

# Aufräumbot NXT\_Bert

Jack Knobbe, Elektro- und Informationstechnik  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Kurzübersicht** - Im folgendem Dokument wird das Projekt „Aufräumbot NXT\_Bert“, welches im Rahmen des LEGO-Mindstorms Seminar der Otto von Guericke Universität erarbeitet wurde, vorgestellt. Das Projekt wird in dieser wissenschaftlichen Arbeit kurz vorgestellt, die Idee dahinter, sowie die Funktionsweise und der Aufbau. Es handelt sich hierbei um ein mit Ketten gesteuerten, aus LEGO-Bauteilen konstruierten Roboter, der einfache und leichte Dinge sucht, erfasst, aufnimmt und zu einem Zielort bewegt. Dabei kann komplett auf manuelle Steuerung verzichtet werden, da der Roboter selbstständig Dinge mit Hilfe von Farben erkennt und ansteuert. Des Weiteren wird auf den Aufbau, die Programmierung und die Anwendung, sowie Probleme in der Praxis eingegangen.

*Aufbau, Funktionsweise, Idee, Lösungen, Probleme, Zukunft*

## I. EINLEITUNG

Jeder hatte schon mal die Situation, dass überall Sachen und Gegenstände rum stehen und liegen und die Wohnung eigentlich unbedingt aufgeräumt werden muss, einem aber schlichtweg die Motivation fehlt sich hoch zu raffen, aufzustehen oder nach einem langen Tag auf der Arbeit oder in der Uni alles da hin zu räumen, wo es eigentlich hin gehört. So hat sich die Motivation und Idee hinter dem Projekt „Aufräumbot NXT\_Bert“ entwickelt. Der Roboter war Bestandteil des LEGO-Mindstorms-Praktikum der Otto von Guericke Universität Magdeburg. Die Idee hinter dem Roboter war, dass der Roboter mithilfe von Sensoren autonom in seiner Umgebung umherfahren und dabei Objekte erkennen und zuordnen können soll. Dabei sollte er noch unterscheiden, ob es sich um einen Gegenstand handelt, welchen er aufnehmen und bewege kann oder um ein Hindernis, welches er umfahren muss. Natürlich ist die Anwendung nicht nur auf den privaten Bereich beschränkt zum Aufräumen von Wohnungen und Zimmern, sondern könnte auch in größerem Umfang zum Bergen von Objekten und Menschen in Gefahrengebieten dienen. Der Ansatz war, dass der Roboter eine oder zwei Farben mithilfe eines Sensors o.Ä. erkennen soll, diese ansteuert, in einem bestimmtem Abstand stehen bleibt und ihn aufnimmt. Danach wird nach einer dritten Farbe gescannt, welche den Ablageort markiert, wo das gleiche Prinzip angewandt werden soll. Diese beiden Schritte werden wiederholt, bis alle Objekte mit den dementsprechenden Farben beiseite geschafft wurden. Um auch andere bzw. alle Objekte erkennen zu können, muss nur der Parameter auf die dementsprechende Farbe im

Programm angepasst werden, welche das Objekt besitzt, welches vom Roboter angesteuert werden soll.

## II. VORBETRACHTUNGEN

### A. Roboter als Filmhelden

Während der Suche nach einem möglichem Projekt stießen wir auf Bilder und Videos von Wall-E und Nachbauten des kleinen, gelben Helfers. Die Vorstellung eines sich aufklappenden, gelben Würfels, welcher sich als Aufräum- und Bergungsroboter entpuppt war leider nicht umsetzbar, doch die Grundidee und Umsetzung blieb die gleiche. So war der erste Prototyp sehr an das Design von Wall-E angelehnt, musste jedoch aufgrund des großen Greifarms und der Webcam abgeändert werden. [1] Auch in anderen Filmen, wie „I Robot“ [2] mit Will Smith sind Roboter fast selbstverständliche Helfer im Alltag, welche die einfachsten und doch nötigen Aufgaben im Haushalt übernehmen und das Leben erleichtern.

