



64-544

Grundlagen der Signalverarbeitung und Robotik

[http://tams.informatik.uni-hamburg.de/
lectures/2012ss/vorlesung/GdSR](http://tams.informatik.uni-hamburg.de/lectures/2012ss/vorlesung/GdSR)

Jianwei Zhang



Universität Hamburg
Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften
Fachbereich Informatik
Technische Aspekte Multimodaler Systeme

Sommersemester 2012



Gliederung

1. Einführung
2. Grundlagen der Robotik
3. Elementares der Sensorik
4. Verarbeitung von Scandaten
5. Rekursive Zustandsschätzung
6. Fuzzy-Logik
7. Steuerungsarchitekturen





64-544 Vorlesung

Vorlesung Do. 10:15 -11:45 Uhr, OC 24 B

Web Teil 1 <http://kogs-www.informatik.uni-hamburg.de/~stellin/SignalverarbeitungNano/index.htm>
 Teil 2 <http://tams.informatik.uni-hamburg.de/lectures/2012ss/vorlesung/GdSR>

Name Prof. Dr. Jianwei Zhang (Bernd Schütz)
Büro F-308 (F322)
E-mail zhang(schuetz)@informatik.uni-hamburg.de

Sekretariat Tatjana Tetsis
Büro F-311
Telefon (040) 42883-2430
E-mail tetsis@informatik.uni-hamburg.de



64-545 Übungen

Übungen Mi. 10:00 - 11:30 Uhr, Do. 12:00 - 13:30 Uhr

Raum

Web

<http://tams.informatik.uni-hamburg.de/lectures/2012ss/vorlesung/GdSR/uebungen/>

Name

Manfred Grove

Büro

F-332

Telefon

(040) 42883-2511

E-mail

grove@informatik.uni-hamburg.de



Organisatorisches

▶ Übung

- ▶ Ausgabe der Aufgabenblätter:
spätestens am Tag der Vorlesung unter:
<http://tams-www.informatik.uni-hamburg.de/lectures/2012ss/vorlesung/GdSR/uebungen>
- ▶ Abgabe der Übungsblätter:
Mittwoch 0:00 Uhr der darauffolgenden Woche,
ggf. per E-Mail an: grove@informatik.uni-hamburg.de
- ▶ Scheinkriterien:
Wie im ersten Teil der Veranstaltung.



