

# Entwicklung und Simulation eines mobilen bimanuellen Manipulators

## Diplomand



Severin Helbling

**Aufgabenstellung:** Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung und Simulation eines mobilen bimanuellen Manipulators (MBM) – vereinfacht gesagt: einem humanoiden Roboter mit einer Fahreinheit anstelle von Beinen. Der geplante Einsatzbereich dieses Roboters umfasst industrielle Anwendungen, das Gesundheitswesen sowie den privaten Alltag. Als Roboterarme sollen zwei DynaArme eingesetzt werden, ein Produkt des Forschungspartners Duatic. Der Hintergrund dieser Arbeit liegt in der Problematik vieler industrieller Tätigkeiten, welche oft zeitaufwendig, repetitiv und entsprechend kostenintensiv sind. Konventionelle Automatisierungslösungen bieten zwar Effizienz, sind jedoch unflexibel, teuer in der Entwicklung und lohnen sich meistens nur bei grossen Stückzahlen. Die Aufgabe dieser Arbeit ist es daher, einen MBM zu entwerfen, der genau dieses Problem adressiert.

**Vorgehen:** Als Optimierungskriterium wurde eine möglichst breite Anwendbarkeit angestrebt. Um die Vielseitigkeit quantitativ bewerten zu können, wurden typische Aufgaben aus den drei definierten Einsatzbereichen – Industrie, Gesundheitswesen und privater Alltag – systematisch gesammelt und analysiert. Diese Arbeiten wurden anschliessend mit einem Anforderungsscore bewertet und mittels statistischer Methoden die Ähnlichkeit berechnet und gruppiert. Basierend auf den ausgewählten Gruppen wurden Anforderungen definiert und geeignete Roboterkonzepte konzipiert. Anhand des besten Konzepts wurde eine Simulation aufgebaut und umgesetzt. In einem ersten Schritt erfolgte die analytische Optimierung der Schultermechanik, wobei das Schulterdrehmoment und dessen Verteilung als Optimierungskriterien dienten. Darauf aufbauend wurde eine numerische Gesamtoptimierung des Roboters in Python programmiert und direkt ausgewertet.

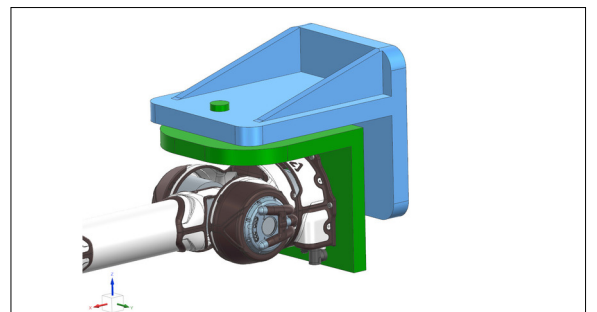
**Ergebnis:** Die Optimierung zeigte, dass zur Erreichung einer optimalen Manipulierbarkeit der Schulter funktional ein Kugelgelenk erforderlich ist. Eine Umsetzung mit einem DynaArm würde somit eine platzintensive Konstruktion benötigen. Als Ergebnis der numerischen Simulation konnte ein optimales Roboterkonzept identifiziert werden, das durch lange Arme, schmale Schultern und menschenähnliche Oberkörperabmessungen die besten Scores erzielte. Eine zentrale Erkenntnis aus der Simulation war, dass längere Armsegmente nahezu alle relevanten Leistungsparameter verbessern, insbesondere die Drehmomentverteilung, jedoch auf Kosten der maximal erreichbaren Endgeschwindigkeit. Das optimale Verhältnis wurde bei einer Unterarmlänge von rund 0.8 m gefunden, was deutlich über der Länge eines menschlichen Unterarms liegt. Es ist wichtig zu erwähnen, dass

dieses Resultat stark von den gewählten Bewertungskriterien abhängt. Es wird deshalb empfohlen, bei einer Weiterführung des Projekts zu überprüfen, ob die Bewertungskriterien die gewünschten Robotereigenschaften angemessen abdecken. Ebenfalls zu erwähnen sind die sicherheitstechnischen Herausforderungen eines solchen Systems. Um den komplexen Anforderungen in variierenden Einsatzumgebungen gerecht zu werden, wäre eine KI-gestützte Entscheidungslogik in der Steuerung erforderlich. Dies würde jedoch zu nicht deterministischem Verhalten führen, was in sicherheitskritischen Kontexten wie der Mensch-Roboter-Kollaboration ein Problem darstellt.

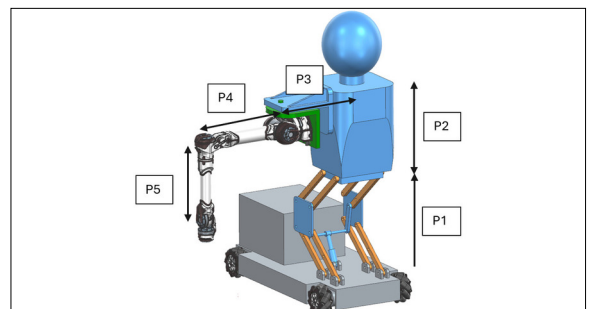
**DynaArm**  
<https://duatic.com/>



**Optimale Schulteraufhängung**  
Eigene Darstellung



**Optimierungsparameter**  
Eigene Darstellung



## Referent

Dr. Yves Zimmermann

## Korreferent

Dr. Nico Zimmermann,  
TRUMPF Lasertechnik  
SE, Ditzingen, DE

## Themengebiet

Automation & Robotik,  
Mechatronik und  
Automatisierungstechnik,  
Produktentwicklung,  
Simulationstechnik

## Projektpartner

Duatic AG,  
Affolternstrasse 42,  
8050 Zürich, Zürich