

Verteilzentrum für Bestellungen

Friedrich Schneider, Elektrotechnik/Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Heutzutage werden Pakete in einem Verteilzentrum mithilfe eines Kippmechanismus sortiert. Das Verteilzentrum für Bestellungen, mit dem sich in diesem Paper auseinandergesetzt wird, soll den Ablauf und die grundlegende Funktionsweise in einem Verteilzentrum aufzeigen. Dabei wird hauptsächlich auf die Planung, die technische Umsetzung, die Programmierung und die aufgetretenen Probleme eingegangen. Zum Abschluss des Seminars wurde ein funktionstüchtiger Roboter präsentiert, der Farbkugeln anhand einer Bestellung verteilt.

Schlagwörter—LEGO Mindstorms, NXT, OVGU, Otto-von-Guericke Universität, Projektseminar, Verteilzentrum

I. EINLEITUNG

ROBOTER und automatisierte Prozesse sind aus unserem heutigen Leben kaum noch wegzudenken. Gerade in der Logistik-Branche werden sie in immer größeren Maße eingesetzt, denn die Anzahl der Pakete, die im Durchschnitt täglich versendet werden, ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Rund 700 000 Pakete pro Tag werden allein in den Paketzentren der schweizerischen Post verarbeitet [1].

Auf Grundlage eines Verteilzentrums, wie es Versanddienstleister wie Amazon, die Post oder Hermes betreiben, kam die Idee dies aus LEGO in vereinfachter Form nachzubauen. Es soll also möglich sein eine Bestellung aufzugeben und der LEGO Roboter soll erkennen, wo der bestellte Artikel liegt, um ihn in den passenden Bestellkorb zu transportieren. Mit diesem Ziel wurde das LEGO Verteilzentrum beim diesjährigen Projektseminar zwischen dem 11. Februar und dem 24. Februar 2020 entwickelt und gebaut.

II. STAND DER TECHNIK / GRUNDLAGEN

Im Folgenden wird zunächst auf die Funktionsweise eines Paket-Verteilzentrums eingegangen und dann anhand einer kurzen Erläuterung zu ähnlichen Projekten auf eine mögliche Umsetzung mit LEGO geschlossen.

A. Vorbild

Was ist eigentlich ein Verteilzentrum?

Laut der DHL Tochterfirma Salodoo!, sorgt es dafür, dass Waren zwischen Unternehmen und Kunden möglichst schnell und effizient transportiert werden. Das Verteilzentrum, welches auch unter dem Begriff Verteillager bekannt sei, Sorge dafür das Unternehmen im weltweiten Handel konkurrenzfähig bleiben, da es für einen optimalen Warenfluss verantwortlich sei. [2]

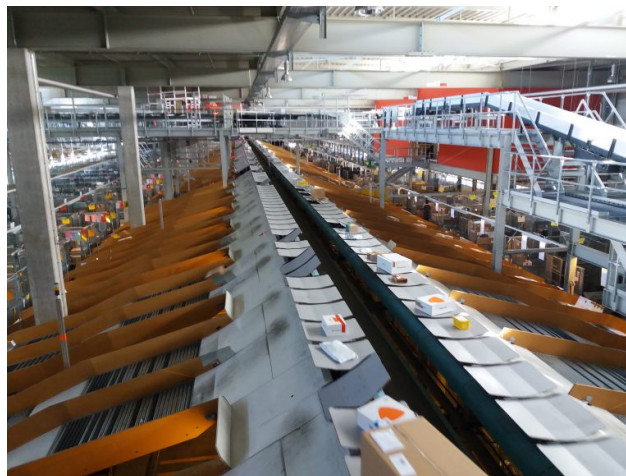


Abbildung 1. Einblick in ein Schweizer Post-Verteilzentrum [4]
Mittig: graue Kippschalen-Sortierer
Links und Rechts: Speicherrutschen

