

# Gegenstandserkennung und kategoriebasierter Transport anhand von kameraunterstützten NXT-Robotern

Studienarbeit

für die Prüfung zum  
Bachelor of Engineering

von

Sebastian Hüther & Lorenzo Toso

2. März 2015

**Bearbeitungszeitraum:** 2 Semester  
**Matrikelnummer:** 8853105 & 1906813  
**Kurs:** TINF12B3  
**Studienfach:** Informationstechnik  
**Ausbildungsfirma:** Karlsruher Institut für Technologie  
**Betreuer:** Gertrud Nieder

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	IV
Abkürzungsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	2
1 Einleitung	3
2 Problemstellung	4
3 Materialien und Methoden	5
4 Hardwareumsetzung	6
4.1 Entwurf des NXT-Roboters . . . . .	6
4.2 Steuerung des Roboters . . . . .	6
4.3 Wahl des Kameramoduls . . . . .	6
5 Softwareumsetzung	7
5.1 Wahl der Bildverarbeitungsbibliothek . . . . .	7
5.2 Raumerkennung . . . . .	8
5.3 Algorithmen zur Objekterkennung . . . . .	8
5.4 Mono-Kamerabasierte Entfernungsschätzung . . . . .	9
5.5 Zielzonenerkennung . . . . .	9
5.6 Hauptschleife . . . . .	9
6 Tests des Robotersystems	10
6.1 Tests im gesicherten Rahmen . . . . .	10

Inhaltsverzeichnis	III
6.2 Realtests . . . . .	10
7 Zusammenfassung und Ausblick	11
Literaturverzeichnis	V

# Eidesstattliche Erklärung

Gemäß § 5 (3) der „Studien- und Prüfungsordnung DHBW Technik“ vom 22. September 2011.  
Ich habe die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen  
Quellen und Hilfsmittel verwendet.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

# Abkürzungsverzeichnis

# Abbildungsverzeichnis

# 1 Einleitung

Im Rahmen der Studienarbeit des fünften und sechsten Semesters der Prüfung zum Bachelor of Engineering, stellt diese Arbeit eine Dokumentation zur Entwicklung eines kameragestützten Roboters dar. Ziel der Arbeit ist es mit Hilfe eines Android-Smartphones und eines LEGO Mindstorm NXT-Kits einen Roboter zu entwerfen, der Gegenstände in einem Raum erkennt, anfährt und in eine vordefinierte Zielzone transportiert. Hierfür werden diverse Methoden der Bildverarbeitung eingesetzt, welche unter der Verwendung der OpenCV-Library [1] implementiert werden.

Das nachfolgende Kapitel beschreibt die Problemstellung und erklärt eine Grundproblematik der Zusammenarbeit der beiden Hardwaremodule. Kapitel drei beinhaltet genaue Daten zu den Hardwaremodulen und deren Zusammenspiel, sowie die notwendigen Grundlagen der Bildverarbeitung, die für spätere Methoden genutzt werden. Die beiden darauf folgenden Kapitel gehen gesondert auf den genauen Aufbau des Roboters samt Konstruktionsplänen, sowie Details zur Softwareimplementierung der Objekterkennung und der Roboteransteuerung ein. Kapitel 6 beschreibt durchgeführte Tests sowohl unter speziell präparierten Bedingungen, als auch Realbedingungen. Das abschließende Kapitel ist ein letztes Fazit, welches einen Überblick über die gesamte Arbeit bildet.

## 2 Problemstellung

Ziel dieser Studienarbeit ist die praktische Anwendung gelernter Kenntnisse in Hard- und Software. Durch die Benutzung zweier verschiedener getrennter Module sind sowohl Kenntnisse in der Programmierung, als auch Kenntnisse in Prozessautomatisierung und in der Entwicklung verteilter Systeme erforderlich.

Konkrete Aufgabenstellung ist es einen kameragestützten Roboter zu entwickeln, der autonom Gegenstände in einem Raum erkennt und in definierte Zielzonen transportiert. Der Prozess kann hierbei in drei Teilprozesse unterteilt werden.

Erstens muss der Roboter mit Hilfe von bekannten Verfahren der Bildverarbeitung Objekte auf Grund ihrer physikalischen Beschaffenheit, beispielsweise ihrer Größe, ihrer Form und ihrer Farbe, erkennen und zielgerichtet anfahren.

Zweitens soll sich der Roboter gegenüber des Gegenstands optimal positionieren und diesen mit Hilfe eines mechanischen Greifarms aufnehmen.

