

Bau eines Cleaning Bot

Bericht zum LEGO Mindstorms Seminar

Malte Schwank, Elektro- und Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Den Haushalt sauber zu halten erfordert viel Arbeit. Um uns bei dieser Arbeit helfen zu lassen bauen wir Roboter, die uns einige Aufgaben abnehmen. Im Rahmen des LEGO Mindstorms Seminar der Otto von Guericke Universität befassten wir uns mit dem Projekt einen Roboter zu bauen, der den Boden säubert. Diesen Roboter haben wir den Projektnamen Cleaning Bot gegeben und das besondere an ihm: Er besteht aus LEGO. Im folgenden Beitrag zum Projekt wird der Bau des Cleaning Bots erläutert. Es folgt eine Beschreibung der Funktionsweise sowie die Betrachtung der aufgetretenen Probleme. Nachfolgend gibt es eine Diskussion darüber wie sich der Cleaning Bot zu bereits existierenden Produkten auf dem Markt verhält.

Kettenfahrzeug, Konstruktion, LEGO, Saugroboter, Ultraschallsensor

I. EINLEITUNG

ROBOTER werden gebaut um den Menschen von Arbeit zu entlasten. Dies gilt sowohl in der Industriebranche als auch im Haushalt. Um einen bequemeren Alltag zu ermöglichen wurden Roboter erfunden um Staub zu saugen, den Boden zu wischen oder den Rasen zu mähen. Diese gelten als praktisch und daher haben Thomas Schreiber und ich, es uns zur Aufgabe gemacht einen Roboter zu bauen der für uns sauber macht.

Dieses Projekt haben wir in den LEGO Mindstorms Seminar das im Zeitraum vom 12.02.2018 bis zum 23.02.2018 statt, fand, bewältigt. Das Ziel war es ein Fahrzeug zu konstruieren, das einen Raum abfährt und ihn säubert. Es muss in der Lage sein Hindernisse zu erkennen und dementsprechend ausweichen zu können. Die Konstruktion selbst ist inspiriert durch Fahrzeuge der Stadtreinigung. Müll wird durch einen rotierenden Staubwedel aufgenommen und auf einem integrierten Kehrblech gelagert.

Der Roboter wurde mit LEGO unter Verwendung des NXT-Bausteins aufgebaut. Der Quellcode wurde mit Matlab geschrieben. Mithilfe des von der RWTH Aachen bereit gestellten Toolkit (vgl. [1]) konnten wir auf die Sensoreingänge und Motorausgänge des NXT –Bausteins zugreifen, was uns letztendlich das Programmieren mit Matlab erst ermöglichte.

II. VORBETRACHTUNGEN

Für den Algorithmus in dem der LEGO Cleaning Bot dienten Saugroboter als Vorbild. Die älteren Modelle bewegen sich immer geradeaus bis ein Objekt oder eine Wand den Weg blockiert anschließend wechseln sie die Richtung. Eine Folge dieses Systems ist, dass einige Flächen nicht abgefahren werden, da der Saugroboter ohne System durch den Raum fährt. Außerdem saugen sie solange bis man sie manuell abschaltet.

Die neueren Modelle sind wesentlich effizienter. Sie bewegen sich intelligent durch den Raum. Das bedeutet, dass sie sich in einem bestimmten Muster auf einer Fläche bewegen. Ob diese Muster Spiralen oder Bahnen sind, ist bei jedem Sauroboter unterschiedlich. Den Weg die sie bereits abgefahren sind merken sie sich. Dadurch hören sie erst auf, sobald sie auch die ganze Fläche gereinigt haben. Zudem können sie sich die Position ihrer Ladestation merken. Sobald die letzte Bahn von dem Roboter bereinigt wurde, fährt er selbstständig zurück in seiner Ladestation.

Die neuen Saugroboter können außerdem auch Wände und schmalere Hindernisse wie zum Beispiel Tischbeine unterscheiden. Das ist dafür praktisch, dass der Roboter eine Ausweichkurve um das Hindernis herum fährt, anstatt umzukehren, weil er eine Wand sieht. Dies kann man auf Abbildung 1 sehen. Einige kann man außerdem noch mit seinem Handy von unterwegs starten lassen. Die neuen Modelle haben also sehr viele Komfortfunktionen, der LEGO Cleaning Bot wird daher, aufgrund der zeitlichen Beschränkung, eher an die Älteren erinnern.

