



# *Kameragesteuerter Knickarmroboter zur Manipulation von Gegenständen*



Carsten Fries

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

06. Januar 2011

# Gliederung

## Motivation

Was existiert bereits?

Was ist der Stand der Forschung?

## Ziel der Arbeit

## Vorarbeiten

Semester 1

Semester 2

Semester 3

## Weiteres Vorgehen

## Risiken

## Zusammenfassung und Ausblick

Was existiert bereits?

## Motivation

Was existiert bereits?

Was ist der Stand der Forschung?

## Ziel der Arbeit

## Vorarbeiten

Semester 1

Semester 2

Semester 3

## Weiteres Vorgehen

## Risiken

## Zusammenfassung und Ausblick

Was existiert bereits?

# Fest einprogrammierte Assistenzroboter

- ▶ Funktionieren einwandfrei
- ▶ Erfolgreiche Etablierung für unterstützende Tätigkeiten

Was existiert bereits?

# Fest einprogrammierte Assistenzroboter

- ▶ Funktionieren einwandfrei
- ▶ Erfolgreiche Etablierung für unterstützende Tätigkeiten
  - ▶ Handlungsaufgaben

VIDEO-A1

[1]

Was existiert bereits?

# Fest einprogrammierte Assistenzroboter

- ▶ Funktionieren einwandfrei
- ▶ Erfolgreiche Etablierung für unterstützende Tätigkeiten
  - ▶ Handlings-
  - ▶ Pick & Place-
  - ▶ Manipulations-
  - ▶ Prüf-
  - ▶ Nachbearbeitungsaufgaben

VIDEO-A2

[2]

## Was ist der Stand der Forschung?

## Motivation

Was existiert bereits?

Was ist der Stand der Forschung?

## Ziel der Arbeit

## Vorarbeiten

Semester 1

Semester 2

Semester 3

## Weiteres Vorgehen

## Risiken

## Zusammenfassung und Ausblick

# Autonome sensorbasierte Assistenzroboter

- ▶ **Autonom = Selbstständig**
- ▶ **Keine fest einprogrammierten Handlungsabläufe**
- ▶ **Interagiert mit seiner Umwelt**
  
- ▶ Sensoren beeinflussen den Handlungsbedarf
  - ▶ Umgebungsbeschaffenheit
  - ▶ Messbare physikalische und chemische Eigenschaften



# Autonome sensorbasierte Assistenzroboter

- ▶ Autonom = Selbstständig
- ▶ Keine fest einprogrammierten Handlungsabläufe
- ▶ Interagiert mit seiner Umwelt
  
- ▶ Sensoren beeinflussen den Handlungsbedarf
  - ▶ Umgebungsbeschaffenheit
  - ▶ Messbare physikalische und chemische Eigenschaften
    - ▶ Wärmestrahlung
    - ▶ Temperatur
    - ▶ Feuchtigkeit
    - ▶ Druck
    - ▶ Schall
    - ▶ Helligkeit
    - ▶ Beschleunigung

# Autonome sensorbasierte Assistenzroboter

- ▶ Autonom = Selbstständig
- ▶ Keine fest einprogrammierten Handlungsabläufe
- ▶ Interagiert mit seiner Umwelt
  
- ▶ Sensoren beeinflussen den Handlungsbedarf
  - ▶ Umgebungsbeschaffenheit
  - ▶ Messbare physikalische und chemische Eigenschaften
    - ▶ Wärmestrahlung
    - ▶ Temperatur
    - ▶ Feuchtigkeit
    - ▶ Druck
    - ▶ Schall
    - ▶ Helligkeit
    - ▶ Beschleunigung

## Motivation

Was existiert bereits?

Was ist der Stand der Forschung?

