

# Einführung in die Mobile Robotik

WS 2020/21

Fakultät Informatik  
Bachelor Angewandte Informatik

Prof. Dr. Oliver Bittel  
[bittel@htwg-konstanz.de](mailto:bittel@htwg-konstanz.de)  
[www-home.htwg-konstanz.de/~bittel](http://www-home.htwg-konstanz.de/~bittel)

# Die Welt der Roboter

- Verschiedene Aufgaben und Einsatzgebiete
- Unterschiedliche Formen und Größen



Greifarmroboter  
Kuka KR 1000 titan



Quadrocopter  
HTWG Konstanz



Staubsaugerroboter  
Kärcher RoboCleaner



Autonomes Fahrzeug (Roboterauto)

<http://www.spiegel.de/auto/aktuell/autonomes-fahren-unterwegs-mit-einer-s-klasse-auf-autopilot-a-920803.html>

# Was ist ein Roboter

---

Eine Roboter ist

- (1) eine Maschine,
- (2) die ein Ziel verfolgt,
- (3) über Sensorik die Umwelt wahrnimmt,
- (4) planen kann und
- (5) in einer bestimmten (evtl. unbekannt) Umgebung
- (6) sich selbständig bewegen kann.

- Knapp und kurz aus [Corke]:  
"A Robot is a goal oriented machine that can sense, plan and act."
- Aspekte (3) bis (6) können unterschiedlich stark ausgeprägt sein.
- Manchmal wird auch der Begriff "autonom" verwendet, um zu betonen, dass die Verfahren für (3) bis (6) auf dem Roboter ohne Fernsteuerung stattfinden.
- Aspekt (1) kann wegfallen, wenn Roboter in einer physikalisch simulierten Welt betrachtet werden.

# Vom Greifarmroboter zum mobilen Roboter

---



Kuka KR 1000 titan

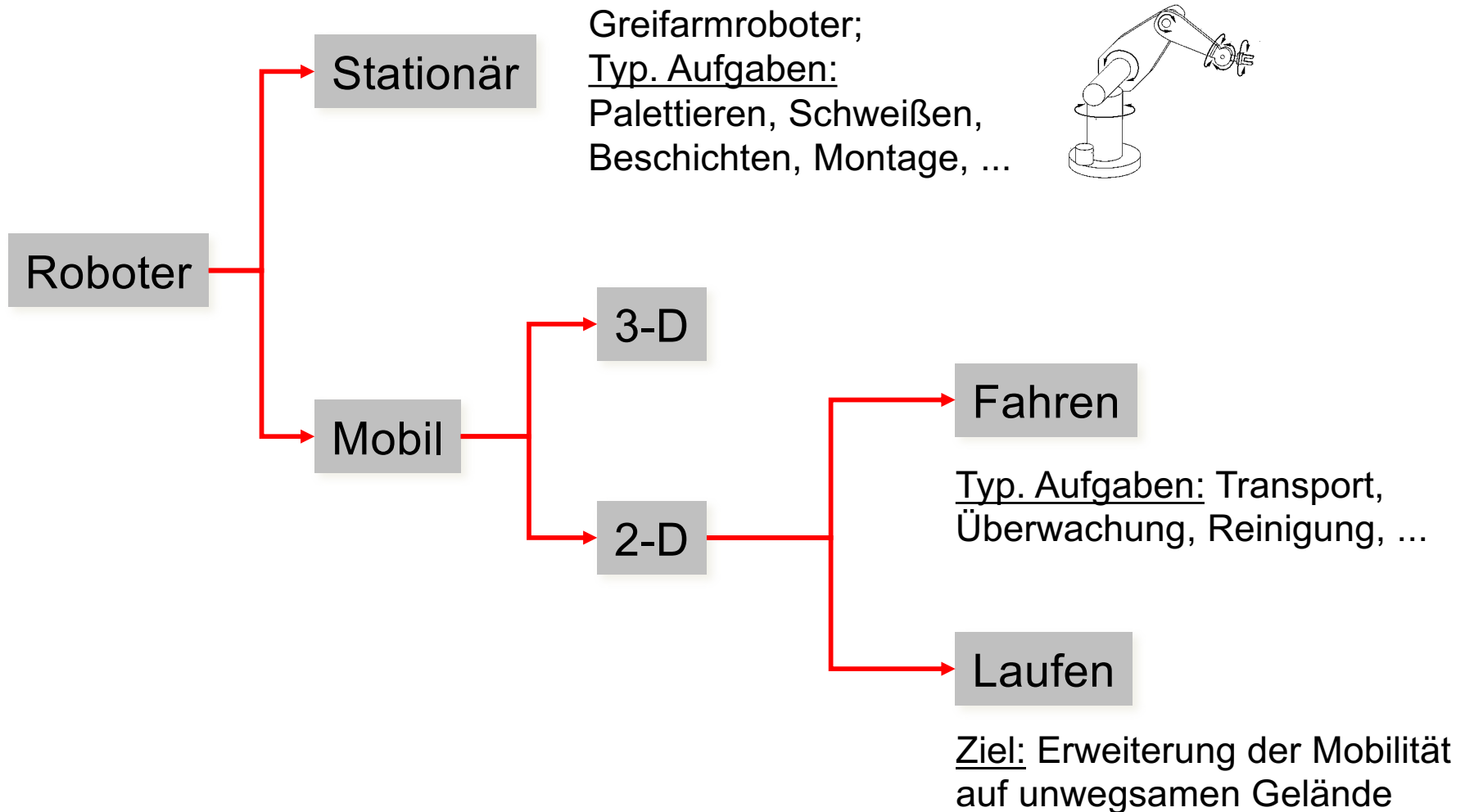
- Sehr konkret und fest definierte Aufgaben
- Hohe Präzision
- Fest definierte Umgebung
- keine (oder kaum) Sensorik



