenverarbeitung]

Definition: Roboter (VDI)

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.

[VDI-Richtlinie 2860, 1990]

Definition: Roboter (Christaller)

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.

[T. Christaller, 2001]

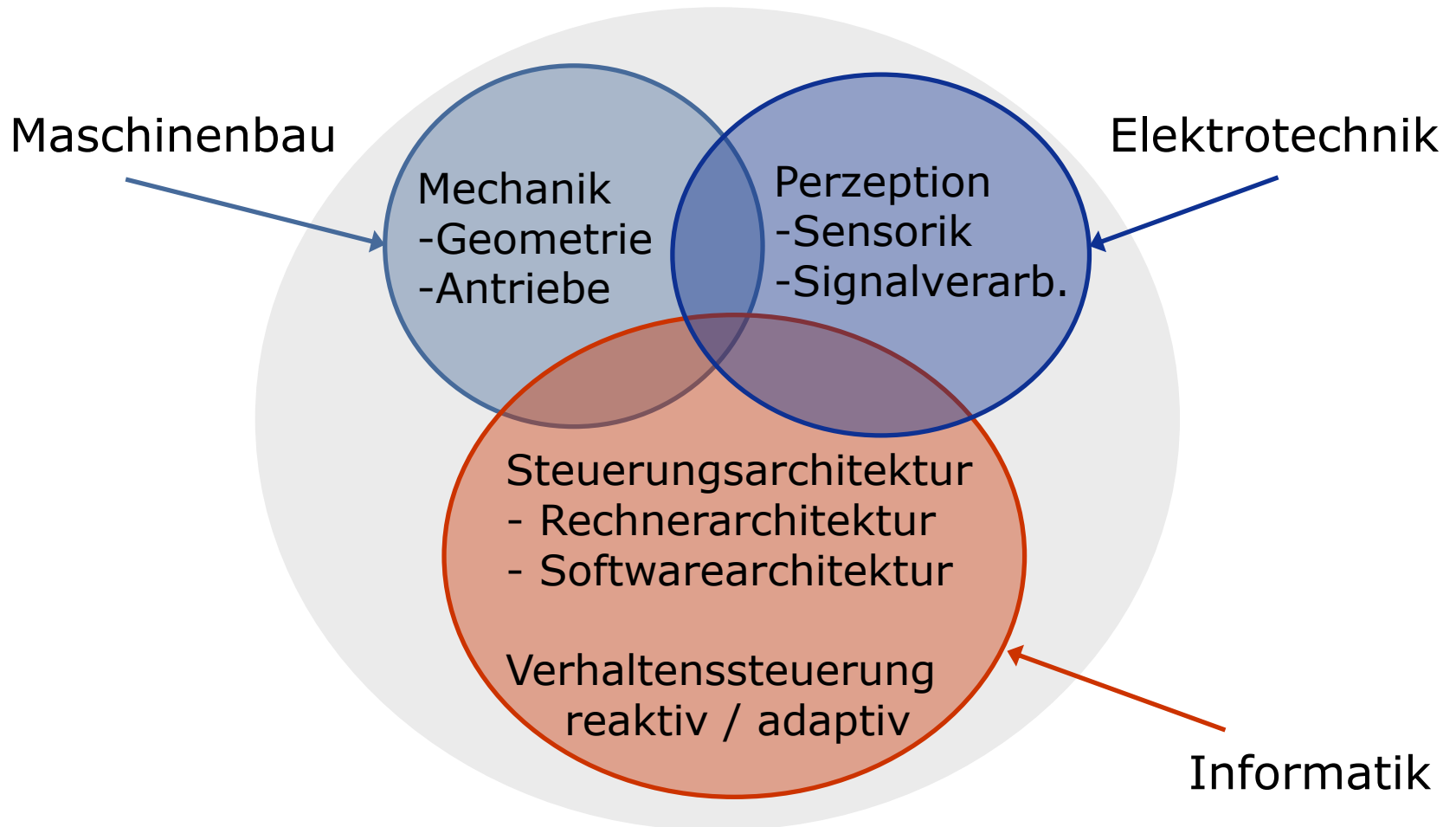
Fähigkeiten und Komponenten

- Fähigkeiten
 - fähig, sich und/oder andere Objekte zu bewegen
- Komponenten
 - Arm, Handgelenke & Effektor zur Objektbewegung
 - Räder, Beine o. ä. für Mobilität
 - Antrieb und Steuerung für genannte Bewegungen
 - Computer für Entscheidungen und Befehlsspeicherung
 - Sensoren