### B. Packbot510, Quince...

Heutzutage ist der Einsatz von Robotern fast schon selbstverständlich. Die meisten Industriezweige, wie zum Beispiel der Automobilbau werden heutzutage von komplett autonomen Robotern ausgeführt, da deren Arbeit wesentlich präziser und fehlerfreier ist, als die von Menschen. Dies trifft auch auf Roboter zu, die in Gefahrengebieten, wie bei Naturkatastrophen oder bei Unfällen zum Einsatz kommen. So zum Beispiel der japanische Packbot510, der eigentlich japanische Einsatztruppen im Zielgebiet unterstützen sollte, nun aber auch auf die Möglichkeit zum Einsatz bei Katastrophen zur Bergung von Menschen und Bewegung von Schutt getestet werden soll. So wird überlegt, ob der Greifarm zur eigentlichen Entschärfung von Bomben und Mienen auch zur Räumung von Schuttteilen genutzt werden kann. [2]

### C. Roboscooper

Ähnlich wie unsere Idee und Ausführung ist auch der Roboscooper von der Firma Wowwee [3] konstruiert. Dieser macht grundsätzlich das gleiche wie unser Projekt: Objekte erkennen, ansteuern und aufnehmen. [4]



Abb. 2: Aufräumroboter „Roboscooper“ von Wowwee

### III. HAUPTTEIL

Zwei Ketten auf jeweils zwei Rädern mit einem Motor dazwischen, der über eine Achse die vorderen Räder antreibt und alles improvisiert befestigt, dass es hält und fährt. Dies war der erste Zusammenbau zum Testen der Aufbaumöglichkeiten. Nachdem die Aufgaben des MATLAB Handbuchs, welches uns zur Verfügung gestellt wurde abgearbeitet waren und die Idee zum Projekt gefasst war wurde erst einmal getestet und geschaut, was für Möglichkeiten bestehen einen Roboter zu bauen, der den Vorstellungen und Anwendungen der Idee entsprachen. Schnell wurde klar, dass die größte Stabilität über Ketten als „Fundament“ gewährleistet wird und der Roboter so am geländegängigsten war. Schnell wurde auch erkannt, dass ein einziger Motor als Antrieb zwar grundsätzlich für die Fortbewegung reichen würde, jedoch keinerlei Steuerung möglich war. So wurde aus einem Motor zwei und aus zwei Ketten gleich vier, sodass jeder Motor zwei Ketten antrieb und über die Drehrichtung der Motoren die Bewegung in andere Richtungen als vor und zurück möglich war. Nachdem dies erkannt war wurden erste Versuche gestartet beide Motoren gleichzeitig über den NXT anzusteuern. Einen Motor anzusteuern war Bestandteil der Übungsaufgaben im MATLAB Handbuch und stellte daher keine Schwierigkeit mehr dar. Nach erfolgreicher Ansteuerung beider Motoren wurde die differentielle Bewegung der Motoren programmiert, sodass sich beide auch gleichzeitig in entgegengesetzte Richtungen drehen und die Steuerung gewährleistet war. Währenddessen wurden die beiden Bauteile bestehend aus jeweils zwei Ketten zusammengebaut, sodass ein einziges Konstrukt entstand, an das weiter an- und aufgebaut werden konnte. Zuerst wurde überlegt, wie man den NXT in den Aufbau einbinden könne, sodass die Reichweite nicht nur auf wenige Zentimeter Länge der Verbindungskabel zwischen NXT und den Motoren beschränkt war. So entstand der Aufbau eine Art Gerüst auf den Verbindungsstreben der Kettenbauteile anzubringen, in welches der NXT eingesetzt und befestigt werden konnte. So stand das Grundgerüst, an welches reintheoretisch nur noch die Sensoren und der Greifarm angebaut werden sollten. Die Ketten wurden für bessere Koordinierung auf unebenem Untergrund in eine Dreiecksform gebracht, welche später wieder verworfen wurde, da der Zusammenbau zu instabil aufgrund des Materials der LEGO-Bauteile war.

Danach war der erste Versuch der Hindernisumgehung mit Hilfe eines Ultraschallsensors, welcher die Entfernung misst, indem Ultraschallwellen, ähnlich wie bei Fledermäusen, ausgesandt werden und reflektiert werden. Die Dauer, bis die Reflektion wieder vom Sensor wahrgenommen wird bestimmt den Abstand, der zwischen dem Sensor und dem Hindernis lag. In der Programmierung wurde angegeben, dass sobald der gemessene Abstand unter einem selbst bestimmten Abstand liegen sollte, die Motoren differentiell angesteuert werden, sodass sich der Roboter um einen bestimmten Winkel auf der Stelle dreht und nach dem bestimmten Winkel weiter fährt. Der Betrag des Winkels konnte nicht über die Umdrehungen der Motoren bestimmt werden, sondern musste über die Pause bestimmt werden, welche angibt, wie lange der Befehl für die Steuerung der Motoren ausgeführt werden soll. So musste der richtige Winkel über Probieren mit verschiedenen langen Pausen im Quellcode ermittelt werden.

