

Der Pfandflaschenautomat

Robin Kürbis, Elektrotechnik/Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Dieses Paper setzt sich mit eben diesem Pfandflaschenautomat auseinander. Der Roboter soll eine Pfandflasche zu einer Kamera transportieren, um den Barcode der Flasche zu erkennen und dann gegebenenfalls bei Erkennung die Flasche weiter zu transportieren oder sie wieder auszugeben. Nach einigen Schwierigkeiten ist es der Gruppe gelungen, einen Roboter mit diesen Funktionen fertig zu stellen

Schlagwörter—Lego, Pfandflaschenautomat, Programmierung, Projektseminar, Roboter,

I. EINLEITUNG

WIE in jedem Jahr fand das Lego Mindstorms Projektseminar der Otto von Guericke Universität statt. Studenten beschäftigten sich in Gruppen mit der Programmierung und Konstruktion von Robotern aus Lego. Der Pfandflaschenautomat ist eines dieser Projekte. Viele Maschinen begleiten und vereinfachen den menschlichen Alltag und der Pfandflaschenautomat ist eine davon. Er ermöglicht, so schnell wie möglich Pfandflaschen abzugeben. Damit hilft er nicht nur im Alltag, sondern trägt zum Umweltschutz bei, der heute wichtiger denn je ist. Ein solcher Roboter hilft bei der Erkennung der zum Recycling brauchbaren Flaschen. Das bedeutet, es muss ein Roboter gebaut werden, der erkennt, wenn eine Flasche eingeworfen wird und prüft, ob es sich um eine Pfandflasche handelt. Der Roboter soll mithilfe eines Laufbandes die Flaschen transportieren können, um dann mittels Kamera zu versuchen, einen Barcode zu erkennen, um dann selbst zu entscheiden, ob es sich um eine Pfandflasche handelt oder nicht.

II. VORBETRACHTUNGEN

Zur Erkennung eines Barcodes benötigt der Roboter eine Kamera und zusätzlich Ultraschallsensoren, welche die Position der Flasche auf dem Laufband ermitteln sollen.



Abbildung 1. Beispiel für einen handelsüblichen Barcode (siehe Literaturverzeichnis [8])

A. Funktionsweise Barcode

Ein Barcode besteht grundsätzlich aus schwarzen und weißen Streifen, den Guard Bars, die in bestimmten Verhältnissen zueinander stehen (siehe Abbildung 1). Das bedeutet, dass verschiedene Schwarz-Weiß Verhältnisse verschiedene Informationen widerspiegeln. Barcodes besitzen Right Guard Bars, Left Guard Bars und Middle Guard Bars, die den Messbereich festlegen. Es gibt verschiedene Barcodes, einige bestehen aus 13 Ziffern und andere aus nur acht. Eine Ziffer wird dabei immer durch das Verhältnis von sieben Streifen dargestellt.

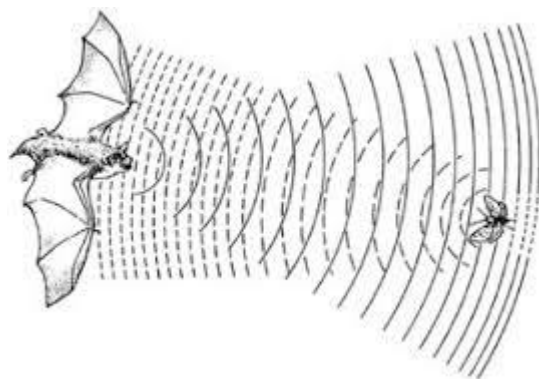


Abbildung 2. Ultraschallsensor aus der Natur (siehe Literaturverzeichnis [7])

B. Ultraschallsensoren

Ultraschallsensoren können Abstände zu beliebigen Gegenständen messen. Die Ultraschallsensoren funktionieren wie bei Fledermäusen in der Natur (siehe Abbildung 2). Der Sensor sendet eine Schallwelle aus, welche nach Auftreffen auf einen Gegenstand reflektiert wird. In Abhängigkeit von der Zeit der Wiederkehr wird der Abstand bestimmt.