Sensorik

- Messung von Berührung, Kräfte, Momente
- Positionsbestimmung, Stellung von Arm- u. Handgelenken
- Entfernungsmessung
- Visuelle Form-, Farb-, Größen- und Bewegungserkennung
- Messung von Wärmeleitfähigkeit, Temperatur, elektrischer Spannung
- Wahrnehmung von Oberflächenbeschaffenheit & Geruch
- Erkennung von Schallwellen und Tönen

Interdisziplinäres Forschungsfeld



Geschichte der Robotik

- 33 v. Chr.: Heron von Alexandrien
 - automatischer Altar
- 3 n. Chr.: Vierbeinige Laufmaschine, China
- 1738: Jacques de Vaucanson
 - Flötenspieler und Tamburinspieler
mechanische, musizierende Puppe in menschlicher Größe (siehe Bild)
 - Blasen in Flöte, Veränderung der Lippen und Zunge, Fingerbewegung



Geschichte der Robotik

- 1774: Pierre Jaquet-Droz & Jean-Frédéric Leschot
 - Zeichner, Schriftsteller und Musikerin (siehe Bild)
- 1805: Joseph Maria Jacquard
 - Program. Webstuhl (Lochkarten)
- 1810: Johann Gottfried und Friedrich Kaufmann
 - Trompeter
- 1830: Christopher Spencer
 - Nockengesteuerte Drehbank
- 1938: Williard Pollard u. Harold Roselund
 - Program. Farb- und Lackiermaschine

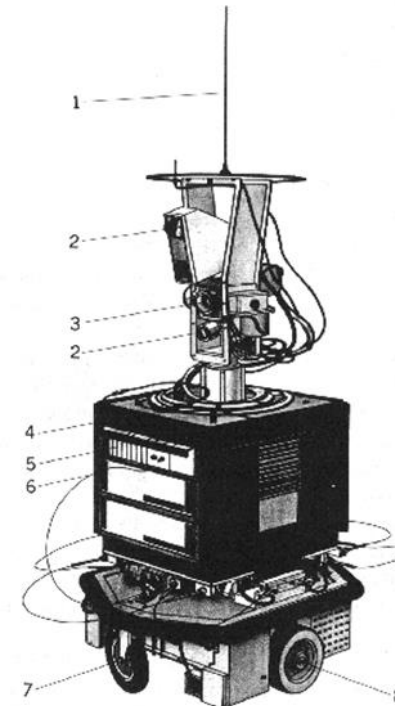


Geschichte der Robotik

- 1954: Georg C. Devol
 - Patent für program. Manipulator
- 1959: Planet Corp.
 - Erster kommerzieller Roboter
(Steuerung durch Kurvenscheiben & Begrenzungsschalter)
- 1959/60: Devol u. J. F. Engelberger
 - Erster Industrieroboter „Unimate“
(hydraulisch angetrieben, Computersteuerung)
- 1961: Ford installiert Roboter des Typs „Unimation“

Geschichte der Robotik

- 1968 Charles A. Ross, Stanford Universität USA
 - Roboter Shakey (siehe Bild)
- 70er: Daimler-Benz, Sindelfingen
 - erste Industrieroboter Daimler
- 1974: Entwicklung d. Sprache AL
- 1974: Weiterentwicklung von Unimation zur Programmiersprache VAL
- 1975: erster vollständig elektrisch angetriebener Roboter



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

- 1978: Unimation
 - PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly)
- 1984: Ichiro Kato, Waseda Universität Tokio
 - Wabot-2 (siehe Bild)
- 1985: Massachusetts Institute of Technology
 - 3-Finger Salisbury-Hand



