



# Automatische Kalibrierung eines mobilen Serviceroboters

Jannik Abbenseth

Hochschule Furtwangen

13. Februar 2013



# Ablauf

## 1 Der Care-o-bot



# Ablauf

1 Der Care-o-bot

2 Verbesserungspotential der bisherigen Kalibrierung



# Ablauf

- 1 Der Care-o-bot
- 2 Verbesserungspotential der bisherigen Kalibrierung
- 3 Ergebnisse und Ausblick



# Aufbau des Care-o-bot



Abbildung: Die Versionen des Care-o-bot



# Komponenten des Care-o-bot

## Hardware



# Komponenten des Care-o-bot

## Hardware

- Kopf mit drei Kameras



# Komponenten des Care-o-bot

## Hardware

- Kopf mit drei Kameras
- Roboterarm mit sieben Freiheitsgraden



# Komponenten des Care-o-bot

## Hardware

- Kopf mit drei Kameras
- Roboterarm mit sieben Freiheitsgraden
- Torso mit drei bis vier Freiheitsgraden



# Komponenten des Care-o-bot

## Hardware

- Kopf mit drei Kameras
- Roboterarm mit sieben Freiheitsgraden
- Torso mit drei bis vier Freiheitsgraden
- Mobile Plattform



# Komponenten des Care-o-bot

## Hardware

- Kopf mit drei Kameras
- Roboterarm mit sieben Freiheitsgraden
- Torso mit drei bis vier Freiheitsgraden
- Mobile Plattform
- 2-3 Computer



# Komponenten des Care-o-bot

## Hardware

- Kopf mit drei Kameras
- Roboterarm mit sieben Freiheitsgraden
- Torso mit drei bis vier Freiheitsgraden
- Mobile Plattform
- 2-3 Computer

## Software



# Komponenten des Care-o-bot

## Hardware

- Kopf mit drei Kameras
- Roboterarm mit sieben Freiheitsgraden
- Torso mit drei bis vier Freiheitsgraden
- Mobile Plattform
- 2-3 Computer

## Software

- Ubuntu



# Komponenten des Care-o-bot

## Hardware

- Kopf mit drei Kameras
- Roboterarm mit sieben Freiheitsgraden
- Torso mit drei bis vier Freiheitsgraden
- Mobile Plattform
- 2-3 Computer

## Software

- Ubuntu
- Robot-Operating-System



# Kalibrierungsbedarf des Care-o-bot

## Anforderungen an den Care-o-bot



# Kalibrierungsbedarf des Care-o-bot

## Anforderungen an den Care-o-bot

- Gegenstände greifen



# Kalibrierungsbedarf des Care-o-bot

## Anforderungen an den Care-o-bot

- Gegenstände greifen
- Niemanden verletzen



# Kalibrierungsbedarf des Care-o-bot

## Anforderungen an den Care-o-bot

- Gegenstände greifen
- Niemanden verletzen
- Nichts zerstören



# Kalibrierungsbedarf des Care-o-bot

## Anforderungen an den Care-o-bot

- Gegenstände greifen
- Niemanden verletzen
- Nichts zerstören (Auch nicht sich selbst)



# Kalibrierungsbedarf des Care-o-bot

## Anforderungen an den Care-o-bot

- Gegenstände greifen
- Niemanden verletzen
- Nichts zerstören (Auch nicht sich selbst)

→ Kalibrierung



# Ablauf der bisherigen Kalibrierung

Datenaufnahme



# Ablauf der bisherigen Kalibrierung

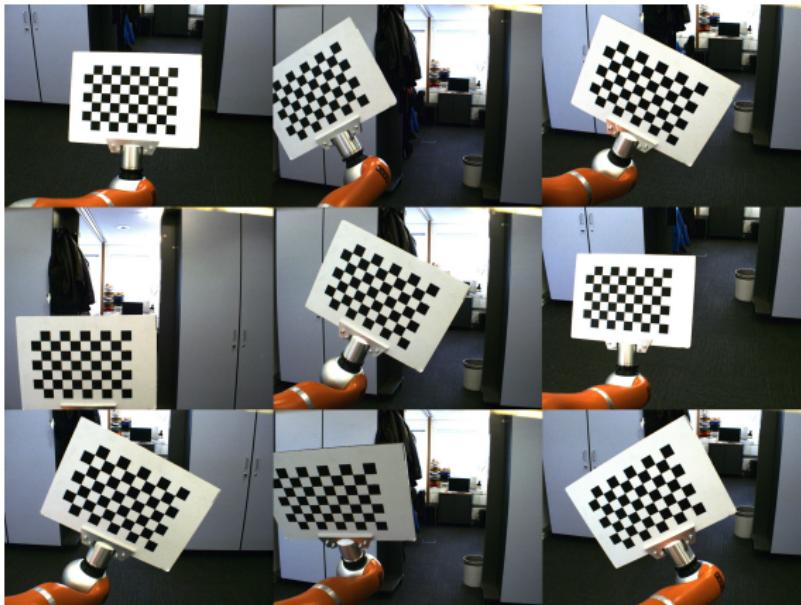
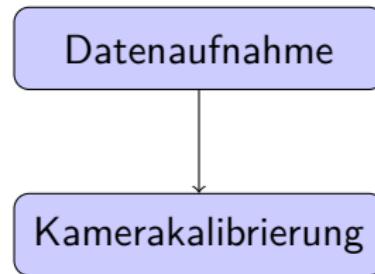


