



Helfende Roboter

Die Perspektive der Service-Robotik

Norman Hendrich, Andreas Mäder

Universität Hamburg
MIN Fakultät, Fachbereich Informatik
Technische Aspekte Multimodaler Systeme
Vogt-Kölln-Str. 30, D-22527 Hamburg
{hendrich,maeder}@informatik.uni-hamburg.de

Vierte Nacht des Wissens, Hamburg, 29. Okt. 2011



Arbeitsbereich TAMS: die Menschen



Universität Hamburg

Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften

Fachbereich Informatik, Technische Grundlagen Multimodaler Systeme (TAMS)

Vogt-Kölln-Straße 30, D-22527 Hamburg

Tel.: +49 40 - 42883-2430

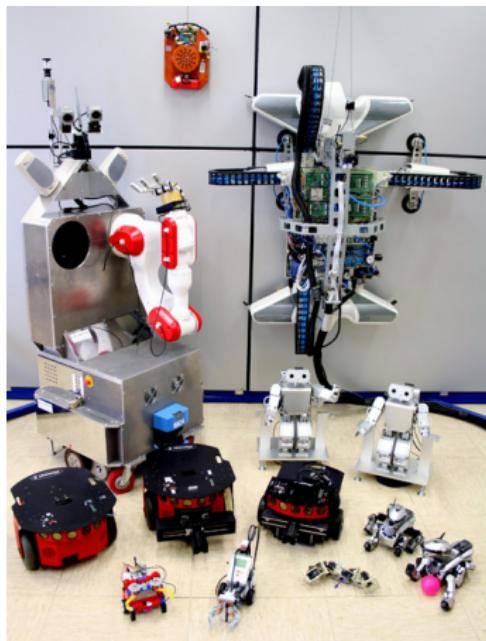
email: tams-info@informatik.uni-hamburg.de

<http://tams.informatik.uni-hamburg.de/>



Arbeitsbereich TAMS: und unsere Roboter

- ▶ TASER
- ▶ Shadow-hand
- ▶ Hoap-2
- ▶ Aibo
- ▶ Pioneer
- ▶ Lego Mindstorms
- ▶ Modular-Robots GZ-1
- ▶ SkyCleaner





Was ist ein „Roboter“?

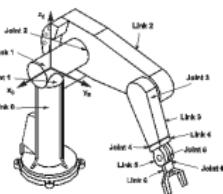
eine vielseitige Maschine

- ▶ zur Herstellung oder Bearbeitung von Dingen
- ▶ mit Armen und Greifern oder Händen
- ▶ Steuerung durch einen Computer



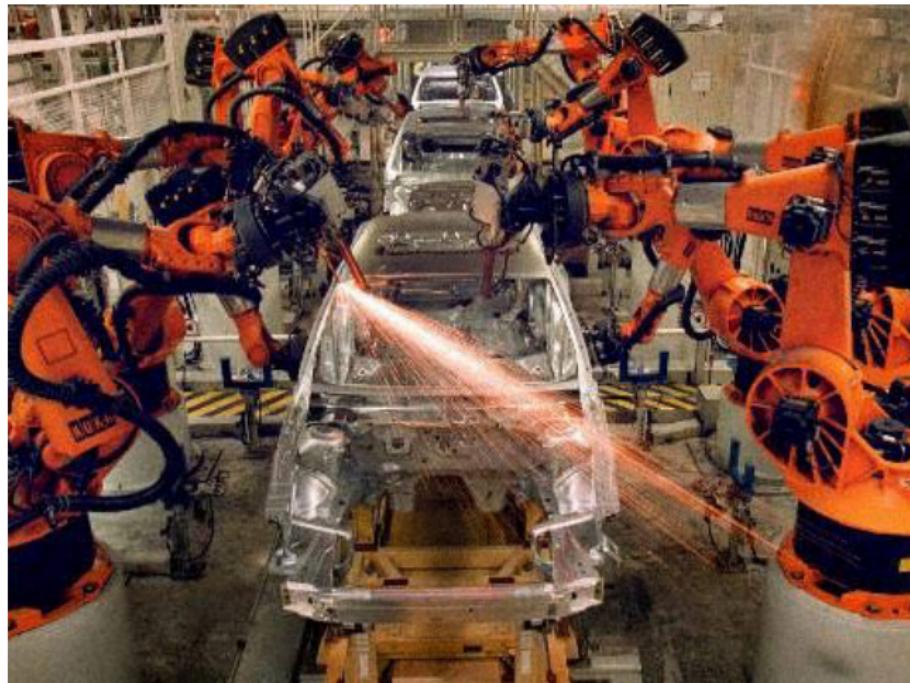
Industrie-Roboter werden in der Fabrik fest eingebaut

