

Roboter zur Müllsortierung

Gabriel Giese, Elektro- und Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Aufgrund des weltweit steigenden Müllaufkommens ist es nötig, neue Wege in der Wiederverwertung von Wertstoffen einzuschlagen. Jedoch ist die Aufteilung des Abfalls in ihre verwertbaren Bestandteile aufwändig und schwierig. In diesem Paper wird detailliert die Konstruktion eines Roboters mit drei Gelenken beschrieben, der durch einen Sensor Müll der Farbe nach sortiert. Der Roboter weist drei Motoren auf, welche den Arm ausrichten und den Müll greifen lassen. Er ist in drei Bauteile aufgeteilt, deren Bauweise separat behandelt wird. Weiterhin ist die Programmierung der Software, die den Roboter ansteuert, in ihrer Abfolge erklärt. Nach Konstruktion und Programmierung ist der Roboter fähig, die Gefäße, in denen der Müll gelagert werden soll, der Farbe nach zu erkennen, den Müll zu greifen, die Farbe zu erfassen und dann in den dafür vorgesehenen Behälter zu befördern.

Schlagwörter—Farbe, Müll, Recycling, Roboter, Rotation, Sortierung

I. EINLEITUNG

RECYCLING von Abfällen ist ein immer wieder auftretendes Thema. Nicht nur durch das Vermeiden von Verschmutzungen der Umwelt, sondern auch als Aspekt der Wiedergewinnung von Rohstoffen. In der Industrie werden verwertbare Reststoffe als Gut betrachtet und in anderen Industriezweigen wiederverwertet. Jedoch sind gerade im Müll von Privathaushalten viele Ressourcen unzugänglich gemacht worden, weil es nicht zu einer Trennung kam. Die Bestimmung einzelner Materialien ist aufwendig und ohne Hilfsmittel praktisch unmöglich. Daher werden in der Recyclingindustrie ausschließlich Roboter und automatisierte Maschinen verwendet. Jedoch sind die Standorte dafür in konsumreichen Ländern, wie Deutschland, überlastet. Daher ist es notwendig, die Sortierung einfach zu gestalten. Eine Möglichkeit wäre ein Roboter, der das Material eines gegriffenen Gegenstandes erkennt und nach den spezifischen Eigenschaften diesen sortiert.

II. VORBETRACHTUNGEN

Mechanische Roboter werden schon seit Jahrzehnten verwendet, um menschliche Arbeit zu erleichtern oder zu ersetzen. Dafür war es nötig, die elektrische Energie in eine Rotationsbewegung in Motoren umzuwandeln. Dadurch konnte eine Rotation erreicht werden. Um nun eine Beweglichkeit in Ähnlichkeit zum menschlichen Arm zu erreichen, setzte man mehrere Motoren hintereinander und immitierte so die Gelenke. Dadurch ist es einem solchen Roboter möglich, nahezu jeden beliebigen Punkt um ihn herum im Radius des voll ausgestreckten Arms zu erreichen. Solche Roboter findet man vor allem an Fließbandarbeit, wobei die Roboter immer die gleichen Schritte ausführen (Beispiel Automobilindustrie).

Diese Roboter sind aber noch nicht fähig, sich selbstständig in anderen Situationen angepasst zu verhalten. Sie werden trotz aller Umstände stets die selben Schritte ausführen.

III. KONSTRUKTION DES ROBOTERS

Während des zweiwöchigen Praktikums ist es gelungen, einen Roboter aus Lego zu bauen, der selbstständig Farben von Bällen erkennen konnte und diese in Körbe einsortieren konnte. Im Vorfeld wurden dafür farbliche Markierungen an den Körben angebracht, die auch vom Roboter erfasst werden konnte, wodurch eine Umpositionierung der Körbe vor der Initialisierung möglich war. Baulich wurde dies durch drei Segmente des Roboters umgesetzt: Die Basis, der Arm und die Kralle.