## Ziel der Arbeit

## Vorarbeiten

Semester 1

Semester 2

Semester 3

## Weiteres Vorgehen

## Risiken

## Zusammenfassung und Ausblick



# Manipulation von Gegenständen mit einem Knickarm

- ▶ Katana-Greifarm
  - ▶ Freiheitsgraden inkl. Greifer: 6
  - ▶ Bewegungsgeschwindigkeit:  $90^\circ/\text{s} = 1 \text{ m/s}$
  - ▶ Bewegungsradius: 60cm
  - ▶ Maximale Nutzlast: 500g
  - ▶ Ortsgebunden
- ▶ Am Endeffektor montierte Kamera
  - ▶ Weitwinkelobjektiv



# Manipulation von Gegenständen mit einem Knickarm

- ▶ Katana-Greifarm
  - ▶ Freiheitsgraden inkl. Greifer: 6
  - ▶ Bewegungsgeschwindigkeit: 90 %/s = 1 m/s
  - ▶ Bewegungsradius: 60cm
  - ▶ Maximale Nutzlast: 500g
  - ▶ Ortsgebunden
- ▶ Am Endeffektor montierte Kamera
  - ▶ Weitwinkelobjektiv



# Manipulation von Gegenständen mit einem Knickarm

- ▶ Katana-Greifarm
  - ▶ Freiheitsgraden inkl. Greifer: 6
  - ▶ Bewegungsgeschwindigkeit: 90°/s = 1 m/s
  - ▶ Bewegungsradius: 60cm
  - ▶ Maximale Nutzlast: 500g
  - ▶ Ortsgebunden
- ▶ Am Endeffektor montierte Kamera
  - ▶ Weitwinkelobjektiv



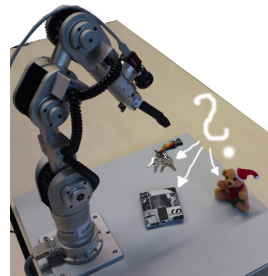
# Manipulation von Gegenständen mit einem Knickarm

- ▶ Katana-Greifarm
  - ▶ Freiheitsgraden inkl. Greifer: 6
  - ▶ Bewegungsgeschwindigkeit: 90%/s = 1m/s
  - ▶ Bewegungsradius: 60cm
  - ▶ Maximale Nutzlast: 500g
  - ▶ Ortsgebunden
- ▶ Am Endeffektor montierte Kamera
  - ▶ Weitwinkelobjektiv



# Manipulation von Gegenständen mit einem Knickarm

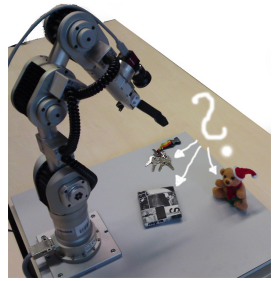
- ▶ Identifikation
  - ▶ Welche Gegenstände befinden sich im aktuellen Kamerabild?
- ▶ Lokalisierung
  - ▶ Wie ist die relative räumliche Orientierung?
- ▶ Manipulation
  - ▶ Räumliche Bewegung des Gegenstandes





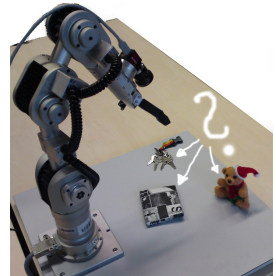
# Manipulation von Gegenständen mit einem Knickarm

- ▶ Identifikation
  - ▶ Welche Gegenstände befinden sich im aktuellen Kamerabild?
- ▶ Lokalisierung
  - ▶ Wie ist die relative räumliche Orientierung?
    - ▶ Roboter ↔ Gegenstand
- ▶ Manipulation
  - ▶ Räumliche Bewegung des Gegenstandes



# Manipulation von Gegenständen mit einem Knickarm

- ▶ Identifikation
  - ▶ Welche Gegenstände befinden sich im aktuellen Kamerabild?
- ▶ Lokalisierung
  - ▶ Wie ist die relative räumliche Orientierung?
    - ▶ Roboter ↔ Gegenstand
- ▶ Manipulation
  - ▶ Räumliche Bewegung des Gegenstandes



## Motivation

Was existiert bereits?

Was ist der Stand der Forschung?

