

# Kugelsortiererroboter

Radwan El-Maalem, ETIT  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Zusammenfassung**—Der LEGO-Kugelsortiererroboter verwendet LEGO-Bauteile und wird von Sensoren und Motoren gesteuert, um die kleinen Kugeln nach ihrer Farbe zu sortieren und sie in die entsprechenden Behälter zu legen. Die Entwicklungsphasen umfassen den Aufbau der mechanischen Struktur, die Integration von Sensoren zur Farberkennung und die Programmierung eines Steuerungsalgorithmus für den Sortievorgang. Bei der Entwicklung des Kugelsortiererroboters sind einige Design- und Programmierprobleme aufgetreten, die in diesem Artikel näher beschrieben werden.

**Schlagwörter**—Farbsensor, kugelsortiererroboter, LEGO-Mindstorms, Projektseminar, Roboter

## I. EINLEITUNG

Die Roboter können heutzutage verschiedene und mehrere Aufgaben gleichzeitig ausführen und sich autonom bewegen. Mit zunehmender Industrialisierung können Roboter die Arbeit von Menschen ersetzen und werden immer wichtiger und unverzichtbarer. Sie können nicht nur das Leben vereinfachen sondern auch die Produktivität in verschiedenen Branchen steigern.

Sortierroboter werden in vielen Branchen und Anwendungsbereichen eingesetzt. Sie sortieren Objekte nach bestimmten Kriterien.

Ein effizientes Beispiel für den Einsatz von Sortierrobotern in der Recyclingindustrie, wo sie produktiver als Menschen arbeiten können, ist in Abbildung 1 dargestellt. Sie können verschiedene Materialien wie Papier, Plastik, Glas und Metalle voneinander trennen, um effizient recyceln zu können. Dabei muss zum Beispiel nicht nur nach Materialart, sondern oft auch nach Farbe oder Form unterschieden werden.

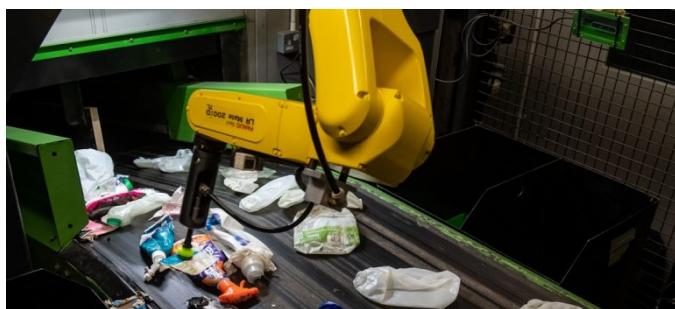


Abbildung 1. Abfallsortierroboter [1]

## II. VORBETRACHTUNGEN

Der Kugelsortiererroboter ist im Wesentlichen aufgebaut aus einem Farbsensor und Motoren, die für die Sortierung erforderlich sind.

### A. kugelsortiererroboter Prinzip

Das Ziel oder die Idee besteht darin, einen Roboter zu entwickeln, der Objekte beispielsweise Kugeln basierend auf ihrer Farbe sortiert. Im ersten Schritt identifiziert ein Farbsensor die Farbe jeder Kugel danach wird die Kugel in einen entsprechenden Behälter transportiert, der zu ihrer Farbe passt. Dieser Prozess setzt sich fort, bis entweder alle Kugeln sortiert sind oder der Benutzer entscheidet, das Programm zu beenden. Dieser Roboter basiert im Prinzip auf einem einfachen Prinzip der Farberkennung.

### B. Farbsensor

Bei diesem Teil des Roboters handelt es sich um einen wichtigen Teil der Projektidee. Seine Funktionalität besteht darin, vier Farben zu erkennen: Blau, Rot, Gelb und Grün. Sobald der Roboter die Farbe von Kugeln erkennt, wird die Kugel in entsprechende Behälter transportiert.