Um einen verschmutzten Boden zu simulieren benutzten wir, weil es sich nun mal in so einem Seminar ergibt, LEGO Bauteile. Um ein möglichst großes Spektrum darzustellen benutzten wir sowohl sehr kleine Teile als auch größere Teile wie längliche Stäbe.



Abbildung 1: Darstellung der Bewegung eines neueren Modells

III. HAUPTTEIL

Bevor wir mit dem Bau an unserem Cleaning Bot beginnen konnten, mussten wir einen handelsüblichen Staubwedel für unser Projekt kaufen. Nachdem wir uns für einen Staubwedel entschieden haben, konnte der Bau loslegen. Das endgültige Ergebnis wie der Cleaning Bot aussieht kann man auf Abbildung 2 beobachten.

Das konstruierte Fahrzeug wird mit drei Motoren betrieben die an den Motorausgängen des NXT-Bausteins angeschlossen sind. Der NXT befindet sich oberhalb des Fahrzeugs Gestells. Er ist so befestigt das der Bildschirm nach oben zeigt. Zwei Motoren sind für die Fortbewegung zuständig. Damit sich das Fahrzeug auf der Stelle drehen kann, was durchaus notwendig ist z.B. in Ecken, bewegt es sich auf Ketten. Die Ketten haben sich zusätzlich noch als nützlich ergeben, beim überfahren von liegen gebliebenen Legoteile, die der Cleaning Bot nicht aufsammeln konnte. Das Wenden oder Drehen auf der Stelle ist dadurch möglich, da beide Seiten ihren eigenen Motor besitzen. Somit kann die linke Seite zum Beispiel vorwärts fahren und die rechte Seite gleichzeitig rückwärts.

Vor dem Gestell, an dem die Ketten und der NXT befestigt sind, befindet sich das Kehrblech. Das Kehrblech ist selbstgebastelt aus Pappe und lässt sich ganz leicht an dem Fahrzeug wieder an- und abbringen. Die richtige Anbringung des Kehrblechs hat sich als schwierig erwiesen, da es sich in erster Linie um ein nicht LEGO Bauteil handelt, aber auch da das Kehrblech in der richtigen Höhe sein muss. Anfangs hing das Kehrblech zu Hoch sodass der Dreck unterhalb des Blechs durch gerutscht ist. Zusätzlich musste das Kehrblech in einem bestimmten Winkel zum Boden ausgerichtet sein, weil es ansonsten nicht die LEGO Bauteile richtig greift.

Rechts vom Blech befindet sich der Arm des Cleaning Bots. An diesem ist der 3. Motor befestigt. Der Motor dient dazu den Staubwedel zu rotieren. Indem der Staubwedel rotiert schmeißt er Dreck auf das Kehrblech drauf. Den Staubwedel haben wir an den Motor befestigt indem wir ihn erst von seinem Stab getrennt haben und anschließend aufgeschnitten haben. In dem Aufgeschnittenen Staubwedel befand sich ein hohler Schaumstoffzylinder. In diesem konnte sich ein längliches LEGO Bauteil so befestigen, dass sich der gesamte Wedel dreht sobald man den Stab dreht. Den LEGO Stab

konnte man dann bequem an den Motor anstecken.

An dem Sensoreingang des NXT-Bausteins befindet sich ein Ultraschallsensor. Er befindet sich seitlich neben dem NXT. Er ist dazu zuständig die Entfernung zwischen dem Fahrzeug und der nächsten Wand oder einem Hindernis zu messen. Der Sensor kann jedoch nur die Entfernung messen sofern das Hindernis gerade aus vor ihm liegen. Wenn das Fahrzeug in einem zu flachem Winkel auf einer Wand zufährt, dann kann der Sensor die Wand nicht erkennen und der Roboter schleift gegen die Wand.