In einem automatisierten Verteilzentrum, auch Mechanisierte Zustellbasis (MechZB) genannt, werden zunächst die per Lkw angelieferten Pakete per Teleskopförderband entladen und anschließend die Adressen und Barcodes der Pakete am Band mit Hilfe eines stationären Scanner automatisch gelesen. Anschließend werden sie automatisch per Kippschalen-Sortierer (siehe Abb. 1) „nach einzelnen Zustellbezirken sortiert und in Speicherrutschen-Endstellen gesammelt, die direkt vor dem Beladator liegen, an dem das Zustellfahrzeug vom Zusteller geladen wird.“ [3]

B. Ähnliche Roboter

Bei der Projektfindung wurden mehrere Roboter betrachtet, die eine ähnliche Funktionsweise aufwiesen. Dabei handelte es sich hauptsächlich um „Farbsortierer“. Diese sind grundsätzlich so aufgebaut, dass sie einen Farbsensor nutzen, um farbige Steine oder Kugel zu erkennen. Für die Beförderung werden häufig Transportbänder genutzt. Somit bot es sich an, dass Farbkugeln Produkte bzw. Pakete darstellen sollten und das zur Unterscheidung statt Barcodes die Farbe der Kugel genutzt werden.

Die Vorbetrachtung war sehr hilfreich, da sie Lösungsideen für mögliche Probleme lieferte: so lässt sich z. B. die Übersetzung der Motoren mit Zahnradkonstruktionen anpassen und somit die Genauigkeit erhöhen.

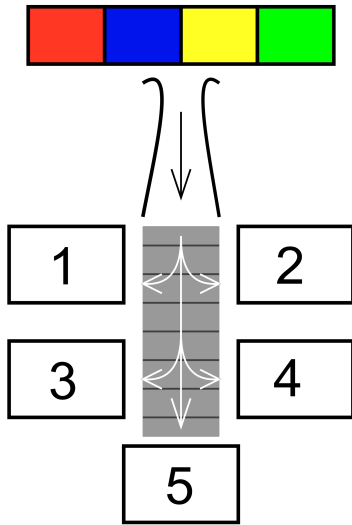


Abbildung 2. Skizze von der grundlegenden Idee

III. UMSETZUNG

Auf Basis eines Farbsortier-Roboters kam die Idee, ein automatisches Verteilzentrum zu konstruieren. Dazu standen ein LEGO Mindstorms Baukasten, ein NXT-Controller, 3 Motoren, sowie Farb-, Licht-, Tast-, und Ultraschallsensoren zur Verfügung. [5]

Die Zielstellung war es, dass der Roboter Bestellungen mit einer bestimmten Anzahl von farbigen Kugeln entgegen nimmt. Deren Position sollte zunächst automatisch ermittelt werden und dann in das der Bestellnummer zugehörige Fach transportiert werden. Dazu wurde eine Konzeptskizze erstellt, die in Abbildung 2 zu sehen ist.

A. Mechanischer Aufbau

Der Motor C (siehe Abb. 3) wurde zunächst auf einer Grundplatte befestigt und eine möglichst niedrige Übersetzung aus Zahnrädern konstruiert. Darauf aufbauend erfolgte der Bau von drei Fächern für die Aufbewahrung der Kugeln und ein Förderband für den Transport in den entsprechenden Bestellkorb. Die anfängliche Idee das Konstrukt aus Fächern und Förderband oberhalb des Motor C zu befestigen, stellte sich als viel zu instabil dar. Es wurde eine andere Lösung gefunden, die in Abbildung 3 und 4 zu sehen ist. Zunächst wurde der Schwerpunkt der Konstruktion ermittelt und aus LEGO-Steinen zwei Stützpfiler gebaut. Den Abschluss der Pfeiler bildete jeweils ein Schneckengetriebe. Diese waren über eine entsprechenden Drehachse verbunden, um die schwebende Konstruktion mithilfe des Motors C kippbar zu machen (siehe Abb. 4).