C. Kamera

Mit einer integrierten Kamera erfolgt die Aufnahme von Fotos, hiernach die programmgestützte Barcodeerkennung.

D. Heutige Technik

Heutige Pfandflaschenautomaten verfügen über einen Laser, der die Flaschen scannt. Sie nehmen gescannte Flaschen auf und zerkleinern sie. Wie jeder wahrscheinlich schon persönlich erfahren hat, sind diese Automaten auch nicht fehlerfrei und geben Fehlermeldungen aus, obwohl eine Pfandflasche eingesteckt wurde. Die Erkennbarkeit kann schon durch leichte Verformungen eingeschränkt sein. Sie werden entweder in die richtige Position durch von unten kommende Rollen gedreht. Neuere Modelle verfügen über einen Laser, der 360 Grad abscannen kann.

III. HAUPTTEIL

A. Konstruktion

Der Roboter verfügt über zwei Motoren. Motor A dient zur Ansteuerung des Laufbandes, welches die eingeworfenen Flaschen zur Kamera transportiert, um sie dann je nach Ausleseergebnis vorn oder hinten auszuwerfen. Die einzelnen Laufbänder sind durch eine Zahnrandkonstruktion jeweils nur durch einen Motor ansteuerbar. Der Motor muss je nach Situation das Laufband in zwei verschiedene Richtungen antreiben. Motor B dient zur Ansteuerung eines Rotationsmechanismus, welcher die Flasche im Falle einer Nichterkennung rotiert, um ein Ausleseergebnis erzielen zu können. Der Rotationsmechanismus besteht aus zwei Stangen, welche durch die Rotation unter die Flasche geraten und sie dadurch anheben. Auf der anderen Seite sind bewegliche Räder angebracht, die sich dadurch mitdrehen und so die Flasche Stück für Stück um ihre eigene Achse rotiert. Eine Führung sorgt dafür, dass die Flaschen eingeworfen werden können und beim Transport nicht vom Laufband fallen.

B. Sensorik

Der Aufbau besteht aus drei Ultraschallsensoren und einer Webcam. Der erste der drei Ultraschallsensoren ist auf den Anfang des Laufbandes gerichtet und dient zur Erkennung, ob eine Flasche eingeworfen wird. Er befindet sich seitlich am Aufbau. Der zweite Sensor befindet sich über dem Laufband und misst von oben. Dieser Sensor bindet sich in der Mitte des Laufbandes und soll ebenso erkennen, ob sich eine Flasche auf dem Laufband befindet oder nicht. Der dritte Ultraschallsensor dient genau wie die anderen beiden zur Erkennung, aber er hat noch eine andere Aufgabe. Sobald er eine Flasche erkennt, soll das Laufband gestoppt werden, um die Flasche in die richtige Position für den letzten Sensor zu bringen. Auch dieser Sensor befindet sich seitlich am Aufbau. Die Kamera befindet sich über dem Laufband und macht Fotos von oben. Die Fotos sollen dann zur Auslesung des Barcodes dienen. Auf die genaue Funktionsweise wird im nächsten Abschnitt eingegangen.

C. Funktionsweise des Programmes

Die Programmierung des Roboters erfolgte über MATLAB. Für die Barcode-Erkennung wurde jedoch eine Bibliothek aus Java hinzugezogen. Sobald das Programm gestartet wird, beginnen die Ultraschallsensoren zu messen. Wenn der Messwert unter einen bestimmten Wert fällt, startet Motor A, der das Laufband antreibt (siehe Abbildung 3). Antriebskraft (Power) und Antriebsgeschwindigkeit wurden in einer Funktion festgelegt. Sobald die Messwerte nicht mehr unter diesem Wert liegen stoppt Motor A wieder. Dieses Verfahren läuft solange, bis die Messwerte des Ultraschallsensors am Ende des Laufbandes unter einen bestimmten Wert fallen. Ist das der Fall, stoppt Motor A, ein Zähler wird einen Wert hochgesetzt und die Kamera beginnt ein Foto aufzunehmen. Sobald das geschehen ist, beginnt ein Programm den Barcode auszulesen. Gelingt das, wird der Zähler wieder auf Null gesetzt, der Barcode wird ausgegeben und Motor A gestartet, welcher die Flasche hinten auswirft. Nun kann eine neue Flasche eingeworfen werden.

