

# Hand-Eye-Kamera Mobile Manipulator

Diplomand



Tobias Zuber

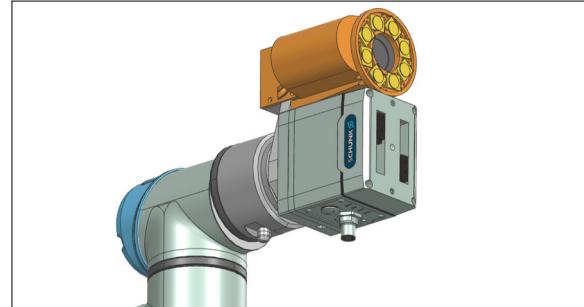
**Einleitung:** Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Kamerasytems für die Hand-Eye-Anwendung an einem Mobile Manipulator. Das Kamerasytem soll dem Mobile Manipulator bestehend aus einem Omron LD250 und einem UR5e dazu dienen, 3D-Objekte und 2D-Informationen zu erkennen und deren Koordinatensystem einzulernen. In einer Konzeptphase wird methodisch das Konzept ausgearbeitet, dabei werden verschiedene Kameraarten verglichen. Das erarbeitete Konzept basiert auf einer 5 MP Flächenkamera, welche direkt am Robotergreifer befestigt wird. Ein CAD-Modell wird für die mechanische Auslegung und die Auswahl geeigneter Normteile erstellt. Zentrale Punkte der Ausarbeitung sind die Auswahl einer geeigneten Kamera, die Ermittlung einer geeigneten Beleuchtungsart mittels Vorversuch und das Konstruieren einer Befestigung inklusive Schutzgehäuse. Aufgrund der Ergebnisse des Vorversuchs wird eine Hellefeld-Beleuchtung umgesetzt, die direkt in das Schutzgehäuse der Kamera integriert ist. Die Steuerung des Kamerasytems läuft über einen Laptop und die Beleuchtungssteuerung wird auf einem Arduino implementiert.

**Vorgehen / Technologien:** Das Kamerasytem wird hergestellt, programmiert und anhand eines Testablaufs getestet. Hierfür werden mechanische Komponenten hergestellt und zusammen mit ausgewählten Normteilen montiert. Die Elektronik der Beleuchtung wird montiert und ein Steuerprogramm auf einem Arduino entwickelt. Für den Testlauf wird ausschliesslich der kollaborative Knickarmroboter UR5e und keine mobile Plattform benutzt. Der Testlauf besteht darin, eine Box per Objekterkennung, einen an einer Ablegestation angebrachten Bildmarker bestehend aus einer Data Matrix per 2D-Code-Erkennung und die Orientierung von Blutprobekärtchen mittels 2D-Formerkennung zu finden. Die Blutprobekärtchen sollen aus der Box heraus in die Ablegestation eingesortiert werden können. Deshalb wird das Kamerasytem auch auf das Auslesen des Strichcodes auf dem Kärtchen getestet. Dafür werden die einzelnen Bildverarbeitungsfunktionen in Halcon programmiert und als separate Halcon-Prozeduren zur Verfügung gestellt, welche direkt die nötige Roboterposition liefern. Die Bildverarbeitungsprozeduren werden darauf getestet, ob sie zuverlässig funktionieren und wie genau sie die Koordinaten der Testobjekte (Kartenbox, Bildmarker und Blutprobekärtchen) liefern.

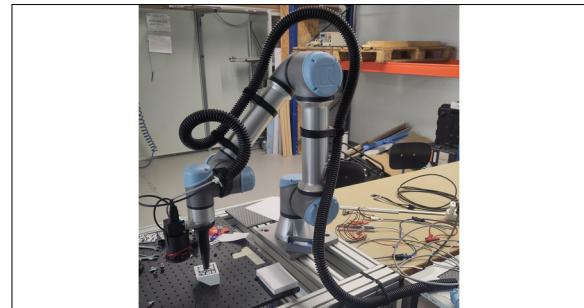
**Ergebnis:** Die Tests zeigen, dass alle Prozeduren funktionieren und brauchbare Resultate liefern. Die Objekterkennung zeigt durchschnittliche zufällige Abweichungen von unter 0.5 mm in der XY-Ebene und unter 0.9 mm in Z-Richtung. Zusätzlich zu den zufälligen Abweichungen gibt es auch systematische

Abweichungen von -1.8 mm in X-Richtung. Außerdem wird eine verhältnismässig lange Suchzeit von durchschnittlich 1.3 s benötigt. Die Bildmarker-Erkennung zeigt durchschnittliche zufällige Abweichungen von unter 0.3 mm in der XY-Ebene und unter 0.4 mm in Z-Richtung. Zusätzlich zu den zufälligen Abweichungen gibt es auch systematische Abweichungen von 5.5 mm in Z-Richtung. Die Strichcode-Erkennung liest alle getesteten Strichcodes zuverlässig aus und hat eine durchschnittliche zufällige Abweichung von 2.1 mm in Z-Richtung. Die Positionsgenauigkeit des Kamerasytems ist an der Grenze der Anforderung, jedoch müssen dafür auch die systematischen Abweichungen kompensiert werden. Offen bleibt es,

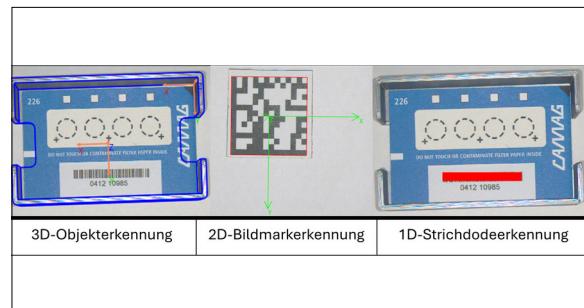
**CAD Kamerasytem**  
Eigene Darstellung



**Montiertes Kamerasytem**  
Eigene Darstellung



**Bildverarbeitungsergebnisse**  
Eigene Darstellung



**Referent**  
Manuel Altmeyer

**Korreferent**  
Dr. Alain Codourey,  
Asyri SA, Villaz-St-Pierre, FR

**Themengebiet**  
Automation & Robotik