

HOCHSCHULE KONSTANZ TECHNIK, WIRTSCHAFT UND GESTALTUNG  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



# Autonome Roboter SS 2016

Fakultät Informatik  
Masterstudiengang 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)

# Übersicht

---

- Kurze Einführung in die Welt der Roboter
- Definition und Robotertypen
- Beispiele
- Typischer Aufbau eines Indoor-Roboters
- Ziel dieser Lehrveranstaltung
  - Aufgabenstellung
  - Ablauf
  - Prüfungsleistung
- Literaturverzeichnis

# Die Welt der Roboter

- Verschiedene Aufgaben und Einsatzgebiete
- Unterschiedliche Formen und Größen
- Was ist ein Roboter?



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

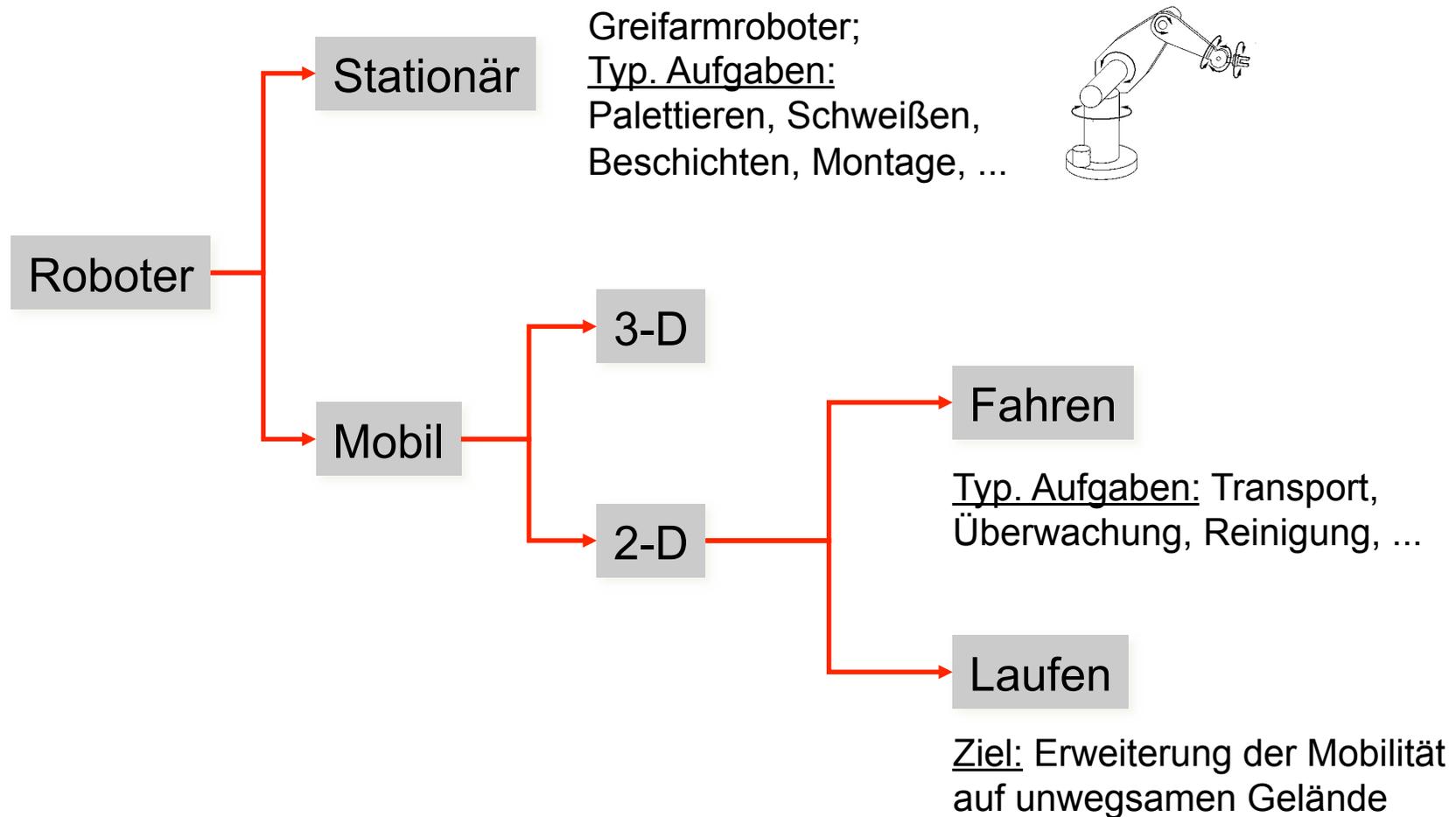
---

Eine Roboter ist

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



Museumroboter Rhino

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

# 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



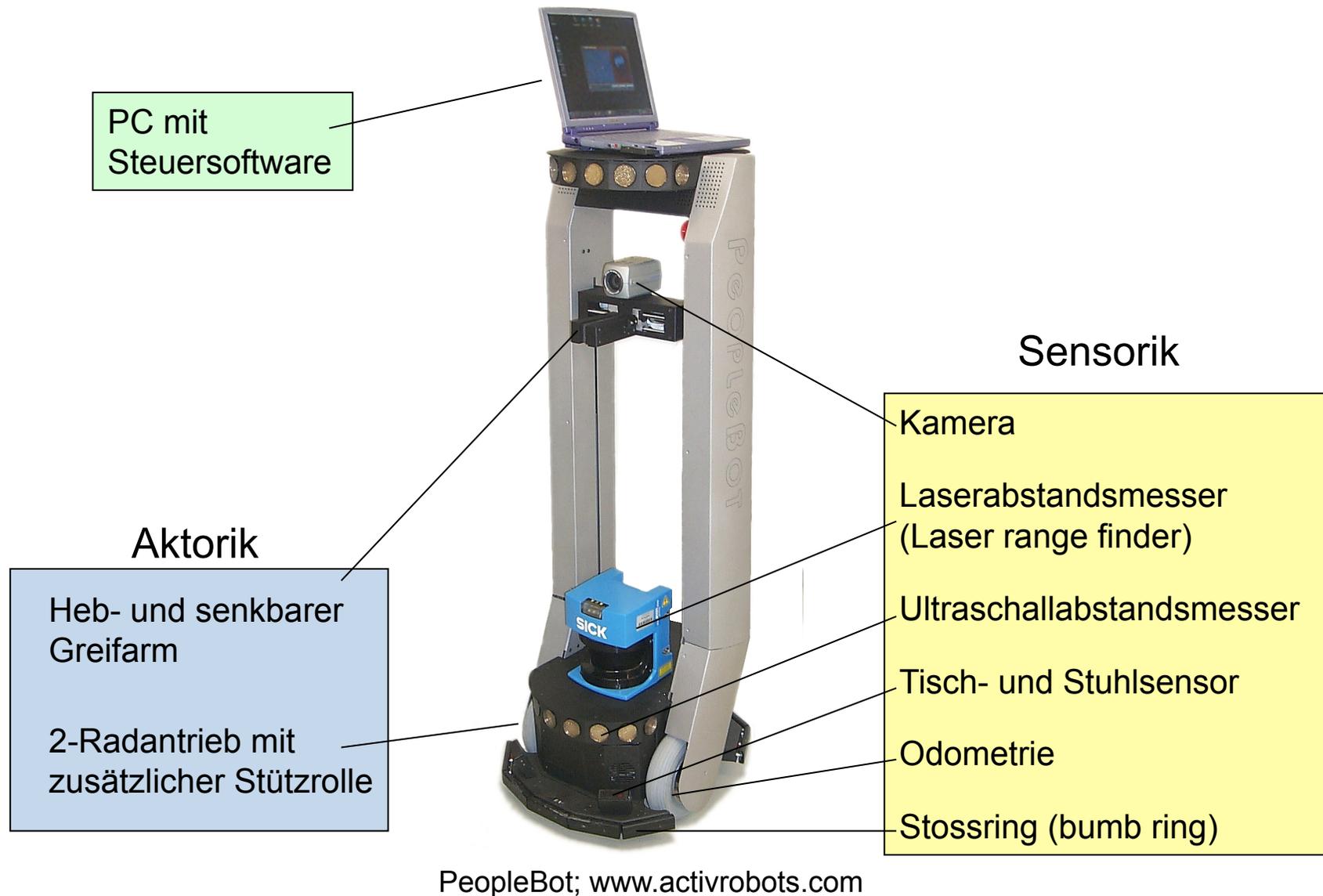
<b>HEIGHT</b>	4 ft 3in (130cm)
<b>WEIGHT</b>	119 pounds (54kg)
<b>WALKING SPEED</b>	1.7 mph (2.7 km/hour)
<b>RUNNING SPEED</b>	3.7 mph (6km/hour)
<b>WALKING CYCLE</b>	Cycle Adjustable, Stride Adjustable
<b>GRASPING FORCE</b>	0.5 kg/hand (5 finger hand)
<b>ACTUATOR</b>	Servomotor+Harmonic Speed Reducer+Drive 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)

