

Anfertigung eines Kehrroboters mithilfe von Lego Mindstorms und MatLab

Thomas Schreiber, Elektrotechnik und Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Ziel des Projektes war es, einen Roboter aus Lego zu bauen und ihn anschließend mit MatLab zu programmieren. Dazu entschieden wir uns für den Bau eines Kehrroboters, der selbstständig Verschmutzungen beseitigen soll und gleichzeitig noch in der Lage ist, Hindernisse zu erkennen und auf diese durch ein Ausweichmanöver zu reagieren. Dementsprechend sollte es sich auf Ketten bewegen und einen Ultraschallsensor zur Entfernungsmessung besitzen, darüberhinaus soll es auch eine Vorrichtung zum Aufsammeln der Verschmutzungen, zum Beispiel einen Staubwedel, besitzen.

Schlagwörter—Haushaltsroboter, Kehrmaschine, Kehrroboter, Reinigungsroboter, Saugroboter, Staubsauger

I. EINLEITUNG

Einst lediglich eine Zukunftsfantasie aus Science-Fiction Romanen, wo sie alle möglichen Aufgaben übernehmen, stehen sie heute immer mehr im Mittelpunkt der Gesellschaft: Die Rede ist von autonomen Maschinen, oder auch Roboter genannt. Eingesetzt in den unterschiedlichsten Bereichen, von Industrie, über den Handel bis hin zu den Privathaushalten, wo sie die lästigen Aufgaben übernehmen wie das Rasenmähen oder das Staubsaugen. In der Industrie werden sie hingegen hauptsächlich für Präzisionsaufgaben verwendet, die ein Mensch wesentlich ungenauer machen würde als der Roboter. Aber das ist für unser Projekt nur nebensächlich.

Ausschlaggebend für unser Projekt sind die Haushaltsroboter, insbesondere der Saugroboter, den wir in Form eines Kehrroboters während des Lego Mindstorms Seminars vom 11.02.2018 bis zum 23.02.2018, bauen und programmieren wollten. Dabei war unsere Idee, der Roboter fährt geradeaus und lässt vorneweg einen Staubwedel rotieren, der den vorliegenden Müll aufsammelt. Wenn er in der Nähe eines Hindernisses kommt, so sollte er die Möglichkeit kriegen, dieses zu erkennen und entsprechend durch ein Ausweichmanöver darauf zu reagieren. Und zu guter letzt sollte er sich auf Ketten bewegen, damit er in der Lage ist, sich auf der Stelle zu drehen, was unnötige Umwege ersparen würde. Als Versuchsmüll zogen wir kleinere Legoteile in Betracht, da diese keinen anderen Abfall produzieren, wie in etwa Flecken auf den Tischen des Computerlabors.

Zur Programmierung des Roboters stellt die RWTH Aachen ein Toolkit zur Verfügung, was es ermöglicht, den intelligenten Stein von Lego NXT über Matlab anzusteuern, was eine Vielzahl an neuen Möglichkeiten zum Nutzen von Lego NXT hervorbringt.

II. VORBETRACHTUNGEN

Egal ob für das Rasenmähen, zum Staubsaugen oder auch neuerdings mit Amazons Alexa zum Shoppen: Roboter dringen immer mehr in alle Lebensbereiche vor. Schon seit etlichen Jahren sind anfangs genannte Roboter auf den Markt erhältlich und vereinfachen das Leben von vielen Personen, nicht zuletzt aus dem Grund, dass sie lästige Tätigkeit abnehmen, zu der man nie Lust hat oder auch eine Hilfe für Menschen, die gesundheitlich (z.B. durch eine körperliche Einschränkung) nicht in der Lage sind, bestimmte Tätigkeiten auszuführen.

Folgende zwei Apparate erwiesen sich dabei als äußerst hilfreich bei den Vorbetrachtungen zu unserem Roboter:

A. Saugroboter

Einst nur fähig, grob zu reinigen und nur durch Kollision in der Lage auszuweichen, so sind sie heute standardmäßig mit einigen Sensoren zur Umgebungserkennung ausgerüstet. Die Rede ist von Staubsaugerroboter oder auch Saugroboter genannt. Selbst einfache Modelle sind heute ausgestattet mit allerlei Sensoren, um ein möglichst präzises Putzverhalten zu simulieren. Teurere Modelle sind unter anderem auch ausgestattet mit einer Vielzahl an anderen Funktionen wie etwa das Ablesen des Akkustandes, um bei Erschöpfung automatisch zur Ladestation zu fahren und sich dort anzudocken, um danach den Putzdienst fortsetzen zu können an der Stelle, wo sie aufgehört haben. Größentechnisch sind sie orientiert an den Abstand von Stuhlbeinen. [1]