Die Fächer wurden jeweils mit einer Öffnung versehen, die das Rausrollen der Kugeln ermöglichen sollte. Damit immer nur aus einem Fach eine Kugel rollt, kam eine Konstruktion aus mehreren Loch- und Zahnstangen zum Einsatz. Diese wurde über den Motor A (siehe Abb. 3) mit Hilfe eines Schneckengetriebes beweglich gemacht, sodass sich die Fächer öffnen und schließen lassen. Des Weiteren wurde an dem Öffnungsmechanismus der Farbsensor mit einer Stange oberhalb der Fächer befestigt. Um

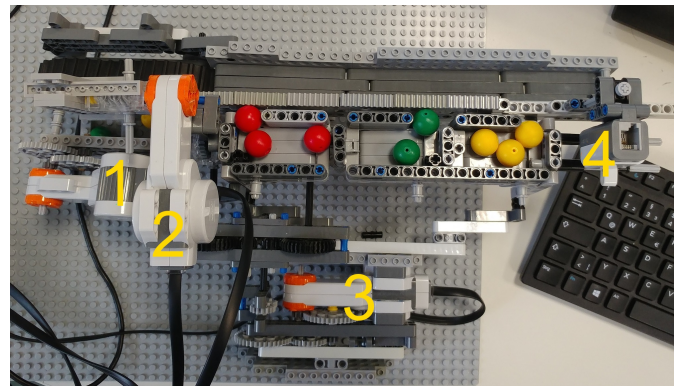


Abbildung 3. Roboter von oben

- 1 - Motor B (Band bewegen)
- 2 - Motor A (Fächer öffnen bzw. schließen)
- 3 - Motor C (vor oder zurück kippen)
- 4 - Farbsensor

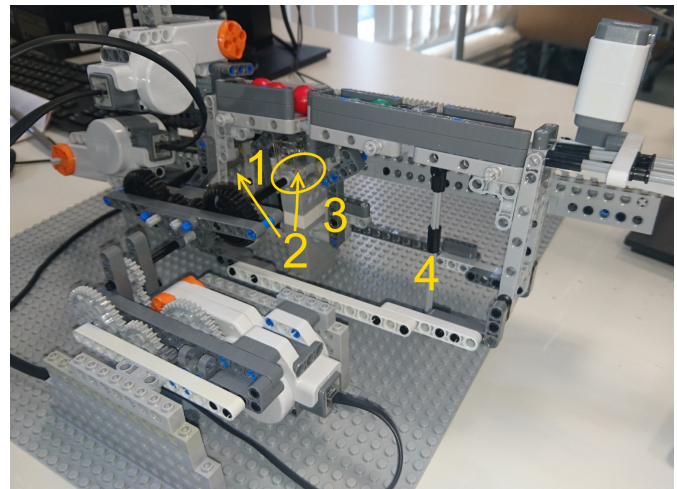


Abbildung 4. Roboter von der Seite

- 1,3,4 - Stäbe um die Böden hoch zu drücken
- 2 - Schneckengetriebe für die Kippbewegung

die Kugeln dann auf ein Förderband rollen zu lassen, wurden Lochstangen zu einer Art Rutsche zusammen verbunden und an den Fächern befestigt. Der Motor B (siehe Abb. 3) war für die Bewegung des Förderbandes zuständig, welches nahe genug an der Rutsche befestigt werden musste, damit die Kugeln auch transportiert werden. Mit einer Bande wurde erreicht, das die Kugeln nur in einer Richtung vom Förderband rollen können, wie in Abbildung 6 zu sehen ist. Nachdem der Prototyp fertiggestellt war, wurde mit dem Programmieren begonnen.

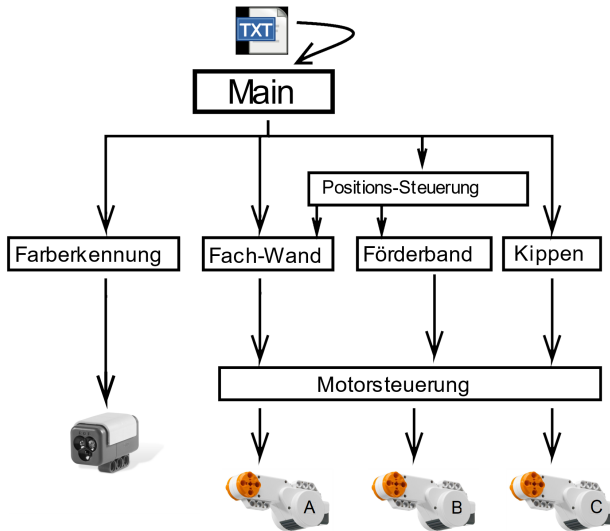


Abbildung 5. Grundlegender Funktionsablauf

B. Programmierung

Mithilfe der NXT Toolbox [6], welche von der RWTH Aachen entwickelt wurde, konnten die an den NXT-Controller angeschlossenen Motoren und Sensoren über MATLAB [7] ausgelesen und gesteuert werden.

