



Einführung in die Mobile Robotik

WS 2019/20

Fakultät Informatik
Bachelor Angewandte Informatik

Prof. Dr. Oliver Bittel
bittel@htwg-konstanz.de
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>

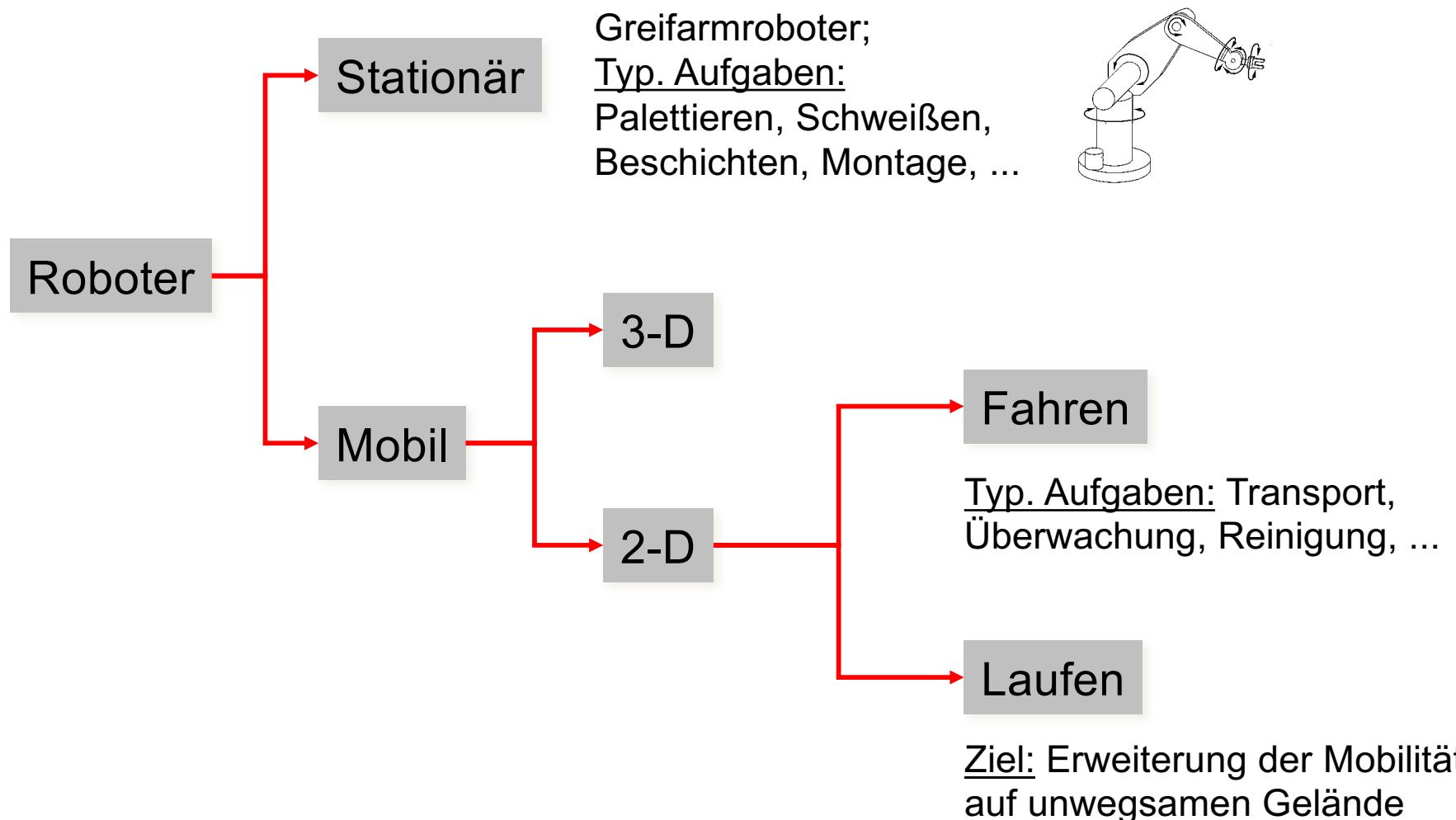
Was ist ein Roboter

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. unbekannten) Umgebung
- (6) sich selbstständig 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.