- ▶ für eine bestimmte Aufgabe eingerichtet
- ▶ z.B. Schweißen oder Schrauben
- ▶ feste Bewegungsabläufe
- ▶ können bei Bedarf neu programmiert werden





Industrie-Roboter: Schweißen von Autos





Aber was ist ein „Service-Roboter“?

ein Roboter, der keine Dinge herstellt

- ▶ zur Unterstützung von Menschen
 - ▶ als Haushaltshilfe, zum Spielen, . . .
 - ▶ nicht fest montiert, sondern beweglich
 - ▶ Beine oder Fahrgestell mit Rädern
-
- ▶ Steuerung durch einen Computer
 - ▶ Kameras und Sensoren zur Erkennung der Umwelt
 - ▶ Planung von Aktionen
 - ▶ Greifen und Manipulation von Gegenständen
 - ▶ Mensch-Roboter Schnittstelle und Interaktion





Unser Service-Roboter: „TASER“

- ▶ Fahrgestell mit Rädern (Neobotix)
- ▶ ein oder zwei Roboterarme (PA-10)
- ▶ Hände mit je drei Fingern (Barrett)
- ▶ diverse Kameras, Laserscanner
- ▶ Mikrofon, Sprachausgabe
- ▶ Linux-PC zur Steuerung
- ▶ Batteriebetrieb, 3-4 Stunden

- ▶ Beispiele und Videos kommen gleich





„Hol mir eine Tasse Kaffee“

- ▶ die Standardaufgabe der Service-Robotik
- ▶ klingt eigentlich ganz einfach, oder?

Aber:

- ▶ wer hat den Auftrag erteilt?
- ▶ was ist das, eine Tasse Kaffee?
- ▶ wo bekommt man Kaffee, wohin soll man die Tasse bringen?
- ▶ wie greift und bringt man eine Tasse?
- ▶ wie vermeidet man Hindernisse und Unfälle?



Wie bekommt der Roboter seine Aufgaben?

Viele Möglichkeiten der „human-robot interaction“:

- ▶ Sprache („bring mir einen Kaffee“)
- ▶ Fernsteuerung (Wiimote-Demo)
- ▶ Eintippen von Befehlen
- ▶ vorprogrammierte Aktionen (z.B. Zeitplan/Kalender)

Noch besser:

- ▶ Demonstration der Aufgabe und der Roboter lernt, was er tun soll
- ▶ der Roboter beobachtet, und lernt was er tun könnte



Wo ist der Roboter?

Ein beweglicher Roboter muss wissen, wo er sich gerade befindet.

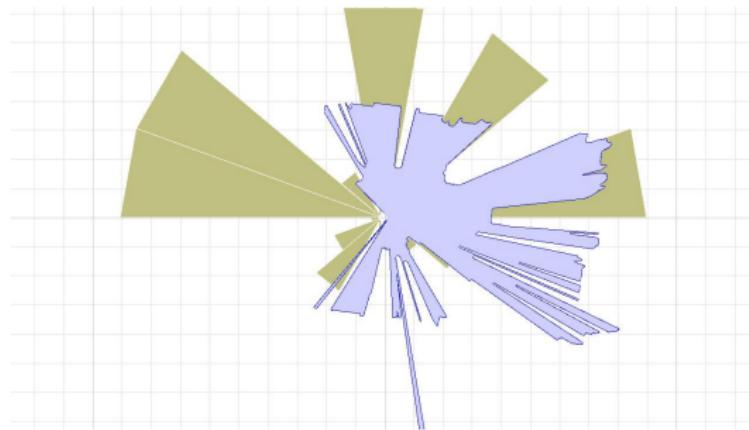
Das nennt man **Lokalisierung**:

- ▶ Navigationssysteme (z.B. GPS-Satelliten)
- ▶ Auswertung von Kamerabildern
- ▶ Laserscanner messen Entfernungen (Demo)
- ▶ Ultraschall (Demo)
- ▶ Stoßstangen und Taster

- ▶ Erkennung von Hindernissen und Wänden (Demo)
- ▶ Erkennung von Landmarken
- ▶ Vergleich mit Landkarte/Grussriss der Wohnung



Wo ist der Roboter? Beispiel Pioneer-2



- ▶ Beispieldaten, Roboter ist in Bildmitte (Demo)
- ▶ Laserscanner (blau) und Ultraschall (beige)
- ▶ Achtung: die Daten passen nicht perfekt zusammen
- ▶ Aufgabe: Hindernisse erkennen, Wände und Objekte erahnen



Wo bekommt man den Kaffee?

Der Roboter braucht eine **Landkarte** seiner Umgebung:

- ▶ Wohnzimmer, Kinderzimmer, Flur, ... (Küche)
 - ▶ Möbel, Einrichtung (Geschirrschrank)
 - ▶ wichtige Gegenstände (Kaffemaschine)
 - ▶ Türen und andere bewegliche Dinge
-
- ▶ vorprogrammierte Karten (Stadtplan, Grundriss)
 - ▶ selbsterstellte Karten („SLAM“)
 - ▶ Erkennen von Hindernissen (z.B. Sofa verschoben)



Wie findet der Roboter zum Ziel?

Der Roboter braucht eine Regel zur **Wegplanung** (Navigation):

- ▶ wo ist der Roboter jetzt?
- ▶ wo ist das Ziel?
- ▶ suche einen möglichst kurzen Weg auf der Landkarte

- ▶ das Problem gilt als gelöst (in 2D)
- ▶ es gibt gute Standardverfahren
- ▶ Beispiele: Auto-Navigation, HVV-Geofox, usw.

- ▶ beachte Türen und Hindernisse
- ▶ es gibt brauchbare Planungsverfahren

- ▶ aber: viel schwieriger in 3D, bisher ungelöst



Beispiel: Staubsauger-Roboter

die ersten Service-Roboter, die man kaufen kann

- ▶ nur genau eine Funktion: Staubsaugen
- ▶ Vorteil: man muss sich nicht 'drum kümmern

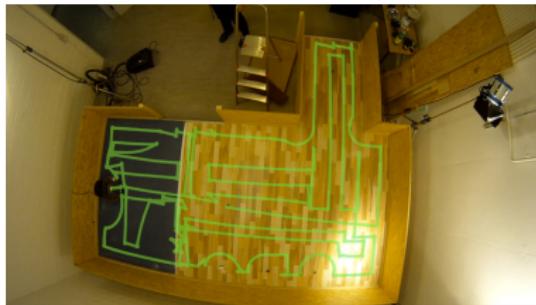
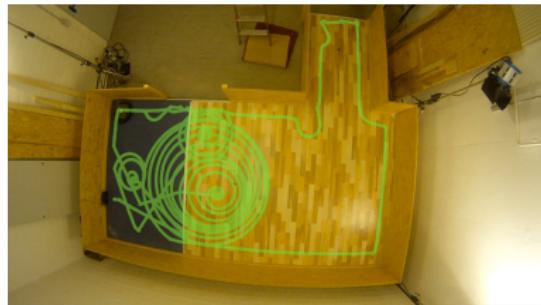
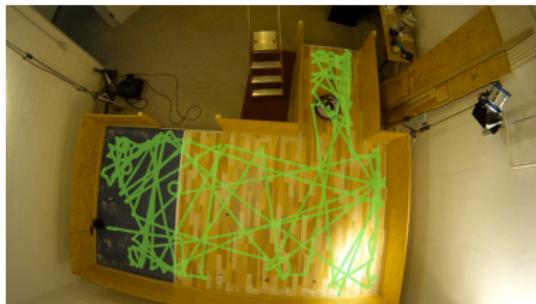
- ▶ relativ klein, daher wenig Saugkraft
- ▶ Probleme mit Treppen, Teppichen, Tierhaaren...
- ▶ automatische Ladestationen, Absperrzonen
- ▶ wenig Intelligenz, aber einige interessante Tricks
- ▶ insbesondere: unterschiedliche Wegplanung
- ▶ ...





Staubsauger-Roboter: Viele Wege führen zum Ziel...

