

# Praktisches Konzept für "A Text-Based Control System for Robotic Pick-and-Place Applications"

Projektarbeit im Rahmen eines interdisziplinären Projektes  
im Studiengang Produktion und Logistik  
an der Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion  
der Technischen Hochschule Köln

vorgelegt von: Florian Gonsior  
florian.gonsior@smail.th-koeln.de

## Inhalt

<b>Praktisches Konzept für "A Text-Based Control System for Robotic Pick-and-Place Applications"</b> .....	<b>I</b>
<b>Inhalt</b> .....	<b>II</b>
<b>1 Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Anforderungen</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Abgleich</b> .....	<b>3</b>
<b>4 Fazit</b> .....	<b>6</b>

# 1 Zusammenfassung

Dieses Dokument ist im Rahmen eines interdisziplinären Projektes zwischen Fakultät 08 und 10 entstanden. Das Projekt befasst sich mit einem 6-Achsen-Industrieroboter, der mit einem Greifer ausgerüstet ist. Dieser soll mit Hilfe von Large Language Models (LLMs) durch natürliche Sprache gesteuert werden können. Die Hauptoperation soll hierbei Pick and Place sein. Natürlichsprachige Anweisungen sollen in für den Roboter ausführbare Befehle umgewandelt werden.

Dieses Dokument beschäftigt sich mit einem Praktischen Konzept, indem der Roboter Einsatz finden könnte. Die Idee für das Konzept entstand durch Brainstorming und abwägen von Vorteilen, die eine Steuerung durch LLMs haben kann. Das Konzept, dass somit entstand hat zum Ziel, die Unterstützung von Personen mit körperlicher Einschränkung, durch den Roboterarm. Die hierdurch formulierten Anforderungen an den Roboterarm, werden mittels wissenschaftlicher Methoden herausgearbeitet und anschließend mit dem derzeitigen Stand des Projektes abgeglichen. So können erreichte Ziele aber auch zukünftige Herausforderungen bestimmt werden, um eine Erleichterung für das zukünftige Weiterentwickeln des eigentlichen Projektes zu gewährleisten.

## 2 Anforderungen

Das praktische Konzept zielt auf die Entwicklung eines Roboterarms zur Unterstützung körperlich beeinträchtigter Personen. Durch eine innovative Steuerung in natürlicher Sprache, soll es dem Anwender ohne große Vorkenntnisse möglich sein mit dem Roboterarm einfache Aufgaben zu erledigen.

Die genaueren Ideen und Gedanken werden mittels einer SWOT-Analyse eingeordnet und wie folgt dargestellt:

### Stärken (Strengths)

- **Innovative Steuerung:** Die Bedienung über einfache Spracheingabe ermöglicht eine intuitive Nutzung, auch ohne technisches Vorwissen.
- **Hohe Mobilität:** Durch die Integration in einen elektrischen Rollstuhl wird der Roboterarm flexibel und mobil einsetzbar.
- **Zielgruppenorientierung:** Die Lösung verbessert direkt die Lebensqualität von Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen.
- **Effiziente Technologie-Nutzung:** Der Einsatz eines bewährten Roboterarms als Basis spart Entwicklungszeit und senkt Kosten.

### Schwächen (Weaknesses)

- **Eingabekomplexität:** Die Steuerung per Tastatur und einfacher Sprache ist nicht für alle Nutzer geeignet.
- **Energieversorgung:** Für den Einsatz im Außenbereich ist eine mobile Stromversorgung über den Rollstuhl erforderlich.

- **Kostenfaktor:** Entwicklung und Produktion könnten insbesondere bei Kleinserien hohe Kosten verursachen.

### Chancen (Opportunities)

- **Technologische Fortschritte:** Entwicklungen in KI und Sensorik können die Steuerung weiter verbessern und vereinfachen.
- **Förderprogramme:** Finanzielle Unterstützung durch Förderprogramme im Gesundheitswesen kann die Umsetzung erleichtern.

### Risiken (Threats)

- **Wettbewerb:** Andere Unternehmen und Forschungsprojekte arbeiten ebenfalls an Assistenzrobotern.
- **Regulatorische Hürden:** Strenge gesetzliche Vorgaben im Gesundheitswesen könnten die Entwicklung einschränken.