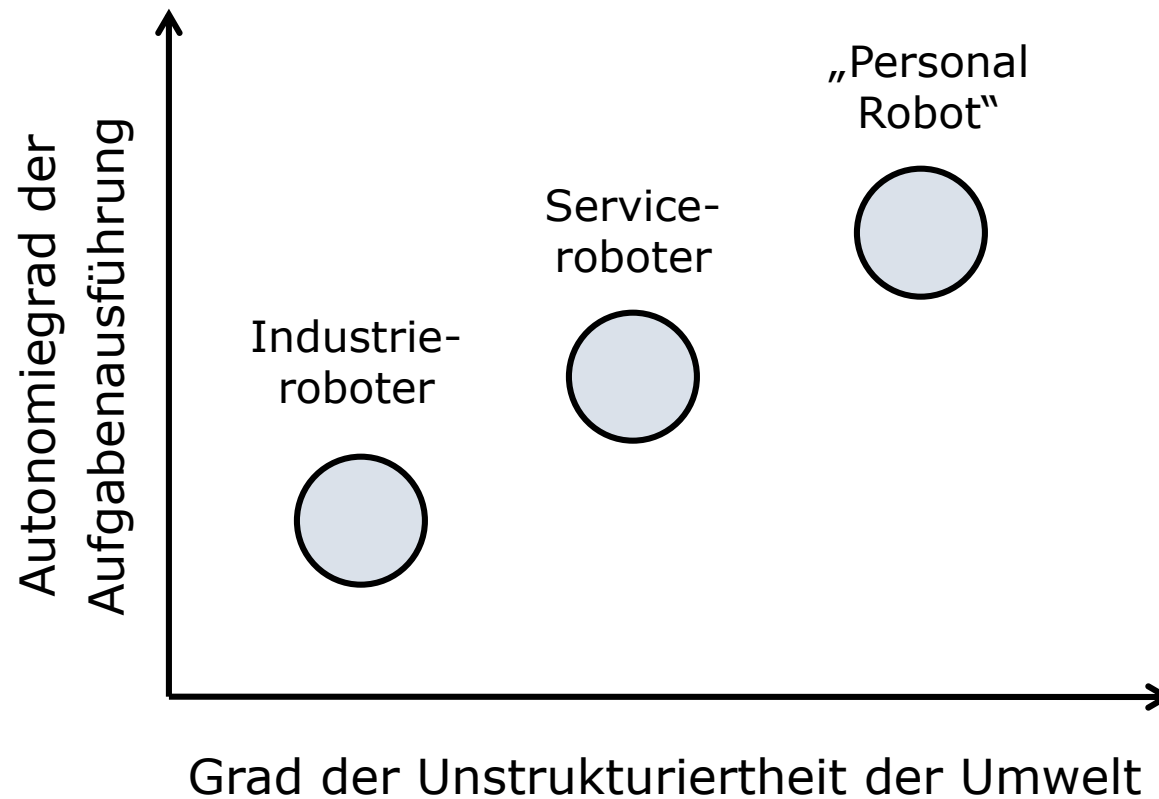
Robotergenerationen

- 1. Generation (programmierbare Manipulatoren, 1960 – 75)
 - Geringe Rechenleistung
 - Nur feste Haltepunkte (Punkt-zu-Punkt-Programmierung)
 - Kaum sensorielle Fähigkeiten (nur 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
(adaptiv Aufgabendurchführung)

Robotergenerationen

- 3. Generation (autonome Roboter, ab 1983)
 - Hohe Rechenleistung (Multiprozessorsysteme)
 - Aufgabenorientierte Programmierung
 - Forderung nach (maschineller) Autonomie
- 4. Generation (humanoide Roboter, ab 1995)
 - Hohe Flexibilität bzgl. Umwelt und Aufgabe
 - Lernfähigkeit und Anpassungsfähigkeit
 - Selbstreflexion
 - Emotion

Anwendungsfelder



Definition: Industrieroboter

- Manipulating industrial robot as defined by ISO 8373
 - 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 [*World Robotics 2003*]
- Klassifizierung über ...
 - Anzahl der Achsen (3, 4, 5, ...)
 - Art der Steuerung (PTP, kont. Pfad, Adaptiv, teleoperativ)
 - Mechanische Struktur (SCARA, parallel, ...)
- [*World Robotics 2003*]
International Federation of Robotics,
United Nation, New York and Geneva, 2003