Es mag zwar nun den Anschein besitzen, sie würden das Staubsaugen komplett ersetzen, dem ist aber nicht so. Zwar bieten sie neben den oben genannten Dingen noch weitere Vorteile, wie etwa die Tatsache, dass sie leicht verstaubar sind und wenig Strom verbrauchen, jedoch besitzen sie nicht annähernd die Saugkraft eines richtigen Staubsaugers und kommen mitunter auch nicht oder kaum in verwinkelte Ecken eines Raumes, was sich zum Beispiel dann bemerkbar macht, wenn der Raum viele Hindernisse wie etwa Möbel beinhaltet. [2]

B. Kehrmaschine

Der grobe Aufbau und die Funktionsweise sind simple gehalten: Ein rotierender Bürstenkopf sammelt den vorliegenden Schmutz ein und transportiert es zu einem Sammenbehälter. Darunter gibt es dann die verschiedensten Arten von Kehrprinzipien, wovon ich nur eine kurz erläutern will, die für unseren Roboter am Interessantesten war: das Kehrschaufelprinzip. Hierbei rotiert eine vorliegende Bürstenrolle, um den Schmutz auf ein dahinterliegendes Kehrblech zu befördern. [3]

C. Roboter im Privathaushalt

Nun noch zum Punkt, in welchen Bereichen können Roboter im Haushalt noch unterstützen? Gerade wurde schon erwähnt, sie unterstützen in Form von Staubsauger und Rasenmäher, aber es gibt noch andere, bekannte Einsatzorte für Roboter im Haushalt: Beispielsweise zur Überwachung des Hauses bei Nacht oder falls man nicht da ist, zum Putzen von Fenstern oder auch wie das verwendete Lego Mindstorms in Form von Spielzeug für Kinder. [4], [5]

III. HAUPTTEIL

In den Vorbertrachtungen bin ich kurz auf die Inspirationsquellen unseres Roboters eingegangen. Nun aber die Frage, wie haben wir es realisiert? Wie schon eingangs erwähnt, wollten wir einen Roboter bauen, der sich selbstständig bewegen kann und dabei eine Fläche über das Kehrschaufelprinzip reinigt. Dabei sollte er Hindernisse erkennen können und mittels einer Manövrierfunktion diesen ausweichen können.

Dazu nutzten wir zur Fortbewegung Ketten, damit er sich auf der Stelle per Differentiallenkung drehen konnte. Dies ersparte uns unnötige Umwege bei der Steuerung des Fahrzeugs. Zusätzlich dienten sie auch zur Fahrt über unwegsameres Gelände, beispielsweise wenn er Kleinteile wegschob statt sie auf das Kehrblech zu befördern, was des Öfteren aus bautechnischen Gründen, insbesondere wegen der Kehrschaufel, passierte. Angesteuert wurden die Ketten mit insgesamt zwei Motoren, jede Seite separat steuerbar, was eine Differentiallenkung ermöglicht hat.

Objekte wahrnehmen beziehungsweise die Distanzen zu Objekten messen konnte unser Kehrröbter durch einen Ultraschallsensor, der oben über den NXT-Stein angebracht war. Dadurch war er in der Lage, seine Umgebung wahrzunehmen und Objekten auszuweichen. Zudem verhinderte die hochgelegene Position, dass er Objekte am Roboter als Hindernis erkennen würde, wie zum Beispiel die Kehrschaufel.

Die Anbringung des Staubwedels am vorderen Ende des Roboters erschien uns zunächst als problematisch, da wir zunächst statische Probleme bei der Anbringung des Armes hatten, damit dieser den Staubwedel rotieren lassen konnte. Gelöst haben wir das Problem durch die Anbringung weiterer Stützen am Arm. Dann mussten wir versuchen, den Staubwedel an den Motor zu befestigen. Dies gestaltete sich etwas schwierig, weil der Staubwedel kein Lego-Standardteil ist. Auch das konnten wir mittels einer kleinen Konstruktion lösen, in dem wir in den Schaumstoff, das im Inneren des Wedels war, ein Legoteil reingesteckt haben und schließlich von außen eine kleine Konstruktion entworfen haben, um ihn dann an den Motor zu befestigen. Somit war auch dieses Problem für uns erstmal gelöst.