Das Fazit zur SWOT-Analyse ist, dass das Projekt großes Potenzial, insbesondere durch die innovative Sprachsteuerung und die Mobilitätslösung in Verbindung mit einem elektrischen Rollstuhl, aufzeigt. Die Nutzung bestehender Technologien reduziert Entwicklungsaufwand und -kosten. Herausforderungen bestehen in der komplexen Steuerungsentwicklung sowie möglichen hohen Produktionskosten. Dennoch bieten technologische Fortschritte und Fördermöglichkeiten vielversprechende Chancen, diese Hürden zu überwinden. Gleichzeitig müssen Wettbewerb und regulatorische Anforderungen frühzeitig berücksichtigt werden, um eine erfolgreiche Umsetzung zu gewährleisten.

Neben den regulatorischen Anforderungen, sollten auch alle anderen Forderungen klar ausformuliert sein, um ein übersichtliches Bild über das Konzept zu erhalten. Daraus hat sich folgender Soll-Zustand mit Anforderungskategorien ergeben:

#### Nutzer Anforderungen

- Die Steuerung muss über einfache Text- oder Sprachbefehle möglich sein (z. B. „Greife das Rote Objekt“ oder „Drücke den Knopf“).
- Die Steuerung muss intuitiv und ohne lange Einarbeitungszeit bedienbar sein.
- Die Steuerung muss auch mit motorischer Einschränkung möglich sein.

#### Regulatorische Anforderungen

- Das System muss eine Sicherheitsabschaltung haben (Not-Aus-Funktion).
- Der Roboter muss relevante Sicherheitsnormen entsprechen (z.B. ISO 10218).
- Sprachsteuerung muss Datenschutzrichtlinien einhalten (DSGVO).

#### Technische Anforderungen

- Der Roboterarm muss mindestens eine Nennlast von 1 kg haben, um Alltägliche Gegenstände heben und greifen zu können.

- Der Roboterarm muss eine mittlere Wiederholgenauigkeit von 0,5 mm haben, um gezielt Gegenstände oder Taster ansteuern zu können.
- Der Roboterarm muss eine Reichweite von 500 mm haben, um wenn er beispielsweise auf der rechten Seite eines Rollstuhles befestigt ist, auch Gegenstände auf die linke Seite des Stuhles zu bewegen.
- Die Sprachsteuerung muss auch bei 70 dB Hintergrundgeräusche funktionieren.
- Der Roboterarm muss über eine kabellose Steuerung verbunden sein (z.B. Bluetooth).
- Die Kamera des Roboters muss einen Blickwinkel von mindestens 82 Grad haben.

#### Funktionale Anforderungen

- Das System muss verschiedene Befehle erkennen und ausführen können.
- Das System muss zwischen Objekten anhand ihrer Form und Farbe unterscheiden können.
- Das System muss bei fehlerhaften Befehlen Rückfrage stellen.
- Das System muss Rückmeldung geben, wenn ein Befehl ausgeführt wird.

#### Nicht-funktionale Anforderungen

- Die Reaktionszeit vom System muss maximal 2 Sekunden haben.
- Die Befehlserkennung muss eine Genauigkeit von 95 % haben.

### 3 Abgleich

Nun können wir das im vorangegangenen Kapitel erstellte Konzept auf unser Projekt projizieren, um Potenziale und Schwachstellen zu identifizieren. Hierfür werden wir eine GAP-Analyse durchführen und anschließend die Lücken, die sich zwischen Ist- und Soll-Zustand ergeben, in einer Tabelle festhalten. Jedes Anforderungsgebiet wird im Folgenden einzeln betrachtet.

