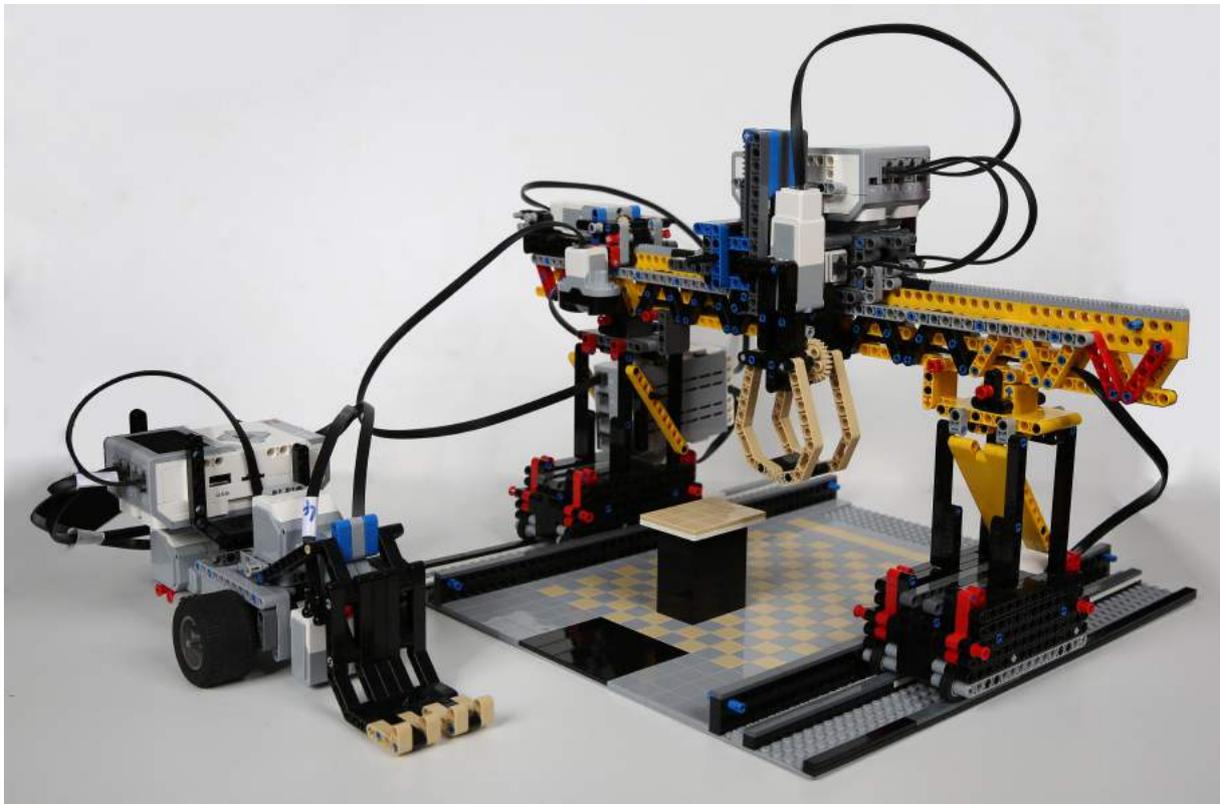


THE MINDFACTORY

Vermeidung von Verpackungsmaterial

WRO – Open Category
Ludwigshafen – 18. und 19. Juni 2016



1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Einleitung	3
2.1	Vorteile	3
3	Unser Team	4
4	Umsetzung	5
4.1	Programmablauf	5
4.2	Der Mess Roboter	6
4.2.1	<i>Konstruktion</i>	7
4.2.2	<i>Vermessungsalgorithmus</i>	7
4.3	Der Greifer	8
4.3.1	<i>Sensoren des Greifers</i>	8
4.3.2	<i>Konstruktion</i>	8
4.4	Der Gabelstapler	8
4.4.1	<i>Sensoren des Gabelstaplers</i>	9
4.4.2	<i>Konstruktion des Gabelstaplers</i>	9
4.5	Kommunikation	9
4.6	Schwierigkeiten	9
4.6.1	<i>Sensorwerte ungenau</i>	9
4.6.2	<i>Schrittweise – Messung ungeeignet</i>	10
4.6.3	<i>XXX-Arm Bewegung ungeeignet zur genauen Messung</i>	10
5	Quellenverzeichnis	11