Museumroboter Rhino

- Sehr abstrakt definierte Aufgaben.
- Weniger hohe Präzision
- (teilweise) unbekannte Umgebung.
- Vielzahl von Sensoren

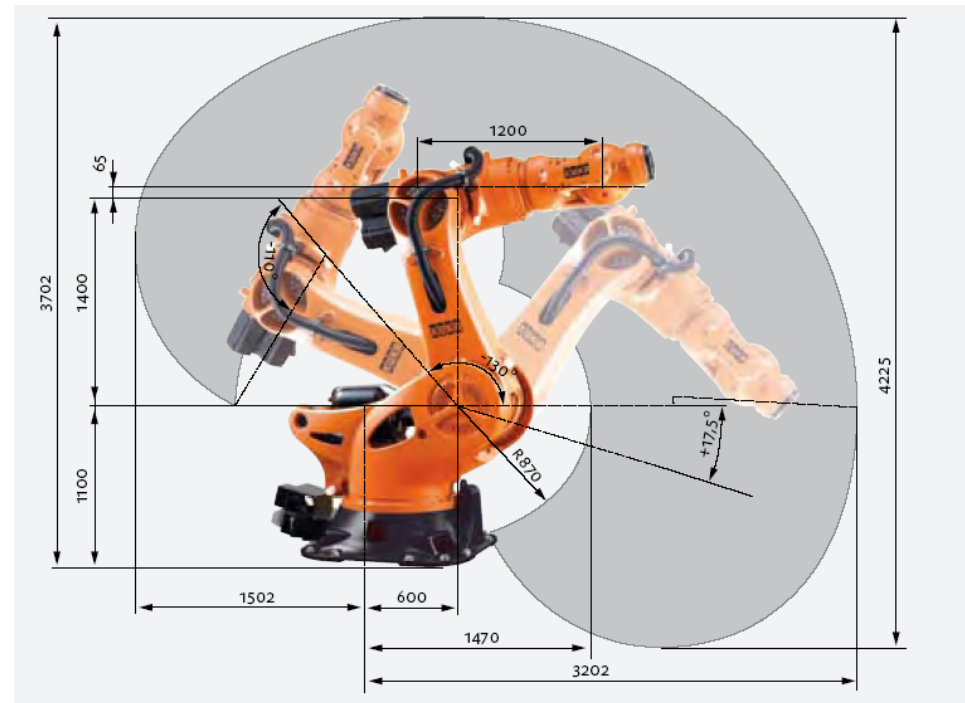