A. Die Basis

Die Basis wurde flach gehalten und wurde an allen vier Kanten mit gummierten Ketten ausgestattet, um die Reibung zu erhöhen und damit das Verrutschen des Roboters zu verhindern. In der Basis befindet sich der erste Motor, der für die Rotation des darauf befindlichen Arms zuständig ist. Um den Kraftaufwand niedrig zu halten, wurden Zahnräder verwendet, die mit einer Übersetzung die nötige Kraft verringerten, aber dafür die Anzahl der Umdrehungen des Motors erhöhten. Durch die Installation des Motors in der Basis erhöhte sich auch die Stabilität, da eine Positionierung innerhalb des Armes nur zu einer Mehrbelastung der Drehachse führen würde. Der darauf befindliche Arm wurde mit Hilfe einer Kreuz-Achse befestigt. Dies bot aber während der ersten Tests der Drehbewegung erhebliche Schwierigkeiten, da die Masse des Arms die Achse verbog und somit den Arm auf der Basis aufsetzen ließ, was zum Verkanten geführt hat. Um dem Aufsetzen entgegenzuwirken, wurde auf der Unterseite des Arms eine Scheibe befestigt, die auf losen Kreuz-Achsen auf der Basis dauerhaft aufsetzte, um so die Wirkung eines Kugellagers zu immitieren. Dies hat sehr gut funktioniert und die Stabilität des Roboters für den Rest der Versuchsreihen erhöht. Dadurch, dass die Scheibe lose auf der Basis aufliegt, ist es möglich, den Arm durch einfaches Ziehen von der Basis zu trennen, wodurch der Aufbau sehr kompakt zu verstauen ist und dadurch sehr mobil war.

B. Der Arm

Der Arm ist das verbindende Stück zwischen Basis und Klaue. Er sorgt mit dem eingebauten Motor für das Absenken und Anheben der Klaue und sorgt gleichzeitig mit seiner Länge für einen gewissen Operationsradius zwischen der Basis, den zu greifenden Bällen und den zu befüllenden Körben.

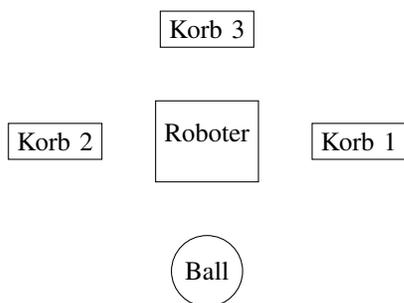


Abbildung 1. Testaufbau mit 3 Körben

Für das Heben und Senken der Klaue wurde ein weiterer Motor direkt über der Drehachse befestigt. Da durch den langen Arm eine große Hebelwirkung der Klaue auf den Motor entsteht, war es auch hier nötig, eine Übersetzung mit Zahnrädern zu verwenden. Um ein unnötiges Ungleichgewicht und damit eine Überbelastung der Rotationsachse an der Basis zu vermeiden, wurde der Arm ausbalanciert, indem der NXT-Stein, der Controller, auf der entgegengesetzten Seite der Klaue montiert wurde. Sein Gewicht reicht, um der Hebelwirkung des Armes entgegenzuwirken und die Scheibe der Drehachse gleichmäßig aufliegen zu lassen.

C. Die Klaue

Die Klaue wurde so am Arm befestigt, dass sie immer waagrecht zum Boden steht. Dies wurde erreicht, indem sich ihr Befestigungspunkt direkt über ihrem Schwerpunkt befindet. Die Klaue besitzt ebenfalls einen Motor, sowie einen Farbsensor. Der Motor betreibt eine zu ihm in 90 Grad gerichtete Achse, welche eine Schraube führt. Diese Schraube greift in die zwei Zahnräder der Gabeln, die dann eine entgegengesetzte Drehung vollziehen und sich damit zueinander oder voneinander bewegen. Dadurch wird das Öffnen und Schließen der Krallen realisiert. Der Farbsensor befindet sich mittig über den Gabeln, um sich über dem gegriffenen Ball zu befinden. Aufgrund der technischen Realisierung des Sensors, muss er sich etwa 2 Zentimeter über dem Ball befinden, um die Farbe zu erfassen.