2 Einleitung

Als wir auf der WRO-Internetseite gelesen haben, dass das Thema dieses Jahr „Reduzieren, Verwalten und Recyceln von Müll“ ist, informierten wir uns im Internet, wie man die verschiedenen Stoffe des Mülls recyceln kann. Danach kamen uns viele Ideen in den Kopf:

Unsere erste Idee war eine Maschine, die Müll aus dem Meer holt, aber das gibt es leider schon (siehe Bild).



Es folgten Ideen mit Glas-Mosaiken, jedoch ist Glas der am besten recycelbare Stoff, und unsere Idee wurde somit sinnlos. Es folgte noch eine Idee mit CDs. Da wir dieses Jahr das erste Mal dabei sind, fiel es uns schwer uns auf eine Idee zu einigen.

Letztendlich einigten wir uns auf folgende Idee:

Jeder kennt es: Man bestellt im Internet einen kleinen Gegenstand und bekommt diesen in einem großen Paket geliefert. Ist es zum Beispiel ein Handy wird oft sogar noch eine Menge Styropor oder Luftpolsterfolie verwendet, um den leeren Raum zwischen Gegenstand und Karton zu füllen. Das nervt nicht nur den Verbraucher, sondern sorgt auch für deutlich mehr Müll als nötig wäre.

2014 fielen in Deutschland 15,1 Mio. Tonnen Altpapier an. 7,3 Mio. Tonnen, also knapp die Hälfte davon, war Verpackungsmaterial.

Wir wollen mit unserer Idee das Verpackungsmaterial auf das Minimale reduzieren. Wir wollen für jede Bestellung eine möglichst passende Verpackung.

Eingepackt werden die Bestellungen in Kisten aus Hartplastik (in unserem Modell aus Holz) die nach der Verwendung auf Basis eines Pfandsystems wieder an den Onlinehändler zurückgeführt werden.

Den Statistiken der Onlinehändler und Logistikunternehmen zufolge, sieht man, dass aus unserer Idee ein deutlicher Nutzen und Vorteil hervorgeht.

2.1 Vorteile

Durch unsere Idee wird nicht nur Verpackungsmaterial gespart, sondern es entsteht auch weniger CO₂, da so mehr Pakete in ein Auslieferungsfahrzeug passen und deshalb weniger Fahrzeuge die gleiche Anzahl an Paketen ausliefern können. Insgesamt wird der Versand günstiger, da bei den meisten Logistikunternehmen die Versandkosten nach der Größe des Paketes berechnet werden.

3 Unser Team



Martin

Er kümmert sich um die logische Programmierung. Seine Spezialität sind Algorithmen, Arrays, Variablen und alles rund um Zahlen. Zudem besitzt er mehrere tausend Legoteile.



David

Er ist für die Steuerung der Motoren sowie die Ausmessung von Umdrehungswerten zuständig. Zudem kümmert er sich um die Dokumentation und um das Design der Team-T-Shirts.



Daniel

Er bastelt gerne mit LEGO-Technik und hat sich daher um den Aufbau und um die Dekoration gekümmert. Außerdem fielen die Plakate sowie die Ausarbeitung der Präsentation in seinen Aufgabenbereich.



Zoltan

In seiner Funktion als Teamcoach wacht er mit wachsamen Augen über unsere Arbeit und versorgt uns mit der nötigen Fachliteratur. Zudem sorgt er mit konstruktiver Kritik und fachlichen Ratschlägen für die reibungslose und erfolgreiche Umsetzung.

4 Umsetzung

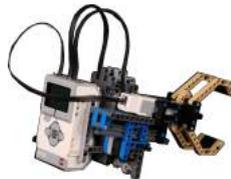
Für die Konstruktion haben wir uns für LEGO Technik Bauteile entschieden; für die Programmierung haben wir die LEGO MINDSTORMS EV3-Software (LabVIEW) verwendet.