# Verschiedene Bewegungstypen



# Greifarmroboter Kuka KR 1000 titan

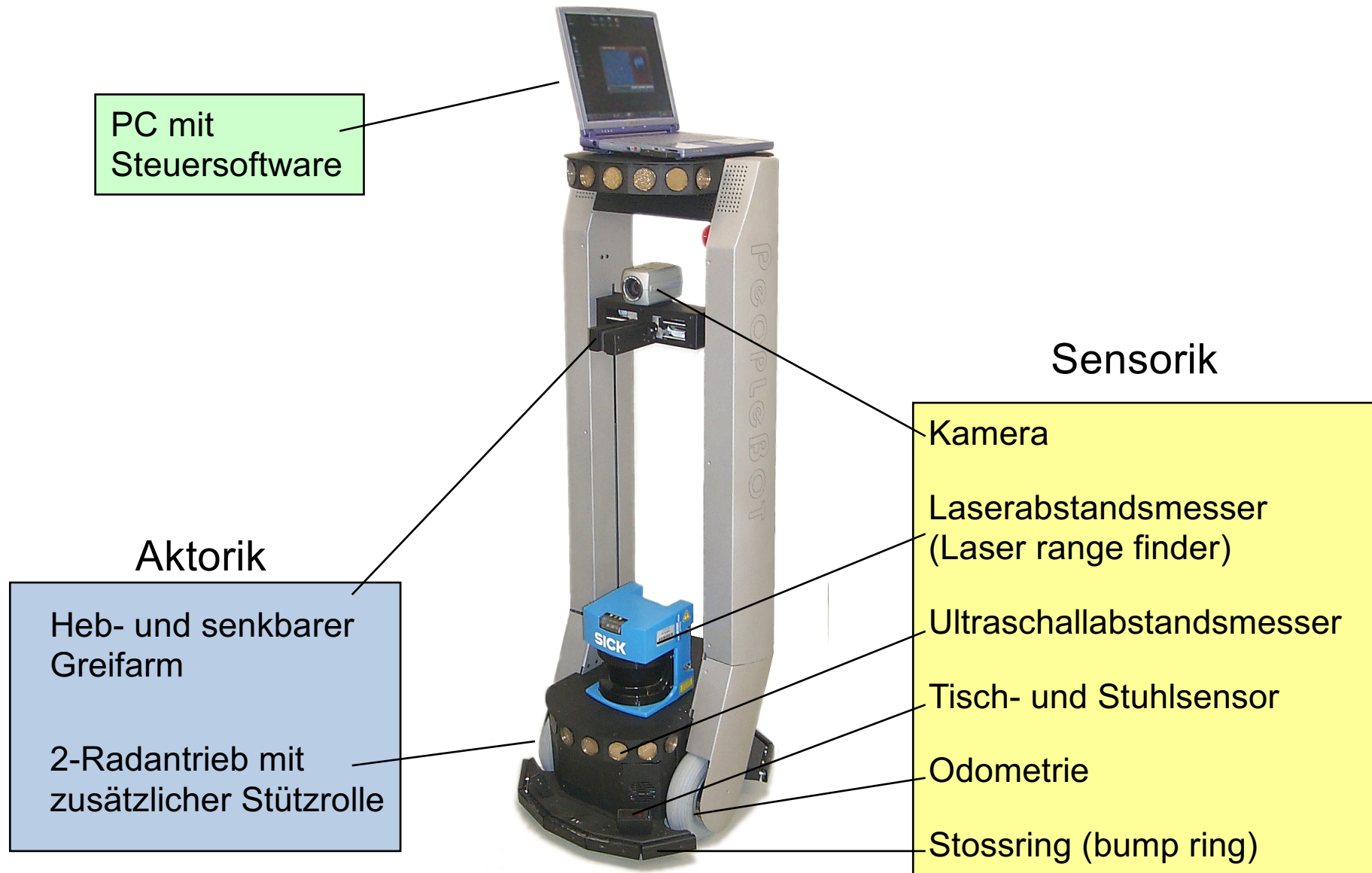


- Traglast 1000 kg
- 6 Achsen (6 DOF)
- Wiederholgenauigkeit  $< \pm 0,2$  mm
- Gewicht 4700 kg



