

Bau des Aufräumroboters „BERT“ im Rahmen des LEGO-Mindstorm-Praktikums

Tommy Gaede, Elektro- und Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Das vorliegende Paper beschäftigt sich mit Bau und Programmierung eines Aufräumroboters aus Lego. Ziel dieses Roboters ist es mithilfe eines Greifarmes und einer Webcam Zielobjekte zu erkennen, aufzunehmen und zu einem bestimmten Ort zu bringen. Dafür wurde mithilfe von MATLAB ein Bildanalyseprogramm implementiert, welches den Roboter koordiniert. Es handelt sich um ein Kettenfahrzeug mit Differentiallenkung was Stabilität und Manövrierfähigkeit ermöglicht. Des Weiteren werden die beiden Steuereinheiten des Roboters per Bluetooth angesteuert, was eine verbesserte Reichweite zwischen Laptop und Roboter sichert. Es werden außerdem Bezüge auf bereits heute existierenden Robotern im Haushalt und militärischen Robotern genommen. Schwerpunkt dieser Arbeit ist dabei die Farberkennung, welche in der Bildanalyse implementiert ist.

Schlagwörter - Aufräumroboter, Bildanalyse, Farberkennung, Greifarm, Webcam

I. EINLEITUNG

Wir befinden uns in einer Zeit, die durch Technologie stark geprägt ist. Schon heute sind Roboter im Haushalt eingebunden und in der Industrie sind sie in vielen Branchen nicht mehr wegzudenken. Die Entwicklung wird durch immer leistungsfähigere Hardware zunehmend schneller, sodass der Fortschritt in naher Zukunft Roboter vollends in unseren Alltag einbindet, um uns bei den täglichen Pflichten zu unterstützen. So sind Aufräumroboter schon länger ein Thema für viele Konzerne und Saug- oder Wischroboter finden in Deutschland ebenfalls mehr und mehr Anklang. Auch das Militär greift auf Roboter zurück, beispielsweise bei der Bombenräumung. Somit wird klar, dass Roboter schon heute einige Aufgaben für uns übernehmen können.

Jedoch gibt es bisher keine vollständig autonomen Roboter im freien Handel, die ein beliebiges Objekt zurück an seinen ursprünglichen Ort bringen. Diese wäre eine große Erleichterung für alte oder kranke Menschen, welche es nicht alleine schaffen, sich ohne Probleme um den Haushalt zu kümmern. So haben wir es uns zum Ziel gemacht, diesen Ansatz zu verfolgen und einen Aufräumroboter gebaut, der diese Aufgabe vereinfacht lösen kann.

Dabei spielt die Bildverarbeitung eine große Rolle. Wir nehmen die Welt über unsere Sinne wahr, so auch mit dem optischen Sinn, welcher das Gesehene über das Gehirn zu

Informationen verarbeitet. Anders am Computer: Dort sendet eine Kamera das aufgenommene Bild an einen Computer, welcher dann mithilfe von uns entwickelter Algorithmen das Bild analysiert und zu Informationen verarbeitet [4]. Genau dies machen wir uns zu Nutze, um unseren Roboter mit einem digitalen optischen Sinn auszurüsten, sodass dieser sich orientieren kann.

II. VORBETRACHTUNGEN

A. Roboter im Haushalt

“Die meisten Roboterinteressierten würden sich vom technischen Helfer das leidige Staubsaugen abnehmen lassen (68 Prozent). Jeder Zweite würde den Roboter zum Fußboden wischen einsetzen. Etwas weniger sehen darin einen idealer Fensterputzer (47 Prozent). Deutlich weniger Bürger können sich Roboter zum Blumengießen (15 Prozent), zum Aufräumen (12 Prozent) und als Butler (9 Prozent) vorstellen.”[1] Somit wird deutlich, dass Roboter einen immer größeren Stellenwert in der Gesellschaft genießen. Sie können Aufgaben im Haushalt übernehmen und uns so das Leben erleichtern.

Seit Ende der 1990er Jahre wird an voll automatischen Saugrobotern geforscht. Sie sind derzeit die beliebtesten Serviceroboter und erleichtern uns den Alltag. Die ersten Saugroboter nutzten eine einfache Federmechanik, um Kollisionen zu erkennen und den Hindernissen auszuweichen. In modernen Geräten dagegen werden bereits komplexere Sensoren, wie Ultraschall-, Infrarot- oder Lasersensoren, verbaut, um diese Kollision zu umgehen [2].