## Ziel der Arbeit

## Vorarbeiten

Semester 1

Semester 2

Semester 3

## Weiteres Vorgehen

## Risiken

## Zusammenfassung und Ausblick

# Ergebnisse aus Anwendungen 1

- ▶ Kamerakalibrierung
  - ▶ Kameramatrix
  - ▶ Entzerrungskoeffizienten
- ▶ Wiederfinden von Gegenständen in Kameraaufnahmen
- ▶ Identifikation mit SIFT
  - ▶ Merkmalsdetektion
  - ▶ Merkmalsvergleich





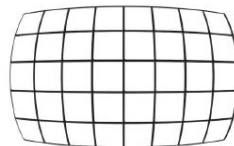
# Ergebnisse aus Anwendungen 1

- ▶ Kamerakalibrierung
  - ▶ Kameramatrix
  - ▶ Entzerrungskoeffizienten
- ▶ Wiederfinden von Gegenständen in Kameraaufnahmen
- ▶ Identifikation mit SIFT
  - ▶ Merkmalsdetektion
  - ▶ Merkmalsvergleich



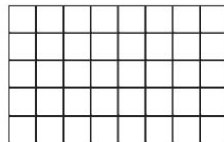
# Ergebnisse aus Anwendungen 1

- ▶ **Kamerakalibrierung**
  - ▶ Kameramatrix
  - ▶ Entzerrungskoeffizienten
- ▶ Wiederfinden von Gegenständen in Kameraaufnahmen
- ▶ Identifikation mit SIFT
  - ▶ Merkmalsdetektion
  - ▶ Merkmalsvergleich



# Ergebnisse aus Anwendungen 1

- ▶ **Kamerakalibrierung**
  - ▶ Kameramatrix
  - ▶ Entzerrungskoeffizienten
- ▶ Wiederfinden von Gegenständen in Kameraaufnahmen
- ▶ Identifikation mit SIFT
  - ▶ Merkmalsdetektion
  - ▶ Merkmalsvergleich



# Ergebnisse aus Anwendungen 1

- ▶ Kamerakalibrierung
  - ▶ Kameramatrix
  - ▶ Entzerrungskoeffizienten
- ▶ Wiederfinden von Gegenständen in Kameraaufnahmen
- ▶ Identifikation mit SIFT
  - ▶ Merkmalsdetektion
  - ▶ Merkmalsvergleich



# Ergebnisse aus Anwendungen 1

- ▶ Kamerakalibrierung
  - ▶ Kameramatrix
  - ▶ Entzerrungskoeffizienten
- ▶ Wiederfinden von Gegenständen in Kameraaufnahmen
- ▶ Identifikation mit SIFT
  - ▶ Merkmalsdetektion



(a) Aufnahme 1

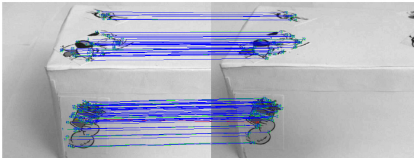


(b) Aufnahme 2

## ▶ Merkmalsvergleich

# Ergebnisse aus Anwendungen 1

- ▶ Kamerakalibrierung
  - ▶ Kameramatrix
  - ▶ Entzerrungskoeffizienten
- ▶ Wiederfinden von Gegenständen in Kameraaufnahmen
- ▶ Identifikation mit SIFT
  - ▶ Merkmalsdetektion
  - ▶ Merkmalsvergleich



# Ergebnisse aus Anwendungen 1

- ▶ Kamerakalibrierung
  - ▶ Kameramatrix
  - ▶ Entzerrungskoeffizienten
- ▶ Wiederfinden von Gegenständen in Kameraaufnahmen
- ▶ Identifikation mit SIFT
  - ▶ Merkmalsdetektion
  - ▶ Merkmalsvergleich



## Motivation

Was existiert bereits?

Was ist der Stand der Forschung?