Kuka KR 1000 titan mit Arbeitsraum; [www.kuka.com](http://www.kuka.com)

# Mobiler Büroroboter PeopleBot



PeopleBot; [www.activrobots.com](http://www.activrobots.com)

# Mobiler Roboter mit Greifarm: YouBot

- Plattform ca. 60 cm lang
- 5-DOF-Greifarm
- Omnidirektionaler Antrieb mit 4 unabhängig voneinander angetriebenen Mecanum-Rädern:
  - übliche Bewegungsrichtungen wie bei einem konventionellem 4-Rad-Antrieb
  - zusätzlich laterale oder diagonale Bewegung möglich.
- Laser-Scan für Hindernisvermeidung und Lokalisierung
- RGB-Kamera für Objekterkennung und -Lokalisierung





# Autonomes Fahrzeug Stanley



- Gewinner im DARPA Grand Challenge 2005 (Wüstenrennen über 212 km)  
DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)
- Zweiter Platz im DARPA Grand Challenge 2007 (Stadt)

<http://cs.stanford.edu/group/roadrunner/stanley.html>

## Sensorik

- **Sicht:** 5 Laser-Abstandsmesser; Video Kamera; Radar-Abstandsmesser für größere Distanzen
- **Position:** GPS Sensor; Radgeschwindigkeiten
- **Balance:** ein 6DOF Inertial-System; GPS Kompass liefert 2DOF Lage-Information

## Steuerung

- 6 Pentium M mit Linux
- Sensordaten werden mit einer Rate von 10 bis 100 Hz verarbeitet.

## Aktorik

- Gas, Lenkung, Bremse

# Humanoider Roboter Asimo



<b>HEIGHT</b>	4 ft 3in (130cm)
<b>WEIGHT</b>	119 pounds (54kg)
<b>WALKING SPEED</b>	1.7 mph (2.7 km/hour)
<b>RUNNING SPEED</b>	3.7 mph (6km/hour)
<b>WALKING CYCLE</b>	Cycle Adjustable, Stride Adjustable
<b>GRASPING FORCE</b>	0.5 kg/hand (5 finger hand)
<b>ACTUATOR</b>	Servomotor+Harmonic Speed Reducer+Drive Unit
<b>CONTROL UNIT</b>	Walk/Operating Control Unit, Wireless Transmission Unit
<b>SENSORS: FOOT</b>	6-axis Foot Area Sensor
<b>SENSORS: TORSO</b>	Gyroscope & Acceleration Sensor
<b>POWER:</b>	Rechargeable 51.8V Lithium Ion Battery
<b>OPERATING TIME:</b>	1 hour
<b>OPERATION</b>	Workstation and Portable Controller

## DEGREES OF FREEDOM (for human joints)

<b>HEAD</b>	Rotation, Up/Down (nodding)	3DOF
<b>ARM</b>		14DOF
<b>HANDS</b>	not counting the joints for the 5 bending fingers	4DOF
<b>TORSO</b>		1DOF
<b>LEGS</b>		12DOF
<b>TOTAL</b>		34DOF

[www.asimo.honda.com/asimo\\_specifications.html](http://www.asimo.honda.com/asimo_specifications.html)

# Spielzeugroboter Aibo



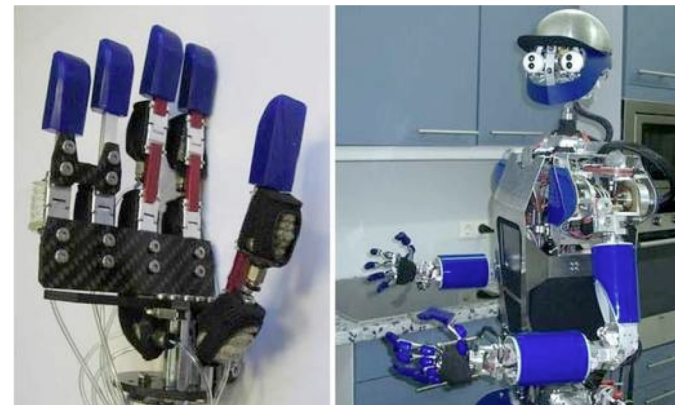
Gewicht:	1,5 kg
Größe (BxHxL):	152 x 296 x 278 mm
Kamera:	100.000 Pixel
Leuchtdioden:	10 x Kopf-LED, 9 Schwanz-LED
Audio:	Stereomikrofon, Lautsprecher
Sensoren:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erschütterung</li><li>• Kinnsensor</li><li>• 4 Rückensensoren</li><li>• 4 x Pfortensensoren</li><li>• Beschleunigung</li><li>• Temperatur</li><li>• Infrarot-Abstandssensor am Kopf</li></ul>
Gelenke:	Bein 4 x 3, Kopf 3, Kopflampe 1
Betriebsdauer:	ca. 1,5 Stunden
Ladezeit:	ca. 2 Stunden
Prozessor:	64-bit-RISC-Prozessor mit 192 MHz (ERS-220) bzw. 384 MHz (ERS-220A) Takt
Arbeitsspeicher:	32 MB