# Indoor-Roboter PeopleBot



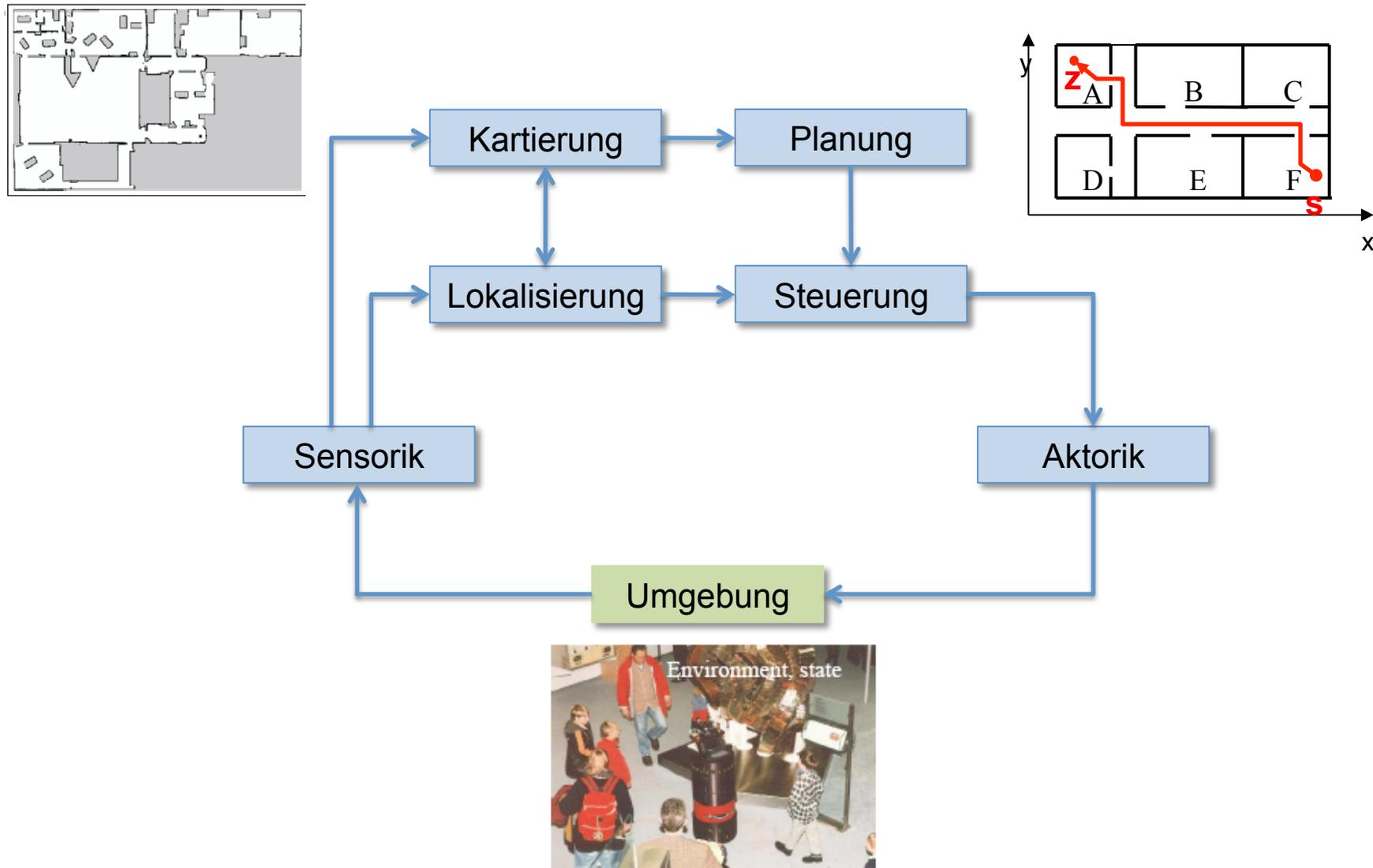
# Mobiler Roboter mit Greifarm: YouBot

---

- 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.



