

Farbsortierroboter

Badr Abdi, ETIT
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—In diesem Jahr findet wieder das LEGO-Mindstorms-Projektseminar der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg statt. Wie seit 2013 bauen, programmieren und realisieren Studierende unterschiedliche Roboter aus LEGO auf, die am Ende dokumentiert und vor einer Jury vorgestellt werden. Zu den Robotern des Jahres gehört der Farbsortierroboter, mit dem sich in diesem Paper befasst wird. Der Farbsortierroboter ist in der Lage, die kleine Kugeln nach Farbe zu sortieren und in die entsprechenden Behälter aufzuräumen. Der Farbsortierroboter warf einige Konstruktions- und Programmierprobleme auf. Diese Probleme und ihre Lösungen werden später in diesem Artikel behandelt.

Schlagwörter—Farbsortierer, LEGO, NXT 2.0, OVGU, Projektseminar, Roboter

I. EINLEITUNG

HEUZUTAGE können Roboter verschiedene und mehrere Tätigkeiten bzw. Aufgaben gleichzeitig erledigen und sich selbständig bewegen. Mit der Entwicklung der Industrie ersetzen Roboter die Arbeit der Menschen und werden dadurch immer wichtiger und essenzieller. Roboter können das Leben vereinfachen, die Produktivität erhöhen und sind in der Lage auch häusliches Arbeiten zu übernehmen, wie zum Beispiel Staubsaugroboter, die komplett eigenständig die Reinigung von Böden aller Arten übernehmen. Auch Aktivitäten im Sportbereich können mit moderner Technik verbessert werden, wie der Videoassistent im Fußball oder das Hawk-Eye im Tennis (Abb. 1). Sie zeichnen das Spiel auf und können die genaue Ballposition bestimmen, wenn Entscheidungen angezweifelt werden.

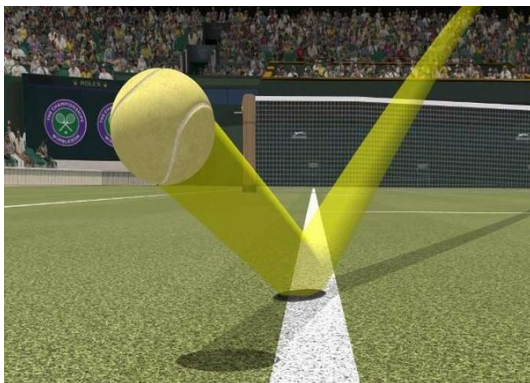


Abbildung 1. Hawk-Eye aus [1]

Der wichtigste Faktor der Roboter allgemein ist die Reduzierung bzw. Verringerung der menschlichen Arbeitskraft, und hier kommt der Farbsortierroboter ins Spiel. Das Hauptziel eines Farbsortierers ist das Sortieren bzw. Aufräumen nach

Farbe. Der hier vorgestellte Farbsortierroboter kann Legokugeln sortieren und entsprechend der Farbe zählen, was an einem Bildschirm angezeigt wird. Ein praktisches Beispiel für einen Farbsortierer wäre das Aufräumen von Bowlingbällen nach der Farbe, um Chaos zu minimieren.

II. VORBETRACHTUNGEN

Der Farbsortierroboter besteht hauptsächlich aus einem Farbsensor und Motoren, damit er sortieren kann.

A. Idee und Prinzip

Die Idee des Projekts ist ein Roboter, der Legokugeln nach ihrer Farbe sortiert. Der Roboter soll zunächst eine Kugel von den anderen separieren, dann die Farbe über einen Sensor bestimmen und anschließend in den entsprechenden Behälter befördern. Der Prozess muss unendlich oft wiederholt werden, bis der Benutzer das Programm beendet. Das Prinzip ist sehr einfach und wird von großen Unternehmen verwendet, wie zum Beispiel bei Getreidereinigern, vor allem Bohnenreinigern (Abb. 2). Diese Maschinen lassen die unerwünschten farbige Bohnen nicht durch und entsorgt sie in andere Behälter. Beim Farbsortierroboter sind die Idee und das Prinzip das Gleiche. Bei Getreidereinigern kommen noch andere Faktoren hinzu, wie zum Beispiel die Genauigkeit oder Temperatur.