Abbildung 2: Cleaning Bot

Generell funktioniert der Algorithmus des Cleaning Bots sehr simpel. Er ist in Abbildung 3 in Form einer PAP dargestellt. Sobald man den Bot startet, startet auch der Sensor. Er überprüft dauerhaft die Distanz zum nächsten Objekt. Wenn die Entfernung über einem bestimmten Schwellenwert befindet, fährt das Fahrzeug los und bringt den Staubwedel ins Rotieren. Es fährt nun solange bis sich die Entfernung unter dem Schwellenwert befindet. Sobald das passiert hört der Staubwedel auf sich zu rotieren, der Bot fährt einige Zentimeter nach hinten und macht eine Drehung um ca. 45°. Ab dann wiederholt sich die Schleife und der Ultraschallsensor misst erneut die Entfernung zur nächsten Wand und überprüft ob er weiterfahren kann. Ursprünglich war der NXT mit dem Computer der Matlab und den Quellcode enthielt mit einem Kabel verbunden. Da es aber zeitlich noch möglich war, sind wir auf einer Verbindung durch Bluetooth gewechselt. Dies hatte den Vorteil, dass wir das Gerät in der Praxis auf größeren Flächen ausprobieren konnten. Es sind jedoch auch Probleme durch die Verzögerung aufgetreten. Der Schwellenwert für die Entfernung zwischen Wand und Fahrzeug musste erhöht werden, da die Entfernung zu spät übertragen wird. Das hat dazu geführt, dass der Cleaning Bot schon gegen die Wand gefahren ist bevor er die Drehung einleiten konnte. Ursprünglich lag der Wert bei 27 Zentimeter, nachdem wir ihn aber mit Bluetooth angesteuert haben, mussten wir den Wert um 10 Zentimeter erhöhen.

Weitere Probleme die aufgetreten sind, sind Aufgrund der Konstruktion aufgetreten. In einer anfänglichen Konstruktion konnte das Gestell, auf dem der NXT befestigt ist, das Gewicht nicht standhalten. Die Folge davon war, dass das

Fahrzeug in der Mitte durchhing, was dazu führte, dass die Ketten nicht vollständig auf dem Boden auflagen. Deshalb konnte der Cleaning Bot anfangs nicht mal gerade fahren. Das nächste Problem ergab sich dann aus ähnlichen Gründen. Der Arm, an dem der Staubwedel befestigt ist, war zu schwach und hing durch. Sobald wir ihn jedoch stabiler angebracht haben hing er zu hoch. Es erwies sich als schwierig die richtige Höhe für den Staubwedel zu finden. Letztendlich haben wir eine Lösung für den Arm gefunden, aber es verleiht dem Cleaning Bot ein provisorischeres Aussehen, als er ohnehin schon hat. Ein immer noch bestehendes Problem ist, dass der Ultraschallsensor nicht in der Lage ist schmale Hindernisse wie ein Tischbein zu erkennen. Es kommt dadurch oftmals dazu, dass der Cleaning Bot sich an Tischbeinen aufhängt. Niedrigere bzw. flache Gegenstände werden ebenfalls nicht vom Ultraschallsensor erkannt. Das kommt davon, dass der Ultraschallsensor zu weit oben befestigt ist.

Für den LEGO Cleaning Bot bieten sich noch einige Verbesserungsmöglichkeiten. Um effizienter beim Reinigen einer großen Fläche zu sein würde sich anbieten, dass man das Fahrzeug sich, wie die neueren Modelle der Saugroboter, auf Bahnen bewegen lässt und bereits befahrene Wege sich merkt. Dadurch, dass das Fahrzeug sich bei einer Wand immer nur wegdreht besteht die Gefahr, dass es letztendlich nur im Kreis fährt. Um weitere Kollisionen mit Wänden zu entgehen kann man den Bot mit Sensoren für die Seite ausstatten. Eine weitere Idee wäre, dass man der Bot die Füllmenge seines Kehrblechs ablesen lässt. Dadurch kann der Bot aufhören sobald sein Kehrblech voll beladen ist. Man würde unnötiges weiterfahren vermeiden.

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Der LEGO Cleaning Bot ist ein Kettenfahrzeug, das selbstständig fahren kann. Er ist in der Lage auf der Stelle lenken zu können. Wände, Schränke und anderen große Objekte im Raum kann er problemlos ausweichen, jedoch ist er nicht in der Lage schmale oder flache Gegenstände zu erkennen. Dank der Bluetooth-Verbindung ist das Fahrzeug fähig sich dem Laptop, der den Quellcode enthält, für ausreichende Distanzen zu entfernen.