Die Kehrschaufel wurde von uns aus Pappe selbst gebastelt, was den Vorteil hatte, dass wir sie leicht an den Roboter anbringen konnten. Dies brachte das Problem mitsich, dass hin und wieder Teile unter das Kehrblech landeten, was teilweise eine Blockierung der Ketten zufolge hatte, aber zurückzuführen war auf die Tatsache, dass wir das Kehrblech selbst gebastelt haben, worauf ich später nochmal genauer eingehen werde, wenn es um die Probleme geht, die während des Baus

aufgetreten sind. Desweiteren hatten wir so eine einfache Gelegenheit, ein Kehrblech zu befestigen, was gleichzeitig mit nur geringen Aufwand auswechselbar ist, was sich im Alltag wohl als einigermaßen nützlich erweisen würde.

Das war soweit der Aufbau unseres Roboters, nun ging es an die Programmierung. Zunächst über USB angesteuert, später dann über Bluetooth, haben wir ihn so eingestellt, dass er geradeaus fährt und sollte er ein Hindernis erkennen, soll er diesen ausweichen, sobald der Ultraschallsensor eine zu geringe Entfernung zu dem Objekt misst. Bei USB klappte es hervorragend ohne nennenswerte Probleme, bei Bluetooth hingegen gab es einige Probleme, insbesondere mit den Übertragungsverzögerungen, die dadurch zustande kamen. Gelöst haben wir diese, indem wir den Roboter mehr Zeit für die Reaktion gaben. Genaueres zu dem Problem folgt in der Ergebnisdiskussion. (Abb.1)

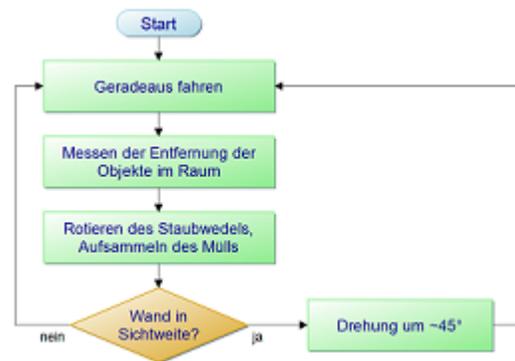


Abb.1: Schematischer Programmablauf

Im Test schließlich stellten Legoteile den Müll dar, den es vom Roboter einzusammeln gilt. Dies gelang auch in meisten den Fällen recht gut, einige Male trat jedoch das bereits genannte Problem auf, dass einige Teile unter das Kehrblech geraten sind. Für dieses Problem konnten wir keine allgemeine Lösung finden, die das Problem dauerhaft hätte lösen können. Grund dafür war wohl, dass es sich eben nicht um ein handelsübliches Kehrblech handelte.

Endergebnis unseres Projektes war also ein funktionsfähiger Kehrröbter, der in der Lage war, Kleinteile aufzusammeln und bei Bedarf, wenn Objekte sich näherten, diesen mittels Differentiallenkung auszuweichen. (Abb.2)



Abb. 2: Der fertige Kehrröbter

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Wie gerade schon erwähnt, das Ergebnis unseres Projektes war ein einigermaßen funktionsfähiger Kehrroboter, der in der Lage war, grob den Schmutz zu kehren. Wie vorhin schon angesprochen, traten beim Bau und auch bei der Programmierung des Roboters diverse Probleme auf, die ich im folgenden Punkt etwas diskutieren möchte und auch auf unsere Lösungen dazu eingehen werde.

Zunächst einmal wäre da unser Staubwedel. Ein minderwertiges Modell aus der Drogerie, vom Stab abgetrennt und ein Legoteil reingesteckt, um es schließlich mittels einer kleinen Konstruktion an einen Motor zu befestigen. Dabei stellte sich die Frage: Wie sollen wir es am besten an den Roboter anbringen? Versuchen wollten wir es über ein Arm, was ohne Motor ganz gut geklappt hat, mit Motor stellten sich allerdings Stabilitätsprobleme ein, die wir mittels zusätzlicher Stützen am Arm beheben konnten. Schließlich gelang es uns, den Arm samt Staubwedel und Motor an den Kehrroboter zu befestigen und das Problem schien zunächst gelöst. Jetzt kam jedoch das Problem hinzu, dass der Staubwedel zu tief hing, weil er nur an einer Seite befestigt war und die andere Seite lose hinunter hing. Das Problem konnten wir leider nicht lösen, da uns keine Idee einfiel, wie wir eine zusätzliche Stütze anbringen konnten und gleichzeitig eine dadurch entstehende Blockierung des Staubwedels zu verhindern wussten. Wir haben versucht, einen zusätzlichen Arm auf der anderen Seite anzubringen. Nun trat das Problem auf, dass im Schaumstoff nur Platz für ein Legoteil war, welches wir schon auf der anderen Seite benutzt haben. Zudem würde es, wie grad schon erwähnt, die Rotation des Staubwedels blockieren, was zum Nachteil für den gesamten Kehrprozess wäre. Aber dazu später mehr.