B. Roboter des Militärs

Das Militär nutzt Roboter, da diese, im Falle einer Bedrohung, ohne die Gefährdung von Menschen agieren können. Des Weiteren können sie aus der Entfernung gesteuert werden. Es gibt verschiedene Arten von unbemannten Landfahrzeugen, auf welche das Militär zurückgreift, u.a. EOD-Roboter (Explosive Ordnance Disposal), welche zur Bombenentschärfung dienen, SUGV (Small Unmanned Ground Vehicle), welche zur Erkundung von Gebieten genutzt werden oder UGCV (Unmanned Ground Combat Vehicle), welche als Kampfroboter genutzt werden. Somit werden die zahlreichen Möglichkeiten, die Roboter bieten auch vom Militär ausgeschöpft, was die Forschung stark voranbringt. EOD-Roboter werden häufig in Krisengebieten genutzt, aber auch in öffentlichen Gebäuden oder Einrichtungen wie

Flughäfen, wenn eine Bombe vermutet wird. So kann sichergestellt werden, dass sich kein Mensch in Gefahr begeben muss. Diese Roboter haben uns als Vorlage für unsere Konstruktion gedient [3].

C. Bildanalyse durch Farberkennung

Die Farberkennung beruht auf der Analyse der additiven Farbmischung von Objekten. So lassen sich alle Farben in ihre Grundbestandteile aus den Primärfarben zerlegen. Dieses Prinzip beruht auf einem RGB-System (rot-gelb-blau). Diese drei Farben können alle anderen Farben durch mischen erzeugen, lassen sich selbst allerdings durch vermengen nicht produzieren. Dieses Prinzip nutzen wir bei der Bildanalyse mithilfe einer Webcam. Diese legt für jeden Pixel, den die Kamera erfasst, einen Wert im RGB-Spektrum an, das heißt, es werden jedem Pixel drei Werte für seine Rot-, Gelb- und Blauanteile zugeordnet, welche zwischen 0 und 255 liegen. So können wir jede Farbe anvisieren und analysieren.

III. HAUPTTEIL

A. Mechanik

Der Aufräumroboter „BERT“ ist als Kettenfahrzeug konstruiert, um eine möglichst hohe Manövrierfähigkeit mittels der Differentiallenkung zu ermöglichen. Des Weiteren mussten wir, gewichtsbedingt, jeweils zwei Ketten pro Seite anbringen, da durch die Nutzung vieler Komponenten der Schwerpunkt erhöht gelegen hat und die Stabilität so gewährleistet werden kann. Allerdings erschwert dies das Manövrieren, da die äußeren Ketten schneller laufen müssten als die Inneren, was wir aber nicht umsetzen konnten. So kann es zu kleinen Ungenauigkeiten kommen. Unser Ziel war es, den Roboter so kompakt wie möglich zu halten, was uns weitestgehend gut gelungen ist. Der Greifarm, mit welchem der Roboter die Zielobjekte wegräumt, wird durch zwei Motoren betrieben, um eine Auf- und Abwärtsbewegung des Armes zu ermöglichen und zur Steuerung der Krallen. Somit waren wir auch gezwungen eine zweite NXT-Einheit zu verbauen, um vier Motoren gleichzeitig ansteuern zu können. Zur Umgebungsanalyse haben wir eine Webcam seitlich des Konstrukts, auf Greifarmhöhe angebracht (Abbildung 1).

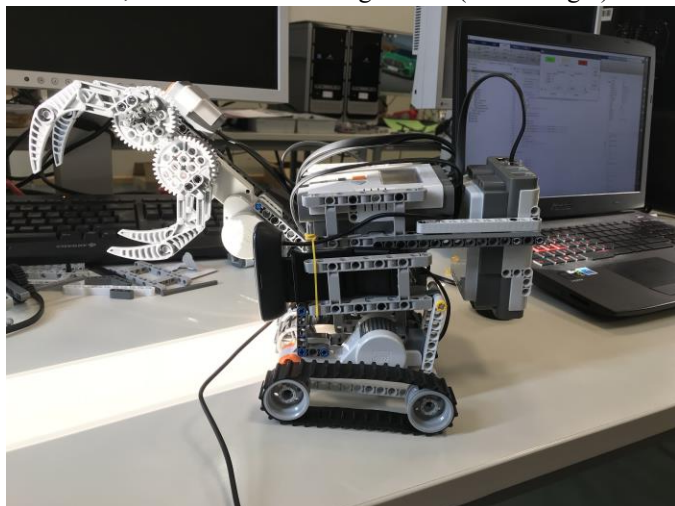


Abbildung 1: Aufbau des Roboters

B. Programmierung und Umsetzung

Zum Ansteuern des Roboters per Bluetooth haben wir zunächst eine Initialisierung ausgeführt, welche vor dem Start des eigentlichen Programmes separat ausgeführt wurde, da diese mit einem Delay von ca. 40 Sekunden zu langwierig gewesen ist, um diese in den Programmablauf hinein zu beziehen. Diese verbindet den Laptop mit den Steuereinheiten (NXT-Einheiten) des Roboters. Mit dem Start der grafischen Benutzeroberfläche (GUI), kann man den dargestellten Programmablauf starten (siehe Abbildung 2).