Unser Modell besteht aus drei Robotern:

Der Mess-Roboter



Der Greifer



Der Gabelstapler



Jeder Roboter hat eine andere Aufgabe und die Roboter kommunizieren über Bluetooth.

4.1 Programmablauf

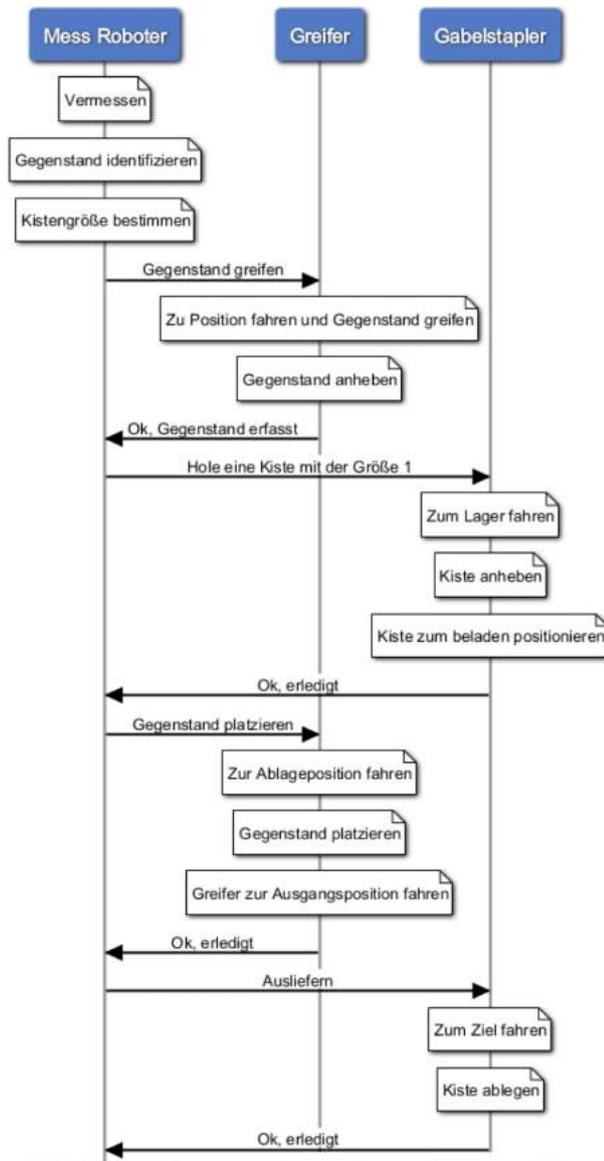
Nach dem Start des Programms vermisst der Roboter das Messfeld und berechnet die Position und die Größe des Gegenstandes.

Anschließend hebt der Greifer den Gegenstand an und wartet, bis der Gabelstapler die passende Kiste gebracht hat.

Nachdem die richtige Kiste an der Verladeposition steht, wird der Gegenstand vom Greifer in der Kiste abgesetzt.

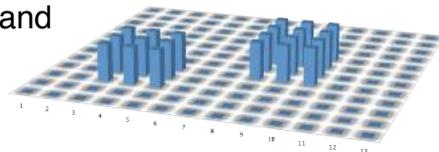
Zum Schluss, hebt der Gabelstapler die Kiste wieder an und bringt sie zur Ausgangsposition.