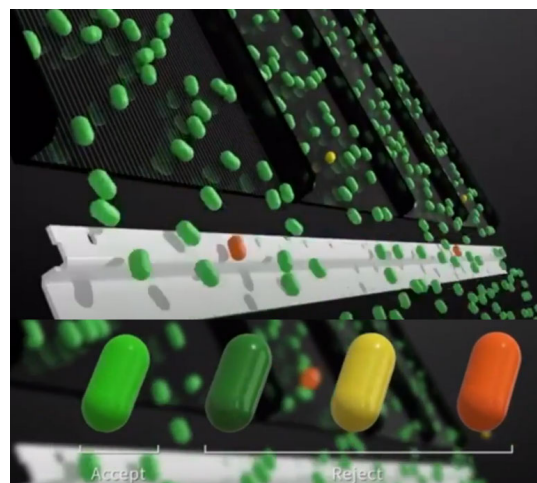


Abbildung 2. Getreidereiniger aus [2]

B. Einordnung der Kugeln

Die Kugeln sind auf einer statischen Rampe zufällig aufgereiht und rollen mittels Schwerkraft von selbst nach unten. Eine mechanische Barriere auf der Rampe separiert eine einzelne Kugel vom Rest und eine Barriere am Ende stoppt

die Kugel vom Herunterfallen. Ein motorisiertes Fahrzeug mit mehreren Behältern unter der Rampe dient zum Einsortieren und Auffangen. Die erste Idee war ein statischer Behälter mit einer rotierenden Rampe. Aber stellt es sich heraus, dass dadurch nur maximal 3 Behälter erreicht werden konnten.

III. KONSTRUKTION UND REALISIERUNG DES FARBSORTIERERROBOTERS

A. Aufbau

Für die mechanische Konstruktion des Roboters stehen zwei großen Legokästen zur Verfügung. Diese enthalten mehrere LEGO-Mindstorms-Sets inklusive eines NXT-Steins, drei Motoren und verschiedenen Sensoren. Um die Konstruktion des Farbsortierroboters zu verwirklichen, werden drei Motoren, ein Farbsensor, das NXT-Gerät und verschiedene Lego-Bausteine gebraucht. Der Farbsortierroboter besitzt zwei Teile. Der statische Teil ist mit dem NXT-Gerät verbunden und kann maximal 12 Kugeln gleichzeitig tragen. Die Kugeln können auch während des Programmablaufs eingesetzt werden. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, ist der bewegliche Teil ein Fahrzeug mit mehreren Behältern, das die Kugeln auffängt und auf drei Farben (Rot, Blau und Grün) aufteilt.



Abbildung 3. Aufbau des Farbsortierroboters [3]

B. Umsetzung

Der Farbsortierroboter besteht hauptsächlich und mechanisch aus drei Motoren und einem Farbsensor. Die mechanischen Bauteile können durch eine Schnittstelle angesteuert werden.

1) *Farbsensor:* Der RGB-Sensor von LEGO wird zur Erkennung der Farben verwendet. Der Sensor illuminiert das abzutastende Objekt in den Farben Rot, Grün und Blau. Der Sensor erfasst das reflektierte Licht für eine genaue Farberkennung. Je mehr das Objekt eine Farbe (Rot, Grün oder Blau) reflektiert, desto sicher wird sie erkannt. Der Sensor kann auch andere Farben wie Weiß (Rot, Grün und Blau stark reflektiert), Schwarz (keine Farbe reflektiert) oder Gelb (nur

Rot und Grün reflektiert) erkennen.

Im MATLAB muss erst der Farbsensor eingerichtet werden. Daran ist nur der Modus `FULL` interessant, da alle 6 Farben (Rot, Grün, Blau, Gelb, Weiß und Schwarz) erkannt und als Zeichenkette ausgegeben werden.

2) *Motoren:* Motoren sind sehr wichtige Bauteile des Farbsortierroboters, weil sie vielfältig einsetzbar sind. Der erste Motor, auch Startmotor genannt, bewegt die Barriere zur Separation der Kugeln durch Umwandlung der mechanischen Rotation in eine Linearbewegung (siehe Abbildung 4, links). Dieser Motor spielt eine essenzielle Rolle, da er nur eine Kugel bis zum nächsten Schritt passieren lässt.