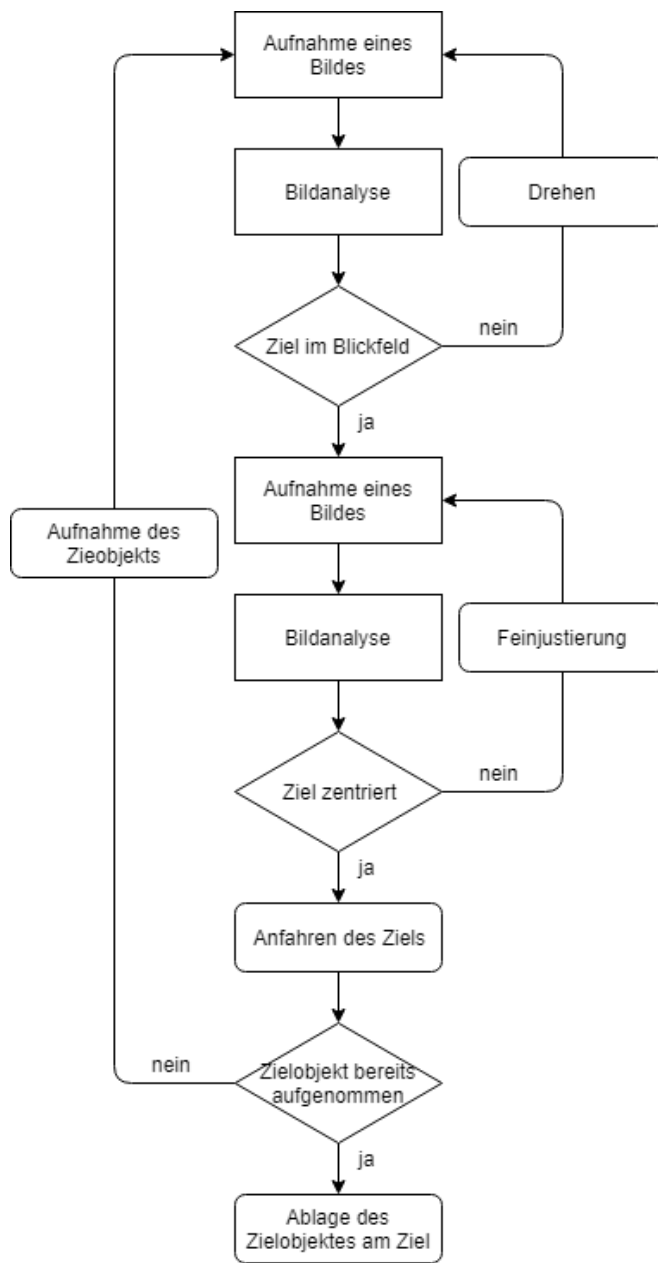


Abbildung 2: Programmablaufplan

Die Bildanalyse (siehe Quellcode A) erfolgt durch die Einbindung einer Logitech C270 Webcam. Wir haben uns bei der Auswertung der Bilder für die Methode der

Farberkennung entschieden, bei welcher besonders auffällige Farben, wie gelb, blau, rot oder grün analysiert werden. Dies ist notwendig, um eine möglichst hohe Genauigkeit zu gewährleisten. Zunächst wird dabei das Bild als Matrix mit den Maßen 640 Spalten und 480 Zeilen erstellt, da die Auflösung der Kamera 640x480 Pixel beträgt (siehe Abbildung 3).

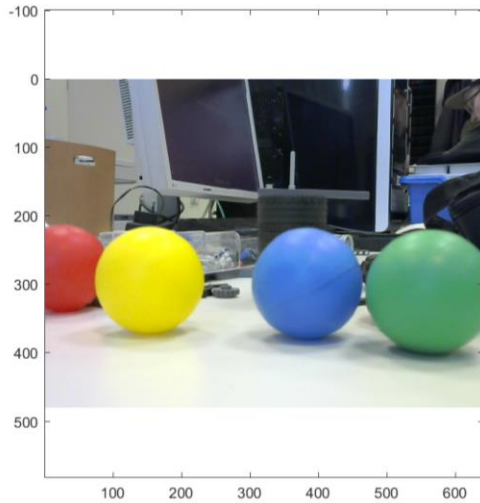


Abbildung 3: Aufgenommenes Bild der Webcam

Wie in der Vorbetrachtung bereits erläutert werden nun die Farbwerte, durch das RGB-System, elementweise miteinander verglichen, sodass genau ein Farbwert herausgefiltert wird. In die Matrix wird daraufhin der vorher festgelegte Farbwert eingetragen, sodass an allen Stellen, an welchen dieser besonders hoch sind eine 1 eingesetzt, wobei der Rest mit Nullen gefüllt wird (siehe Abbildung 4).