Das folgende Sequenzdiagramm zeigt die einzelnen Verarbeitungsschritte im Detail:

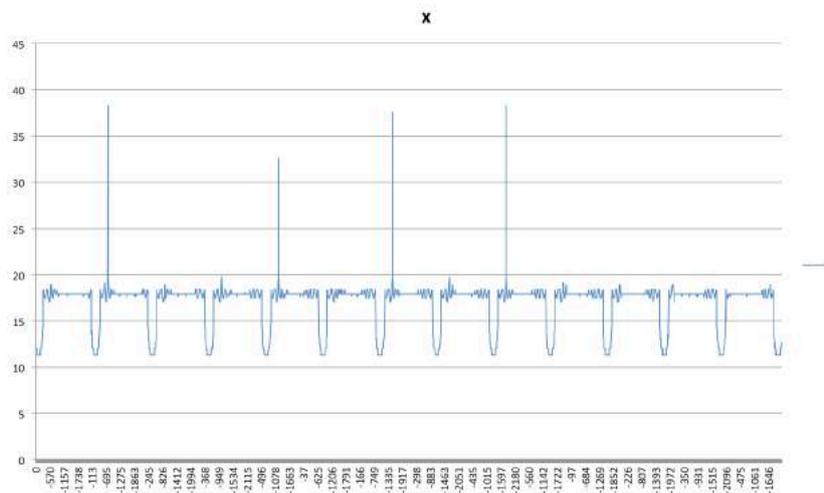


4.2 Der Mess-Roboter

Als Hauptroboter (Master) steuert der Mess-Roboter die anderen Roboter und teilt ihnen per Bluetooth mit, wann sie was tun müssen. Zudem ist er für die Vermessung der Gegenstände (Bestimmung der optimalen Kistengröße) zuständig. Um diese Aufgabe zu erledigen, verwendet der Roboter einen Ultraschallsensor. Der zu vermessende Gegenstand wird auf dem Messfeld platziert. Das Messfeld besteht aus 13 mal 14 Feldern. Im Programm verwenden wir ein Koordinatensystem (x;y) indem jedes Feld seine eigene Position hat.



Mithilfe eines Testprogrammes, welches 13 Mal hintereinander eine Reihe abfährt, haben wir die Mittelpunkte der einzelnen Felder vermessen, und die Messwerte in Excel geladen (siehe Bild unten).



4.2.1 Konstruktion

Die Konstruktion des Mess-Roboters orientiert sich an den Container-Verladekränen, die u.a. an Häfen zum Einsatz kommen. Zur Fortbewegung nutzt der Roboter an seinen zwei „Beinen“ Zahnräder, die über ein Getriebe angesteuert werden und auf einer Schiene, bestehend aus LEGO Zahnstangen, fahren. Die obere Fahrschiene ist der Fachwerkbauweise nachempfunden. Der Sensor fährt mit Hilfe eines kleinen EV3 Motors.

4.2.1.1 Besondere Aspekte der Konstruktion

Bei der Konstruktion haben wir auf eine stabile *modulare Bauweise* gesetzt. Diese weist eine hohe Stabilität auf und kann gleichzeitig auch sehr einfach repariert und transportiert werden, da zum Zerlegen des Roboters nur die roten LEGO-Stifte rausgezogen werden müssen.

4.2.2 Vermessungsalgorithmus

Für die Vermessung der Gegenstände, verwenden wir den Ultraschallsensor. Der Sensor fährt auf dem Wagen über die Schiene bis der Motorumdrehungssensor einen bestimmten Wert erreicht.

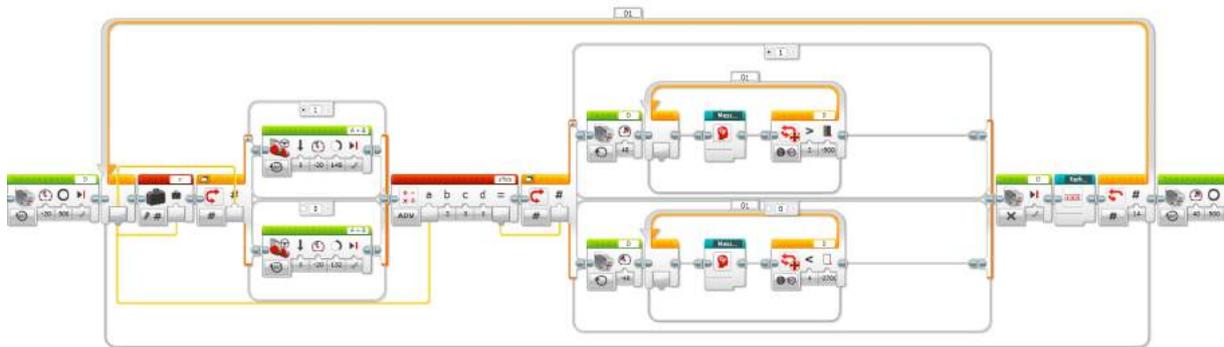
Während der Fahrt zeichnet er die vom Ultraschallsensor ermittelten Werte auf und speichert diese in einem Array.