Terminübersicht, Teil 2 – Robotik

24.05.12 VL

30.05.12 (Übung) Pfingstferien

31.05.12 (VL, Übung) Pfingstferien

06.06.12 Übung

07.06.12 VL, Übung

13.06.12 Übung

14.06.12 VL, Übung

20.06.12 Übung

21.06.12 VL, Übung

27.06.12 Übung

28.06.12 VL, Übung

04.07.12 Übung

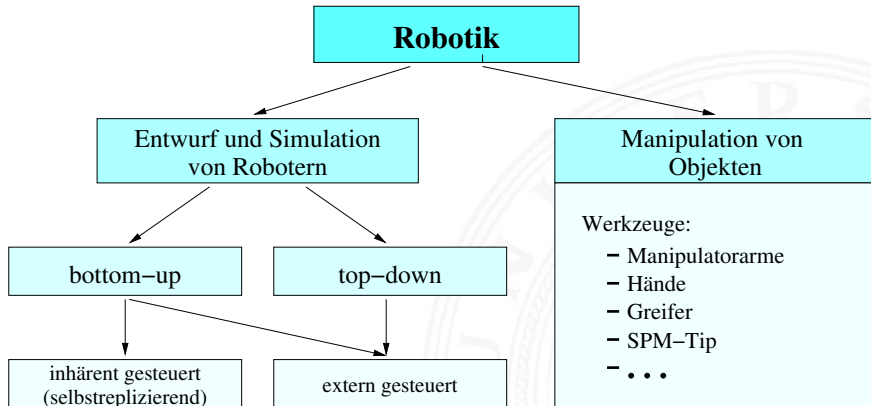
05.07.12 VL, Übung

11.07.12 Übung

12.07.12 VL, Übung

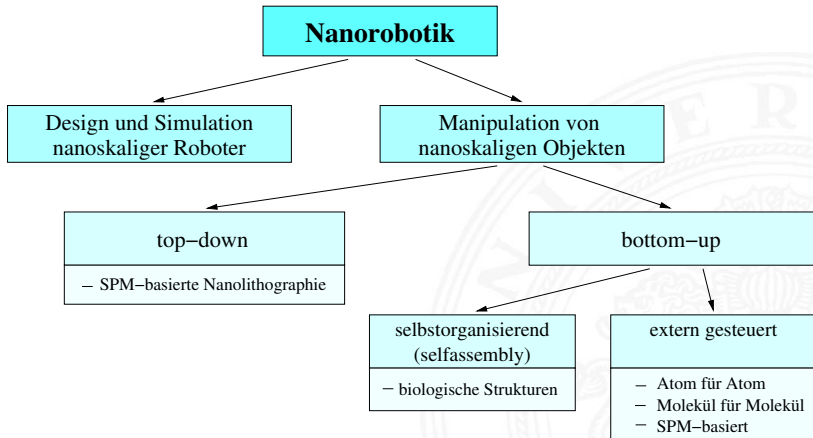


Nanorobotik und Makrorobotik





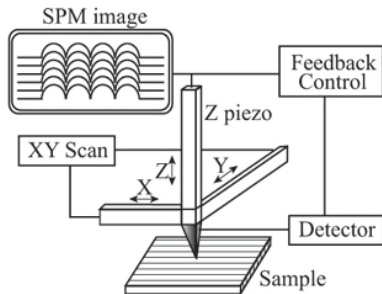
Nanorobotik und Makrorobotik (cont.)



Exkurs: Scanning Probe Microscopes

SPM Family

Scanning Probe Microscope



SPM Family

- STM (1982)
(Scanning Tunneling Microscope)
- SCM (1985)
(Scanning Capacitance Microscope)
- AFM (1986)
(Atomic Force Microscope)
- MFM (1987)
(Magnetic Force Microscope)

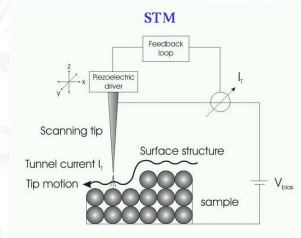
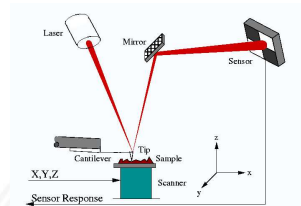
Quelle: quanta.iis.u-tokyo.ac.jp

Exkurs: Scanning Probe Microscopes (cont.)

- ▶ AFM
(Atomic Force
Microscope)

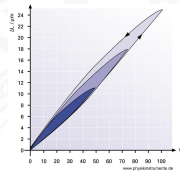


- ▶ STM
(Scanning
Tunneling
Microscope)



SPM als Roboter

- ▶ 3 DOF-Robot
 - ▶ Bewegung in x, y, z
 - ▶ x, y normalerweise open-loop
 - ▶ z normalerweise closed-loop
- ▶ Piezos als Aktuatoren
 - ▶ Hysterese
 - ▶ Kriechen (creep)
- ▶ Sensorik
 - ▶ Fusion von Sensordaten
(z. B. AFM: laterale Kräfte & Topographie)
- ▶ Temperaturdrift





Manipulation

- ▶ Makrorobotik
 - ▶ physikalische Prozesse und Mechanik weitestgehend verstanden
 - ▶ leistungsfähige Modelle vorhanden
 - ▶ viele Möglichkeiten der Automation
- ▶ Nanorobotik
 - ▶ physikalische u. chemische Prozesse in aktiver Forschung
 - ▶ Umgebung hat starken Einfluss auf das Experiment
 - ▶ nicht beschränkt auf mechanische Interaktion
(Temperatur, Licht, Elektrostatik, PH-Wert, . . .)



Nanomanipulation & Automation

- ▶ viele Unwägbarkeiten
 - ▶ fast alle Bereiche unter aktueller Forschung
- ⇒ möglichst auf Bewährtes zurückgreifen!
- ▶ möglichst viel aus Makrorobotik adaptieren
- aber:** wegen grundlegend anderer physikalischer u. chemischer Effekte im nanoskaligen Bereich werden neue Konzepte und Verfahren entwickelt werden müssen.
- ⇒ Kennenlernen von Konzepten aus der Makrorobotik, die auch in der Nanorobotik eingesetzt werden können.



Wie sind Robotersysteme aufgebaut?

- ▶ Methodik
- ▶ Entwurf und Aufbau des (mechanischen) Systems
- ▶ Kinematik und Dynamik
- ▶ Modellierung und Simulation
- ▶ Kontroll-Strukturen und -Algorithmen
- ▶ Softwarearchitektur
- ▶ Systemintegration
- ▶ ...