Der zweite Motor, auch Barrieremotor genannt (siehe Abbildung 4, Mitte), hat die Aufgabe, die Kugel nach der Farberkennung zu blockieren, damit der entsprechende Behälter unter die Rampe bewegt werden kann.

Der dritte Motor, auch Transportmotor genannt (siehe Abbildung 4, rechts), soll die Behälter unter der Rampe bewegen und die Kugel auffangen.

Im MATLAB müssen die Motoren zunächst auch eingerichtet werden. Im NXT-Gerät gibt es Anschlüsse, die mit Buchstaben gekennzeichnet sind. Damit kann man die Motoren in MATLAB richtig definieren. In diesem Fall ist der Startmotor als `MotorA`, Barrieremotor als `MotorB` und Transportmotor als `MotorC` definiert. Die Motoren müssen so eingestellt werden, dass die erwünschte Kraft und Drehung konfiguriert sind. Dafür stehen die Befehle `MotorX.Power` und `MotorX.TachoLimit` zur Verfügung.

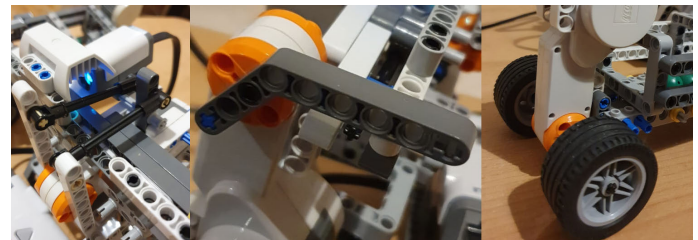


Abbildung 4. Die drei für den Farbsortierroboter verwendeten Motoren (links: Startmotor, mittig: Barrieremotor, recht: Transportmotor) [3]

C. GUI

Das System soll, nachdem alles funktioniert, mit einer GUI (graphical user interface) gesteuert werden (siehe Abbildung 5). Das System kann sowohl den Farbsortierroboter starten als auch den Vorgang stoppen. Außerdem werden die Kugeln nach Farbe gezählt und ihre Anzahl auf dem Bildschirm ausgegeben bzw. angezeigt. Die Gesamtanzahl aller Kugeln wird auch ausgegeben. Eine Möglichkeit zum Zurücksetzen der Anzahlwerte ist realisiert. In der GUI sind alle Tasten, von Start bis Exit, Drucktasten. Wenn man `Start` drückt, befindet sich das Programm in einer unendlichen Schleife, die nur mit `Stop` gestoppt werden kann. Das Zurücksetzen der ausgegebenen Anzahlwerte während der Programmablaufs ist leider nicht möglich, sondern nur nachdem das System gestoppt wurde.



Abbildung 5. GUI des Farbsortierroboters [3]

D. Programtablaufplan

Ein beispielhafter Programtablaufplan zur Erklärung des Verfahrens ist in Abbildung 6 dargestellt.