Die Messwerte, die im Array „Werte“ ermittelt wurden, werden anschließend ausgewertet und die Ergebnisse in einem zweiten „zweidimensionalen“ Array gespeichert.

Dieses zweidimensionale Array entspricht unserem Messfeld.

Nachdem der Roboter eine Reihe abgearbeitet hat (egal ob von rechts nach links oder von links nach rechts), bewegt der Master die Schiene um genau eine Reihe nach vorne. Anschließend scannt der Ultraschallsensor die nächste Reihe ab.

Für wiederholende und gut abgegrenzte Funktionalität haben wir eigene Blöcke erstellt.



Vermessungsalgorithmus



Werte abspeichern (eigener Block)

4.3 Der Greifer

Der Greifer hat die Aufgabe die Gegenstände an der vom Mess-Roboter ermittelten Position zu greifen und an den Gabelstapler zu übergeben.

4.3.1 Sensoren des Greifers

Beim Greifer benutzen wir nur die Umdrehungswerte und die Stromstärke der Motoren. Da alle Bewegungen des Greifers über Zahnräder ablaufen, ist eine präzise Bewegung trotzdem möglich.

4.3.2 Konstruktion

Bei dem Greifer sind drei kleine EV3 Motoren verbaut: Einen für die Fortbewegung, der Zweite für das Aufheben und Absetzen, und ein Dritter für den Greifarm.

4.4 Der Gabelstapler

Der Gabelstapler ist für die Bereitstellung und den Abtransport der Kisten zuständig. Welche Kistengröße er wählen muss, bekommt er in Form eines Zahlencodes vom Mess-Roboter mitgeteilt.

4.4.1 Sensoren des Gabelstaplers

Der Gabelstapler nutzt zur Orientierung eine schwarze Linie, die er mit zwei Farbsensoren, die nebeneinander angeordnet sind identifiziert.

Wir sind uns darüber im Klaren, dass der Roboter die Linie auch nur mit einem Farbsensor identifizieren könnte. Jedoch fährt er mit zwei Farbsensoren deutlich „ruckelfreier“, da so die Motoren nicht mit einem Schalter im Programm gesteuert werden.

In unserem Programm fragen wir die Helligkeitswerte der einzelnen Sensoren ab, teilen diese durch 7,5 und geben diese dann als Geschwindigkeit in den Motor, der auf der gleichen Seite liegt, auf der auch der Farbsensor liegt.

Dies funktioniert, da der Helligkeitswert umso kleiner ist, je dunkler die gemessene Oberfläche ist.

Zudem hat diese Programmierung einen nützlichen Nebeneffekt: Der Roboter bleibt an einer Tischkante automatisch stehen.

4.4.2 Konstruktion des Gabelstaplers

Der Gabelstapler verfügt über drei Motoren, von denen zwei für die Fortbewegung und einer für das Anheben der Kisten zuständig ist. Als drittes Rad verwenden wir ein Kugel-Rad, da der Roboter so einfach und trotzdem präzise gesteuert werden kann.

4.5 Kommunikation

Um einen reibungslosen Programmablauf zu gewährleisten stimmen sich die Roboter während des Programmablaufs mehrmals per Bluetooth untereinander ab.

Die Aktionen werden immer vom Mess-Roboter initiiert.