Sony AIBO ERS-220; Technische Spezifikation

# Karlsruher humanoider Roboter ARMAR-III



- 7-DOF Kopf  
3-DOF Augen und 4-DOF-Genick  
4 Farbkameras, 6 Mikrofone
- 7-DOF-Arme  
Schulter, Ellbogen, Handgelenk,  
Sensoren für Position, Drehmoment und Kraft
- 8-DOF-Hände  
Drucksensoren in Fingerspitzen, Gelenk-  
sensoren, Objekte bis zu 2 kg
- 3-DOF-Torso  
Rechner
- 3-DOF omnidirektionale Antriebsplattform  
Laserscanner, Rechner, Akku
- Insgesamt: 43-DOF



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

# Autonomer Staubsauger

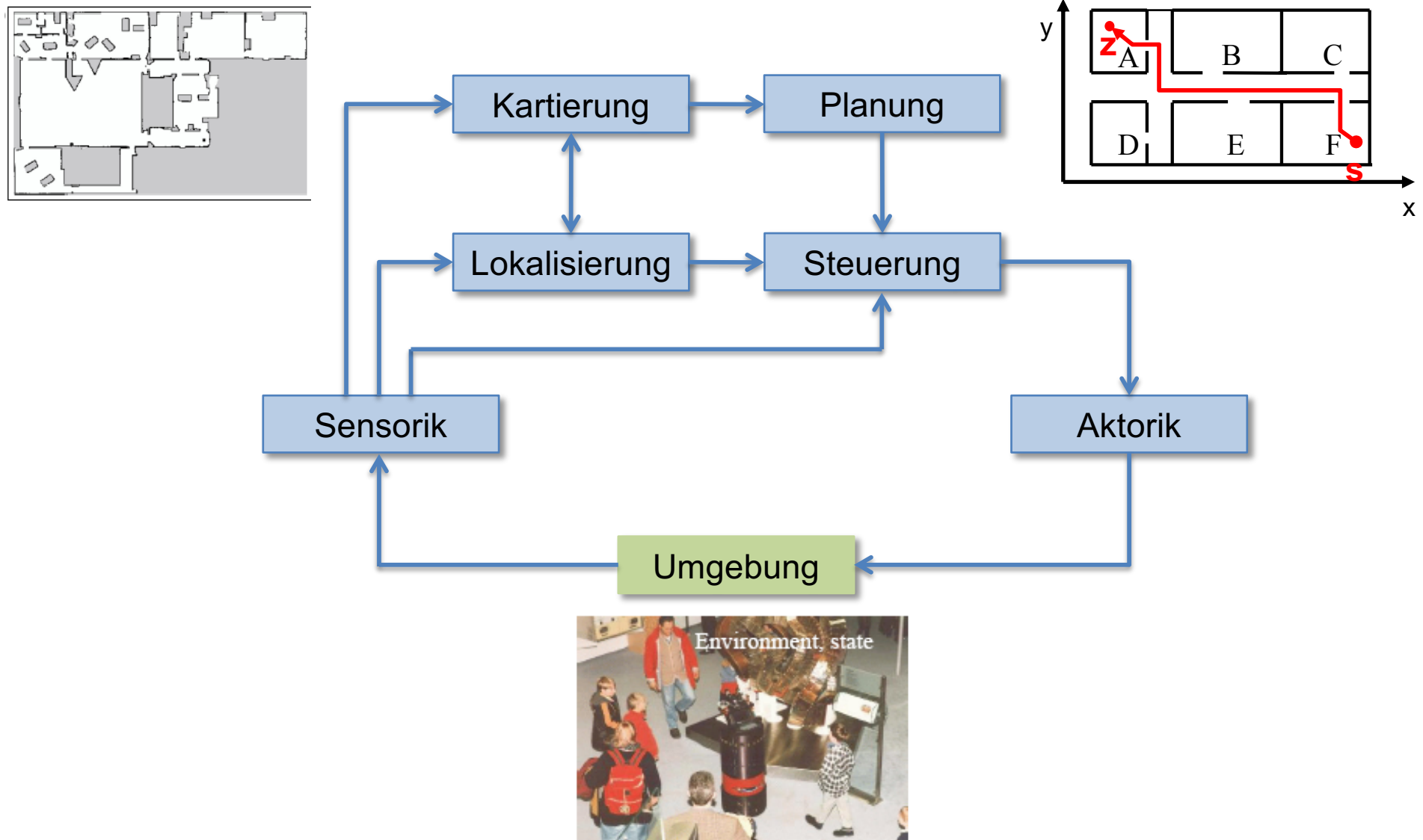
---



Roomba 980 von iRobot

- Verschiedene einfache Bewegungsmodi wie Zufall, Wandverfolgung, Wand-zu-Wand, spiralförmig, etc.
- Bodensensorik zur Erkennung von Unebenheiten und Stufen
- Navigation mit Kamera oder Laser
- Kartierung und kartenbasierte Navigation
- Definition von virtuellen Wänden

# Typische Architektur mobiler Roboter



# Inhalt (1)

---

1. Einführung
2. Position und Orientierung
  - Koordinatensysteme
  - Koordinatentransformation
  - Greifarmroboter und Denavit-Hartenberg-Konvention