# Typische Architektur mobiler Roboter



# Übersicht

---

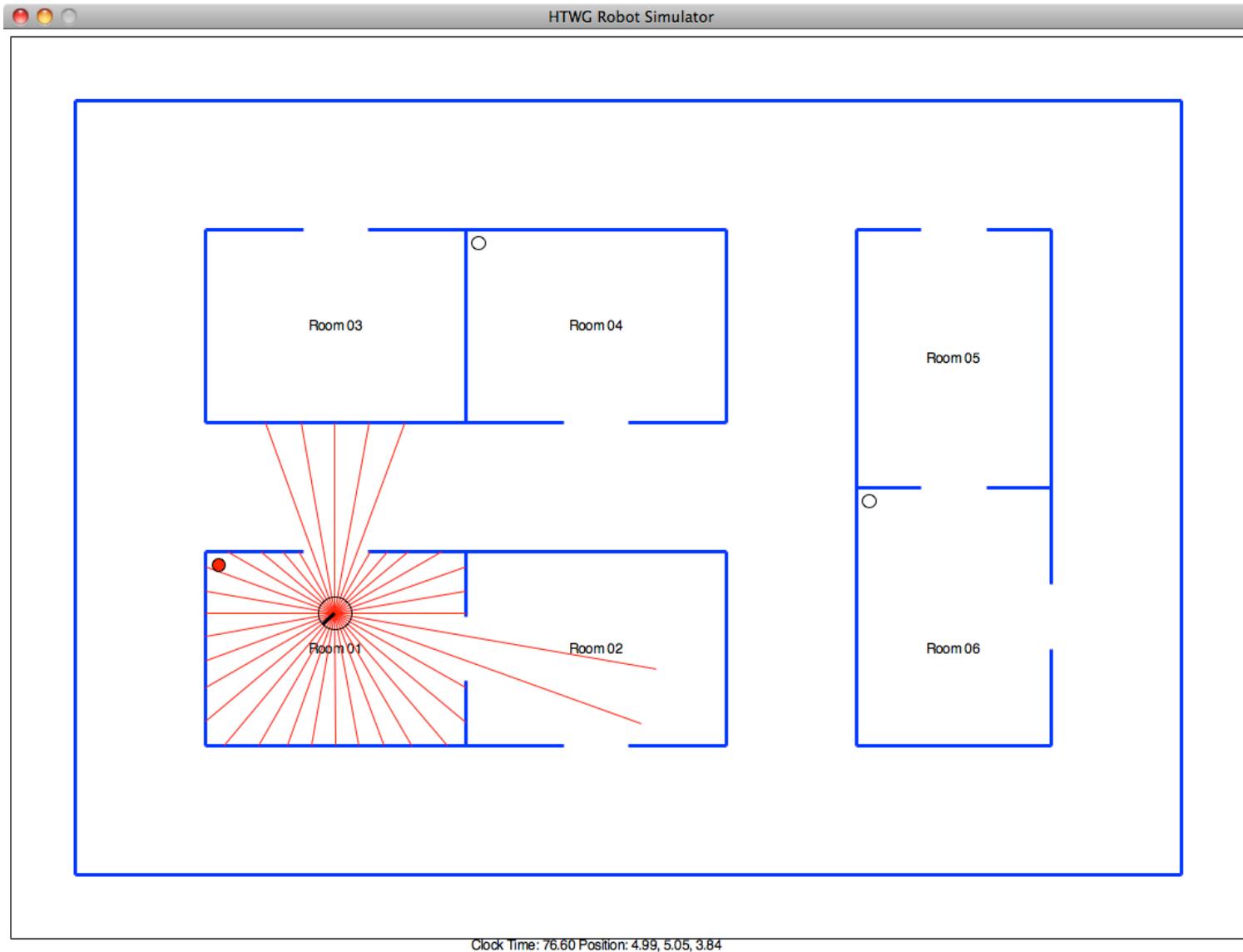
- Kurze Einführung in die Welt der Roboter
- Definition und Robotertypen
- Beispiele
- Typischer Aufbau eines Indoor-Roboters
- **Ziel dieser Lehrveranstaltung**
  - Aufgabenstellung
  - Ablauf
  - Prüfungsleistung
- Literaturverzeichnis