Verschiedene Bewegungstypen



Vom Greifarmroboter zum mobilen Roboter



Kuka KR 1000 titan

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



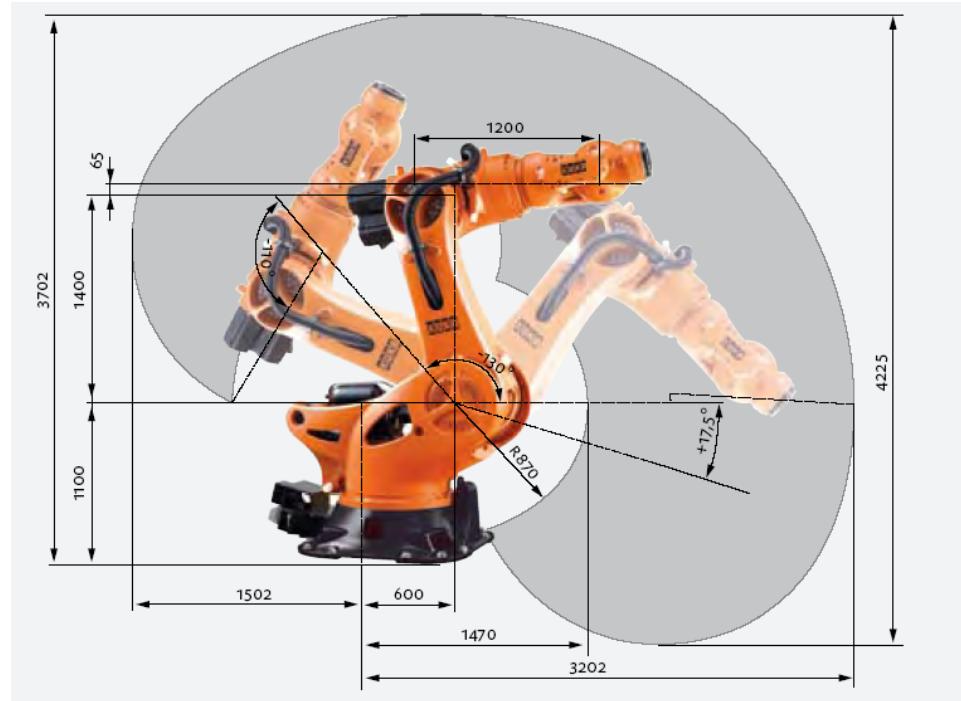
Museumsroboter Rhino

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

Greifarmroboter Kuka KR 1000 titan

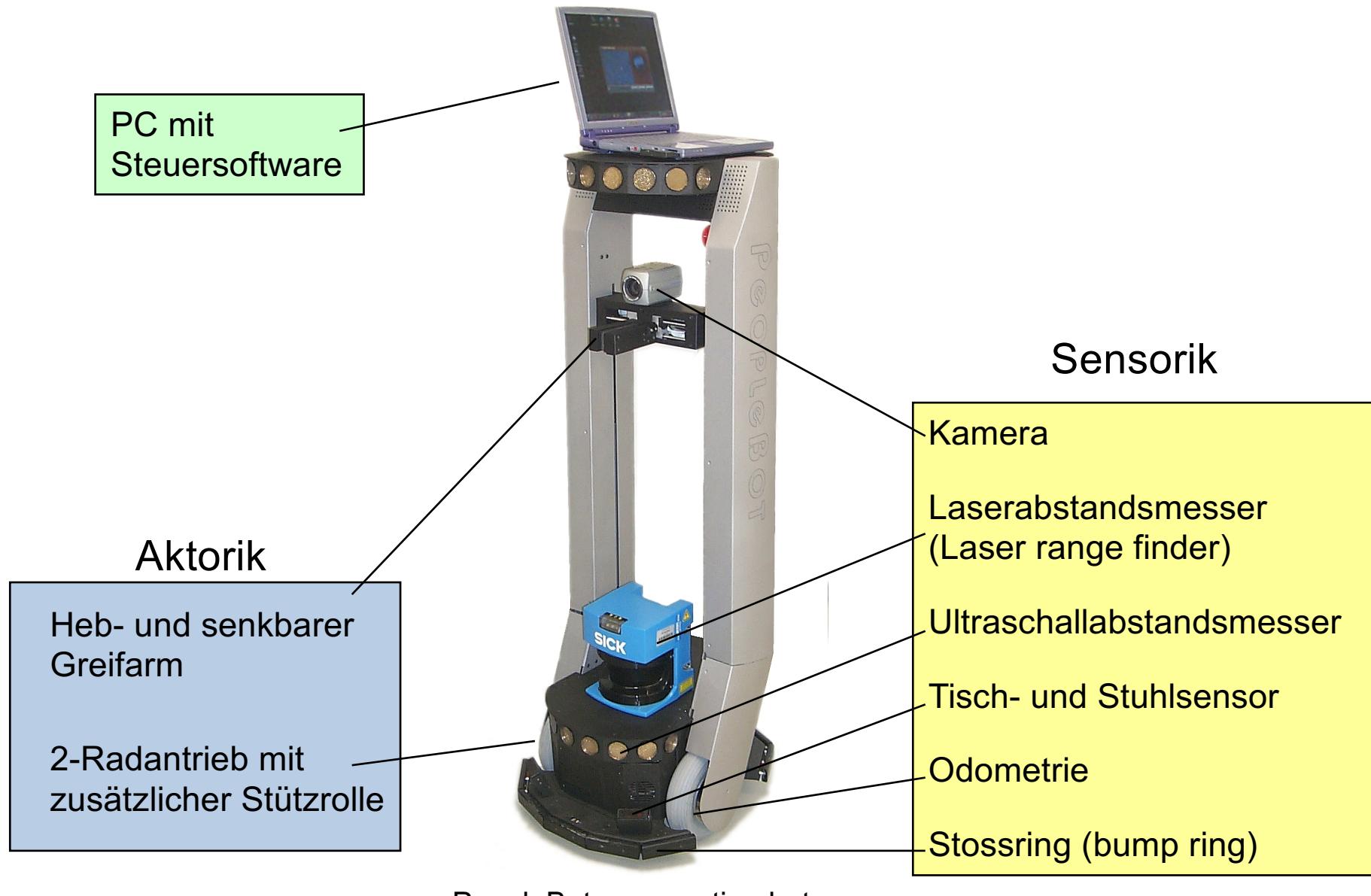


- Traglast 1000 kg
- 6 Achsen (6 DOF)
- Wiederholgenauigkeit $< \pm 0,2$ mm
- Gewicht 4700 kg



Kuka KR 1000 titan mit Arbeitsraum; www.kuka.com

Mobiler Büroroboter PeopleBot



Mobiler Roboter mit Greifarm: YouBot

- Plattform ca. 60 cm lang
- 5-DOF-Greifarm
- Omnidirektonaler 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
- RDGB-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



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

DEGREES OF FREEDOM (for human joints)

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

www.asimo.honda.com/asimo_specifications.html

Spielzeugroboter Aibo



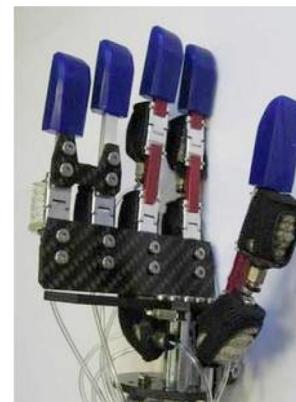
Gewicht:	1,5 kg
Größe (BxHxL):	152 x 296 x 278 mm
Kamera:	100.000 Pixel
Leuchtdioden:	10 x Kopf-LED, 9 Schwanz-LED
Audio:	Stereomikrofon, Lautsprecher
Sensoren:	<ul style="list-style-type: none">• Erschütterung• Kinnsensor• 4 Rückensensoren• 4 x Pfotensensoren• Beschleunigung• Temperatur• Infrarot-Abstandssensor am Kopf
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 humanoide 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/>