## Ziel der Arbeit

## Vorarbeiten

Semester 1

**Semester 2**

Semester 3

## Weiteres Vorgehen

## Risiken

## Zusammenfassung und Ausblick

# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ **Anwendungen 2**
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz



# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

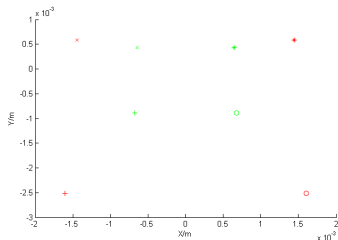
- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz

# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz

# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

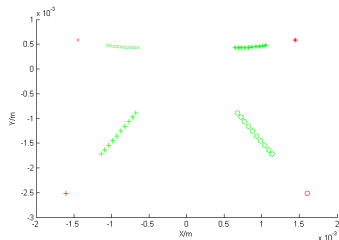
- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz





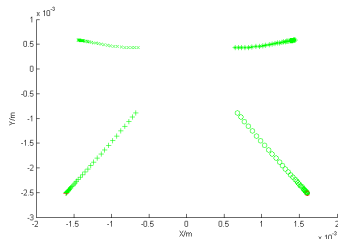
# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz



# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz



# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz

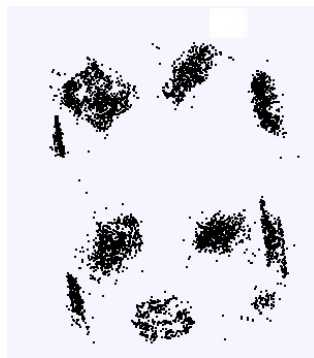
VIDEO-W

# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz
    - ▶ Kombiniertes Verfahren
- ▶ Projekt 1
  - ▶ Implementierung des modellbasierten Ansatzes
  - ▶ Erweiterung durch SURF

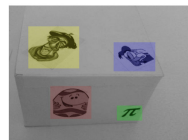
# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz
    - ▶ Kombiniertes Ansatz
- ▶ Projekt 1
  - ▶ Implementierung des modellbasierten Ansatzes
  - ▶ Erweiterung durch SURF

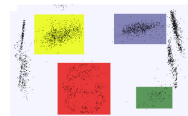


# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz
    - ▶ Kombiniertes Ansatz
- ▶ Projekt 1
  - ▶ Implementierung des modellbasierten Ansatzes
  - ▶ Erweiterung durch SURF



(a) Originaltextur



(b) Triangulierte Weltpunkte

# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz
    - ▶ Kombiniertes Ansatz
- ▶ Projekt 1
  - ▶ Implementierung des modellbasierten Ansatzes
  - ▶ Erweiterung durch SURF



# Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz
    - ▶ Kombiniertes Verfahren
- ▶ Projekt 1
  - ▶ Implementierung des modellbasierten Ansatzes
  - ▶ Erweiterung durch SURF



## Ergebnisse aus Anwendungen 2 und Projekt 1

- ▶ Anwendungen 2
  - ▶ Vergleich merkmalsbasierter Verfahren zur Lokalisierung von Gegenständen
    - ▶ Modellbasierter Ansatz
    - ▶ Regelbasierter Ansatz
    - ▶ Kombiniertes Ansatz
- ▶ Projekt 1
  - ▶ Implementierung des modellbasierten Ansatzes
  - ▶ Erweiterung durch SURF



## Motivation

Was existiert bereits?

Was ist der Stand der Forschung?

## Ziel der Arbeit

## Vorarbeiten

Semester 1

Semester 2

**Semester 3**

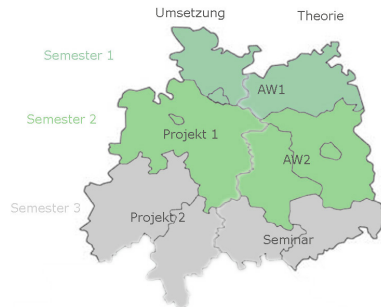
## Weiteres Vorgehen

## Risiken

## Zusammenfassung und Ausblick

## Ergebnisse aus Projekt 2

- ▶ Robuste Identifizierung von Objekten
- ▶ Relative Lokalisierung von Gegenständen
- ▶ Manipulation von Gegenständen