Lackierung und Rohbau bei DaimlerChrysler

Aufgabengebiete

- Allg. Fließband
- Platinenbestückung
- Schweißarbeiten
- Lackierarbeiten
- Fahrerlose Transportsysteme
- Umgang mit Gefahrgut



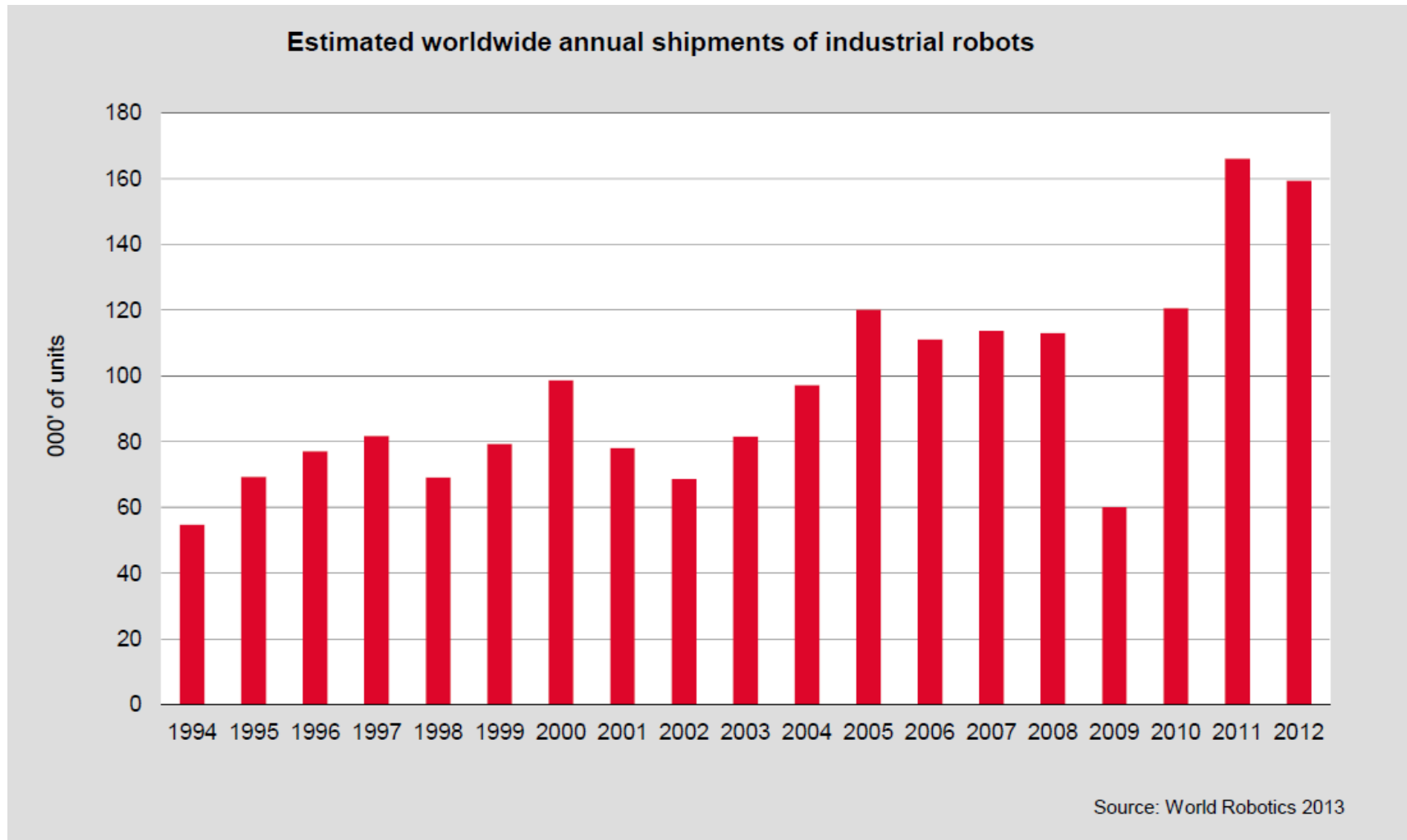
Lackierung und Rohbau bei DaimlerChrysler