Um Farben zu erkennen, verwendet der RGB-Sensor ein spezielles Verfahren. Mit den Farben Rot, Blau und Grün beleuchtet der Sensor zunächst das zu erkennende Objekt. Anschließend erkennt er die Farben, die von dem Objekt reflektiert werden. Wird zum Beispiel mehr grünes Licht reflektiert, so erkennt der Sensor, dass es sich um ein grünes Objekt handelt. Das gleiche Prinzip wird auch für die Farben Rot und Blau angewendet. Zusätzlich ist der Farbsensor in der Lage, Gelb bei gleichmäßiger Reflexion von Rot und Grün, aber ohne Blau zu erkennen.

### C. Einordnung der Kugeln

Die Kugeln befinden sich auf einer festen Rampe und sind zufällig angeordnet. Durch die Schwerkraft rollen sie automatisch nach unten bis zum Farbsensor, wo ihre Farbe erkannt wird. Anschließend werden die Kugeln von Motor A weiter nach unten geschoben und dann mithilfe vom Motor B in die entsprechenden Behälter abfallen.

## III. KONSTRUKTION UND ABLAUF DES KUGELSORTER-ROBOTER

Im Folgenden soll die Realisierung des kugelsortiererroboters von der Konstruktion über die Funktionsweise bis zur Programmierung erläutert werden.

### A. Aufbau

Für den Bau des Roboters stehen zwei große LEGO-Kästen zur Verfügung. Diese enthalten mehrere LEGO Mindstorms Sets, einschließlich eines NXT-Steins, drei Motoren und

verschiedene Sensoren.

Der Roboter soll so konstruiert, dass er eine hohe Stabilität aufweist, obwohl er aus leichten LEGO-Bausteinen besteht (siehe Abbildung 4).

Der Roboter besteht aus zwei Teilen: einem festen und einem beweglichen Teil. Der bewegliche Teil, wie die untere Rampe oder Sortierrampe, ist im Design integriert, um die Kugeln nach der Farberkennung zu den jeweiligen Behältern zu transportieren. Sie ist so konzipiert, dass sie durch einen Motor B vollständige Drehungen um 360° ausführen kann, um die Kugeln präzise zu verteilen.

Die Antriebskraft für die Bewegungen des Roboters wird von LEGO-Motoren geliefert. Diese Motoren sind präzise mit Matlab gesteuert.

### B. Umsetzung

Zur Realisierung des kugelsortiererroboter werden in diesem Fall zwei Motoren, ein Farbsensor, das NXT-Gerät und verschiedene LEGO-Bausteine benötigt.

Der Roboter ist modular aus LEGO-Bausteine aufgebaut, was den Aufbau und die Fehlersuche vereinfacht und jedes Segment des Roboters ist so konzipiert, dass es spezifische Aufgaben erfüllt.

Der Arbeitsablauf gliedert sich wie folgt: Motor A schiebt die Kugeln weiter nach unten, nachdem der Farbsensor ihre Farbe erkannt hat. Motor B dreht die Sortierrampe bis zu 360°, um die Kugeln in die entsprechenden Behälter zu transportieren.

Die Steuerung des Roboters erfolgt über MATLAB. Um die Motoren zu verwenden, müssen sie zunächst korrekt konfiguriert werden. Auf dem NXT-Gerät sind die Anschlüsse mit Buchstaben gekennzeichnet, die in MATLAB verwendet werden, um die Motoren richtig zu definieren. In diesem Fall sind Motor A und der Motor B festgelegt. Die Motoren müssen so eingestellt werden, dass die gewünschte Kraft und Drehung konfiguriert sind. Hierfür stehen die Befehle `MotorX.Power` und `MotorX.TachoLimit` zur Verfügung.

### C. Funktionsweise

Im ersten Schritt beginnt der Prozess damit, dass die Kugeln auf eine feste Rampe abrollen, bis sie den Farbsensor erreichen. Dieser ist darauf programmiert, die Farben der Kugeln präzise zu identifizieren und entsprechende Signale zu generieren.

Nach der Farberkennung gibt der Farbsensor die Information an Motor B weiter, der für die Ausrichtung der Sortierrampe verantwortlich ist. Motor B dreht die Sortierrampe in die Position, die dem erkannten Farbwert der Kugel entspricht, sodass jede Kugel in der richtigen Position in die entsprechende Sammelstation gelangt.