Das autonome Bewegen durch Hindernisse war somit also gewährleistet und die Steuerung sollte aber noch etwa benutzerfreundlicher gestaltet werden. So programmierte man eine GUI in welcher ein Button eingefügt wurde, welcher mit dem Befehl zur Ansteuerung des NXTs verknüpft war, sodass der Roboter gestartet werden konnte. Ein weiterer Knopf diente zum Starten der Bewegung und noch einer zum wieder beenden aller Befehle, sodass der Roboter anhielt. Später wurde eine Messtabelle eingeführt, welche Messwerte „live“ vom Roboter übertrug, in welcher der Benutzer ablesen konnte, wie viel Power die Motoren momentan haben, wie viele Umdrehungen in einem bestimmten Zeitraum erreicht wurden usw. Da der Roboter aber nicht nur autonom fahren sollte, sondern auch der Benutzung in die Bewegung eingreifen können sollte, wurden der GUI Schieberegler hinzugefügt, welche die Richtung und Geschwindigkeit anpassen ließen und die Richtung bestimmen konnte, sodass der NXT\_Bert nicht nur autonom fahren konnte, sondern auch manuell gesteuert werden konnte.

Die nächste Überlegung galt der Verbesserung der Objekterkennung. So entschied man sich gegen den Ultraschallsensor und befestigte eine Webcam seitlich am Roboter, welche zum tracken von Farben genutzt werden sollte. Dieses System sollte auf dem RGB-Prinzip beruhen, welches alle Farben in die drei Primärfarben zerlegt: Rot, Blau, Gelb und durch Aufaddieren der einzelnen Anteile der drei Primärfarben die zu trackende Farbe definiert. Die geschah durch folgendes Prinzip: die Kamera wurde auf eine bestimmte, möglichst prägnante Farbe gepolt, um Verwechslungen durch unterschiedliche Lichtverhältnisse oder Ungenauigkeit der Kamera möglichst auszuschließen. Die Farbe wurde über die Rot-, Grün- und Blauwerte im Quellcode bestimmt, sodass man sich für die Farbe Gelb entschied. Der Roboter bekam den Befehl sich solange im 360°-Winkel zu drehen, bis die Kamera ein prägnant gelbes Objekt erkannte. War dies der Fall ging der Befehl an den NXT raus die Motoren zu stoppen und die Pixel im Bild der Kamera zu markieren, welche die Farbe Gelb hatten. Von diesem markierten Bild aller gelben Pixel wurde der Mittelwert ermittelt. Der NXT sollte nun den Befehl bekommen den Mittelwert der gelben Pixel in das Zentrum des Kamerabildes zu fokussieren und danach die Motoren

ansteuern sich vorwärts zu bewegen. Ab einem bestimmten Abstand, sollten die Motoren stoppen und die restlichen Befehle zur Steuerung des Greifarms an den NXT ausgegeben werden. Die Abstandsermittlung erfolgte wie folgt: Die markierten gelben Pixel wurden ausgezählt. Sobald sich der Roboter nun auf das gelbe Objekt zubewegt erhöht sich die Anzahl der gelben Pixel im Bild der Kamera. Sobald eine bestimmte Anzahl gelber Pixel erkannt wird, wird ein Befehl an den NXT ausgegeben die Motoren zu stoppen und die Befehle zur Steuerung des Greifarms auszuführen.

Abb. 3: Bild der Webcam mit verschiedenfarbigen Bällen

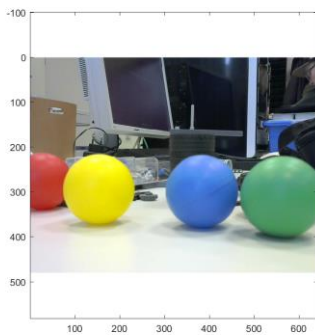


Abb. 4: Markieren der Farbe, die getrackt wurden (hier: gelb)

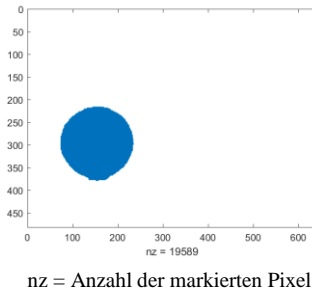
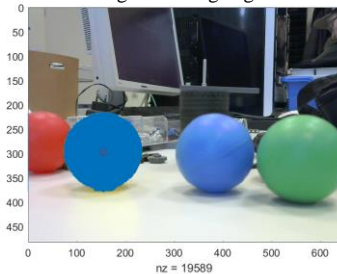