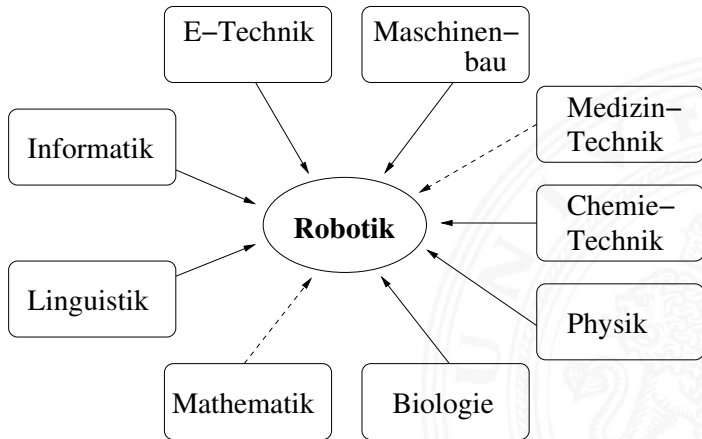


Welche (Teil-) Aufgaben werden vom System durchgeführt?

- ▶ Lokalisation
- ▶ Pfadplanung
- ▶ Bewegung
- ▶ Manipulation
- ▶ Kontrolle von Kraft, Geschwindigkeit. . .
- ▶ Sensordatenerfassung und -verarbeitung
- ▶ Fusion und Interpretation der Daten
- ▶ Mensch-Maschine Schnittstelle
- ▶ Interaktionsmöglichkeiten
- ▶ . . .



Interdisziplinäres Forschungsgebiet





Interdisziplinäres Forschungsgebiet (cont.)

Robotik umfasst sehr viele Teilgebiete selbst aus der Informatik

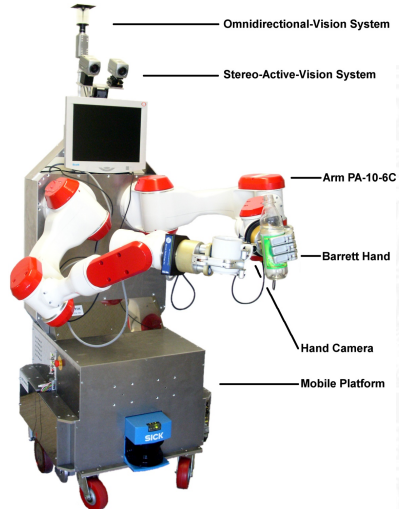
- ▶ Architektur- und Systementwurf
- ▶ Künstliche Intelligenz
- ▶ Bildverarbeitung
- ▶ Sprachverarbeitung
- ▶ Neuronale Netze
- ▶ Regelungstechnik
- ▶ Mechatronik
- ▶ ...



Ein Roboter aus der Makrowelt

TASER – TAMS Service Robot

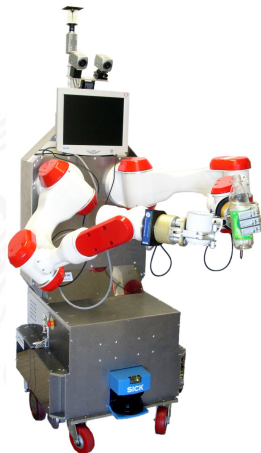
Forschungsplattform
für Servicerobotik



TAMS Service Robot

Hardwareplattform / Aktoren

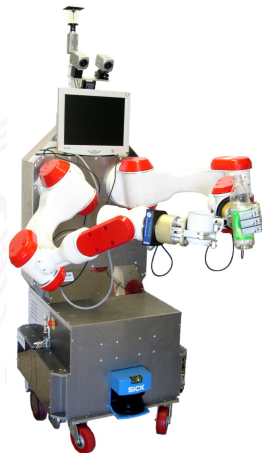
- ▶ Neobotix MP-L655
 - ▶ Differentialantrieb
 - ▶ 6 Stunden Akkukapazität
- ▶ 2 × Mitsubishi PA10-6C Arm
 - ▶ 6 Achsen
 - ▶ 10 Kg Tragkraft
- ▶ Barrett 3-Finger Hand: BH8-262
- ▶ Schwenk/Neige Kamerakopf
- ▶ Lautsprecher



TAMS Service Robot (cont.)