Merkmale

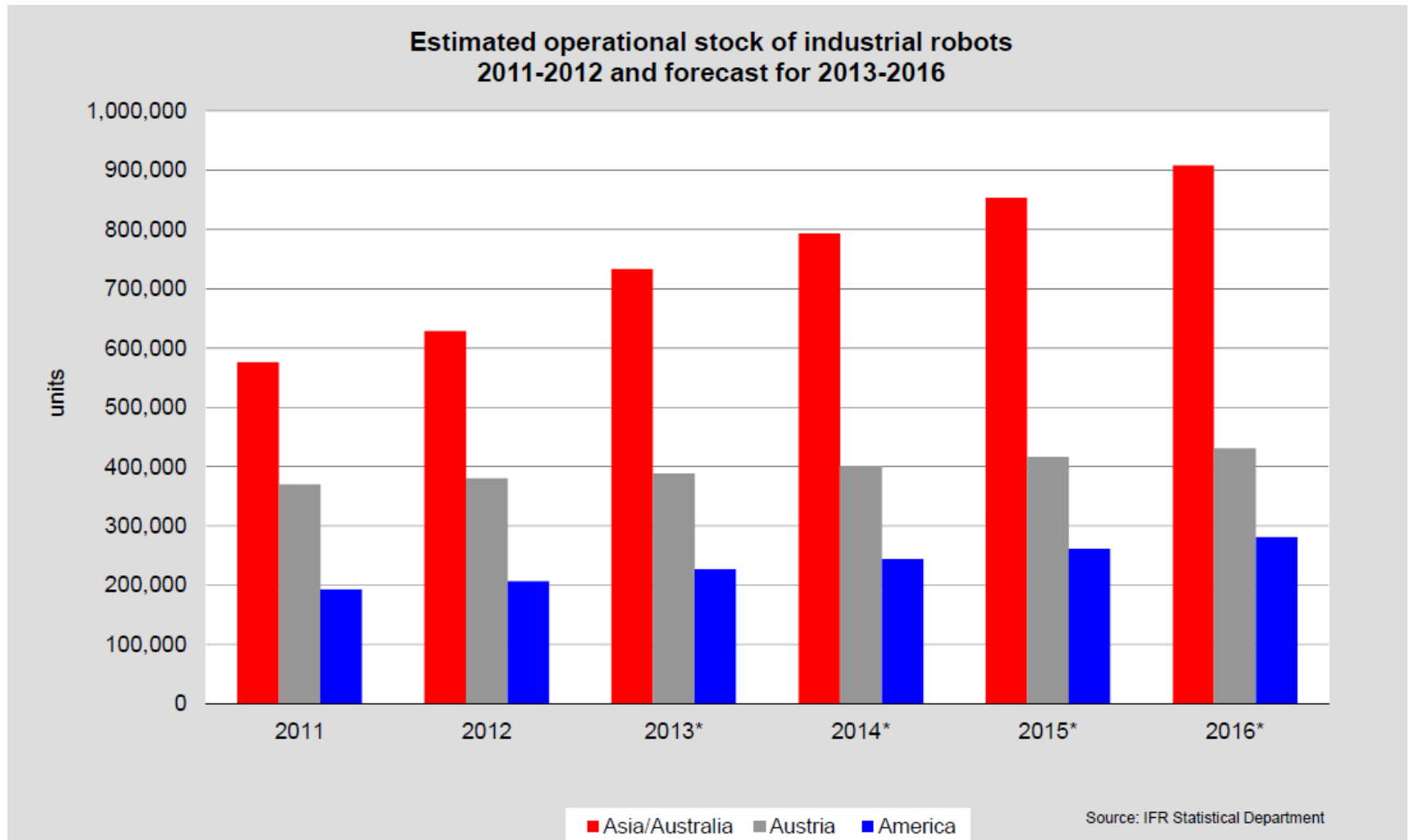
- Meist stationär
- Wenig Freiheitsgrade
- Einfache Programmierung
- Keine Erfassung der Umgebung
- Hoher Spezialisierungsgrad
- Effektiver als Mensch (Kosten u. Arbeit)



