

# Der Farbsortierroboter

Lukas Zimmermann, Elektro- und Informationstechnik  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Wie seit 2013 jedes Jahr fand auch 2019 wieder das Lego Mindstorms Projektseminar der Otto von Guericke Universität Magdeburg statt, es gab wieder viele Projektideen, welche Ausgearbeitet, Realisiert und am Ende vor einer Jury und Studenten vorgestellt wurden. So auch der Farbsortierroboter, mit welchem sich in diesem Paper befasst wird. Seine Aufgabe ist es Lego Steine zu scannen und anschließend durch einen Mechanismus nach Farben einzusortieren. Der Farbsortierer brachte ein paar Probleme bei Bau und Programmierung mit sich, auf diese Probleme und ihre Lösungen wird im weiteren Verlauf des Papers eingegangen.

*Schlagwörter: Farbsortierer, Lego, Mindstorms, NXT, Otto von Universität, OvGU, Projektseminar*

## I. EINLEITUNG

Wie in unserer heutigen Gesellschaft üblich wird immer mehr automatisiert und autonomisiert, ob das Autos, Produktionsabläufe oder Abläufe in unserem Alltag sind, alles wird smarter und eigenständiger. Es gibt mittlerweile in fast allen Bereichen Geräte bzw. Maschinen die selbstständig ihre Arbeit verrichten, ob das nun Staubsaugerroboter, welche der WG helfen den Boden wenigstens einigermaßen begehbar zu halten oder Kühlschränke die einem sagen was noch drin ist und fragen ob sie neue Milch bestellen sollen, sind.

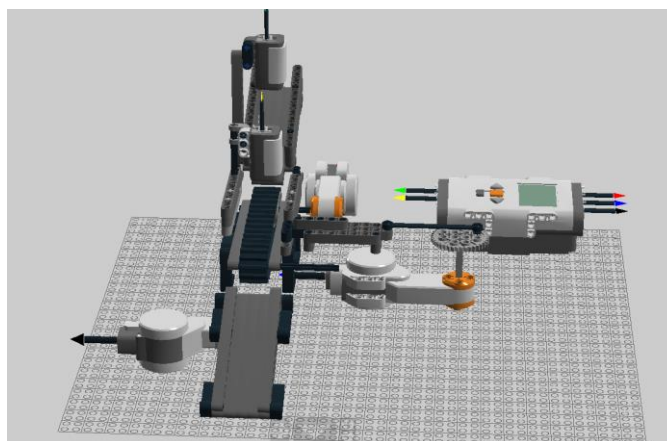
Da sich gerade die Automatisierungstechnik für uns als interessant darstellte, hatten wir überlegt was wir bauen könnten, schnell wurde die Idee geboren einen Roboter bzw. eine Maschine zu entwickeln, welche Dinge nach ihrer Farbe sortieren kann. Als Einsatzzweck könnte er in einer Abgewandelten Form in z.B. Kitas zum Einsatz kommen um die Lego, oder Duplo Steine zu sortieren. Auch wäre es möglich ihn abzuwandeln um damit andere Dinge zu sortieren, beispielsweise Münzen, um die Zählung von Kassen zu erleichtern. Es gibt viele verschiedene Gebiete in welchen man den Farbsortierroboter in verschiedenen abgewandelten Formen einsetzen könnte diese Vielseitigkeit in seinem Nutzen war für uns interessant. Die Anforderungen, welche er erfüllen sollte, waren erstmal eine zuverlässige Sortierung von Legosteinen in der Größe 2 x 2.