- ▶ zufällige Wege
- ▶ kreisförmige Pfade
- ▶ systematisches Gitter
- ▶ ...





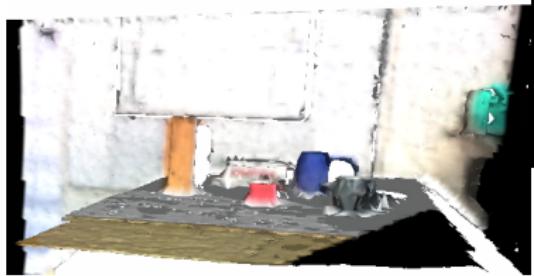
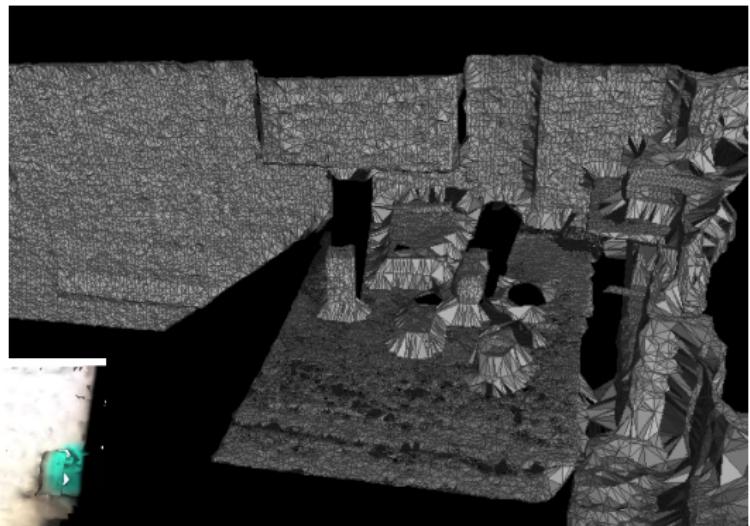
Was ist das, eine „Tasse Kaffee“?

Wie erkennt der Roboter Objekte?

- ▶ heutige Kameras liefern tolle Bilder
- ▶ aber die Auswertung der Bilder ist schwierig
 - ▶ Trennung von Objekt und Hintergrund
 - ▶ Anpassung an unterschiedliche Beleuchtung
 - ▶ Verdeckung, Doppeldeutigkeiten
 - ▶ Objekt-Kategorien (z.B. „Tasse“)
 - ▶ sehr zeitaufwendig
- ▶ alternative Sensoren, z.B. Laserscanner (Pioneer-Demo)
- ▶ neueste Entwicklung: 3D-Kameras (Kinect-Demo)



Objekterkennung: Punktwolken und Tiefenkarte





Kann ein Roboter lernen?

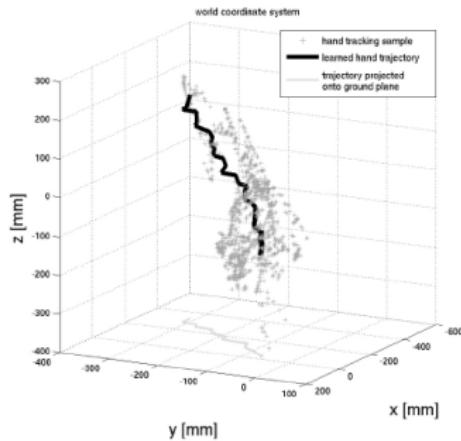
- ▶ na klar! Siehe auch den vorherigen Vortrag!

Es gibt viele verschiedene Ideen:

- ▶ Neuronale Netze als Nachbau des menschlichen Gehirns
 - ▶ Selbst-organisierende Karten
 - ▶ Entscheidungsbäume
 - ▶ Verstärkungslernen für Aktionen in unbekannten Umgebungen
 - ▶ und vieles mehr...
-
- ▶ „lifelong-learning“ gilt auch für Roboter



Beispiel: Imitation und Lernen von Handbewegungen



- ▶ Optisches Tracking der Hand mit „active contours“
- ▶ Selbstorganisierende Karte zum Lernen der Bewegung



Greifen und Manipulation

Ein besonders schwieriges Thema:

- ▶ Industrie-Roboter arbeiten mit festen Werkzeugen
- ▶ und genau bekannten Werkstücken
- ▶ typisch sind einfache Greifer (wie eine Zange)



Service-Roboter sollen alles greifen können:

- ▶ beliebig geformte oder sogar bewegliche Objekte
- ▶ Objekt mit mehreren Fingern berühren
- ▶ Kraft der Finger regeln, damit Objekt nicht rutscht
- ▶ unterschiedliche Griffposition, je nach Aufgabe

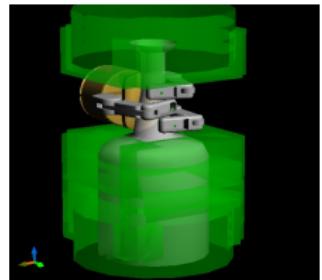
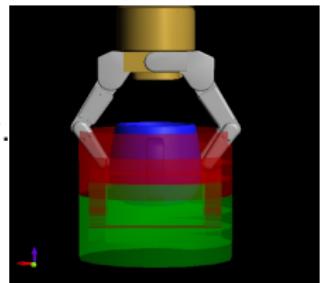


Greifen lernen?!

Unser *zgrasp*-Simulator:

- ▶ berücksichtigt die Aufgabe („grasp semantics“): Anheben, Einfüllen/Ausleeren, Weitergeben, usw.
- ▶ arbeitet mit 3D-Modellen realer Objekte
- ▶ Lernen aus bisherigen Erfahrungen
- ▶ Tricks zum schnelleren Lernen
(z.B. „experience replay“)

- ▶ Griffe mit dem Roboter ausprobieren
- ▶ Tests mit der 3-Finger Barrett-Hand
- ▶ Video: Greifen





Projekt HANDLE: Manipulation

- ▶ Analyse menschlicher Greifbewegungen
- ▶ inklusive „In-Hand“ Manipulation

- ▶ Datenhandschuh
- ▶ spezielle „sensing objects“
- ▶ Kategorisierung der Bewegungen

- ▶ Kontext-Modellierung („object affordances“)
- ▶ „motor-babbling“ zum Lernen von Bewegungen
- ▶ Shadow C5 Roboterhand
- ▶ 20 Freiheitsgrade, flexible „Luftmuskeln“





Shadow C5 Roboterhand

- ▶ Cyberglove-Datenhandschuh, mit Kalibrierung
- ▶ Teleoperation für In-Hand-Manipulation





Aktuelles Projekt: HYFLAM

Handling of hazardous material using a dexterous robot hand

- ▶ Experiment im Rahmen des EU-Projekts ECHORD (2. Phase)
- ▶ zusammen mit Partnern Shadow-Robot und HPA

- ▶ Manipulation von Ampullen und Probenröhrchen
- ▶ Handhabung von Eiern für „incubation“
- ▶ als Ersatz für traditionelle „Glove-Box“-Geräte



Wie spielt das alles zusammen?

Wir brauchen spezielle Software (-programme), um alle Teile des Roboters anzusteuern:

- ▶ die Geräte: Kameras, Sensoren, Arm, Hand
- ▶ die Grundfunktionen zum Fahren
- ▶ Zugriff auf die Landkarte und Wegplanung
- ▶ die Interaktion mit Menschen
- ▶ für das Lernen und Planen von Aktionen
- ▶ ...