Zuletzt muss der Roboter den aufgenommenen Gegenstand kategorisieren, nach der entsprechenden Zielzone suchen diese anfahren und den Gegenstand ablegen. Die Erkennung der Zielzone kann dabei durch Markierungen an Wänden und Böden des Raumes erfolgen.

Als Bewertungskriterien dienen hierbei beispielsweise ob der Roboter alle Gegenstände erfolgreich erkennt, diese korrekt kategorisiert und in korrekte Zielzonen bewegt, sowie die Zeit in der dies geschieht.



## 3 Materialien und Methoden

NXT-Roboter

Android-Smartphone

Bluetooth-Verbindung

Some more Stuff

## 4 Hardwareumsetzung

### 4.1 Entwurf des NXT-Roboters

[INSERT PLANS HERE]

#### 4.1.1 Sensoren

#### 4.1.2 Aktorik

### 4.2 Steuerung des Roboters

Bluetooth Verbindung zu Smartphone

### 4.3 Wahl des Kameramoduls

## 5 Softwareumsetzung

Mit Hilfe des in Kapitel 4.3 beschriebenen Kameramoduls müssen verschiedene Aufgaben aus dem Bereich der Bildverarbeitung bewältigt werden.

### 5.1 Wahl der Bildverarbeitungsbibliothek

Die Umsetzung der zu bewältigenden Aufgaben kann durch die Wahl einer geeigneten Bildverarbeitungsbibliothek deutlich vereinfacht werden. Wichtige Kriterien für die Wahl der Bibliothek sind unter anderem Funktionsumfang, Dokumentation und aktivität der Community.

#### 5.1.1 LibCCV

LibCCV [2] ist eine open-source Bildverarbeitungsbibliothek, die viele bekannte Algorithmen implementiert. LibCCV steht unter einer BSD-Clause-3-Lizenz und kann somit für eine Studienarbeit problemlos unbegrenzt verwendet werden. Die Bibliothek ist größtenteils in C++ verfasst und somit potenziell auf einem Android-Smartphone verwendet werden. Die Verwendung auf dem Smartphone wird jedoch nicht offiziell unterstützt und kann potenziell weitere Schwierigkeiten mit sich bringen.

#### 5.1.2 Imagemagick

Bei Imagemagick [3] handelt es sich um eine Bildverarbeitungsbibliothek, welche sehr viele Algorithmen bereits implementiert hat. Algorithmen zur Objekterkennung müssten jedoch

vollständig selbst implementiert werden, was zu einem großen zusätzlichen Aufwand führen kann. Imagemagick wird unter der Apache 2.0 Lizenz vertrieben.

### 5.1.3 OpenCV

OpenCV [4] stellt eine der größten Open-Source-Bibliotheken für Bildverarbeitung da. Die Bibliothek hat einen starken Focus auf Echtzeitverarbeitung und wird daher auch in vielen Projekten im Bereich der Robotik verwendet. OpenCV hat eine große aktive Community, wodurch eventuelle Fragen und Probleme schnell beantwortet werden können. Zusätzlich bietet OpenCV eine offizielle Version für Android und eignet sich somit ideal für diese Studienarbeit.

## 5.2 Raumerkennung

### 5.2.1 Kameragestützt

### 5.2.2 Ultraschallsensor

### 5.2.3 Kombination unterschiedlicher Sensordaten

## 5.3 Algorithmen zur Objekterkennung

### 5.3.1 Farbbasierte Objekterkennung

Konvertierung in HSV-Format

Filtern nach Saturation

Filtern nach Intensity

FindContours() - von OpenCV benutzt: Suzuki, S. and Abe, K., Topological Structural Analysis of Digitized Binary Images by Border Following. CVGIP 30 1, pp 32-46 (1985)

### 5.3.2 Kantenerkennung

### 5.3.3 Fokussierung eines Objekts

## 5.4 Mono-Kamerabasierte Entfernungsschätzung

## 5.5 Zielzonenerkennung

## 5.6 Hauptschleife

Arbeitszustände

1. Objekt suchen
2. Objekt ansteuern
3. Objekt aufnehmen
4. Objekt kategorisieren
5. Zielbereich suchen
6. Zielbereich ansteuern
7. Objekt ablegen

[INSERT ZUSTANDSÜBERGANGSDIAGRAMM]

# 6 Tests des Robotersystems

## 6.1 Tests im gesicherten Rahmen

## 6.2 Realtests

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

# Literaturverzeichnis

- [1] G. Bradski. Open cv. *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*, 2000.
- [2] Libccv.
- [3] Imagemagick.
- [4] Gary Bradski and Adrian Kaehler. *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. Ö'Reilly Media, Inc.", 2008.