Sobald die Rampe ausgerichtet ist, aktiviert sich Motor A, um die Kugel in den jeweiligen Behälter zu stoßen, danach kehrt Motor A in seine Startposition zurück, bereit für die nächste Kugel. Nachdem die Kugel erfolgreich sortiert wurde, fährt auch Motor B die Sortierrampe wieder in ihre Anfangsposition zurück, die als Position 0 definiert ist.

Bei Erkennung einer grünen Kugel positioniert Motor B die Rampe um 90°, sodass die Kugel in den grünen Behälter geleitet wird. Im Falle einer roten Kugel erfolgt eine Drehung um -280°, um die Kugel in den roten Behälter zu befördern. Erkennt der Sensor eine blaue Kugel, wird die Rampe um -90° justiert, damit die Kugel ihren Weg in den blauen Behälter findet. Wenn der Farbsensor Gelb ausgibt, dreht Motor B die Sortierrampe um 280°. Nach dieser Bewegung schiebt Motor A die blaue Kugel, die dann direkt in den blauen Behälter fällt.

### D. Programmlaufplan

Ein Beispiel für einen Programmablaufplan zur Erläuterung des ist in Abbildung 2 dargestellt

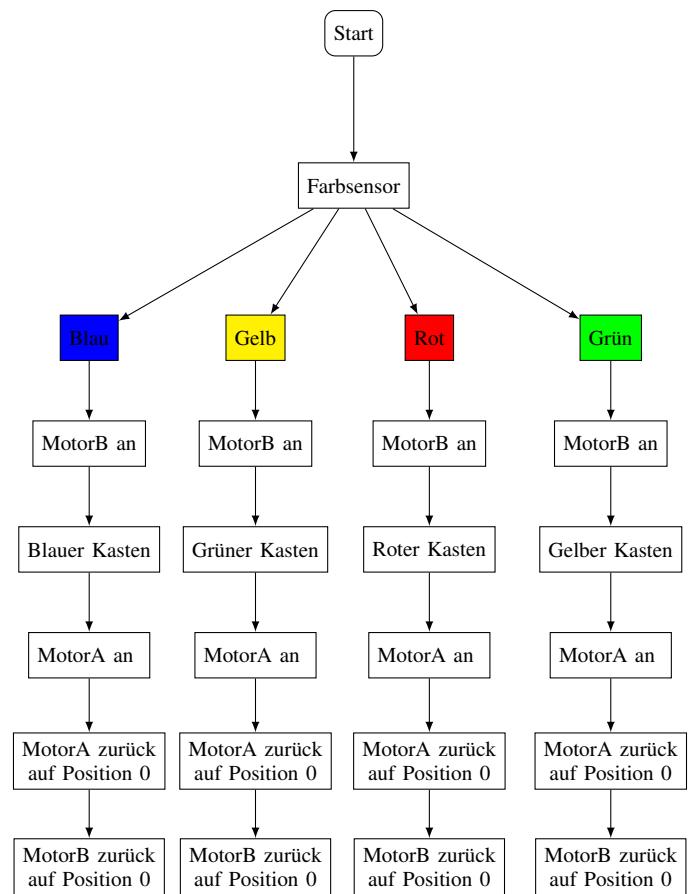


Abbildung 2. Programmablaufplan des Farbsortierroboters

### IV. ERGEBNISDISKUSSION

Nach Abschluss von zwei Wochen intensiver Arbeit im Rahmen des Projektseminars konnte ein erfolgreicher Kugelsortiererroboter entwickelt werden, der Kugeln basierend auf ihrer Farbe sortiert, wie in Abbildung 3 zu sehen ist. Um die Leistungsfähigkeit des Roboters zu verbessern. Es wurden verschiedene Tests durchgeführt, darunter auch die Messung der Transportdauer einer Kugel vom Startpunkt bis zu ihrem entsprechenden Behälter. Die Ergebnisse zeigten einen Durchschnittswert von 4 Sekunden pro Kugel.

Es wurde auch festgestellt, dass die Sortiergeschwindigkeit weiter gesteigert werden könnte, durch eine Erhöhung der

Power der Motoren A und B. Bei einem weiteren Test wurde die Genauigkeit der Sortierung überprüft. Hierbei wurden jeweils 5 Kugeln jeder Farbe verwendet, die vom Roboter sortiert wurden. Die Auswertung ergab, dass die Zuordnung von grünen, roten und blauen Kugeln zu 100 % korrekt erfolgte, während die Fehlerquote bei gelben Kugeln bei 98 % lag.

