

## 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

**T | A** Universität Hamburg  
**M | S** 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

<b>Vorlesung</b>	Do. 10:15 -11:45 Uhr, OC 24 B
<b>Web</b>	Teil 1 <a href="http://kogs-www.informatik.uni-hamburg.de/~stellin/SignalverarbeitungNano/index.htm">http://kogs-www.informatik.uni-hamburg.de/ ~ stellin/SignalverarbeitungNano/index.htm</a>
	Teil 2 <a href="http://tams.informatik.uni-hamburg.de/lectures/2012ss/vorlesung/GdSR">http://tams.informatik.uni-hamburg.de/lectures/ 2012ss/vorlesung/GdSR</a>
<b>Name</b>	Prof. Dr. Jianwei Zhang (Bernd Schütz)
<b>Büro</b>	F-308 (F322)
<b>E-mail</b>	zhang(schuetz)@informatik.uni-hamburg.de
<b>Sekretariat</b>	Tatjana Tetsis
<b>Büro</b>	F-311
<b>Telefon</b>	(040) 42883-2430
<b>E-mail</b>	tetsis@informatik.uni-hamburg.de

## 64-545 Übungen

<b>Übungen</b>	Mi. 10:00 - 11:30 Uhr, Do. 12:00 - 13:30 Uhr
<b>Raum</b>	
<b>Web</b>	<a href="http://tams.informatik.uni-hamburg.de/lectures/2012ss/vorlesung/GdSR/uebungen/">http://tams.informatik.uni-hamburg.de/lectures/ 2012ss/vorlesung/GdSR/uebungen/</a>
<b>Name</b>	Manfred Grove
<b>Büro</b>	F-332
<b>Telefon</b>	(040) 42883-2511
<b>E-mail</b>	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

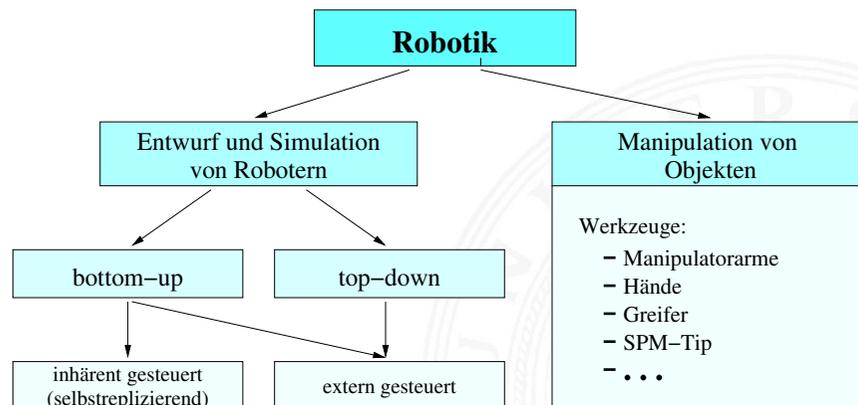
20.06.12 Übung  
21.06.12 VL, Übung

27.06.12 Übung  
28.06.12 VL, Übung

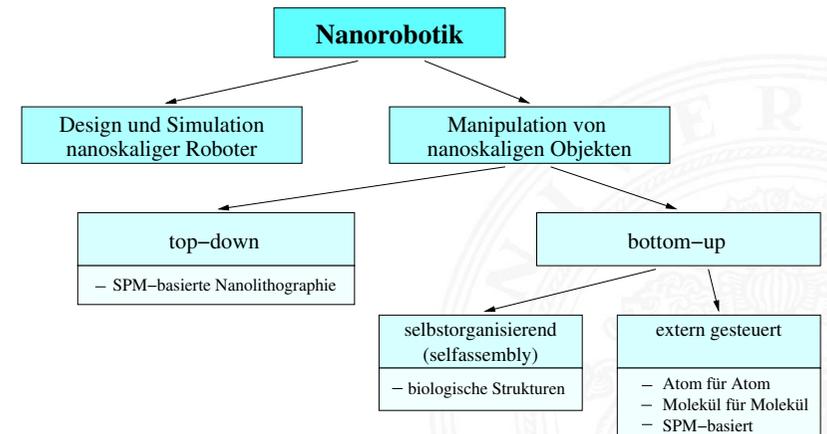
04.07.12 Übung  
05.07.12 VL, Übung

11.07.12 Übung  
12.07.12 VL, Übung

## Nanorobotik und Makrorobotik



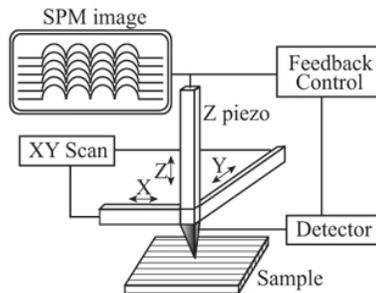
## Nanorobotik und Makrorobotik (cont.)