# Aufgabenstellung

---

- Es soll eine Steuerung für einen mobilen Indoor-Roboter entwickelt werden, der eine typische Aufgabenstellung (Robot challenge) löst.
- Der Roboter durchsucht alle Räume einer Büroumgebung systematisch nach roten Bodenmarkierungen.
- Der Roboter ist mit Abstandssensoren für die Navigation und mit einer Kamera zur Erkennung roter Bodenmarkierungen ausgestattet.
- Zusätzlich verfügt der Roboter über eine Umgebungskarte.
- In der Umgebung können dynamische Hindernisse (z.B. Personen) auftauchen.

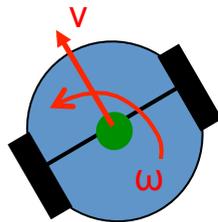
# Roboter Simulator (1)



# Roboter Simulator (2)

---

- Simulator ist in Python geschrieben.  
Er umfasst nur einige Hundert Zeilen Code und kann einfach angepasst werden.
- Es wird ein Roboter mit Differentialantrieb (z.B. Pioneer 3DX) simuliert.  
Der Roboter lässt sich über Geschwindigkeit  $v$  und Rotationsgeschwindigkeit  $\omega$  steuern lässt.



Pioneer 3DX

- Der Roboter ist mit einem Laser-Abstandsmesssystem ausgestattet.  
Ringförmig werden z.B. 36 Entfernungsmessungen durchgeführt.
- Die roten Bodenmarkierungen werden mit einer Kamera mit einem vorgegebenen Bildwinkel (z.B.  $140^\circ$ ) erkannt (Abstand und Richtung).

# Lösung der Aufgabenstellung

---

- Zu zweit
- In Python
- Die Steuerung des Roboters wird schrittweise erstellt:
  - Reaktive Navigation:  
Abfahren eines geplanten Weges mit Hindernisvermeidung
  - Erstellen eines Wegeplan mit einem  
gitterbasierten A\*-Verfahren und anschließender Glättung
  - Lokalisierung mit einem Partikelfilter.

# Ablauf

---

- Die Vorlesung basiert auf den Inhalten der Bachelor-Vorlesung "Einführung in die mobile Robotik"
- Die für die Aufgabenstellung benötigten Verfahren werden in der Vorlesung besprochen.
- Vorlesung und Praktikum finden nach einem gesonderten Plan statt:  
[http://www-home.htwg-konstanz.de/~bittel/msi\\_rob.html](http://www-home.htwg-konstanz.de/~bittel/msi_rob.html)
- Vorführung und Präsentation der Lösung am Semesterende.

# Prüfung

---

- Schein:
  - Bearbeitung der Aufgaben (Python-Programme)
  - Vorführung der Lösungen
- Prüfung:
  - Präsentation der Lösung
  - Fragen zur Lösung und zum Vorlesungsstoff
  - zu zweit
  - Vortrag 30 Min. und Fragen 30 Min.
- Bewertung:
  - Präsentation
  - Beantwortung der Fragen
  - Qualität und Umfang der Lösung (Konzepte, Algorithmen, etc.)