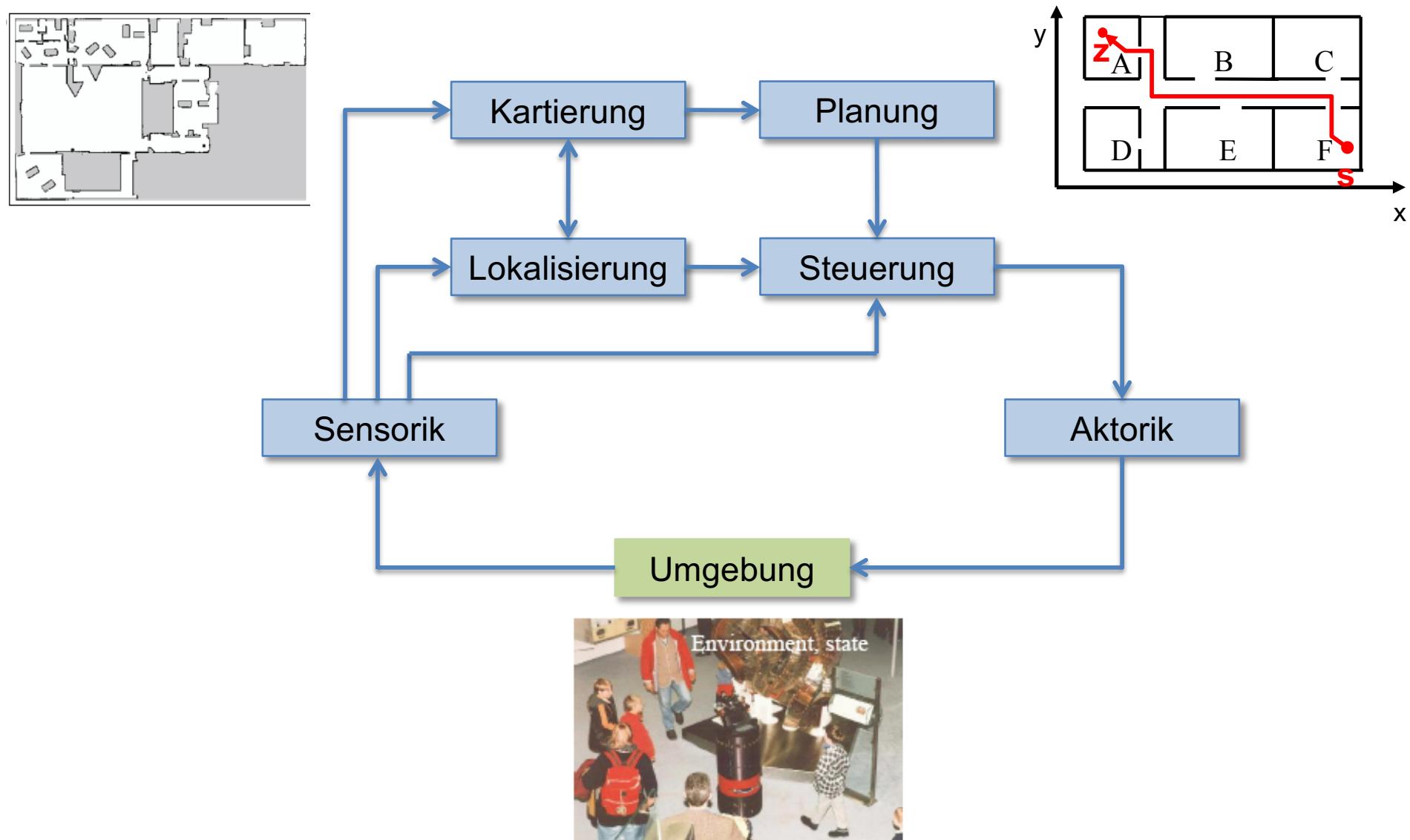
Autonomer Staubsauger



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

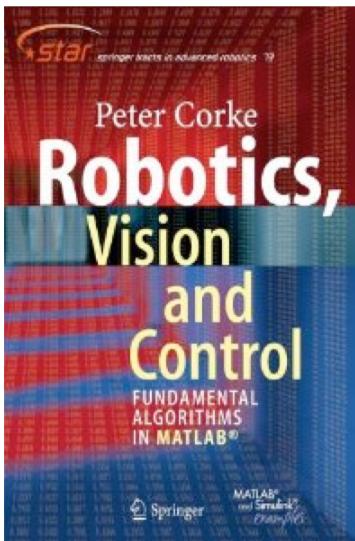
- Reaktive Navigation
- Kartenbasierte Pfad-Planung