# Ergebnisse aus Projekt 2

- ▶ Robuste Identifizierung von Objekten
  - ▶ Roboterkamera ohne Roboterbewegung
  - ▶ Roboterkamera mit Roboterbewegung

VIDEOCF1

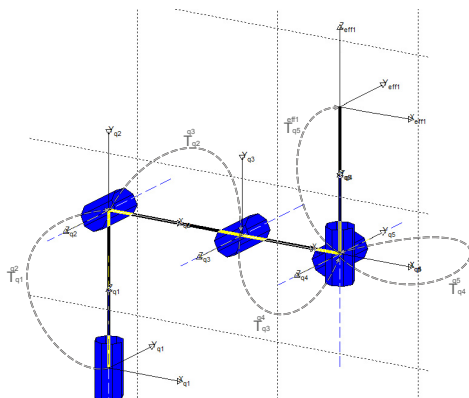


# Ergebnisse aus Projekt 2

VIDEO-CF2

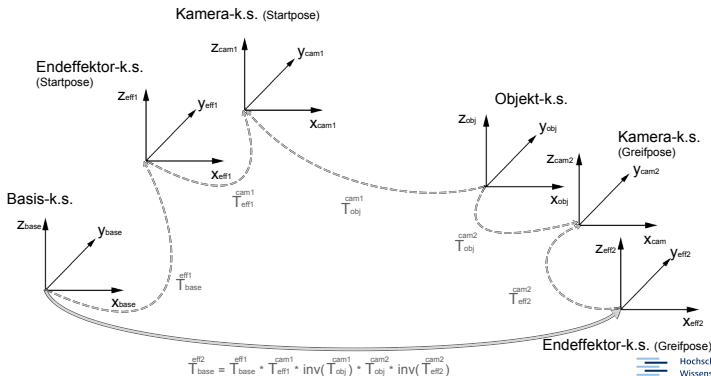
## Ergebnisse aus Projekt 2

### ► Relative Lokalisierung von Gegenständen



# Ergebnisse aus Projekt 2

## ► Relative Lokalisierung von Gegenständen



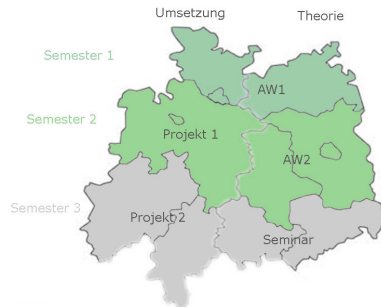
# Ergebnisse aus Projekt 2

- ▶ Manipulation von Gegenständen
  - ▶ Anfahrt → Greifvorgang → Zielfahrt
    - ▶ Anfahrt: Funktioniert | Lokalisierungsgenauigkeit im cm-Bereich
    - ▶ Greifvorgang: Nicht durchgeführt da Objektmaterial 'Papier'
    - ▶ Zielfahrt: Nicht durchgeführt



## Ergebnisse aus Projekt 2

- ▶ Robuste Identifizierung von Objekten
- ▶ Relative Lokalisierung von Gegenständen
- ▶ Manipulation von Gegenständen





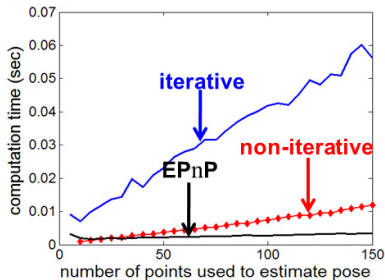
## Viertes Semester / Masterarbeit

1. **Verbesserung der Modellgenerierung** (Aufwandseinschätzung: 10%)
2. Verbesserung der Lokalisierung (30%)
  - 2.1 Vergleich iterative- vs. nicht-iterativer Methoden
3. Implementierung: Manipulation von Gegenständen (50%)
4. Diverses (10%)
  - ▶ Z.B. Spracherkennung