Das Programm bestand aus einer Hauptfunktion und mehreren Unterfunktionen, die gegenseitig mit den benötigten Übergabeparametern kommunizierten (siehe Abb. 5).

Zu Beginn fuhr der Farbsensor alle Fächer ab und ermittelte die Farbe der Kugeln. Diese wird dann in einer Tabelle, bzw. genauer einem Struct, mit der entsprechenden Fachnummer gespeichert. Für die Positionierung des Sensors wurde die Zeit ermittelt, wie lange der Motor A bei einer bestimmten Leistung drehen muss, bis der Sensor an der entsprechenden Position ist. Nach diesem „Stoppuhr-Prinzip“ wurde bei den anderen Motoren auch vorgegangen. Somit ergaben sich für Motor A fünf Positionen, drei zum Öffnen der Fächer, eine zwischen Fach eins und zwei, sowie eine zwischen Fach zwei und drei. Der Motor B hatte vier Positionen, die jeweils der Bestellnummer entsprachen. Für Motor C gab es nur zwei Positionen, zum einen nach vorn kippen, sodass die Kugel aus dem Fach rollt, und nach hinten kippen, sodass die Kugel vom Band in den Bestellkorb rollt (siehe Abb. 6).

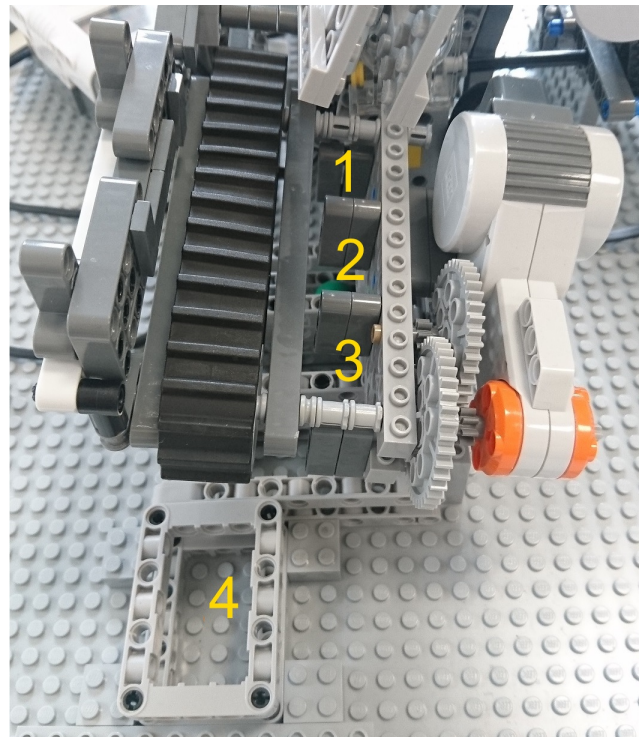


Abbildung 6. Band mit den Bestellkörben

- 1 - Position 1 für Bestellung 1 (= 1 s)
- 2 - Position 2 für Bestellung 2 (= 4 s)
- 3 - Position 3 für Bestellung 3 (= 7 s)
- 4 - Position 4 für Bestellung 4 (= 10 s)

Tabelle I
BEISPIEL FÜR EINE BESTELLUNG

| Bestellnr. | Anz_Farbe_Rot | Anz_Farbe_Gruen | Anz_Farbe_Gelb |
|------------|---------------|-----------------|----------------|
| 1 | 2 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 3 |

C. Die Bestellung

Für die Bestellung wurde ein einfache und praktische Lösung gefunden. Diese bestand darin, dass die Bestellung in einer normalen Textdatei eingegeben wurde. Das Programm las diese Datei dann ein und speicherte die Werte in eine Tabelle, wie es beispielhaft in Tabelle I zu sehen ist. Mit einer for-Schleife wurde dann jede Spalte durchlaufen und entsprechend der bestellten Anzahl, der Auslieferungsprozess für jede Farbe wiederholt gestartet.