Abbildung: Kalibrierungsbilder

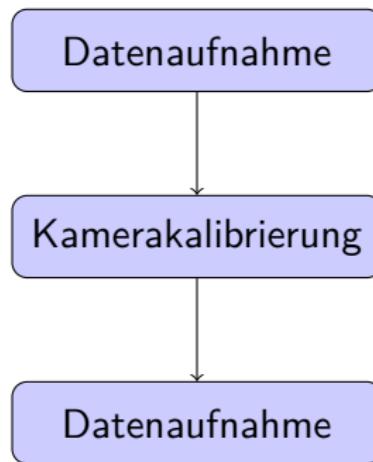


# Ablauf der bisherigen Kalibrierung



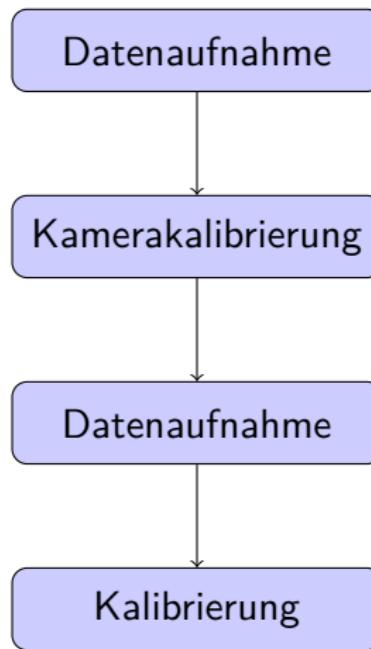


# Ablauf der bisherigen Kalibrierung





# Ablauf der bisherigen Kalibrierung





# Schwächen der bisherigen Kalibrierung

## 1 Der Care-o-bot

## 2 Verbesserungspotential der bisherigen Kalibrierung

- Doppelte Modellierung



# Schwächen der bisherigen Kalibrierung

## 1 Der Care-o-bot

## 2 Verbesserungspotential der bisherigen Kalibrierung

- Doppelte Modellierung
- Feste Parametrisierung



# Schwächen der bisherigen Kalibrierung

## 1 Der Care-o-bot

## 2 Verbesserungspotential der bisherigen Kalibrierung

- Doppelte Modellierung
- Feste Parametrisierung
- Doppelte Datenaufnahme

## 3 Ergebnisse und Ausblick



Doppelte Modellierung

# Doppelte Modellierung des Roboters

## Problem



Doppelte Modellierung

# Doppelte Modellierung des Roboters

## Problem

- Roboterbeschreibung in URDF



Doppelte Modellierung

# Doppelte Modellierung des Roboters

## Problem

- Roboterbeschreibung in URDF
- Beschreibung der Kinematiken in Denavit-Hartenberg Parametern



## Doppelte Modellierung

## Doppelte Modellierung des Roboters

## Problem

- Roboterbeschreibung in URDF
- Beschreibung der Kinematiken in Denavit-Hartenberg Parametern

→ Unnötiger Mehraufwand



Doppelte Modellierung

# Doppelte Modellierung des Roboters

## Lösungen



Doppelte Modellierung

# Doppelte Modellierung des Roboters

## Lösungen

- Berechnung der Denavit-Hartenberg Parameter



Doppelte Modellierung

# Doppelte Modellierung des Roboters

## Lösungen

- Berechnung der Denavit-Hartenberg Parameter
- Nutzung der URDF Beschreibung



Doppelte Modellierung

# Doppelte Modellierung des Roboters

## Lösungen

- Berechnung der Denavit-Hartenberg Parameter
- Nutzung der URDF Beschreibung
- Abspeichern der Transformation bei der Datenaufnahme



Doppelte Modellierung

# Doppelte Modellierung des Roboters

## Lösungen

- Berechnung der Denavit-Hartenberg Parameter
- Nutzung der URDF Beschreibung
- **Abspeichern der Transformation bei der Datenaufnahme**