Abb. 5: Bild der markierten Pixel über Original-Bild gelegt



Zu guter letzt wurde der Greifarm konstruiert und seitlich am Roboter, direkt über der Webcam montiert. Die differentielle Bewegung der Hoch- und Runterbewegung und des Auf- und Zuklappens des Arms erschien über die Steuerung eines einzelnen Motors und einer Kupplung zu kompliziert, so wurde sich für eine Steuerung mit zwei Motoren entschieden. Einer für jede Bewegungsart. Da die NXTs standardmäßig nur über drei Slots zur Verbindung mit Motoren verfügen, wurde ein zweiter NXT an die Rückseite des Aufräumbots angebracht. Danach musste nur noch die Ansteuerung zweier NXTs gleichzeitig erfolgen bis die Feinarbeit des Greifarms erfolgen konnte.

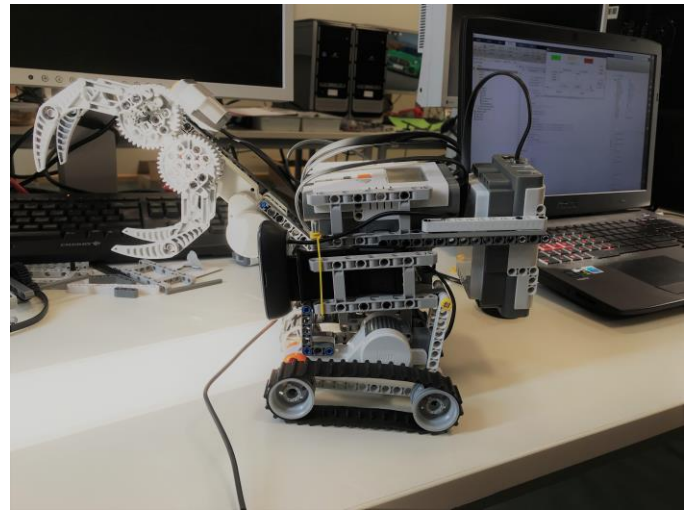


Abb. 6: Seitenansicht Aufräumbot NXT\_Bert

Über einige Bedingungsverknüpfungen im Code gab der NXT im dementsprechend richtigen Moment den Befehl an den Greifarm raus, wann er hoch/runter bzw. auf/zu auszuführen hat. Durch die Verknüpfung all dieser Befehle war nun gewährleistet, dass der Roboter ein gelbes Objekt trackt, anvisiert, darauf zusteuert, im richtigen Moment davor anhält, dann die Klaue öffnet, den Greifarm herunterlässt, die Klaue wieder schließt und den Greifarm anhebt.

Genau das gleiche Prinzip wurde zum weiteren Verfahren genutzt. So drehte er sich wieder, mit dem Objekt in der Klaue, so lange um die eigene Achse, bis er die zweite vorgegebene Farbe trackte. In diesem Fall prägnant grün. So markierte er wieder die diesmal grünen Pixel, nahm den Mittelpunkt, steuerte ihn an und hielt im dementsprechendem Abstand an. Da als Ablageort eine Art Käfig gewählt wurde war es unnötig den Greifarm vor dem Ablegen zu senken, sodas nur noch der Befehl zur Öffnung der Klaue ausgeführt wurde.

Um die Steuerung des NXTs zu erleichtern und die Anwendung in der Praxis zu verbessern, wurden die beiden NXTs über Bluetooth angesteuert.

#### IV. ERGEBNISDISKUSSION

Alles in allem wich das Endergebnis von unserer ursprünglichen Idee etwas ab, was jedoch im Nachhinein nur zum Positiven zu bewerten ist, da die neuen Ideen den Anwendungsbereich des Aufräumbots erweiterten. Der Roboter tut, wofür er konstruiert wurde, sodass er mit besserem Material auch in größerem Maßstab entwickelt und zusammengebaut werden könnte.

Probleme stellt, wie bereits erwähnt das Material der Bauteile da, da dies unter größerer Belastung zu Verformungen neigt.