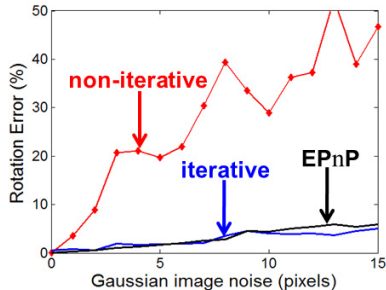
## Viertes Semester / Masterarbeit

1. Verbesserung der Modellgenerierung (Aufwandseinschätzung: 10%)
2. Verbesserung der Lokalisierung (30%)
  - 2.1 Vergleich iterative- vs. nicht-iterativer Methoden
3. Implementierung: Manipulation von Gegenständen (50%)
4. Diverses (10%)
  - ▶ Z.B. Spracherkennung



## Viertes Semester / Masterarbeit

1. Verbesserung der Modellgenerierung (Aufwandseinschätzung: 10%)
2. Verbesserung der Lokalisierung (30%)
  - 2.1 Vergleich iterative- vs. nicht-iterativer Methoden
3. Implementierung: Manipulation von Gegenständen (50%)
4. Diverses (10%)
  - ▶ Z.B. Spracherkennung



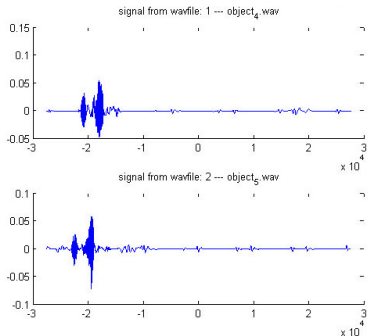
# Viertes Semester / Masterarbeit

1. Verbesserung der Modellgenerierung (Aufwandseinschätzung: 10%)
2. Verbesserung der Lokalisierung (30%)
  - 2.1 Vergleich iterative- vs. nicht-iterativer Methoden
3. Implementierung: Manipulation von Gegenständen (50%)
4. Diverses (10%)

▶ Z.B. Spracherkennung

## Viertes Semester / Masterarbeit

1. Verbesserung der Modellgenerierung (Aufwandseinschätzung: 10%)
2. Verbesserung der Lokalisierung (30%)
  - 2.1 Vergleich iterative- vs. nicht-iterativer Methoden
3. Implementierung: Manipulation von Gegenständen (50%)
4. Diverses (10%)
  - ▶ Z.B. Spracherkennung



## Viertes Semester / Masterarbeit

1. Verbesserung der Modellgenerierung (Aufwandseinschätzung: 10%)
2. Verbesserung der Lokalisierung (30%)
  - 2.1 Vergleich iterative- vs. nicht-iterativer Methoden
3. Implementierung: Manipulation von Gegenständen (50%)
4. Diverses (10%)
  - ▶ Z.B. Spracherkennung





## Motivation

Was existiert bereits?

Was ist der Stand der Forschung?

## Ziel der Arbeit

## Vorarbeiten

Semester 1

Semester 2

Semester 3

## Weiteres Vorgehen

## Risiken

## Zusammenfassung und Ausblick

# Risiken und Nebenwirkungen

**Risiko** Greifvorgang aufgrund einer zu niedrigen  
Lokalisierungsgenauigkeit nicht durchführbar

**Nebenwirkung** Komplette Codeüberarbeitung

▶ Z.B.: Dimensionserhöhung der Merkmale → Geschwindigkeitsverlust

▶ Z.B.: Rein iterative Posenbestimmung → Geschwindigkeitsverlust

**Bewertung** Geringe Eintrittswahrscheinlichkeit | Großer  
Schaden

# Risiken und Nebenwirkungen

**Risiko** Greifvorgang aufgrund einer zu niedrigen Lokalisierungsgenauigkeit nicht durchführbar

**Nebenwirkung** Komplette Codeüberarbeitung

- ▶ Z.B.: Dimensionserhöhung der Merkmale → Geschwindigkeitsverlust
- ▶ Z.B.: Rein iterative Posenbestimmung → Geschwindigkeitsverlust