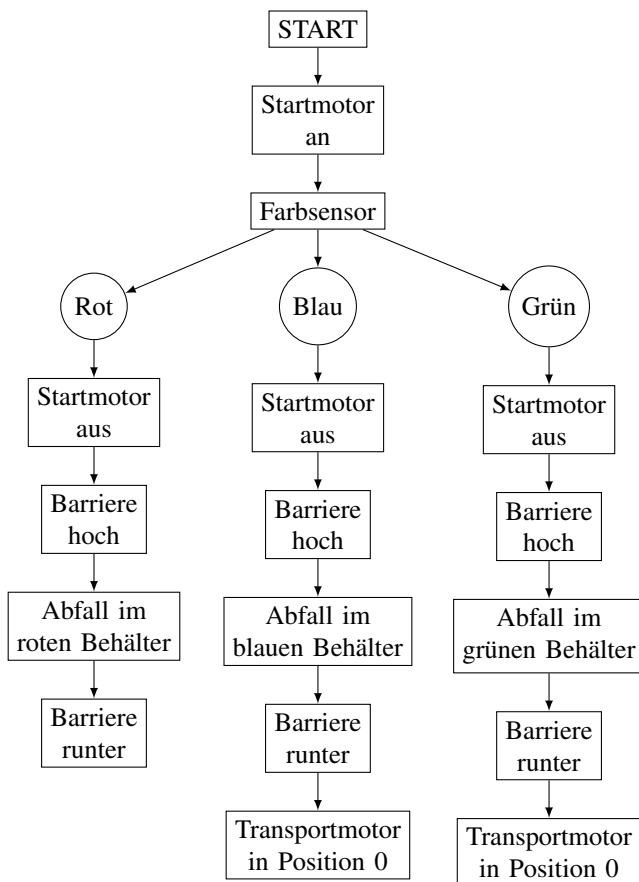


Abbildung 6. Programtablaufplan des Farbsortierroboters

E. Funktionsweise des Programms

Nach dem Drücken von Start schaltet der Startmotor ein. Der Startmotor ist mechanisch so aufgebaut, dass er nur eine Kugel durch lässt. Während die Kugel rollt, erkennt der Farbsensor die Farbe der Kugel und gibt Befehle aus. Für alle Farberkennung wird der Startmotor auf jeden Fall ausgeschaltet. Die Kugel befindet sich dann am Ende der Rampe, weil die Barriere ihren

Weg blockiert. Abhängig von der Kugelfarbe unterscheiden sich die nächsten Befehle:

Wenn der Farbsensor „Grün“ ausgibt, drehen sich die zwei Räder des Transportmotors für nur eine Rotation, was 360° entspricht. Nach der Bewegung des Transportmotors wird die Barriere gehoben und die Kugel fällt direkt in den grünen Behälter. Während des Prozesses zählt gleichzeitig das Programm, dass eine grüne Kugel detektiert wurde und der Anzwahlwert der grünen Kugeln wird auf dem GUI-Bildschirm im grünen Feld angezeigt. Die Barriere geht wieder runter und der Transportmotor fährt zurück in Position 0, was -360° bedeutet.

Das gleiche Verfahren wird bei der Farbe „Blau“ durchgeführt. Der Unterschied liegt beim Fahrabstand des Transportmotors. Während die Räder des Transportmotors sich bei „Grün“ um 360° drehen, bewegen sich die gleichen Räder bei „Blau“ nur um eine halbe Rotation, was 180° entspricht.

Wenn der Farbsensor „Rot“ ausgibt, muss das Programm weniger Befehle ausführen, weil der rote Behälter schon direkt unter der Rampe positioniert ist, Was dazu führt, dass der Transportmotor gar keine Befehle bekommt.

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Das Endergebnis sieht positiv aus. Der Farbsortierroboter hat einwandfrei funktioniert. Natürlich traten einige Probleme während der Konstruktion und der Programmierung auf, die im Folgenden erwähnt werden.

Beim ersten Versuch der Separation der Kugeln trat das erste Problem auf. Die Geschwindigkeit des Startmotors war zu groß, sodass die Kugeln nacheinander von der Rampe flogen. Danach erkannte der Farbsensor aufgrund der Raumhelligkeit die Farbe nicht genau genug. Zur Lösung wurde eine Abdeckung darauf aufgebaut, um die Raumhelligkeit zu verringern. Ein Prozess für unbekannte Farben wie zum Beispiel Gelb, Weiß oder Schwarz sind im Programm nicht enthalten, weshalb diese Farben nicht sortiert werden. Ein anderes Problem tauchte beim Drücken der Stop-Taste in der GUI auf. Durch die while-Schleife wird immer wieder das Programm durchlaufen. Wenn die Stopp-Drucktaste betätigt wird, stoppt das System nur für der nächste Kugel, aber nicht für die detektierte Kugel.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Der Farbsortierroboter funktioniert am Ende gut. Wenn das Projektseminar länger als zwei Wochen gedauert hätte, wäre es möglich gewesen, komplexere Maschinen zu bauen, auch bei gleicher Anzahl zur Verfügung stehender Legosteine. Der Farbsortierroboter kann in anderen Faktoren verbessert werden und in größeren Dimensionen entwickelt werden.

ANHANG

Link zum Quellcode in [3]

LITERATURVERZEICHNIS

[1] Hawk-Eye. <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-e24e3874896bd4d570921ca291654267-lq>, . - 17.02.2022
 [2] Bildschirmaufnahme der Getreidereinigermaschine. <https://www.youtube.com/watch?v=GlnqPxgIbxA>, . - 19.02.2022
 [3] Quellcode und Bilder. <https://cloud.ovgu.de/s/wzGKjP8pbLnaxZk>, . - 03.03.2022