Statistik Industrieroboter

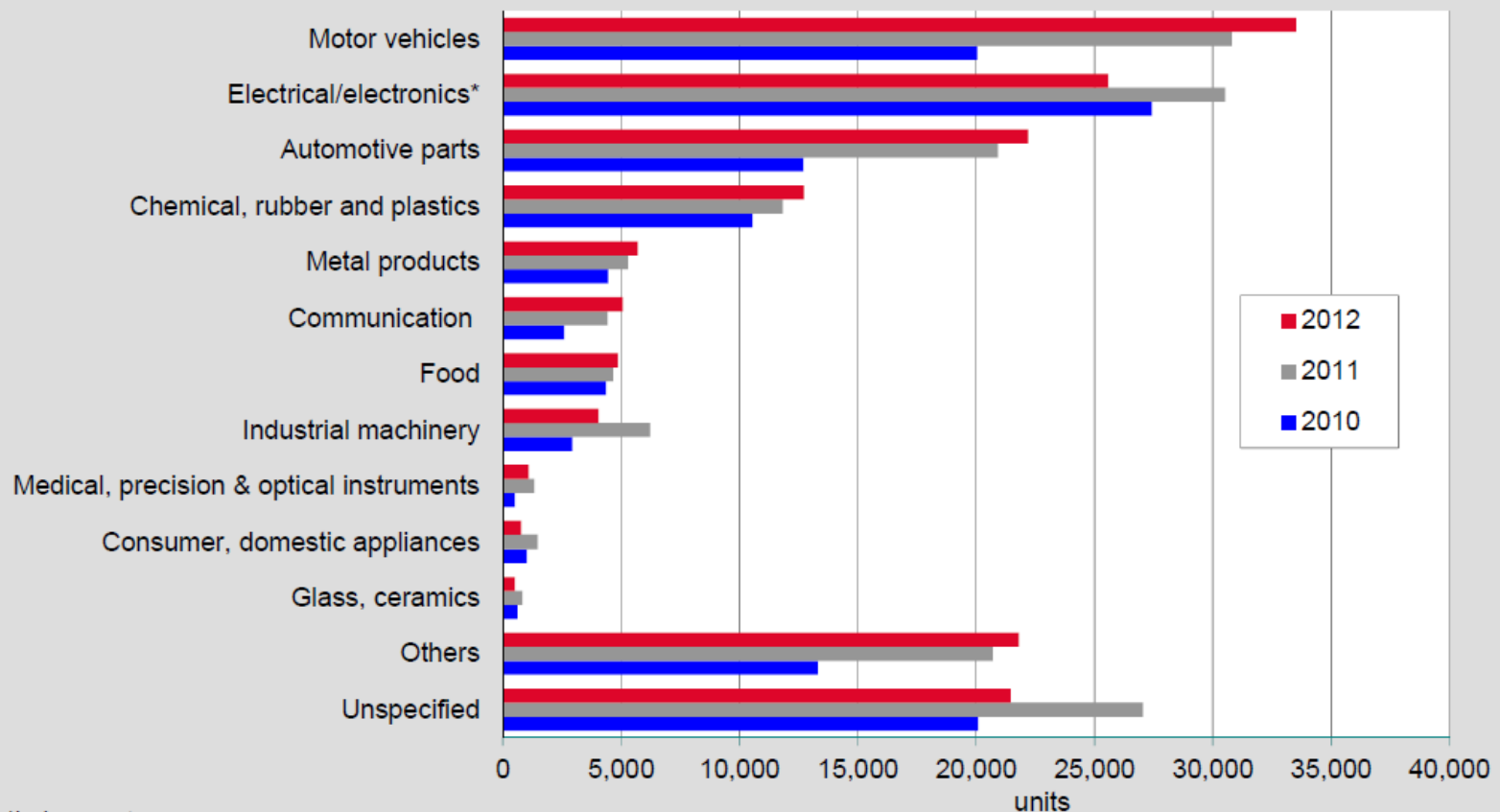


Statistik Industrieroboter



Statistik Industrieroboter

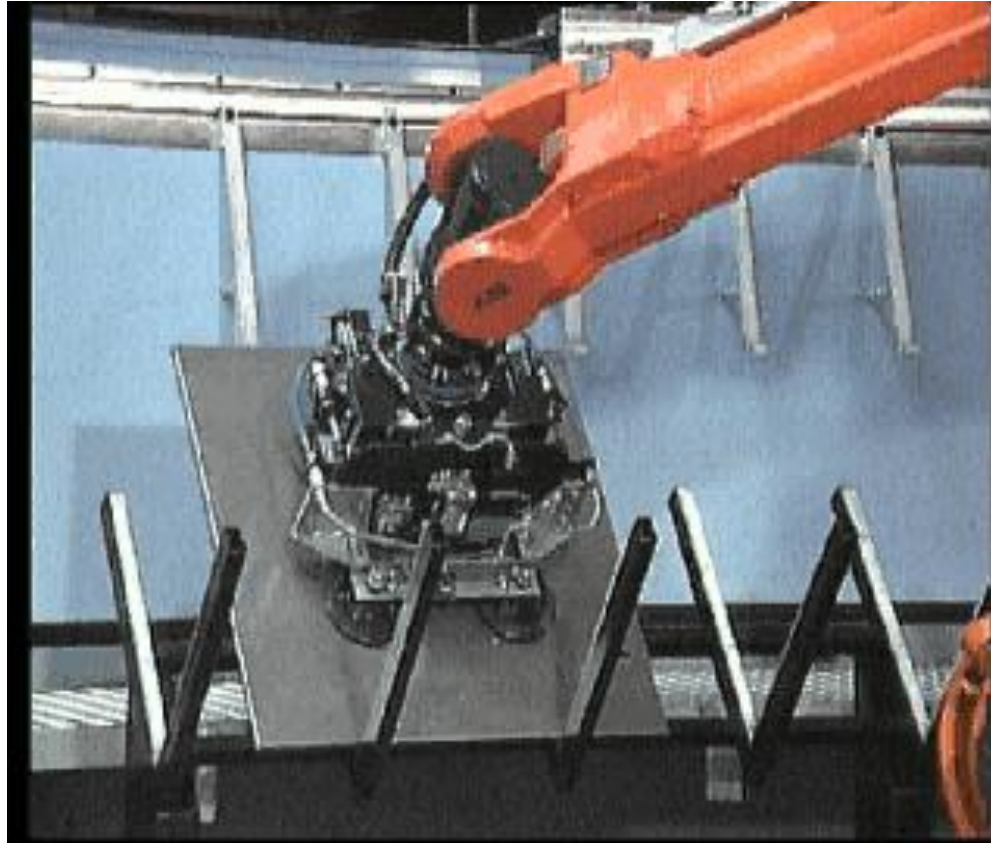
Estimated worldwide annual supply of industrial robots at year-end by industries 2010 - 2012



*incl. computers

Source: IFR Statistical Department

Metallverarbeitung mit ABB-Roboter



[ABB Ladenburg 2004]

Definition: Serviceroboter/Personal Robot

- A robot which operates semi- or fully autonomously to perform services useful to the well-being of humans and equipment, excluding manufacturing operations [*World Robotics 2003*]
- Klassifizierung in
 - Servicing humans
 - Servicing equipment
 - Sonstige
- Video: Humanoider Roboter ARMAR III



Einsatzgebiete

- Industrieroboter
- Unterwasserroboter
- Roboter im Bauwesen und Bergbau
- Roboter in der Landwirtschaft und Forstwirtschaft
- Rechnergestützte assistierende Robotersysteme
- Persönliche Roboter in privater Umgebung
- Roboter in der Chirurgie
- Abfallbeseitigung
- Abwasserrohrinspektion und -reparatur
- Entertainment
- Video: Roboterzukunft

Literaturangaben

- rrlab.cs.uni-kl.de
 - Pfad: Studium/Informationen zur Robotik
- **Lehrbücher**
 - Craig, J. (2005). Introduction to Robotics – Mechanics and Control. Pearson Prentice Hall
 - Tsai, L.-W. (1999). Robot Analysis – The Mechanics of Serial an Parallel Manipulators, John Wiley & Sons
 - Siegert, H.-J. und Bocionek, S. (1996). Robotik: Programmierung intelligenter Roboter. Springer Verlag.
 - Stark, G. (2009). Robotik mit MATLAB. Hanser Fachbuchverlag

Nächste Vorlesung ...

- Mathematische Grundlagen
 - Notationen
- Roboterteilsysteme
 - Mechanische Komponenten
 - Antriebe und Sensoren
 - Regelung und Steuerung