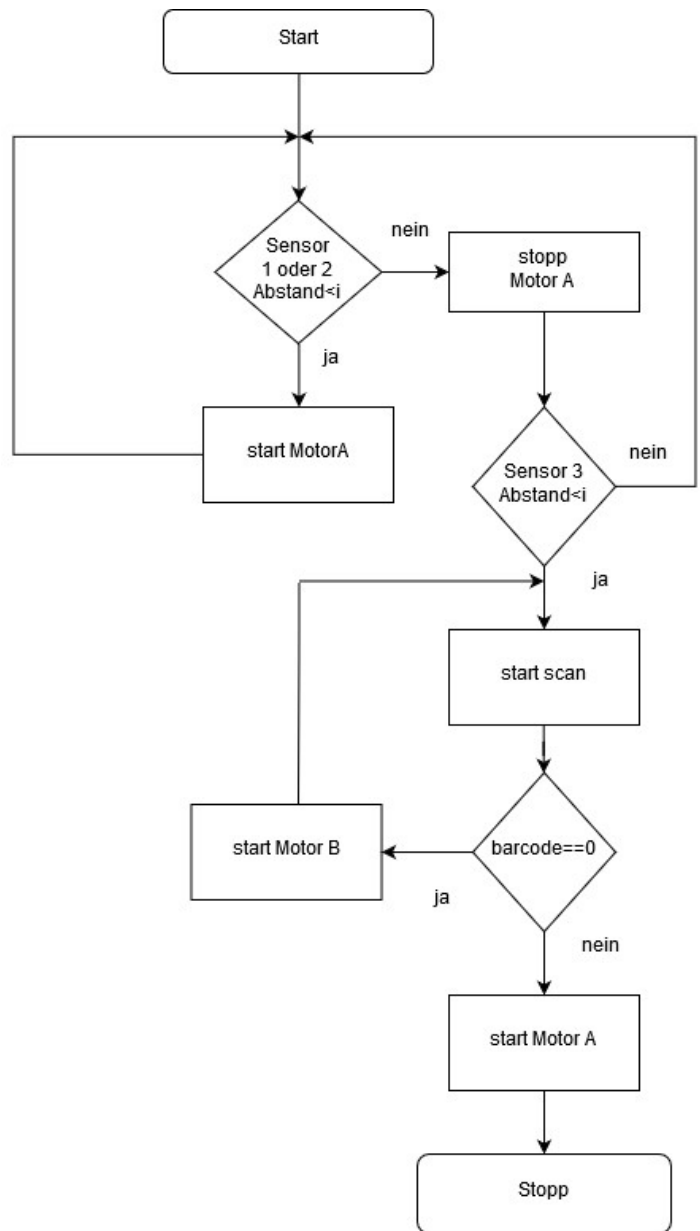


Abbildung 3. Programmablaufplan

Falls der Barcode nicht beim ersten Mal ausgelesen werden kann, wird Motor B gestartet, der den Rotationsmechanismus antreibt. Antriebskraft (Power), Antriebsgeschwindigkeit und Umdrehungen für Motor B wurden wieder in einer Funktion festgelegt. Die Flasche soll dadurch so in Position gebracht werden, dass der Barcode nach oben zeigt und ausgelesen werden kann. Funktioniert dies wieder nicht, wird der Zähler wieder um einen Wert hochgesetzt und Motor B wieder gestartet. Dieser Vorgang wird bis zu einer bestimmten Zählerzahl durchgeführt, sollte dann noch kein Auslesevorgang erfolgreich gewesen sein, wird Motor A gestartet und somit die Flasche vorne wieder ausgegeben. Der Zähler wird wieder auf Null gesetzt und es kann eine neue Flasche eingeworfen werden. Durch die Einbindung von zwei Scanprogrammen funktioniert es sowohl für achtziffrige (EN8) und dreizehnziffrige (EN13) Barcodes.