Trotzdem ist der LEGO Cleaning Bot im Verhältnis zu den handelsüblichen Saugroboter keine Konkurrenz. Besonders die neuen Modelle bieten sehr viel mehr Funktionen, die den LEGO Nachbau einfach fehlen. Er kann jedoch mit den älteren Modellen mithalten. Besonders kurz vor Wände, wo einige Saugroboter Probleme kriegen, da sie nicht ganz bis zur Wand saugen, überzeugt der Cleaning Bot. Das System mit dem Kehrblech funktioniert überraschend gut. Nur selten sind Teile entwischt. Wenn sie dann aber doch entwischt sind, dann Aufgrund dessen, dass der Staubwedel etwas größer als das Kehrblech ist. Der größte Nachteil des Kehrblechs ist aber seine Füllmenge. Sie ist zu schnell erreicht und sorgt dafür, dass in der Praxis, trotz maschineller Unterstützung, sich dauerhaft bewegen muss, da man das Kehrblech leeren muss. Aufpassen müsste man natürlich auch, sobald eine Treppe ins

Spiel kommt. Das Fahrzeug hat keine Sensoren nach unten und würde daher gnadenlos blind abstürzen.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Einen eigenen Cleaning Bot zu bauen, der aus LEGO besteht, ist uns im Rahmen des LEGO Mindstorms Seminar gelungen. Wir konnten ein Kettenfahrzeug konstruieren, das tatsächlich den Boden von Kleinteilen reinigt. Er hat unsere Erwartungen erfüllt. Wenn man ihn alleine in einem Raum lässt, kann man erwarten, dass der Raum hinterher sauberer ist. Die meisten Objekte und Wände kann er ausweichen, auch wenn er noch Probleme mit schmalen Objekten hat. Das Kehrblech bietet zwar nicht nicht sonderlich viel Ablagerungsraum für den aufgesammelten Dreck, nimmt jedoch zufriedenstellend die meisten Teile auf.

So effizient wie ein handelsüblicher Saugroboter ist er dennoch nicht. Besonders bei dem System wie die Saugroboter vorgehen beim saugen stecken mehr Überlegungen dahinter. Bei unseren Cleaning Bot kann es mit Pech sein, dass der Raum nach drei Stunden noch nicht an jeder Stelle sauber ist. Trotz alledem funktionierte der LEGO Bau ganz gut und überraschte dadurch was man mit einer simplen Konstruktion alles machen kann.

ANHANG

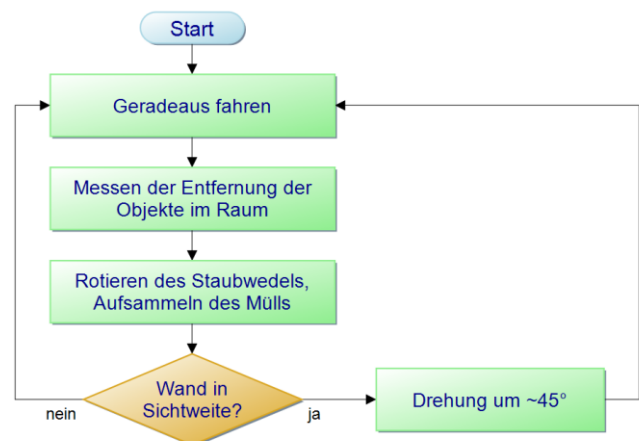


Abbildung 3: PAP für die Befehlskette des Cleaning Bots

LITERATURVERZEICHNIS

Bildquelle für Abbildung 1:

http://www.irobot.de/Haushaltsroboter/Staubsaugen?gclid=Cj0KCQjwqM3VBRCwARIsAKcekb2GVrML4U9xbKbbah04WhY_NPq6EGJamBsi77ZfLjrMi9LvShksypIaAn0IEALw_wcB [22.03.2018]

[1] RWTH Aachen: „RWTH- Mindstorms NXT Toolbox“ <http://www.mindstorms.rwth-aachen.de/> [23.03.2018]