## V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Der Kugelsortiererroboter erfüllte seine Funktion gut. Mit mehr als zwei Wochen Zeit hätte man eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) für den Roboter entwickeln können, die nicht nur die Anzahl der Kugeln pro Behälter anzeigt, sondern auch die Implementierung neuer Funktionen ermöglicht hätte.

## LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Recycleye bringt KI-gesteuerte Abfallsortiererbopter nach Deutschland, 18.05.2022, <https://recyclingportal.eu/Archive/73020>, Version = 1.03.2024

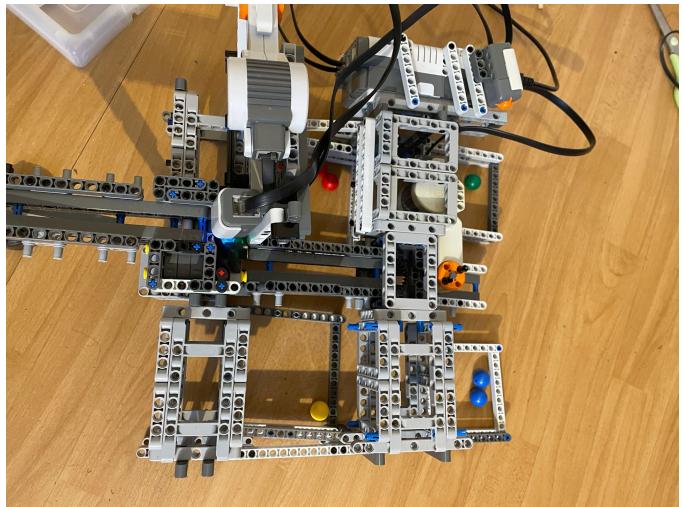


Abbildung 3. Kugelsortiererroboter, Ansicht von oben

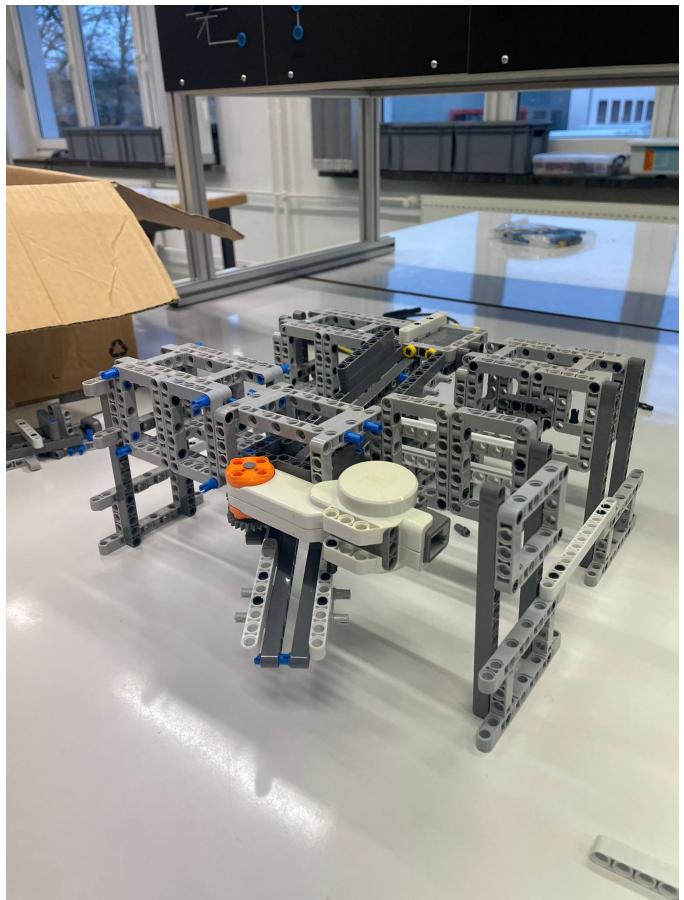


Abbildung 4. Kugelsortiererroboter, Ansicht von vorne