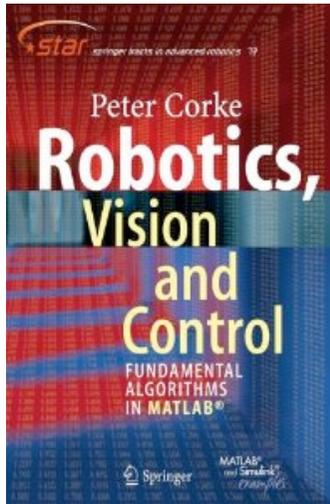
# Inhalt

---

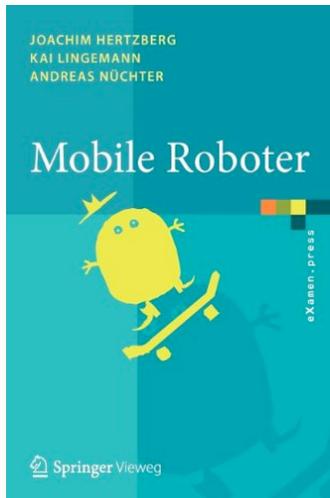
- Einleitung
- Roboterkinematik
- Reaktive Navigation
- Kartenbasierte Navigation
  - Arbeits- und Konfigurationsraum
  - Graphenalgorithmien
  - Potentialfeldmethoden
  - Wegekartenverfahren
  - Zellunterteilungsverfahren
- Monte-Carlo-Lokalisierung
- Kartenerstellung mit SLAM-Verfahren

# Literatur (1)

---



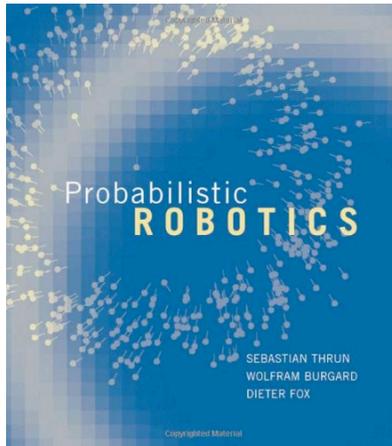
- Peter Corke,  
*Robotics, Vision and Control:  
Fundamental Algorithms in MATLAB*
- Springer Tracts in Advanced Robotics, 2011
- als E-Book in der Bibliothek der HTWG
- Matlab-Toolbox  
<http://www.petercorke.com/RVC/top/toolboxes/>



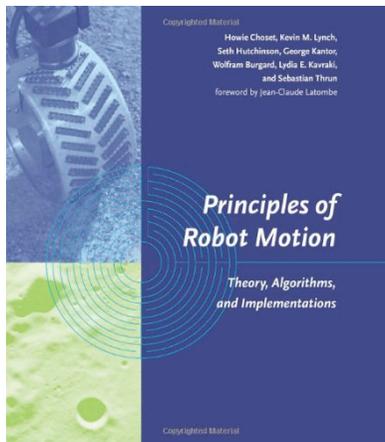
- Hertzberg, Lindemann und Nüchter,  
*Mobile Roboter: Eine Einführung aus Sicht  
der Informatik,*
- Springer-Vieweg, 2012.
- als E-Book in der Bibliothek der HTWG

# Literatur (2)

---



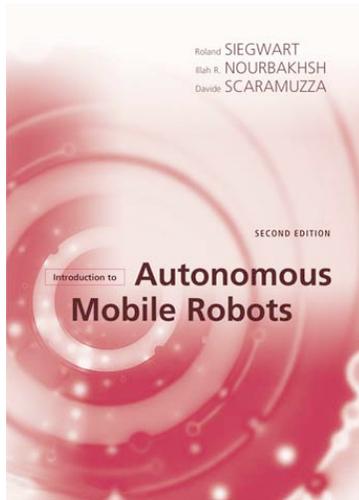
- Thrun, Burgard und Fox, *Probabilistic Robotics*
- MIT Press, 2005
- Standardwerk



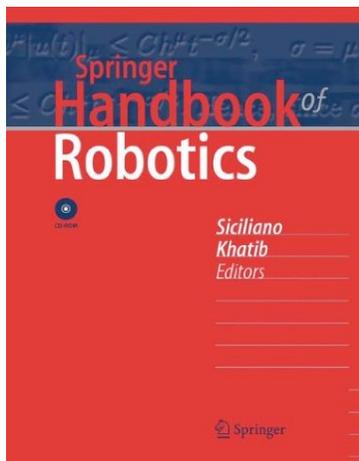
- Choset, Lynch, Hutchinson, Kantor, Burgard, Kavraki und Thrun, *Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations*
- MIT Press, 2004
- Standardwerk

# Literatur (3)

---



- Roland Siegwart, Illah Reza Nourbakhsh and Davide Scaramuzza
- Introduction to Autonomous Mobile Robots
- MIT Press, second edition, 2011



- 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