Sensoren

- ▶ Kamerasysteme
 - ▶ Stereo Kameras
Sony DFW-VL500 (FireWire, VGA)
 - ▶ Omnidirektionales Sichtsystem
DFW-SX900 (FireWire, 1280 × 960)
 - ▶ 2 × Handkamera
- ▶ Laserentfernungsmesser
 - ▶ 2 × Sick LMS200
 - ▶ Ethernet Anbindung
Embedded-Prozessor
- ▶ Gyroskop in der Plattform

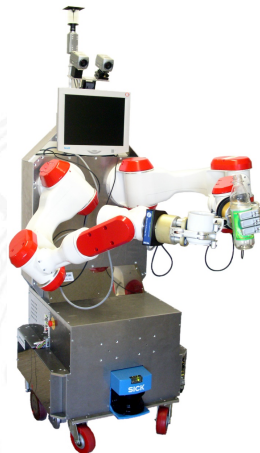


TAMS Service Robot (cont.)

- ▶ Kraft-/Moment Sensoren
 - ▶ Gelenke der Arme
 - ▶ Finger der Hände
- ▶ Positionssensoren
 - ▶ Plattform
 - ▶ Arm
 - ▶ Hand und Finger
 - ▶ Schwenk-/Neige-Einheit

Rechner

- ▶ Standard PC-Hardware
- ▶ Betriebssystem: Linux



TAMS Plattformen

► sehr unterschiedliche Plattformen

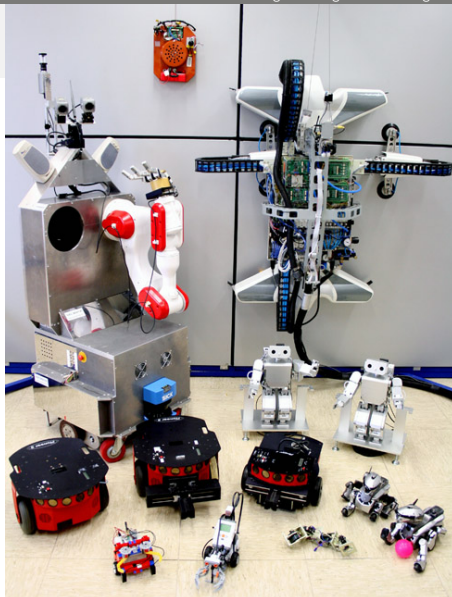
- Service-Roboter
- Humanoide Roboter
- Fensterputzer (pneumatisch)
- Snake-like
- Wall-climbing Module
- Pioneer
- Aibo
- „Edutainment“

⇒ Systemarchitekturen

⇒ Sensoren, Aktoren

⇒ mechanischer Aufbau

⇒ ...





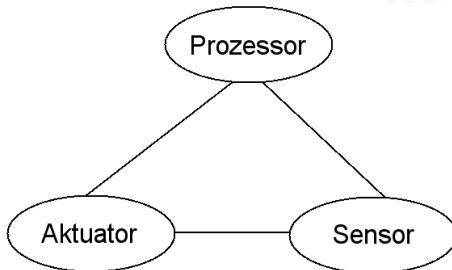
Robotik macht Spass!

- ▶ Roboter bewegen sich - Rechner nicht
- ▶ Interdisziplinarität:
 - ▶ Soft- und Hardwaretechnik
 - ▶ Sensortechnik
 - ▶ Mechatronik
 - ▶ Regelungstechnik
 - ▶ Multimedia, ...
- ▶ Ein Traum der Menschheit:
"Computer sind das bis heute genialste Produkt menschlicher Faulheit" (IBM-Werbung, 70iger Jahre).
Roboter = Computer++

Einführung

Grundbegriffe

Komponenten eines Roboters



Robotik:

intelligente Verbindung von Rechnern, Sensorik und Aktuatoren



Definition von Industrierobotern

Ein Roboter ist laut RIA (*Robot Institute of America*):

...a reprogrammable and multifunctional manipulator, devised for the transport of materials, parts, tools or specialized systems, with varied and programmed movements, with the aim of carrying out varied tasks.

Die JARA (Japan Robot Association) z. B. gibt folgende Merkmale vor:

- ▶ Manual Manipulator
- ▶ fixed Sequence Robot
- ▶ variable Sequence Robot
- ▶ Playback Robot
- ▶ Numerical Control Robot
- ▶ Intelligent Robot



Hintergrund einiger Termini

- “**Robot**” wurde populär durch *Rossum's Universal Robots* von Karel Capek (R.U.R., 1923)
- “**Robotics**” geprägt durch Isaac Asimov (Runaround, 1942)
- “**Autonomous**”: (wörtlich) (gr.) “nach eigenen Gesetzen lebend” (*Auto*: Selbst; *nomos*: Gesetz)
- “**Personal Robot**”: ein kleines mobiles Robotersystem mit einfachen Fähigkeiten; Sichtsystem, Sprechen, Bewegung, usw. (ab 1980).
- “**Service Robot**”: ein mobiles Handhabungssystem mit Sensoren für anspruchsvolle Operationen in Service-Bereichen (ab 1989)