## II. HAUPTTEIL

Die Idee war es einen Roboter beziehungsweise eine automatisierte Vorrichtung zu entwerfen, welche Legosteine

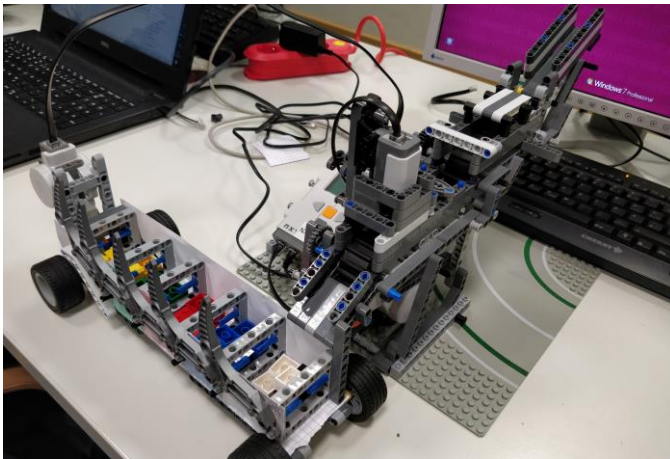
nach ihrer Farbe sortiert. Dieser Roboter sollte Steine, die auf ihn gelegt bzw. befördert wurden, vereinzeln können und selbstständig einsortieren können.

Relativ schnell wurde ein Entwurf erstellt wie in der Abbildung 1 zusehen.



(Abb. 1) Erster Entwurf des Farbsortierroboters

In diesem ersten Entwurf ist ein Fließband, der Farbsensor, der NXT und drei Motoren zusehen. Es war ursprünglich geplant, dass ein Motor das Fließband bewegt. Ein zweiter Motor sollte eine Rutsche am Ende des Fließbandes immer so verstellen, dass wenn z.B. ganz links immer die gelben Steine rein sollen, die Rutsche bei erkennen eines gelben Steines ganz nach links fährt. Der dritte Motor sollte einen Stempel bewegen, der Steine vom Förderband schiebt, welche nicht zu den Farben gehören die einsortiert werden sollen, z.B. ein schwarzer Stein. Bei diesem Entwurf war aber nicht klar wie die Vereinzelung der Steine realisiert werden sollte. Aus diesem Grund wurde ein neuer Entwurf erstellt, welcher leider nicht bildlich festgehalten wurde in der Abbildung 2 ist jedoch der fertige Roboter zusehen, an diesen kann man den Aufbau jedoch klar erkennen.



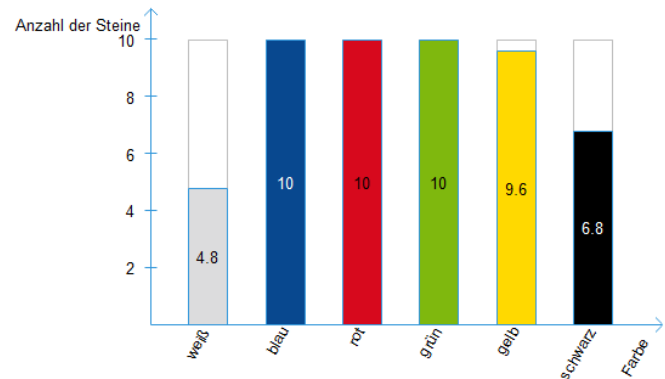
(Abb. 2) Zweiter Entwurf des Farbsortierroboters

Wie zusehen ist, hat sich der Aufbau nochmal stark geändert, statt der anfangs drei Motoren sind es nur noch zwei, welche leider etwas schlecht zu sehen sind. Bei diesem Entwurf wurden dann zwei Förderbänder statt eins genommen, das obere Förderband ist dabei durch eine Übersetzung langsamer als das andere, dadurch sollte sichergestellt werden, dass die Steine in einem vergrößerten Abstand bei dem Farbsensor ankommen. Sortiert werden die Steine in dieser Version nicht durch eine Rutsche die sich bewegt, sondern durch einen Wagen der je nach erkannter Farbe den richtigen Behälter vor dem Fließband platziert.

Als letztes wurde noch überlegt wie man den Roboter auch ohne GUI starten und stoppen konnte, das wurde durch einen Schalter der durch einen einrastenden Hebel entweder fest auf „AUS“ oder fest auf „EIN“ gestellt werden konnte, realisiert. Bei der Software war schnell klar, dass das Fließband halten sollte, sobald der Farbsensor einen Stein erkennt, um zu gewährleisten, dass der Wagen mit den Behältern genug Zeit hat sich richtig vor dem Fließband zu positionieren.