Erstmal komme ich zum Kehrblech. Statt ein handelsübliches Kehrblech zu nehmen, wie wir es anfangs geplant haben, hatten wir erstmal vor, ein provisorisches aus Pappe anzufertigen, welches wir später durch ein richtiges, handelsübliches Kehrblech ersetzen wollten. Jedoch hätten sich bei einem richtigen Kehrblech weitere Probleme ergeben, zum Beispiel hätte es Probleme gegeben, das Kehrblech an den Roboter zu befestigen, da wir auch dazu erst eine Legokonstruktion hätten anfertigen müssen, was wieder zum Problem geführt hätte, dass es vermutlich zu hoch liegt und es den Staubwedel und damit den Kehrprozess gehemmt hätte. Bei unserem Kehrblech aus Pappe hatten wir bereits Öffnungen für den Anbau vorhanden, die genau den richtigen Abstand zueinander hatten, sodass wir in der Lage waren, es einfach und auswechselbar an den Kehrroboter anzubringen. Zudem hatten wir so auch die Möglichkeit, die Größe des Kehrbleches anzupassen, was uns auch zugute kam, da wir so das Kehrblech an den Roboter anpassen konnten und mussten nicht die komplette Grundkonstruktion verwerfen und neu konstruieren, um ein richtiges Kehrblech anzubringen. Jedoch trat ein Problem dabei auf: Das vordere Ende verbog sich leicht und das hatte zur Folge, das hin und wieder einzelne Teile unter das Kehrblech gerieten, die dann teilweise für die Blockierung der Ketten und der damit verbundenen verhinderten Weiterfahrt des Roboters die Schuld tragen. Das Problem war auf die Eigenkonstruktion des Kehrblechs zurückzuführen und nur wenig behandelbar,

lediglich durch immer weiteres Nachknicken, was aber auch zur Folge hat, dass die Pappe an der Knickstelle immer weicher wurde.

Das waren die Probleme, die während der Konstruktion des Roboters aufgetreten sind. Nun komme ich zu der Programmierung und die Probleme, die im Zuge dessen aufgetreten sind.

Zunächst hatten wir es über USB-Kabel angesteuert, was nahezu ohne Probleme funktioniert hat. Er konnte sich bewegen, den Staubwedel rotieren lassen und auch Hindernisse erkennen und diesen ausweichen. Das einzige Problem, welches wir im Zuge dessen hatten, war ein Problem mit dem Ultraschallsensor, welches jedoch ein Fehler seitens unserer Programmierung war, da wir dem Sensor nicht genügend Zeit gegeben haben, um die Entfernung akkurat zu messen.

Später entschieden wir uns dann dazu, den Roboter über Bluetooth anzusteuern, was einige neue Probleme mit sich brachte. Zum Beispiel wäre da die Verzögerung des Bluetooth, was zur Folge hatte, dass der Roboter zum Beispiel ein Objekt zu spät erkennt und erst, nachdem er gegengefahren ist, darauf durch ein Ausweichmanöver reagiert. Dies war nicht unser Ziel und so sollte er sich auch nicht verhalten. Gelöst haben wir das Problem, indem wir den Roboter mehr Zeit für die Reaktion gegeben haben. Zum Beispiel haben wir den Abstand vergrößert, in denen er Hindernissen ausweichen soll. So gaben wir dem Roboter genügend Spielraum, Hindernissen rechtzeitig auszuweichen. Zugleich gab es auch Probleme, dass der Roboter zuviele Befehle aufeinmal bekam, erkennbar an dem Piepen des Lego NXT-Steins. Lösen konnten wir dieses Problem auch immer nur temporär, indem wir die Reaktionszeit höher gestellt haben. Jedoch trat es immer wieder auf und wir konnten keine dauerhafte Lösung finden, in der es komplett weg war. Im folgenden Absatz wird dieses Problem nochmals genauer beleuchtet.