## Exkurs: Scanning Probe Microscopes

### SPM Family

#### Scanning Probe Microscope



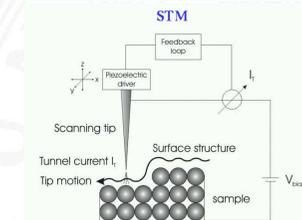
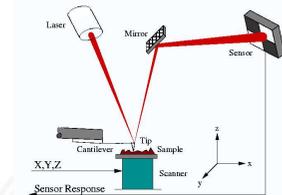
#### SPM Family

- 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

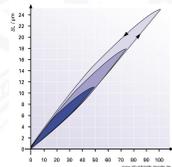
## Exkurs: Scanning Probe Microscopes (cont.)

- ▶ AFM  
(Atomic Force Microscope)
- ▶ STM  
(Scanning Tunneling Microscope)



## SPM als Roboter

- ▶ 3 DOF-Roboter
  - ▶ 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.

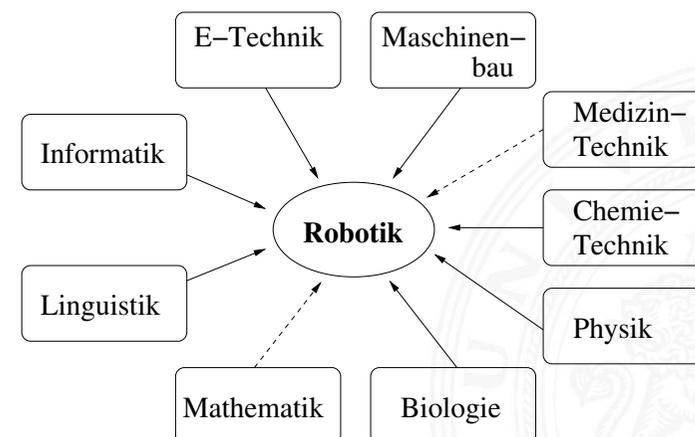
## Wie sind Robotersysteme aufgebaut?

- ▶ 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.)

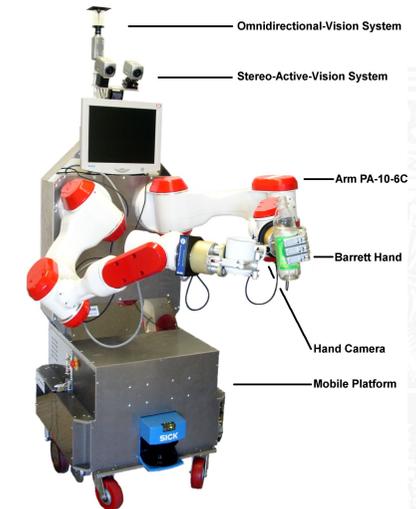
Robotik umfasst sehr viele Teilgebiete selbst aus der Informatik

- ▶ 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



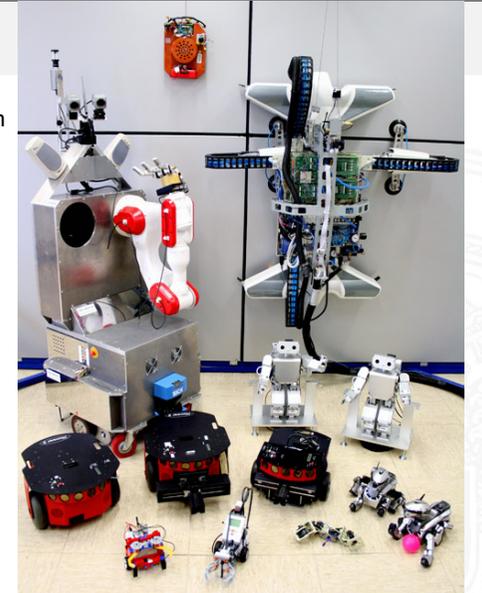
### Rechner

- ▶ 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
- ⇒ ...

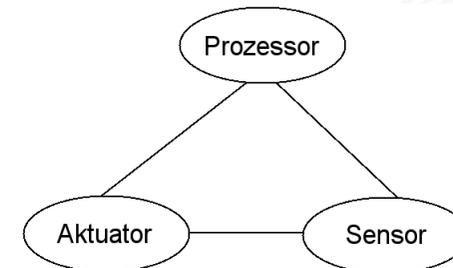


## Robotik macht Spass!

- ▶ 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

## Roboterklassifikation

nach Antriebsprinzip

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

## 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 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:  $F_R \leq 3$
- ▶ Freiheitsgrad eines Translationsgelenks:  $F_T = 1$
- ▶ Bewegungsfreiheitsgrad:  $F = \sum_{i=1}^n (F_{R_i} + F_{T_i})$

## 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.