Nun zum genauen Aufbau des Farbsortierers, wie gesagt wurden zwei Förderbänder eingesetzt, wovon eines langsamer läuft als das andere, so wurde sichergestellt, dass die Steine einen größeren Abstand zu einander bekommen und der Farbsensor so nicht durcheinanderkommt. Dieser Aufbau reichte jedoch noch nicht um die Steine zuverlässig zu vereinzeln, also wurde die Rutsche, die die Steine auf das Förderband bringen sollte, schmaler gemacht. Im Anschluss konnte nebeneinander nur noch maximal ein Stein passen und so wiederum wurde sichergestellt, dass die Steine nacheinander auf das Förderband rutschen. Als nächstes Problem wurde jedoch schnell festgestellt, dass die Steine trotzdem noch übereinander auf dem Förderband landen konnten, dies wurde durch eine Art „Dach“ über dem Förderband weitestgehend eliminiert. Zwar rutschten trotzdem ab und zu noch Steine, welche zu nah aneinander waren, durch, jedoch war es mehr die Ausnahme als die Regel. Da solch ein Dach auch nochmal auf dem zweiten Förderband platziert wurde, war das Problem quasi ganz behoben. Als Nächstes kam der Farbsensor ins Gespräch, bei diesem war die Zuverlässigkeit für das Vorhaben sehr wichtig, schnell kristallisierte sich jedoch heraus, dass er so seine Macken hat, da geplant war Steine in den Farben: Gelb, Blau, Grün, Weiß, Schwarz und Rot sortieren zu können, wurde

ein Versuch gestartet, wie zuverlässig er die einzelnen Farben erkennen könnte. Im folgenden Diagramm ist ein klares Muster zu erkennen.



(Abb. 3) Diagramm der Zuverlässigkeit, der Farberkennung

Die Farben selbst erkannte er sehr zuverlässig, darunter Blau, Rot und Grün zu hundert Prozent, bei Gelb gab es eine kleine Abweichung und bei Schwarz und Weiß gab es eine böse Überraschung, Schwarz erkannte er wenigstens in über fünfzig Prozent der Fälle, Weiß jedoch in unter fünfzig Prozent. In Folge musste eine Lösung gefunden werden, schnell kamen wir auf die Idee den Sensor abzuschotten um das Erkennen der Farben des Sensors nicht vom Umgebungslicht abhängig zu machen, dies brachte jedoch nur leichte Besserung, dann wurde sich der Sensor genauer angesehen, da viel auf, dass der Sensor drei LEDs verbaut hatte, eine rote, eine grüne und eine blaue. Darin sahen wir das Problem, da die Steine nicht matt sind, sondern leicht reflektieren, kann es passieren, dass wenn eine LED von einem weißen oder schwarzen Stein mehr reflektiert wird als die anderen, der Farbsensor so durch die Reflektion eher z.B. grün erkennt als weiß. Dieses Problem war bis zum Ende leider nicht lösbar.

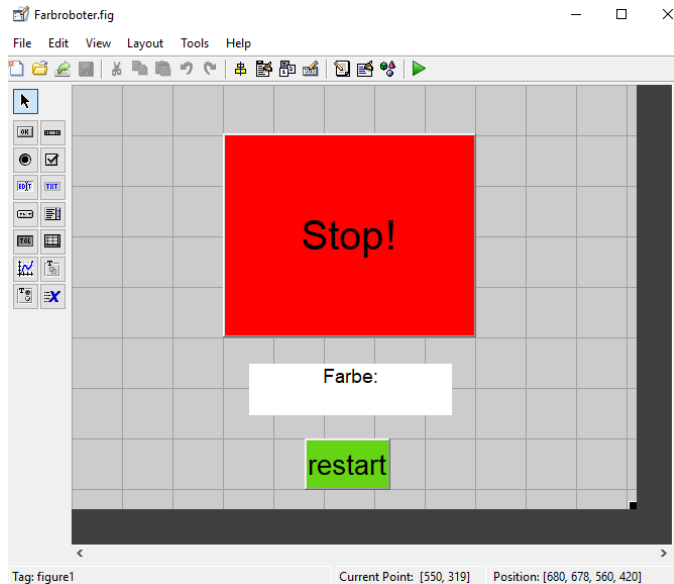
Nun zum Wagen, welcher die Behälter für die Steine enthält, er enthält fünf Behälter, jeder Behälter ist fest für eine Farbe vorgesehen.