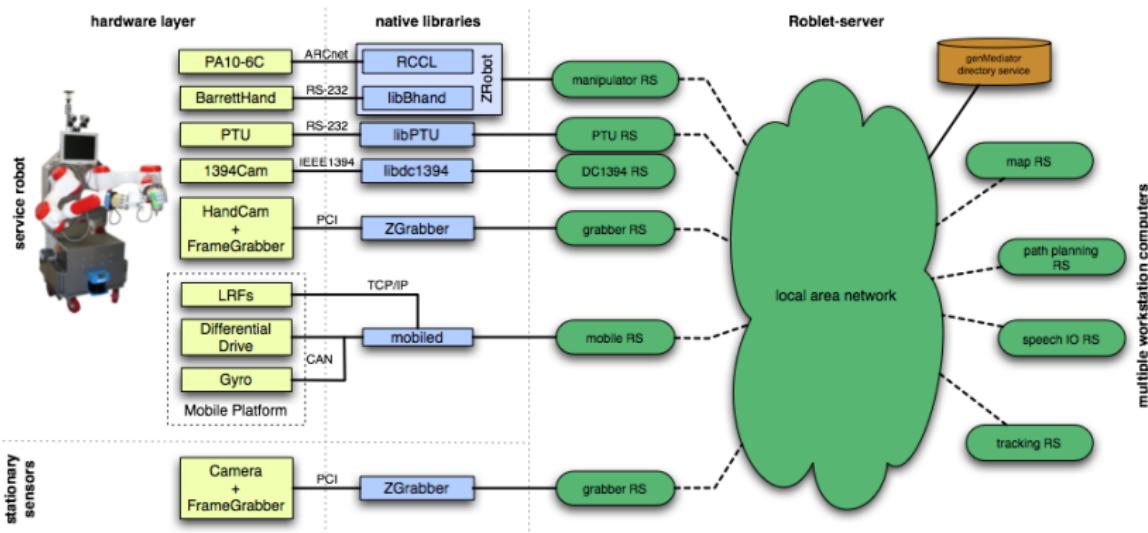
Software-Architektur bei TASER

- ▶ Client/Server-Architektur
- ▶ verteilte Steuerung, Aufteilung auf mehrere Computer möglich
- ▶ modularer Aufbau der Software
 - ▶ Fahren des Roboters, Pfad-Planung
 - ▶ Lokalisierung, Erkennung von „Landmarken“
 - ▶ Verarbeitung der Sensordaten
 - ▶ Bewegungen des Arms und der Hand
 - ▶ Mensch-Maschine Interaktion
 - ▶ Visualisierung
 - ▶ Planer
- ▶ Video: Tür-öffnen





Software-Komponenten unseres Service-Roboters



Hardware - Gerätetreiber - Abstraktion - Netzwerk - Applikationen



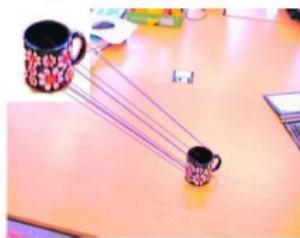
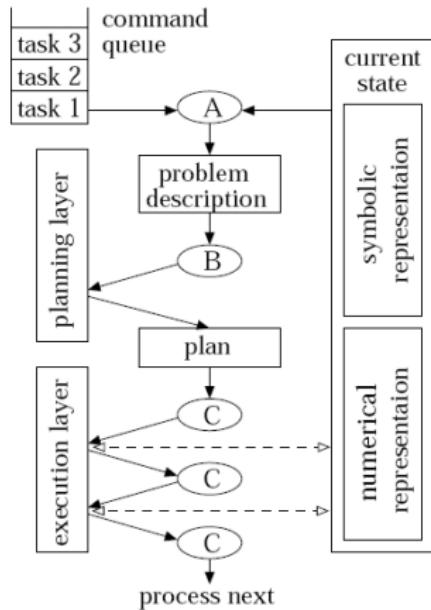
Plan-basierte Steuerung des Roboters

Zwei Schichten:

- ▶ symbolische Ebene (Planer)
 - ▶ „reaktive“ Ebene (Reflexe)
 - ▶ PDDL Beschreibung
 - ▶ JSHOP2 Planer
 - ▶ Bibliothek mit *atomaren* Aktionen
 - ▶ „Symbol grounding“
 - ▶ Aktive Wahrnehmung und Exploration der Umgebung
-
- ```
graph TD; Root["(bring cup1 table2)"] --> Pickup["(pickup cup1)"]; Root --> Place["(placedown table2)"]; Pickup --> Moveto1["(moveto cup1)"]; Pickup --> Grasp["(!grasp cup1)"]; Place --> Moveto2["(moveto table2)"]; Place --> Put["(!put table2)"]; Moveto1 --> Approach1["(!approach table1)"]; Moveto2 --> Leave1["(!leave table1)"]; Moveto2 --> Approach2["(!approach table2)"]
```