Folgende Befehle werden verwendet:

- **Gegenstand greifen:** Dieser Befehl veranlasst den Greifer, den Gegenstand zu fassen und anzuheben. Hierfür wird die Position und die Breite des Gegenstandes als Parameter auch übertragen
- **Transportkiste holen:** Dieser Befehl startet den Gabelstapler und lässt von ihm eine leere Kiste liefern
- **Gegenstand absetzen:** Der Greifer setzt den Gegenstand in die Kiste
- **Paket ausliefern:** Der Gabelstapler liefert das Paket aus

4.6 Schwierigkeiten

Während unseres Projekts hatten wir mit vielen Problemen zu kämpfen. Die wichtigsten Punkte werden hier zusammengefasst.

4.6.1 Sensorwerte ungenau

Die LEGO Mindstorms Sensoren und Motoren sind sehr ungenau.

Die Dokumentation gibt für die Motoren 1 Grad Ungenauigkeit an, beim Ultraschallsensor ist die Abweichung mit 1 cm angegeben.

Bei unseren Tests haben wir aber auch viel größere Abweichungswerte gemessen. Vor allem auf dem Messfeld, wenn mehrere Gegenstände dicht nebeneinander platziert wurden, erhielten wir manchmal falsche Ergebnisse. Diese Fehler bzw. Mängel haben wir versucht, mit Hilfe von geschickter Programmierung zu umgehen.

4.6.2 Schrittweise – Messung ungeeignet

Um die Gegenstände zu Vermessen, hatten wir ursprünglich folgenden Algorithmus ausgedacht: In einer Schleife fährt der Motor jedes Mal 146 Grad, dann wird das Messergebnis (Ultraschall) bestimmt. Aber dadurch, dass der Motor immer wieder gestoppt und gestartet wurde, war das Ergebnis ungenau.

Außerdem, bedingt durch die Ungenauigkeit der Sensorwerte, reichte uns ein Messwert pro Feld nicht aus.

4.6.3 XXX-Arm Bewegung ungeeignet zur genauen Messung

Wir haben ursprünglich einen beweglichen Arm (Watt-Getriebe, Nürnberger Schere) für den Ultraschall-Sensor vorgesehen.

Am Ende des Armes sollte der Sensor montiert werden und durch die „Öffnung“ des Armes sollte er vor- und zurückfahren können.

Die Bewegung des Armes war nach den ersten Tests aber nicht geeignet um den Sensor genau auf die Felder zu positionieren.

5 Quellenverzeichnis

Paweł Kmieć (2013) Das inoffizielle LEGO-Technik-Buch
Laurens Valk (2015) LEGO-EV3-Roboter
Terry Griffin (2015) Programmieren lernen mit EV3
Yoshihito Isogawa (2015) Das LEGO Mindstorms EV3 Ideenbuch

<http://worldrobotolympiad.de/>

<https://www.awv-isar-inn.de/wie-werden-wertstoffe-recycelt-und-was-passiert-mit-ihnen>

<https://www.youtube.com/watch?v=3HjO9Q625vA>

<https://www.youtube.com/watch?v=qbKjubHtYgo&sns=em>

<https://www.youtube.com/watch?v=8g7hHp1NIJY&sns=em>

<https://www.youtube.com/watch?v=Mp8Y2yjV4fU&sns=em>

<https://www.youtube.com/watch?v=YOipqkKB7fc&sns=em>

<https://www.youtube.com/watch?v=3tguWcKTXQI>

<https://www.youtube.com/watch?v=Y4neo4fRw2M>

<https://www.youtube.com/watch?v=tNp62EfaJ60>

https://www.youtube.com/watch?v=oF0pMILT7_Y

<https://www.youtube.com/watch?v=X89pXBJaPWl><http://www.blogcdn.com/de.engadget.com/media/2012/03/prinxt-lego-printer1.jpg>

<http://ev3-wissen.engeln.info/doku.php?id=ev3:ultraschallsensor>

<http://www.robotc.de/ev3-sensoren/>

<https://www.youtube.com/watch?v=pitQaH8Detw>

<https://www.youtube.com/watch?v=kSHjEILNBVU>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZPzVf7vYQB4>

<https://www.youtube.com/watch?v=8sxj8iyUmF8>

<https://www.statista.com>

LEGO, MINDSTORMS, the MINDSTORMS EV3 logo, are trademarks and/or copyrights of the LEGO Group.