Als Erstes werden die Nutzeranforderungen betrachtet. Die erste dieser Anforderungen ist teilweise erfüllt, da es mit dem aktuellen Stand des Roboters möglich ist, diesen über einen einfachen Befehl zu steuern. Er kann beispielsweise den Befehl „Greife das Rote Viereck“ ausführen. Damit ist die Grundbedingung für diese Anforderung erfüllt. Zukünftig sollten jedoch noch eine Vielzahl weiterer Befehle und Objekte implementiert werden. Der intuitive Aspekt der Steuerung ist ebenfalls erfüllt. Derzeit benötigt man lediglich die richtige Satzstruktur, und der Roboter kann den Befehl ausführen. Die Eingabe mit motorischer Einschränkung ist noch nicht vollständig gegeben. Derzeit ist nur die Eingabe per Tastatur möglich. Dies könnte durch spezifische Tastaturen gelöst werden, jedoch wäre auch eine Spracheingabe wünschenswert. Diese Sprachsteuerung muss natürlich den aktuellen Datenschutzbestimmungen entsprechen. Da diese

Steuerungsart noch nicht implementiert ist, ist dieser Punkt bis zur Implementierung zu vernachlässigen. Was nicht vernachlässigt werden darf, sind Datenschutzbestimmungen zur Texteingabe.

Für die technischen Anforderungen betrachten wir den aktuellen Roboterarm, der aber auch ausgetauscht werden kann, da es sich um einen für die Programmierung und Hochschulnutzung optimierten Roboter handelt. Das neue Modell müsste nach genauen Kriterien ausgewählt werden. Das derzeitige Modell ist der Niryo Ned 2. Dieser erfüllt die Nennlast von 1 kg nicht, da er nur eine Nennlast von 300 g hat. Dies reicht aus, um kleine Gegenstände zu heben, könnte aber bei alltäglichen Gegenständen wie beispielsweise einer gefüllten Flasche an seine Grenzen kommen. Der Roboter kann jedoch einen geeigneten Griff für kleinere Gegenstände anwenden, um sie optimal zu greifen. Die geforderte mittlere Wiederholgenauigkeit von 0,5 mm erfüllt er jedoch. Die Reichweite von 500 mm ist wiederum nicht erfüllt, sie beträgt nur 440 mm. Wie bei den bereits genannten Punkten zur Sprachsteuerung ist der Abgleich mit einer Mindestfunktionslautstärke hinfällig. Dieser Punkt müsste erst bei der Einrichtung einer Sprachsteuerung beachtet werden, somit ist er streng genommen nicht erfüllt. Der Roboter verfügt über einen integrierten Notausschalter, diese Anforderung ist damit erfüllt. Auch ist der Roboter kabellos ansteuerbar, lediglich die Kamera muss per Kabel mit dem Computer verbunden sein, der den Roboter ansteuert. Dies könnte jedoch durch ein Update behoben werden, sodass dann die im Roboter integrierte Kamera verwendet werden kann. Die Anforderung der kabellosen Steuerung ist somit nur teilweise erfüllt.

Die nächste Anforderung betrifft das Erkennen und Ausführen von verschiedenen Befehlen. Das Erkennen verschiedener Objekte ist möglich, der Roboter kann zwischen Farben und Formen unterscheiden. Für fehlerhafte Befehle oder das Nichterkennen von Befehlen gibt es jedoch noch keine getestete Rückmeldung, daher ist diese Anforderung noch nicht erfüllt.

Zuletzt zu den nicht-funktionalen Anforderungen: Die Reaktionszeit des Systems läuft in Echtzeit beziehungsweise nahezu Echtzeit und erfüllt somit die Anforderung, Befehle innerhalb von 2 Sekunden nach Eingang auszuführen. Die Befehlserkennung hat noch keine Genauigkeit von 95 %, bei Pick-and-Place-Anforderungen beträgt diese lediglich 65 %. Diese Anforderung ist ebenfalls noch nicht erfüllt.

Zur besseren Übersicht sind alle Anforderungen in einer Anforderungsmatrix zusammengefasst:

Anforderung	Erfüllt? (Ja/Nein)	Wie ist die Anforderung erfüllt? (Bemerkung)
Steuerung über Text-/Sprachbefehle	~ Teils	Über Textbefehle möglich