3. Kinematik mobiler Roboter
  - Antriebssysteme:  
Differential-, Ackermann- und Mecanum-Antrieb
  - Kinematische Grundfertigkeiten

# Inhalt (2)

---

## 4. Modellierung von Unsicherheit in Systemen

- Zeitdiskrete Systeme
- Wahrscheinlichkeit
- Normalverteilung und Fehlerfortpflanzung
- Monte-Carlo-Verfahren

## 5. Lokalisierung

- Überblick:  
Lokalisierungsarten, Karten und Sensorik
- Laterationsverfahren
- Koppelnavigation
- Kalman-Filter
- Partikelfilter



# Inhalt (3)

---

## 6. Navigation

- Reaktive Navigation
- Kartenbasierte Pfad-Planung

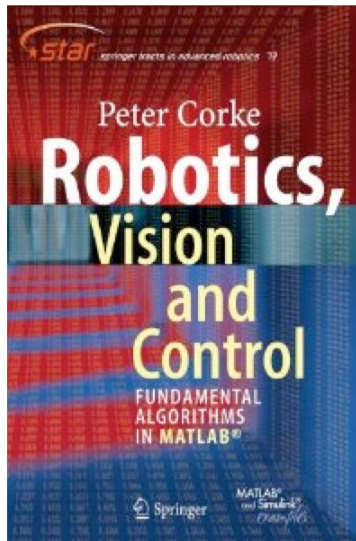
## 7. Kartenerstellung

- SLAM-Verfahren mit Kalmanfilter
- SLAM-Verfahren mit Partikelfilter

## 8. ROS - ein Framework für Robotersteuerungen

# Literatur (1)

---



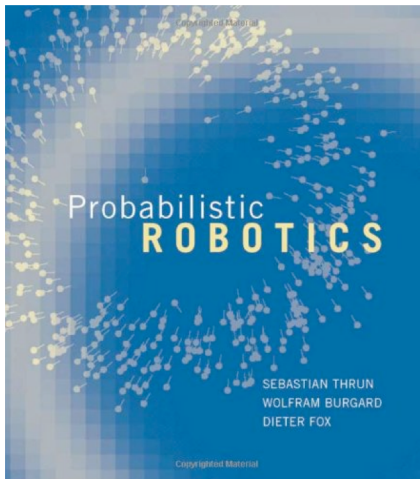
- Peter Corke,  
*Robotics, Vision and Control:  
Fundamental Algorithms in MATLAB*
- Springer Tracts in Advanced Robotics, 2017
- als E-Book in der Bibliothek der HTWG
- Matlab-Toolbox  
<http://www.petercorke.com/RVC/top/toolboxes/>