Roboterklassifikation

nach Antriebsprinzip

- ▶ elektrisch
- ▶ hydraulisch
- ▶ pneumatisch
- ▶ biologisch





Roboterklassifikation

nach Arbeitsbereich

▶ stationär

- ▶ Arme mit 2 DOF
- ▶ Arme mit 3 DOF
- ▶ ...
- ▶ Arme mit 6 DOF
- ▶ Redundante Arme (> 6 DOF)
- ▶ Multifinger-Hand

▶ mobil

- ▶ *Automated Guided Vehicles*
- ▶ Portalroboter
- ▶ mobile Plattform
- ▶ Laufmaschinen und fliegende Roboter
- ▶ Anthropomorphe Roboter (Humanoids)



Roboterklassifikation

nach Art der Gelenke

- ▶ translatorisch (“linear joint”, “translational”, “cartesian”, “prismatic”)
- ▶ rotatorisch
- ▶ Kombinationen



Roboterklassifikation

nach Roboterkoordinaten-Systemen

- ▶ Kartesische
- ▶ Zylindrische
- ▶ Kugelförmige





Roboterklassifikation

nach Anwendung

- ▶ Objekt-Manipulation
- ▶ Transport
- ▶ Montage
- ▶ Qualitätsprüfung
- ▶ Einsätze in nicht zugänglichen Bereichen
- ▶ Land- und Forstwirtschaft
- ▶ Unterwasser
- ▶ Bauwesen
- ▶ Service-Roboter in Medizin, Hausarbeit, ...



Roboterklassifikation

nach Intelligenz

- ▶ manuelle Steuerung
- ▶ programmierbar für wiederholte Bewegungen
- ▶ mit Wahrnehmungs- und Reaktionsfähigkeit
- ▶ lernfähig auf Aufgabenebene



Freiheitsgrade eines Roboters

Degrees of Freedom (DOF):

Die Anzahl der unabhängigen Bewegungen f im Bezugskordinatensystem. Der Freiheitsgrad (DOF) wird von der Anzahl der unabhängigen Variablen des Steuerungssystems bestimmt.

- ▶ Auf einer Ebene: 2 Translationen, 1 Rotation; Freiheitsgrad: $f=3$
- ▶ In einem Raum: 3 Translationen, 3 Rotationen; Freiheitsgrad: $f=6$

Bewegungsfreiheitsgrad:

Anzahl der Gelenke F eines Manipulators, die unabhängig gesteuert werden.

- ▶ Freiheitsgrad eines Rotationsgelenks:
- ▶ Freiheitsgrad eines Translationsgelenks:
- ▶ Bewegungsfreiheitsgrad:

$$F_R \leq 3$$

$$F_T = 1$$

$$F = \sum_{i=1}^n (F_{R_i} + F_{T_i})$$



Freiheitsgrade: Beispiele

- ▶ Auf dem Boden bewegliches Fahrzeug:
 - ▶ Translation auf der Bodenfläche (x, y -Koordinate)
 - ▶ Drehung um die senkrecht zur Bodenfläche stehende z -Achse
 ⇒ Freiheitsgrad: $f = 3$
- ▶ Festkörper im dreidimensionalen Raum:
 - ▶ Ort im Raum (x, y, z -Koordinate, Translationen in drei Richtungen)
 - ▶ Rotation um die Achsen des kartesischen Koordinatensystems
 ⇒ Freiheitsgrad: $f = 6$
- ▶ Roboterarm mit 8 Drehachsen:
 - ▶ Bewegungsfreiheitsgrad F ist 8
 ⇒ Freiheitsgrad: $f = 6$
- ▶ menschliche Hand
 - ▶ Bewegungsfreiheitsgrad F ist 22
 ⇒ Freiheitsgrad: $f = 6$



Literatur

Wichtige Sekundärliteratur:

- ▶ **K. S. Fu, R. C. Gonzales and C. S. G. Lee**, *Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence*, McGraw-Hill, 1987
- ▶ **R. P. Paul**, *Robot Manipulators: Mathematics, Programming and Control*, MIT Press, 1981
- ▶ **J. J. Craig**. *Introduction to Robotics*, Addison-Wesley, 1989.