Zudem war es nicht möglich eine Unterscheidung von Objekten mit den verwendeten Farben vorzunehmen, sodass der Roboter alles anvisiert und ansteuern will, was zuerst dementsprechend prägnant gelb bzw. grün erscheint, so steuerte der Roboter nicht den von uns vorgesehenen grünen Käfig-Ablageort an, sondern den Bildschirm des vor uns sitzenden Kommilitonen, welcher aus vorwiegend grünen Bildern

bestand.

Weiteres Problem war die Befestigung der Webcam am Roboter, da diese nicht zum LEGO-Baukasten dazu gehörte. Die Befestigung gelang, jedoch war die Genauigkeit durch Wackeln beim Fahren nicht immer zu 100% korrekt.

Die Genauigkeit der Steuerung der Ketten war durchaus präzise, jedoch unterscheidet sich die Leistung der unterschiedlichen Motoren voneinander, da sie über die Zeit ihrer Benutzung unterschiedlich beansprucht wurden.

Das einzige Problem, welches wir zum Ende hin endgültig beheben konnten, war der Delay und die lange Verbindungszeit der beiden NXTs mit dem Computer per Bluetooth. Der Delay, der durch die kabellose Verbindung entstand war zum Glück vernachlässigbar klein, nur die Verbindungszeit mit zwei NXTs gleichzeitig betrug etwas über 40 Sekunden. Diese konnten wir jedoch umgehen, indem die Initialisierung nicht abgebrochen wurde, wenn die NXTs nicht mehr angesteuert wurden, sodass die Verbindung nur mit Drücken des NXT-Knopfes unterbrochen werden konnte.

Eine Einschränkung der Reichweite gab es trotz der Verbindung per Bluetooth, denn die Webcam gehört nicht zum Baukasten, kann somit nicht mit dem NXT verbunden werden und musste über ein USB-Kabel mit dem Computer verbunden bleiben. Natürlich ist dieses Problem ganz einfach mit der Montierung einer bluetoothfähigen Webcam zu beheben.

## V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Trotz einiger Probleme während der Arbeit an dem Projekt konnten wir einige schon von Anfang an verhindern, oder im Nachhinein ganz einfach eliminieren. Übrig gebliebene Probleme sind meist den Bauteilen zu verschulden, sodass auch diese in größerem Rahmen mit besseren Möglichkeiten wegfallen würden. Nur die Probleme in der Programmierung, wie das tracken der spezifischen Objekte und nicht Aller würde einen höheren Zeitaufwand mit sich bringen und stellt tatsächliche Probleme dar. Trotz allem funktioniert der Roboter wie erhofft und geplant und muss mit nur leichten Justierungsarbeiten, wie der Kamera unter dem Greifarm, in Stand zu halten. Die Bedienung ist einfach, egal ob autonom oder manuell, da bei „autonom“ nur ein Knopf gedrückt wird und der Roboter von alleine fährt und seine Aufgabe erledigt und auch bei „manuell“ sind die Buttons so beschriftet, dass jeder erkennen kann, was zu tun ist.

Dennoch kann der Roboter noch optimiert und erweitert werden. Die Ketten können stabilisiert werden, der Greifarm für höhere Genauigkeit zentral auf dem Korpus platziert werden und eine bluetoothfähige Webcam könnte in Zukunft verbaut werden. Auch die Steuerung des Greifarms über nur einen Motor mit Hilfe einer Kupplung wäre denkbar du mit mehr Zeit umsetzbar gewesen.

Somit lässt sich sagen, dass sich das Projekt auch mit einigen Verbesserungsmöglichkeiten durchaus sehen lassen kann und anwendbar ist.

## ANHANG

```
frame=getsnapshot(camera);
camera.ReturnedColorSpace;
rotf=frame(:,:,3);
gruenf=frame(:,:,2);
blauf=frame(:,:,1);

for n=1:480
for m=1:640

gelb(n,m)=rotf(n,m)<gruenf(n,m)-100 &&
rotf(n,m)<blauf(n,m)-100;
end
end

nz=sum(sum(gelb));
```

Quellcode 1: Farberkennung gelb

## LITERATURVERZEICHNIS

- [1] <https://g.co/kgs/hdjtTj>  
<https://www.youtube.com/watch?v=UWBU7BSTwu4>
- [2] [https://de.wikipedia.org/wiki/I.\\_Robot\\_\(Film\)](https://de.wikipedia.org/wiki/I._Robot_(Film))
- [3] <http://www.robonews.de/2011/03/bergungsroboter-japan-erdbeben-einsatz/>
- [4] <https://wowwee.com/>
- [5] <http://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/aufraeumroboter-roboscooper-packt-den-muell-weg/3506314.html>