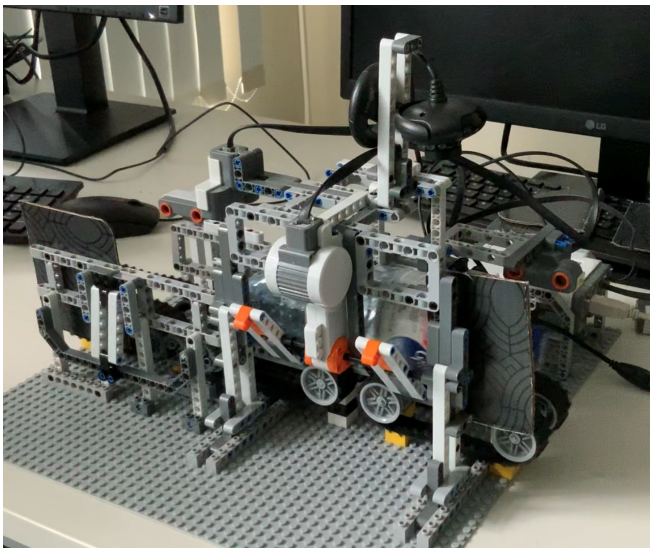


Abbildung 4. Pfandflaschenautomat

IV. HERAUSFORDERUNGEN

Die Lichtverhältnisse, die es immer wieder erschwert haben, den Barcode zu erkennen, stellten eine der Herausforderungen in der Entwicklung des Pfandflaschenautomaten dar. Durch den Lichteinfall kam es wiederholt zu Reflektionen auf dem Barcode, die die Barcodeerkennung verhindert haben. Deshalb musste der Öffner mit einer Abdeckung gearbeitet werden, die den Lichteinfall auf das Nötigste reduzierte. Des Weiteren führten Messungenauigkeiten der Ultraschallsensoren zu Problemen. Aufgrund der gewölbten Oberfläche der Flaschen wurden die Schallwellen unterschiedlich zurückgeworfen und so falsche Messwerte ausgegeben. Um den Ungenauigkeiten nachzukommen, wurden Wände aus Pappe gegenüber den Sensoren angebracht (siehe Abbildung 4). Die Ausschläge im Diagramm zeigen deutlich die Schwankungen der Messwerte bei der Ankunft einer Flasche (siehe Abbildung 5). Die Konstanten wiederum zeigen den Abstand zur Wand und nach den Änderung den Abstand zur Flasche. Es wird deutlich, dass der Sensor bei der Ankunft der Flasche unter einen Wert fällt (siehe Abbildung 5) und bei Messungenauigkeiten Motor A zu früh oder zu spät stoppt.

V. ERGEBNISDISKUSSION

Am Ende des Seminars konnte ein funktionsfähiger Roboter vor den anderen Teilnehmern des Seminars präsentiert werden. Er war in der Lage, nach Einwurf der Flasche diese zu transportieren, einen Barcode zu scannen und zu entscheiden ob ein Code erkannt wurde und je nach Ergebnis die Flasche aus zu geben. Außerdem war es möglich, die Flasche nicht nur behutsam einzulegen, sondern sie einzuwerfen. Es spielte dabei keine Rolle, ob der Barcode dabei nach oben ausgerichtet wurde, denn der Rotationsmechanismus ermöglichte es, die Flasche in die Richtige Position zu bringen. Natürlich lief nicht alles reibunglos, es traten immer wieder einige Probleme auf. Das größte Problem war der Lichteinfall, der teilweise für die Kamera zur Erkennunglosigkeit des Barcodes geführt hat,