7. Kartenerstellung

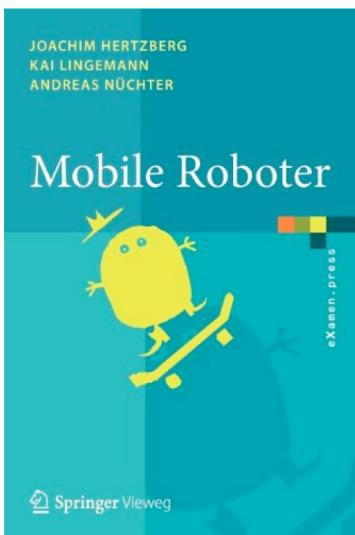
- SLAM-Verfahren mit Kalmanfilter
- SLAM-Verfahren mit Partikelfilter

8. ROS - ein Framework für Robotersteuerungen

Literatur (1)

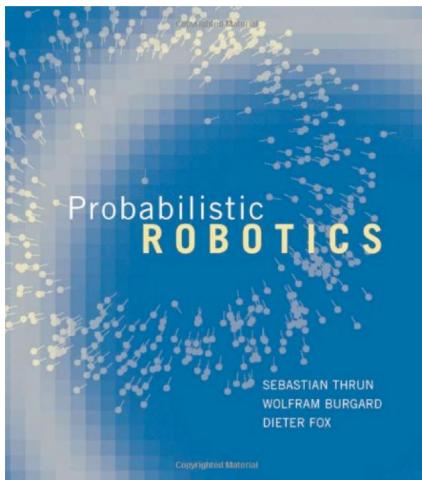


- Peter Corke,
*Robotics, Vision and Control:
Fundamental Algorithms in MATLAB*
- Springer Tracts in Advanced Robotics, 2011
- als E-Book in der Bibliothek der HTWG
- Matlab-Toolbox
<http://www.petercorke.com/RVC/top/toolboxes/>

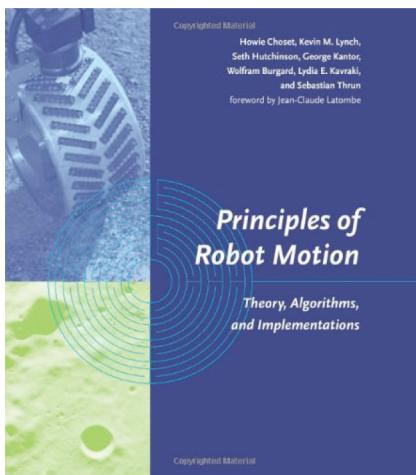


- Hertzberg, Lindemann und Nüchter,
*Mobile Roboter: Eine Einführung aus Sicht
der Informatik*,
- Springer-Vieweg, 2012.
- als E-Book in der Bibliothek der HTWG

Literatur (2)

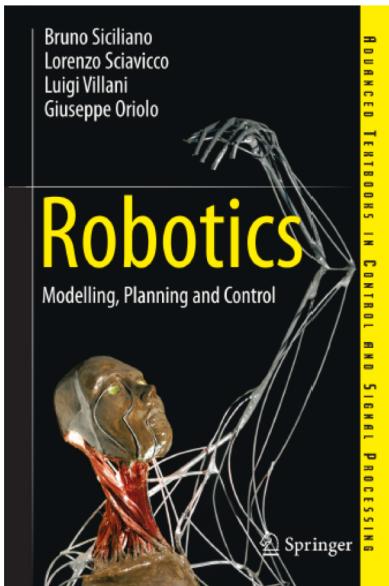


- Thrun, Burgard und Fox,
Probabilistic Robotics
- MIT Press, 2005
- Standardwerk
- geht weit über Vorlesungsstoff hinaus

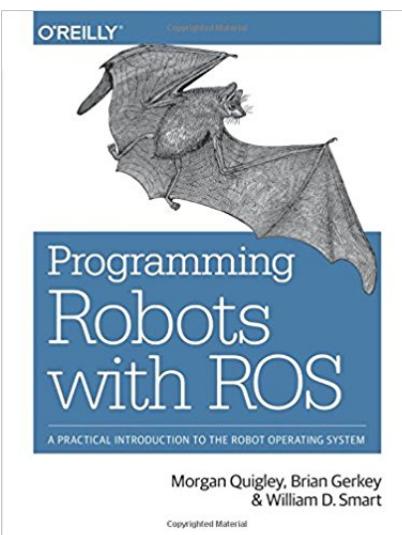


- Choset, Lynch, Hutchinson, Kantor, Burgard, Kavraki und Thrun,
Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations
- MIT Press, 2004
- Standardwerk
- geht weit über Vorlesungsstoff hinaus

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