**Bewertung** Geringe Eintrittswahrscheinlichkeit | Großer Schaden

# Risiken und Nebenwirkungen

**Risiko** Greifvorgang aufgrund einer zu niedrigen Lokalisierungsgenauigkeit nicht durchführbar

**Nebenwirkung** Komplette Codeüberarbeitung

- ▶ Z.B.: Dimensionserhöhung der Merkmale → Geschwindigkeitsverlust
- ▶ Z.B.: Rein iterative Posenbestimmung → Geschwindigkeitsverlust

**Bewertung** Geringe Eintrittswahrscheinlichkeit | Großer Schaden

# Risiken und Nebenwirkungen

**Risiko** Hardwareschaden → Katana-Knickarm muss **erneut** eingeschickt werden

**Nebenwirkung** Keine Praxistests möglich

**Bewertung** Mittlere Eintrittswahrscheinlichkeit | Mittlerer Schaden

# Risiken und Nebenwirkungen

**Risiko** Hardwareschaden → Katana-Knickarm muss **erneut** eingeschickt werden

**Nebenwirkung** Keine Praxistests möglich

**Bewertung** Mittlere Eintrittswahrscheinlichkeit | Mittlerer Schaden

# Risiken und Nebenwirkungen

**Risiko** Hardwareschaden → Katana-Knickarm muss **erneut** eingeschickt werden

**Nebenwirkung** Keine Praxistests möglich

**Bewertung** Mittlere Eintrittswahrscheinlichkeit | Mittlerer Schaden

## Motivation

Was existiert bereits?

Was ist der Stand der Forschung?

## Ziel der Arbeit

## Vorarbeiten

Semester 1

Semester 2

Semester 3

## Weiteres Vorgehen

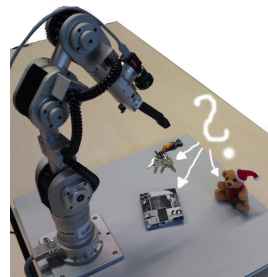
## Risiken

## Zusammenfassung und Ausblick



# Zusammenfassung und Ausblick

- ▶ Identifikation
  - ▶ Welche Gegenstände befinden sich im aktuellen Kamerabild?
- ▶ Lokalisierung
  - ▶ Wie ist die relative räumliche Orientierung?
    - ▶ Roboter ↔ Gegenstand
- ▶ Manipulation
  - ▶ Räumliche Bewegung des Gegenstandes



# Quellenangaben

## Videos

- [1] Youtube - Deutsche Ingenieurskunst - <http://www.youtube.com/watch?v=a-rRRT8lS4s>
- [2] Neuronics AG - Food & Packaging Industry - [http://www.neuronics.ch/cms\\_en/web/index.php?id=274](http://www.neuronics.ch/cms_en/web/index.php?id=274)

## Grafiken

- [10] Titelseite - Uvoman - [http://www.uvoman.de/media/gal2\\_01.jpg](http://www.uvoman.de/media/gal2_01.jpg)

## Literatur

- [20] R. Hartley, A. Zisserman - Multiple View Geometry in Computer Vision - 0-521-54051-8 - 2004
- [21] H. Bay, T. Tuytelaars, L. Gool - SURF: Speeded Up Robust Features - 978-3-540-33832-1 - 2006
- [22] D. Lowe - Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints - 2004
- [23] I. Gordon, D.Lowe - Scene Modelling, Recognition and Tracking with Invariant Image Features - 2004
- [24] M. Ebert - Modellbasierte Posebestimmung aus 2-D/3-D SIFT-Korrespondenzen - 2009
- [25] C. Fries - Ansatz zur Erstellung eines merkmalsbasierten 3D-Modells - Projektbericht - 2009

- ▶ Zugriffsdatum der Internetadressen: 01. Dezember 2010



# Vielen Dank

## für Ihre Aufmerksamkeit!