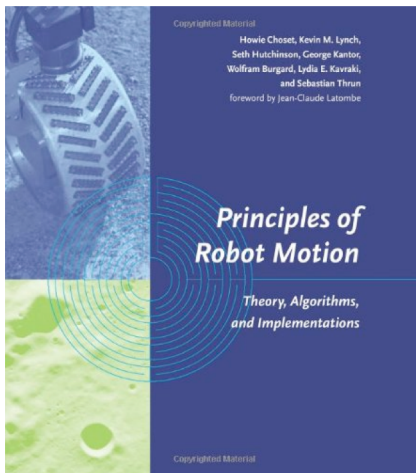
- Hertzberg, Lindemann und Nüchter,  
*Mobile Roboter: Eine Einführung aus Sicht  
der Informatik,*
- Springer-Vieweg, 2012.
- als E-Book in der Bibliothek der HTWG

# Literatur (2)

---



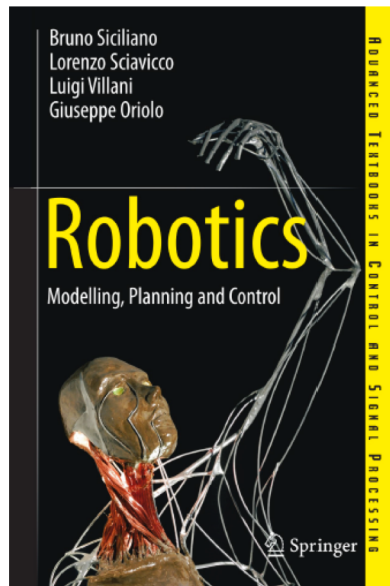
- Thrun, Burgard und Fox, *Probabilistic Robotics*
- MIT Press, 2005
- Standardwerk
- geht weit über Vorlesungsstoff hinaus



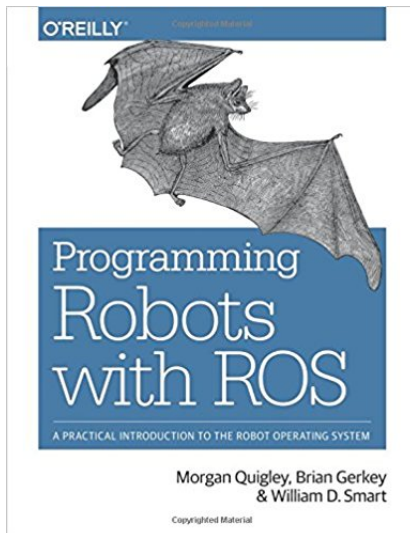
- Choset, Lynch, Hutchinson, Kantor, Burgard, Kavraki und Thrun, *Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations*
- MIT Press, 2004
- Standardwerk
- geht weit über Vorlesungsstoff hinaus

# Literatur (3)

---



- Bruno Siciliano, Lorenzo Sciavicco, Luigi Villani, Giuseppe Oriolo  
*Robotics: Modelling, Planning and Control*
- Springer, 2010
- als E-Book in Bibliothek der HTWG
- besonderer Schwerpunkt auf Steuerung von Greifarmrobotern und humanoiden Robotern
- sehr gute Hintergrundlektüre zu Kap. 2 (Position und Orientierung)



- Morgan Quigley, Brian Gerkey, William Smart,  
*Programming Robots with ROS*,
- O'Reilly, 2015
- als E-Book im Rahmen der Vorlesung ausleihbar
- Sehr gute Einführung in ROS
- Beispiele mit Python

# Literatur (4)

---



- Siciliano und Khatib (Editors), *Handbook of Robotics*
- Springer, 2008
- als E-Book in Bibliothek der HTWG
- Handbuch
- sehr umfangreich (1611 Seiten)
- geht sehr weit über Vorlesungsstoff hinaus