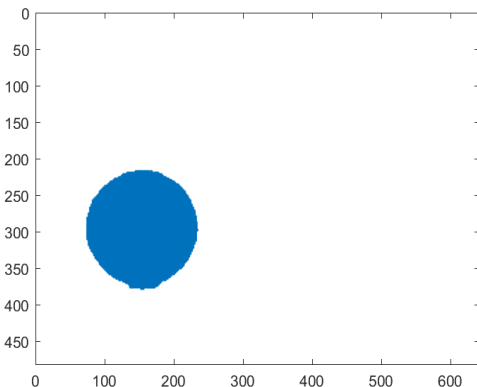


Abbildung 4: Markierung der gelben Punkte

Sobald solch eine Matrix erstellt wurde, wird die Summe der markierten Zeilen (für die y-Achse) und der Spalten (für die x-Achse) errechnet, sodass Vektoren entstehen. Daraufhin wird der Mittelwert aus den Vektoren gezogen, sodass sich ein Mittelpunkt klar bestimmen lässt, welcher sich nun in die Matrix übernommen wird (siehe Abbildung 5). So kann der Roboter sich auf diesen Punkt ausrichten. Um eine möglichst hohe Genauigkeit zu gewährleisten wird dieser Vorgang alle 0,1 Sekunden wiederholt.

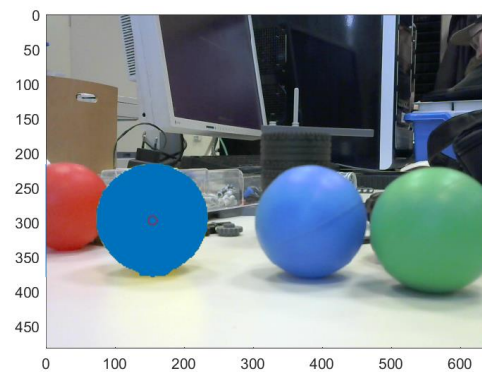


Abbildung 5: Analysiertes Bild mit berechnetem Mittelpunkt

Allerdings gibt es technisch bedingte Einschränkungen zu berücksichtigen, da die Kamera erst auf einer Distanz von unter 150 cm genau arbeiten kann. Damit dies realisierbar ist, haben wir einen Schwellwert implementiert, bei welchem die anschließenden Funktionen erst ab einer Anzahl von 500 markierten Pixeln erfolgen.

Die Feinjustierung beginnt, sobald ein Ziel durch die Bildanalyse gefunden wurde. Bei dieser drehen sich die Ketten in kleinen Zeitabständen relativ langsam, da durch die Verbindung per Bluetooth ein gewisser Delay zu berücksichtigen ist. Sobald der Mittelpunkt des Zieles mit einer Genauigkeit von 5 Pixeln im Bildmittelpunkt ist, fährt der Roboter auf das Ziel zu.

Sobald er einen bestimmten Abstand, welcher durch das Auszählen der markierten Pixel herausgefiltert wird, vom Ziel hat, hält er an und der Greifprozess beginnt. Dabei wird zunächst die Klaue durch einen Zahnradmechanismus geöffnet. Der Arm fährt herunter, die Klaue schließt sich wieder und der Arm kann nach oben fahren. Bei der Programmierung war dies mit Problemen verbunden, da die Motoren nicht immer gleichmäßig stark und schnell arbeiten und wir dafür zwei NXT-Einheiten ansprechen mussten.

Um das aufgenommene Objekt auch zu einem Ziel zu bringen, beginnt der Prozess erneut, wobei nun eine andere prägnante Farbe als Ziel dient und der Greifprozess ohne das Herauf- und Herunterlassen des Armes umgesetzt wird.

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Das Projekt war für uns ein Erfolg. Wir haben es geschafft in der vorgegebenen Zeit einen funktionsfähigen, autonomen Aufräumroboter zu bauen und programmieren, welcher unter Laborbedingungen ohne Probleme arbeiten konnte.