Im ersten Behälter (Abb. 2 ganz rechts) sollten die weißen und schwarzen Steine rein, in den nachfolgenden Behältern dann von rechts nach links, zuerst die blauen, dann die roten, dann die grünen und dann im letzten die gelben Steine landen. Programmiertechnisch wurde das alles durch die Motoren selbst geregelt. Damit ist gemeint, dass die Umdrehungen, bzw. der Weg der gefahren werden sollte durch den Tachowert des Motors festgelegt wurde, diesen Wert, haben wir rein durch probieren und immer wieder anpassen der Werte herausgefunden. Zum Ablauf, sobald ein Stein vom Farbsensor erkannt wurde, sollte das Förderband stoppen, in dieser Zeit sollte der Wagen, den richtigen Behälter vor dem Förderband platzieren und ab dem Moment, ab dem er richtig steht, fährt das Förderband wieder an, für dieses Anfahren haben wir eine bestimmte Umdrehung festgesetzt, innerhalb dieser Umdrehung wurde sichergestellt, dass der Stein in seinem Behälter landet, nach dieser bestimmten Umdrehung bleibt das Förderband wieder stehen und es wird abgewartet bis der Wagen wieder auf seiner Ausgangsposition steht, sobald er das

tut, läuft das Förderband wieder ganz normal weiter bis zum nächsten Stein.

Das Programm sollte nachdem alles funktioniert mit einer GUI (Benutzeroberfläche) gesteuert werden können, in dieser sollte es möglich sein, zum einen den Roboter zu stoppen und anschließend wieder zu starten, auch sollte man sehen was der Farbsensor gerade für eine Farbe erkannt hat.

Den Entwurf der GUI sieht man im folgenden Bild.



(Abb. 4) Die GUI zum Steuern des Farbsortierers

Da die GUI gerne mal Probleme bereitete, wurde entschieden, dass der Roboter, wie bereits erwähnt, noch einen Schalter zum Ein- und Ausschalten benötigte, dieser wurde durch einen Taster realisiert, der Taster wurde so verbaut, dass er durch einen Hebel auf „AN“ einrasten konnte, so lief der Roboter nur wenn der Hebel eingerastet war und ging aus sobald der Hebel auf „AUS“ gestellt wurde.

Nachdem alle angestrebten Funktionen grob liefen, wurden die ganzen Werte angepasst und so wurde die Genauigkeit des Roboters erhöht, es wurde experimentiert, ob die Förderbänder nicht etwas schneller laufen könnten, jedoch wurde so das Risiko, dass die Steine nicht gut genug vereinzelt werden oder sich gar verkleben, stark erhöht.

Auch wurde versucht, dass der Wagen sich schneller bewegt, jedoch ist dieser dadurch nach ein paar Steinen immer ungenauer geworden, das kam nicht in Frage und so wurde er wieder langsamer.

### III. ERGEBNISDISKUSSION



(Abb. 5) Hier gut zu erkennen, die Abschottung des Farbsensors und die Dächer zur Steinvereinzlung