D. Das Programm

Zur Programmierung wurde das Programm MatLab in der Version 2018a verwendet. Dazu wurde eine Toolbox der Universität Aachen zur Verfügung gestellt, welche grundlegende Befehle für die Ansteuerung des NXT-Steins beinhaltet. Wie man in Abbildung 2 verfolgen kann, beginnt der Prozess mit der Initialisierung und damit mit dem Ansprechen der Software des NXT-Steins. Bei der Korbfarbenerkennung fährt der Roboter mit einer Rotation des Arms und Absenken der Klaue mit dem Sensor über alle Körbe und nimmt dabei die Daten der farblichen Markierungen auf und speichert sie als Wort (Bsp. 'BLUE'). In den Testaufbauten wurden vorwiegend 3 Körbe benutzt, welche sich in einer Anordnung wie in Abbildung 1 befanden. Die Körbe und die Annahmestelle der Bälle befanden sich im selben Abstand mit jeweils 90-Grad-Versetzung um

den Roboter. Daher konnte die Drehung des Motors für die 90-Grad-Drehung als feste Konstante im Quelltext übernommen werden, wobei Richtung und Anzahl der 90-Grad-Drehungen verändert werden konnten. Die Nummerierung der Körbe gab die Reihenfolge der Erfassung an. Die Ausgangsposition befindet sich in Greifposition des Balles. Als erstes wird eine Rotation entgegen des Uhrzeigersinns vollführt und dann über die Ausgangsposition die anderen beiden Körbe erfasst. Das führt dazu, dass sich die Kabel des Motors der Basis nicht verwickeln. Nach Erfassen der Korbfarben fährt der Roboter in seine Ausgangsposition zurück und gibt im Sekundentakt einen Ton ab, der seine Bereitschaft kenntlich macht. Nun kann ein Ball manuell zwischen die Gabeln der Krallen gelegt werden und per Knopfdruck kann der Sortiervorgang gestartet werden. Jetzt greift die Krallen zu und der Arm hebt sich. Dann wird die Farbe des Balles erkannt und mit den Zeichenketten der Körbe verglichen. Es besteht die Notwendigkeit erst den Ball zu greifen und dann die Farbe zu erkennen, da sich nur dann der Sensor im optimalen Abstand zum Ball befindet. Nun dreht sich der Arm dem entsprechenden Korb zu, senkt die Krallen leicht über den Korb und öffnet sie. Der Ball wird dadurch in den richtigen Korb gelassen. Danach dreht sich der Arm entgegen seiner vorherigen Bewegung, um die Krallen abzusenken und so die Ausgangsposition zu erreichen. Nun wird wieder im Sekundentakt ein Ton abgegeben, um einen Ball einzulegen. Um Bälle, deren Farbe nicht vorhanden ist, nicht in die Körbe einzusortieren, wurde der Ball im Testaufbau über der Ausgangsposition fallen gelassen. Falls nach 10 Sekunden kein Ball eingelegt wurde, werden 3 differenzierte Töne ausgegeben, die erkennen lassen, dass der Roboter sich nun in den Ruhemodus begibt und sich von der Software trennt. Um den Vorgang neu zu starten, muss das Programm neu initialisiert werden.

Damit kann der Roboter die gewünschten Prozesse ausführen und die Bälle der Farbe nach sortieren, insofern die Farbe des Balls als Korb vorhanden ist.

E. Anwendung an dem Problem

Um nun die Problemstellung des starken, weltweiten Müllaufkommens zu bearbeiten, ist es nötig, den Roboter in diesen Feldern arbeiten zu lassen. Dafür wäre es allerdings notwendig, das Sortierkriterium des Roboters anzupassen, da unterschiedliche Müllklassifizierungen nicht nach der Farbe zu unterscheiden sind. Gerade bei den Abfällen von Kunststoffen gibt es viele zu prüfende Kriterien, die eine sortenreine Sortierung erst möglich machen. Auch mehrschichtige Kunststoffe mit verschiedenen Eigenschaften erschweren den Prozess [1]. Mit einem geeigneten Sensor oder mehreren aufeinander folgenden Sortierungen nach verschiedenen Kriterien kann eine solche sortenreine Selektierung garantiert werden. Außerdem muss der Vorgang automatisiert werden. Das heißt, dass die manuelle Eingabe des Müll und die Bestätigung per Tastendruck ersetzt werden müssen. Wenn beispielsweise der Müll auf einem Förderband transportiert wird gibt es immer Nachschub und der Roboter muss nicht warten, bis der Müll in geeigneter Position ist. Die Körbe können dann durch weitere Förderbänder ausgetauscht werden, um den Müll von weiteren Robotern oder Sortieranlagen spezifizieren zu lassen.