Das waren zunächst Probleme, die hauptsächlich beim Stillstand des Roboters auftraten. Als wir ihn mittels USB-Kabel angesteuert haben und ihn auf dem Tisch fahren ließen, konnten wir keine weiteren Probleme feststellen. Wie vorhin schon erwähnt, verhielt er sich genau so, wie er sollte. Weitere Probleme traten erst mit der Ansteuerung über Bluetooth auf, zum Beispiel das gerade erwähnte Piepen aufgrund zu vieler Befehle oder auch noch weitere Blockierungen des Staubwedels, wie vorhin schon erwähnt wurde. Aufgrund der Tatsache, dass der Wedel zu weit nach unten hängt und es dadurch zu einer Blockierung der Drehbewegung gekommen ist und schließlich wurde dadurch die Kehrfunction des Roboters gehemmt. Auch kam es durch das Piepen vor, dass er Befehle nicht weiter ausgeführt hat und der Apparat in eine Art Schleife gelandet ist, aus der er sich so schnell nicht wieder befreien konnte. Dies trat hauptsächlich dann auf, wenn er mehrmals hintereinander ein Ausweichmanöver einleiten musste, zum Beispiel in der Ecke eines Raumes. Zurückzuführen ist das, wie eben schon erwähnt, auf die Verzögerung über Bluetooth. Lösen konnten wir es nicht zu 100 Prozent, lediglich mehr Zeit für das Ausführen der Befehle konnten wir den Roboter geben. Das Problem kam jedoch immer wieder vor und es lag womöglich an der geringen Übertragungsrate des Bluetooths.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Wie im Hauptteil schon erwähnt, hatten wir am Ende des Lego Mindstorms Seminars einen funktionsfähigen Roboter, der in der Lage war, grob den Schmutz wegzukehren und somit für etwas Ordnung und Sauberkeit zu sorgen. Und das trotz unserer Probleme, die oft erst mit dem Bau und der Programmierung des Roboters am Ende miteinhergingen. Einige Fehler sind auch schlichtweg auf eine Ungenauigkeit der Legosensoren zurückzuführen, beispielsweise eine fehlerhafte Messung des Abstandes nahekommender Objekte. Zudem erwies es sich teilweise auch als problematisch, dass der Lego NXT Kernstein nur jeweils ein Befehl auf einmal verarbeiten konnte, was nicht nur einmal zu Problemen geführt hat, wie ich in der Ergebnisdiskussion beschrieben habe.

Nun noch die Frage, wie könnte man den Roboter noch verbessern beziehungsweise noch leistungsfähiger machen? Zunächst einmal könnte man die Effizienz beim Einsammeln von Verschmutzungen dadurch erhöhen, indem man einen höherwertigen Staubwedel verwendet statt eines minderwertigen, wie wir es gemacht haben.

Zudem wäre es noch möglich, den Roboter so zu programmieren, dass er sich seine bereits befahrenen Routen merkt und diese dementsprechend nicht nochmal abfährt, sie also auch sozusagen als Hindernis anerkennt und so behandelt. So würde sich schließlich auch die Problematik mit der Drehung in immer derselben Richtung beheben, da er so weniger die Gefahr läuft, im Kreis zu fahren und effizienter und vor allem mehr Fläche abfährt. Eine weitere Verbesserungsmöglichkeit wäre, den Roboter seinen Akkustand ablesen zu lassen und bei Bedarf zu seiner Ladestation zu fahren, sich selbstständig andocken und so sich selbst aufladen. Dann müsste er noch die Position speichern, an der er bis vor kurzem war, und dann könnte er direkt da weitermachen, wo er vor dem Laden aufgehört hat.

Generell wäre es für die Effizienz besser, wenn er sich generell auch gefahrene Routen, diverse Objekte wie Schränke, Couchs usw. merkt und diese dementsprechend im Algorithmus immer wieder abrufen. Das funktioniert natürlich nur, wenn man nicht viel im Raum verändert oder verschiebt.

Zudem wäre es auch möglich, weitere Bürsten an der Seite oder am hinteren Ende anzubringen, mit Verbindungen zur vorderen Kehrschaufel versteht sich, sodass der Roboter auch in der Lage ist, die Ecken besser zu säubern beziehungsweise generell auch stärkere Verschmutzungen zu beseitigen. Letzteres wäre schon möglich, wenn man, wie im letzten Absatz erwähnt, einen höherwertigen Staubwedel verwendet.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] <http://de.wikipedia.org/wiki/Staubsaugerroboter>. – Eingesehen am 26.02.2018
- [2] <http://http://saugroboter-staubsauger.de>. – Eingesehen am 26.02.2018
- [3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Kehrmaschine>. – Eingesehen am 27.02.2018
- [4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Serviceroboter>. – Eingesehen am 1.03.2018
- [5] <http://www.haushaltroboter.com/>. – Eingesehen am 1.03.02.2018