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Zum Abschluss des Projektes konnte ein funktionstüchtiger Roboter präsentiert werden, der allerdings noch ein paar Probleme aufwies. Zum einen war es notwendig, dass sich der Öffnungsmechanismus und die Neigung des Roboters in der richtigen Ausgangsposition befinden mussten, bevor das Programm aufgerufen werden konnte. Des Weiteren konnte in der begrenzten Zeit keine Lösung gefunden werden, die es gänzlich verhindert, dass immer nur eine Kugel aus dem Fach rollt. Dazu wäre ein zusätzlicher Motor notwendig gewesen, der eine weitere Wand versetzt zur vorhanden bewegt oder man hätte die Fächer nochmal grundsätzlich verändern müssen. Die zur Verfügung gestellten Kugeln stellten sich auch als etwas problematisch dar, da sie nicht vollkommen rund, sondern zwei Abflachungen aufwiesen, die dafür sorgten, dass die Kugel einfach liegen blieb, obwohl der Roboter ausreichend gekippt war. Auch der Öffnungsmechanismus stellte sich als nicht ganz zuverlässig heraus, da durch die Schwerkraft bedingt der Kontakt zwischen Zahnrad und Zahnstangen nicht immer ausreichend war. Positiv hervorzuheben ist der Kippmechanismus, durch den ein Motor eingespart werden konnte, der durch eine ausreichende Übersetzung zwar recht langsam, aber zuverlässig funktionierte.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Während des Projektseminars LEGO Mindstorms wurde erfolgreich ein einfaches Modell eines Paket-Verteilzentrums entwickelt, dessen Funktionsweise in den Grundzügen dem Vorbild recht nahe kommt. Natürlich ist es längst nicht so komplex, aber vorausgesetzt man hätte mehr Zeit und Teile zur Verfügung gehabt, dann wäre es z. B. durch Einsatz einer Webcam möglich gewesen, Bar- bzw. QR-Codes einzulesen und darauf basierend eine Verteilung vorzunehmen. Die Bestellung wäre dann auch über eine GUI realisiert wurden. Des Weiteren bot der Kippmechanismus auch noch Optimierungspotential, wenn man durch Erhöhung der Übersetzung das Kippen beschleunigt hätte.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] HSR HOCHSCHULE FÜR TECHNIK RAPPERSWIL: HSR forscht am sich selbst überwachenden Paketzentrum. In: *HSR Magazin* (2018), Nr. 1, 34–35. https://leanbi.ch/wp-content/uploads/2018/07/leanpredict_HSR_Magazin_1.2018.pdf
- [2] *Was ist ein Verteilzentrum? Definitionen & Erklärungen — Saloodo!* <https://www.saloodo.com/de/logistik-lexikon/verteilzentrum/>. Version: 05.03.2020
- [3] WIKIPEDIA (Hrsg.): *Mechanisierte Zustellbasis*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mechanisierte_Zustellbasis&oldid=194704237. Version: 05.03.2020
- [4] *Predictive Maintenance im Schweizer Post-Verteilzentrum mit LeanPredict - LeanBI*. <https://leanbi.ch/blog/predictive-maintenance-im-schweizer-post-verteilzentrum-mit-leanpredict/>. Version: 04.03.2020
- [5] *MINDSTORMS® — Themenwelten — Offizieller LEGO® Shop DE*. <https://www.lego.com/de-de/themes/mindstorms>. Version: 06.03.2020
- [6] *RWTH - Mindstorms NXT Toolbox*. <https://www.mindstorms.rwth-aachen.de/>. Version: 2019
- [7] *MATLAB - MathWorks - MATLAB & Simulink*. <https://de.mathworks.com/products/matlab.html>. Version: 2019