Intuitive Bedienung ohne lange Einarbeitung	✓ Ja	Bedienung ohne große Vorkenntnisse möglich
Bedienung mit motorischer Einschränkung möglich	~~ Teils	Nur über eine Tastatur möglich
Not-Aus-Funktion vorhanden	✓ Ja	Im aktuellen Robotermodell integriert
Einhaltung relevanter Sicherheitsnormen (z. B. ISO 10218)	✗ Nein	Noch kein Test auf Sicherheitsnormen
DSGVO-Konformität der Sprachsteuerung	✗ Nein	Noch kein Test auf Konformität
Nennlast von mind. 1 kg	✗ Nein	Aktuelle Nennlast 300 g
Wiederholgenauigkeit von 0,5 mm	✓ Ja	
Reichweite von 500 mm	✗ Nein	Aktuelle Reichweite 440 mm
Sprachsteuerung bei 70 dB Hintergrundgeräusch	✗ Nein	Keine Sprachsteuerung integriert
Kabellose Steuerung (z. B. Bluetooth)	~~ Teils	Im Roboter integrierte Kamera noch nicht einsatzbereit
Kamerawinkel von mind. 82°	~~ Teils	Kamera kann ausgetauscht werden, noch kein festes Modell
Erkennung und Ausführung verschiedener Befehle	~~ Ja/Teils	Kann Pick and Place Befehle ausführen
Unterscheidung von Objekten nach Form und Farbe	✓ Ja	Kann zwischen Farbe und Form unterscheiden
Rückfrage bei fehlerhaften Befehlen	✗ Nein	Noch keine klare Rückmeldung vom System
Rückmeldung nach Befehlsausführung	✗ Nein	Noch keine klare Rückmeldung vom System
Max. Reaktionszeit von 2 Sekunden	✓ Ja	Erfolgt in Echtzeit oder Nahezu Echtzeit
Befehlserkennung mit 95 % Genauigkeit	✗ Nein	Pick and Place Befehle bei einer Genauigkeit von 65 %

## 4 Fazit

Die durchgeführte Analyse zeigt, dass das Konzept einer sprachgesteuerten Roboterlösung zur Unterstützung körperlich beeinträchtigter Personen großes Potenzial bietet. Besonders die intuitive Steuerung mittels natürlicher Sprache, die Integration in einen elektrischen Rollstuhl und die gezielte Nutzung vorhandener Technologien sind zentrale Stärken des Projekts. Dennoch bestehen derzeit noch einige Herausforderungen, insbesondere in den Bereichen technische Umsetzung, Genauigkeit der Befehlserkennung und regulatorische Anforderungen.

Die GAP-Analyse zeigt, dass einige zentrale Anforderungen bereits erfüllt sind, während andere noch weiterentwickelt werden müssen. So ist die Grundfunktion der sprachbasierten Steuerung bereits implementiert, allerdings fehlt noch die Unterstützung für eine größere Vielfalt an Befehlen und Eingabemethoden, insbesondere für Nutzer mit motorischen Einschränkungen. Auch die technischen Spezifikationen des aktuell verwendeten Roboterarms weisen noch Defizite auf, etwa in Bezug auf Traglast und Reichweite.

So ergeben sich für die Zukunft mehrere Zentrale Entwicklungsziele:

- **Erweiterung der Steuerung:** Die Implementierung einer Sprachsteuerung, sowie weiterer alternativer Steuerungsmöglichkeiten, die die bereits ausgearbeitete Steuerung als Basis haben.
- **Optimierung des Roboters:** Die Auswahl eines geeigneten Roboters, der die Anforderungen besser Umsetzen kann und damit Reichweite und Traglast erfüllt.
- **Datenschutz- und Sicherheitsstandards:** Eine Implementierung von genormten Sicherheitsstandards, sowie Datenschutzrichtlinien wird erforderlich sein.
- **Integration weiterer Funktionen:** Die Erweiterung mit weiteren Befehlen und die Verbesserung der Objekt- und Fehlererkennung sowie die Implementierung einer Rückmeldung bei fehlerhaften Befehlen.

Die kontinuierliche Weiterentwicklung des Projekts in Zusammenarbeit mit auch interdisziplinären Teams und potenziellen Nutzern wird entscheidend sein, um die verbleibenden Herausforderungen zu bewältigen und eine praxisnahe, benutzerfreundliche Lösung zu realisieren. Technologische Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz und Robotik bieten dabei vielversprechende Möglichkeiten zur Optimierung. Durch gezielte Forschung und Anpassung an reale Anwendungsfälle kann das System schrittweise verbessert und letztendlich in einer praxisnahen Umgebung erfolgreich eingesetzt werden.