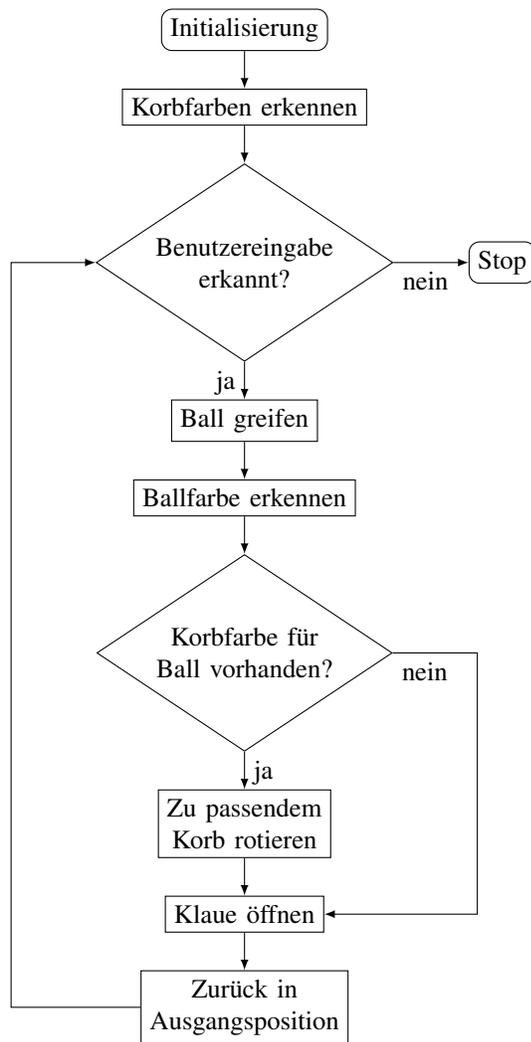


Abbildung 2. Programmablaufplan der Ballsortierung

Durch seine kompakte Bauweise ist es aber auch möglich, dass der Roboter in Privathaushalten benutzt werden kann, um den Müll bereits dort zu sortieren. Das macht es aber nötig, dass der bereits getrennte Abfall dann separat entsorgt und abgeholt werden muss. Eine Sortierung am Ort der Wiederverwertung ist daher vorteilhaft.

F. Verweis auf Literaturquellen

Das stetig steigende Aufkommen von Müll in Deutschland ist ersichtlich in [2].

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Der Roboter war in der Lage, den selbst gewählten Anforderungen zu entsprechen: Er konnte die Farbe der Körbe selbstständig erfassen und war damit flexibel in der Ausgangssituation, die Bälle wurden in der Farbe fast immer richtig erfasst, wobei Ausnahmen nur durch die Ungenauigkeit der verbauten Sensoren auftraten und die Bälle in den dafür vorgesehen Korb gelegt werden konnten. Auch beim Legen gab es selten Probleme, da sich die Motoren nicht immer um den den selben Winkel gedreht haben. Auch hier wäre es deutlich

besseres Ergebnis erzielt worden, wenn genauere Motoren verbaut worden wären. Durch eine stabilere Bauweise könnte sich der Aktionsradius der Roboters jedoch auch noch erweitern. Durch eine andere Konstruktion wäre es auch denkbar, dass der Roboter die Bälle nicht vom Boden aufnehmen muss.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Es lässt sich sagen, das eine derartige Lösung möglich ist, es jedoch durch den nötigen Sensor nicht möglich war, den Roboter Müll sortieren zu lassen. Es ist aber durch eine größere Auswahl an Bauteilen definitiv möglich, auch das in einer sehr kompakten Bauweise umzusetzen.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] STUMPFE, Miriam: *Probleme fürs Plastik-Recycling*. <https://www.br.de/themen/wissen/recycling-kunststoffe-plastikmuell-100.html>. Version: Mai 2019
- [2] UMWELTBUNDESAMT: *Abfallaufkommen*. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen>. Version: März 2019