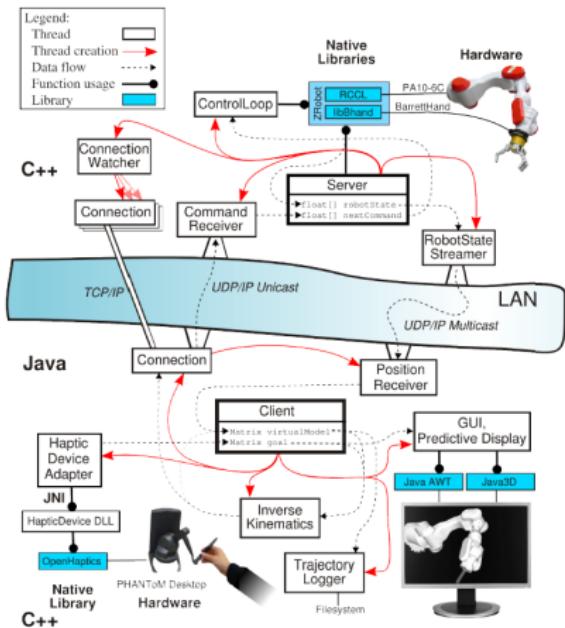
# Plan-Anpassung



Weser et.al., HTN Robot Planning in Partially Observable Dynamic Environments (ICRA 2010)



# Tele-Operation mit haptischer Schnittstelle





# Zusammenfassung: Service-Roboter

- ▶ Grundidee
- ▶ mobile autonome Roboter
- ▶ Interaktion mit Menschen
  
- ▶ Lokalisierung und Wegplanung
- ▶ Greifen und Manipulation
- ▶ Planen und Lernen von Aktionen
  
- ▶ großes Potential
- ▶ genug Forschungsthemen für die nächsten 20 Jahre



# Danke für Ihr Interesse!

- ▶ Fragen?
- ▶ Diskussion!



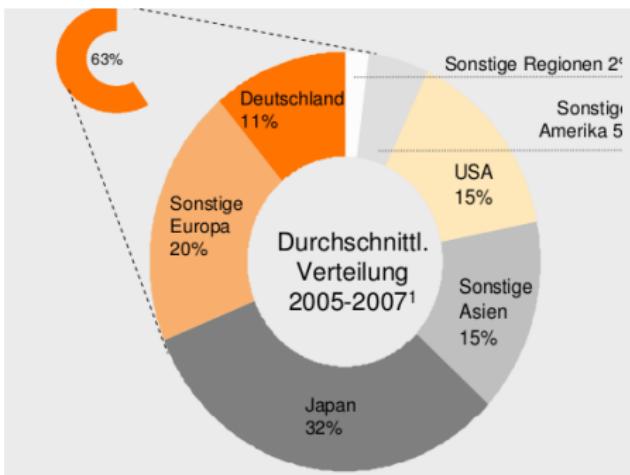
# Backup-Folien

- ▶ Hintergrundinformationen
- ▶ weitere Details



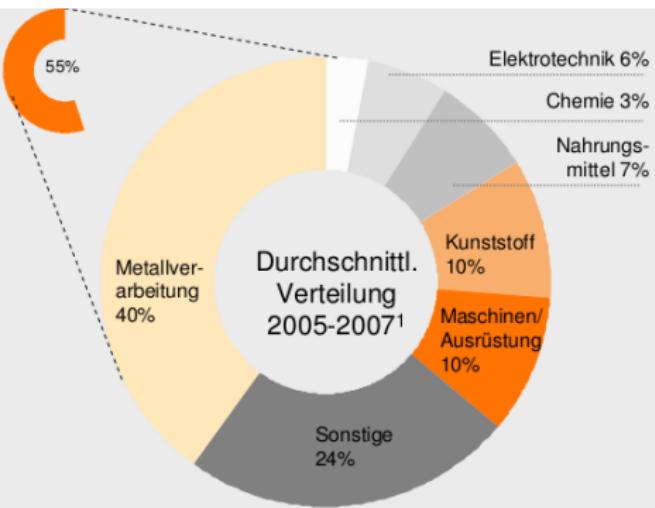
# Industrie-Roboter: Statistik

- weltweit ca. 1,1 Million Roboter im Einsatz



1) Quelle: KUKA und IFR.

2) Roboter mit 5 oder mehr Achsen.