## Feste Parametrisierung

# Feste Parametrisierung

Anpassungen für den Roboter im Quellcode



## Feste Parametrisierung

# Feste Parametrisierung

## Anpassungen für den Roboter im Quellcode

- für jeden Roboter war ein eigenes Build erforderlich



## Feste Parametrisierung

# Feste Parametrisierung

## Anpassungen für den Roboter im Quellcode

- für jeden Roboter war ein eigenes Build erforderlich
- Anforderungen die nicht jeder Roboter erfüllen konnte



## Feste Parametrisierung

## Lösung

## Auslagern der Parameter



## Feste Parametrisierung

## Lösung

## Auslagern der Parameter

- Kameradaten



## Feste Parametrisierung

## Lösung

## Auslagern der Parameter

- Kameradaten
- Kalibrierungsobjekt



## Feste Parametrisierung

## Lösung

## Berechnung der Zielpositionen



## Feste Parametrisierung

## Lösung

## Berechnung der Zielpositionen

- Festlegen eines Bereiches und einer Dichte



## Feste Parametrisierung

## Lösung

## Berechnung der Zielpositionen

- Festlegen eines Bereiches und einer Dichte
- Berechnung der Samples



# Lösung

## Berechnung der Zielpositionen

- Festlegen eines Bereiches und einer Dichte
- Berechnung der Samples

→ Neue Roboter lassen sich einfacher in die Kalibrierung einbeziehen



Doppelte Datenaufnahme

# Doppelte Datenaufnahme

## Datenaufnahme



## Doppelte Datenaufnahme

# Doppelte Datenaufnahme

## Datenaufnahme

- Datenaufnahme zur Kamerakalibrierung



## Doppelte Datenaufnahme

# Doppelte Datenaufnahme

## Datenaufnahme

- Datenaufnahme zur Kamerakalibrierung
- Datenaufnahme zur kinematischen Kalibrierung



## Doppelte Datenaufnahme

# Doppelte Datenaufnahme

## Datenaufnahme

- Datenaufnahme zur Kamerakalibrierung
- Datenaufnahme zur kinematischen Kalibrierung

## Problem



## Doppelte Datenaufnahme

# Doppelte Datenaufnahme

## Datenaufnahme

- Datenaufnahme zur Kamerakalibrierung
- Datenaufnahme zur kinematischen Kalibrierung

## Problem

- Müssen überwacht werden



## Doppelte Datenaufnahme

# Doppelte Datenaufnahme

## Datenaufnahme

- Datenaufnahme zur Kamerakalibrierung
- Datenaufnahme zur kinematischen Kalibrierung

## Problem

- Müssen überwacht werden
- Brauchen lange



Doppelte Datenaufnahme

# Lösung

Reduzierung auf einen Aufnahmeschritt



Doppelte Datenaufnahme

# Lösung

## Reduzierung auf einen Aufnahmeschritt

- Aufnahme von Rohbildern



Doppelte Datenaufnahme

# Lösung

## Reduzierung auf einen Aufnahmeschritt

- Aufnahme von Rohbildern
- Kalibrierung der Kameras



Doppelte Datenaufnahme

# Lösung

## Reduzierung auf einen Aufnahmeschritt

- Aufnahme von Rohbildern
- Kalibrierung der Kameras
- Zusätzliche Berechnung der Linsenverzerrung im kinematischen Optimierer



Doppelte Datenaufnahme

# Lösung

## Reduzierung auf einen Aufnahmeschritt

- Aufnahme von Rohbildern
- Kalibrierung der Kameras
- Zusätzliche Berechnung der Linsenverzerrung im kinematischen Optimierer

→ Schnellere und sicherere Kalibrierung



# Ergebnis

- Anwendbar auf allen Care-o-bot



# Ergebnis

- Anwendbar auf allen Care-o-bot
- Weitere Robotermodelle unterstützt



# Ergebnis

- Anwendbar auf allen Care-o-bot
- Weitere Robotermodelle unterstützt
- Schneller und sicherer



# Ausblick auf weitere Arbeiten

Weitere Teile einbeziehen



# Ausblick auf weitere Arbeiten

## Weitere Teile einbeziehen

- Laserscanner



# Ausblick auf weitere Arbeiten

## Weitere Teile einbeziehen

- Laserscanner
- Tablett



# Ausblick auf weitere Arbeiten

## Weitere Teile einbeziehen

- Laserscanner
- Tablett

## Genauigkeit erhöhen

# Ausblick auf weitere Arbeiten

## Weitere Teile einbeziehen

- Laserscanner
- Tablett

## Genauigkeit erhöhen

- Erweiterung auf ganzen Arbeitsraum

# Ausblick auf weitere Arbeiten

## Weitere Teile einbeziehen

- Laserscanner
- Tablett

## Genauigkeit erhöhen

- Erweiterung auf ganzen Arbeitsraum
- Sampling Strategie verbessern