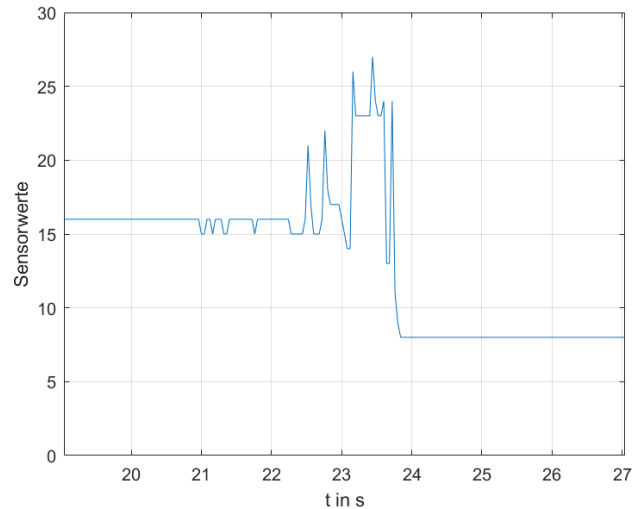


Abbildung 5. Ankunft einer Flasche am hinteren Ultraschallsensor

dadurch wurde die Flasche einfach wieder vorne ausgegeben. Es kam auch gelegentlich dazu, dass der Rotationsmechanismus, der eigentlich die Flasche in Position bringen sollte, das Gegenteil tat und der Barcode aus dem Erkennungsbereich geriet. Der Sensor, der bei Erkennung einer Abstandsänderung dazu führte, dass das Laufband stoppte, um die Flasche in der richtigen Position zu halten, führte durch Messungenauigkeiten teilweise zum Gegenteil. Ein selten auftretendes Problem war, dass die Flasche während des Transportes hängenblieb und somit nicht zum Auslesepunkt gelangte. Aufgrund der Größe unseres Roboters ist er nur in der Lage, kleine Flaschen aufzunehmen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Der Roboter kann Barcodes von Flaschen scannen, die eingeworfen werden. Die Arbeit an dem Projekt hat gezeigt, was man schon aus LEGO und mit ein wenig Programmierarbeit aufbauen kann. Sie hat außerdem die Arbeit zwischen den einzelnen Gruppenmitglieder gestärkt und hat ihnen durch Spaß an dem Projekt eine neue Programmiersprache näher gebracht. Es bietet vor allem eine Abwechslung zum üblichen Alltag an der Uni. Mögliche Verbesserungen für den Roboter wären die Minimierung der Laufzeit des Programmes, denn es dauert seine Zeit, bis ein Foto aufgenommen und ausgewertet wurde. Es wäre außerdem möglich, ein GUI zu erstellen, welches dem Benutzer am Ende seiner Flaschenabgabe anzeigt, welchen Betrag er erhalten würde. Von Vorteil wäre auch eine tunnelartige Konstruktion, wie bei echten Pfandflaschenautomaten, welche den Lichteinfall begrenzt. Man könnte den ganzen Aufbau in einem größeren Format konstruieren, um auch große Flaschen scannen zu können. Dafür wäre aber eine viele größere Menge an Legoteilen erforderlich. Der Aufbau lässt noch Spielraum für einige Verbesserungen.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] INSTITUTE OF IMAGING COMPUTER VISION: *Mindstorms NXT Toolbox*. <https://www.mindstorms.rwth-aachen.de/trac/wiki/Download4.07>. Version: März 2020

- [2] WIKIPEDIA, THE FREE ENCYCLOPEDIA: *Strichcode*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Strichcode>. Version: März 2020
- [3] MATHWORKS: *Barcode Recognition*. <https://www.mathworks.com/help/vision/examples/barcode-recognition.html>. Version: März 2020
- [4] STUPIEDIA, DIE SINNFREIE ENZYKLOPÄDIE: *Pfandflaschenautomat*. <https://www.stupiedia.org/stupi/Pfandflaschenautomat>. Version: März 2020
- [5] MATHWORKS: *Barcode Reader*. <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/31727barcode-reader>. Version: März 2020
- [6] MATHWORKS: *Computer Vision Toolbox*. <https://www.mathworks.com/help/vision/examples/barcoderecognition.html>. Version: März 2020
- [7] SPEKTRUM.DE: *Echoorientierung*. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/echoorientierung/3359>. Version: März 2020
- [8] TEC-IT: *FAQ Strichcode Parameter*. <https://www.tec-it.com/de/support/faq/barcode/bar-code-config/Default.aspx>. Version: März 2020
- [9] ENGEL AUTOMATEN+TECHNIK: *Rücknahmeautomaten für Pfand-Leergut*. <https://www.engeltec.de/produkte/ruecknahmeautomaten/index.php>. Version: März 2020