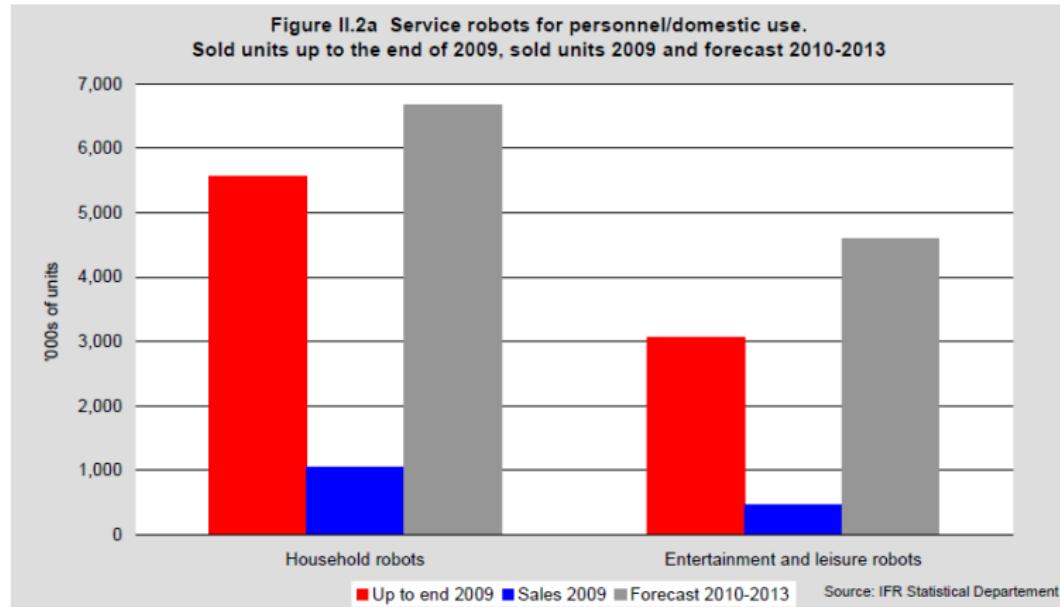


(KUKA AG, 2008)



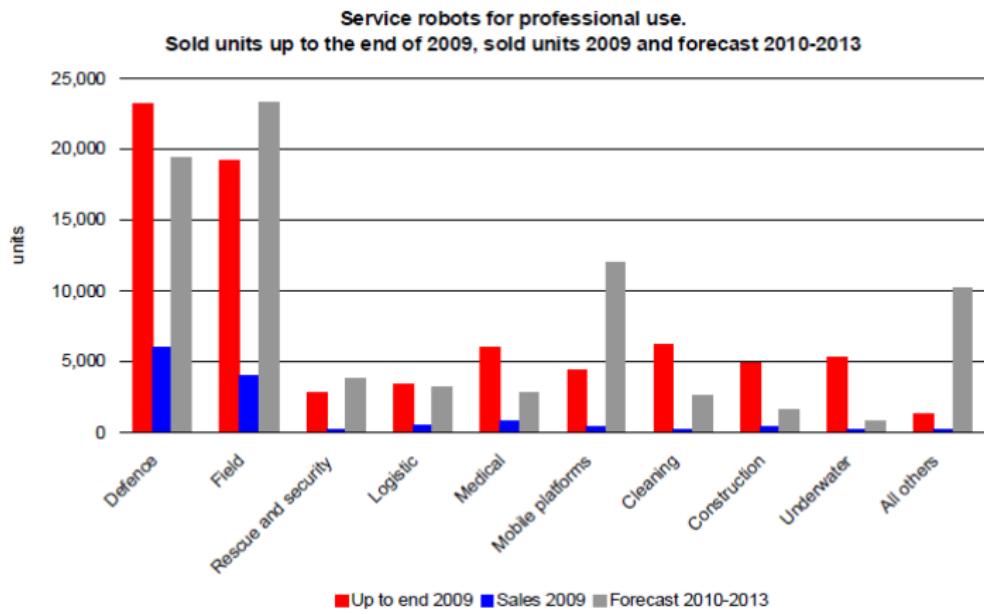
# Service-Roboter: privater Einsatz

Figure II.2a Service robots for personnel/domestic use.  
Sold units up to the end of 2009, sold units 2009 and forecast 2010-2013





# Service-Roboter: professioneller Einsatz



Source: IFR World Robotics 2010



# Service-Roboter: Galerie

DESIRE, Rollin' Justin, PR2, AILA, Romeo, Omniprob