Der Bildanalysealgorithmus war dabei eine der größten Hürden, da manche Farben nicht deutlich genug erkannt wurden oder aber die Kamera zu unscharfe Bilder auf große Entfernung schießt. Des Weiteren gab es kleinere Rückschläge durch die Instabilität der LEGO-Bauteile, welche nur sehr geringen Belastungen standhielten, oder durch die Ungenauigkeit der Motoren, welche nicht mit konstant gleicher Stärke gearbeitet haben, wodurch der Roboter teilweise nicht gerade gefahren ist oder aber die Klaue nicht

weit genug auf oder zu machen konnte. Hinzu kommt die geringe aber dennoch bemerkbare Verzögerung durch die Ansteuerung über Bluetooth. Auch wenn diese uns letztendlich viele Vorteile, vor allem im Thema Mobilität gegeben hat.

Doch diese Probleme lassen sich größtenteils einfach beheben, wenn die Zeit dafür da wäre, sodass unser Roboter unter Realbedingungen gut umsetzbar wäre. Somit ist die Idee, einen voll autonomen Aufräumroboter für Zuhause zu konstruieren, gelungen und es lässt sich sagen, dass Roboter immer benutzerfreundlicher werden. Woran früher Wissenschaftler jahrelang gearbeitet haben, lässt sich durch moderne Technik heute von Studenten in zwei Wochen umsetzen.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Während des zweiwöchigen Projektseminars ist ein funktionstüchtiger, autonomer LEGO-Roboter entstanden, welche automatisiert Gegenstände erkennt, aufnimmt und aus dem Weg räumt. Durch das Einbinden einer Webcam ist seine Funktionalität stark vergrößert worden. Die Programmierung und der Bau harmonisieren miteinander, sodass er ohne große Probleme seine Aufgabe erfüllen kann.

Es gibt noch viele Erweiterungsmöglichkeiten. So könnte man durch eine stärkere Konstruktion, z.B. durch die Verwendung anderer Materialien, die Stabilität erhöhen, wodurch auch schwerere Gegenstände ohne Probleme aufgenommen werden könnten. Dafür wären allerdings auch leistungsfähigere Motoren nötig, welche auch die Genauigkeit erhöhen würden. Durch eine Umkonstruktion des Greifarms könnte man diesen universeller gestalten, sodass auch andere Objekte mit anderen Formen aufgenommen werden könnten. Des Weiteren wäre es möglich, den gesamten Corpus drehbar zu lagern, wodurch einen Anhänger angebracht werden könnte, welcher die aufgenommenen Gegenstände sammelt. Hinzu kommt, dass eine genauere Kamera bessere Ergebnisse liefern würde. Das heißt, die Genauigkeit bei der Bildanalyse würde steigen, ebenso wie der Arbeitsradius, aber auch Arbeitsaufwand.

Somit wird deutlich, dass wir viel erreicht haben, aber auch noch viel verbessern könnten. Dies gilt nicht nur für unser Experiment, sondern auch für die gesamte Wissenschaft. Durch den rasanten technologischen Fortschritt, sind uns immer weniger Grenzen gesetzt.

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));
framerotx=any(gelb,1);
frameroty=any(gelb,2);
posx=(find(framerotx,1,'first')+find(framerotx,1,'last'))/2;
posy=(find(frameroty,1,'first')+find(frameroty,1,'last'))/2;
```

Quellcode A: Bildanalyse

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] CreditPlus - Studie: Fast drei von vier Deutschen interessieren sich für Haushaltsroboter:
<https://www.creditplus.de/ueber-creditplus/newsroom/pressemitteilungen/presse-detail/news/studie-fast-drei-von-vier-deutschen-interessieren-sich-fuer-haushaltsroboter/>
Zitat: Zeile 7-11
Stand: 19.03.2018
- [2] Wikipedia, the free Encyclopedia: Staubsaugerroboter
<https://de.wikipedia.org/wiki/Staubsaugerroboter>
Stand: 19.3.2018
- [3] Wikipedia, the free Encyclopedia: Unbemanntes Landfahrzeug:
https://de.wikipedia.org/wiki/Unbemanntes_Landfahrzeug
Stand: 19.3.2018
- [4] ELEARNING OvGU: Matlab Handbuch
https://elearning.ovgu.de/pluginfile.php/115111/mod_resource/content/2/Main.pdf
Stand: 19.3.2018
- [5] Prof. Dr. Elke Hergenröther: "Wie schreibt man einen wissenschaftlichen Artikel („paper“)?"
<https://www.fbi.h-da.de/fileadmin/personal/e.hergenroether/VertiefungAktuellerThemenCG/WieSchreibtManEinenWissenschaftlichenArtikel.pdf>
Stand: 19.3.2018