Wie in der Abbildung 2 zusehen, hat es letzten Endes der zweite Entwurf in den Bau geschafft, dieser Entwurf war für uns am besten umzusetzen und hat am Ende auch überraschend gut funktioniert. Ein paar Probleme sind jedoch bekannt und darunter gibt es auch welche, die bis zuletzt nicht gelöst werden konnten, so zum einen die schon erwähnte Fehlerrate bei weißen und schwarzen Steinen, diese war vom Farbsensor abhängig und so mussten wir damit leben, bis auf die Abschottung (Abb. 5), welche eine kleine Besserung brachte, haben wir keine weiteren Möglichkeiten gefunden, um dieses Problem zu lösen. Die Zuverlässigkeit der Erkennung der anderen Farben war dennoch sehr überraschend, denn es ist immer noch Lego womit dort gearbeitet wurde. Als nächstes großes Problem, kam die Steinvereinzlung und die Minimierung der Möglichkeiten zum Verkleben der Steine in den Vereinzlungsvorrichtungen. So wurde darauf geachtet, dass die Wände der Förderbänder möglichst glatt sind und auch die erwähnten Dächer, welche das übereinanderliegen der Steine verhindern sollten, möglichst abgerundet gestaltet werden. Bis es soweit war, dass die Steine wenigstens einigermaßen zuverlässig vereinzelt wurden, verging einige Zeit, da es bei verschiedensten Ausführungen immer wieder zum Verkleben der Steine kam. In den ersten Ausbaustufen, ist es des Öfteren vorgekommen, dass die Steine so stark unter das „Dach“ geklemmt wurden, dass das Dach ab einem bestimmten Druck nicht mehr standhalten konnte und so mit viel Kraft nach oben geschleudert wurde, diese Dinge konnten durch ein verstärktes erstes Dach und durch eine verschmälerte Rutsche minimiert werden. (Abb. 5) Ein weiteres, zwar nicht so großes aber doch vorhandenes Problem, ist die Schnelligkeit, des Sortiervorgangs, um die Genauigkeit aller Komponenten gewährleisten zu können, musste die Geschwindigkeit der Motoren relativ stark runtergenommen werden, vor allem, die des Wagens, da er sonst auf Dauer einfach zu ungenau wurde. Auch die kleinen Pausen zwischen den Vorgängen, sind für die Schnelligkeit nicht vorteilhaft. Dieses Problem könnte man durch einen anderen Aufbau ohne Wagen regeln, da die Lösung mit wagen für uns aber am besten funktionierte und es in diesem Aufbau

nicht um Schnelligkeit ging, war das für uns kein Problem. Wollte man aber wirklich eine größere Zahl an Steinen sortieren, so müsste man den Aufbau abwandeln oder man bräuchte viel Geduld. Lösungsansätze wurden dafür nicht direkt besprochen, da schlicht, nicht erforderlich, müsste der Farbsortierroboter aber schneller sein, dann müsste man entweder den ersten Entwurf nochmal ausgraben, da sich bei diesem sicherlich durch die bewegliche Rutsche, die Förderbänder schneller bewegen könnten, mit Sicherheit kann ich das aber nicht beantworten.

Ansonsten kann man zum Endergebnis nur eines sagen, es funktioniert!

Der Farbsortierroboter macht das was er soll, er sortiert Legosteine in der Größe 2 x 2 ziemlich zuverlässig nach ihren Farben, wenn man weiß und schwarz außer Acht lässt. Was uns besonders Stolz macht, ist sein kompakter und stabiler Aufbau, wodurch er sich sehr gut transportieren lässt und einen äußerst robusten Eindruck macht.

#### IV. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Wie bereits mehrmals erwähnt ist am Ende ein überraschend gut funktionierender Farbsortierroboter, rein aus Lego, zustande gekommen. Er macht das was er soll, und das bestehend aus zwei Motoren, einem Farbsensor, einem Schalter und einem NXT. Die Zuverlässigkeit ist beeindruckend, wenn man die genannten Probleme außer Acht lässt. Und seine Vielseitigkeit ist mit etwas Anpassung und anderen Komponenten unendlich. So hätten wir gerne noch versucht Münzen zu sortieren, jedoch ist der Farbsensor, dafür einfach zu ungenau. Auch die Steinvereinzlung klappt sehr gut, wenn man es mit den zugeführten Steinen nicht übertreibt. Bei der Umsetzung gab es bis auf die genannten Probleme keine großen Schwierigkeiten, bei den Programmiervorgängen hakte es ab und zu mal, aber meistens lief es trotzdem wieder nach kurzer Zeit.