

# LEGO Mindstorms Projekt OVGU

Julian Reek, Elektro- und Informationstechnik  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

## Abstract—

Wir haben es uns zur Aufgabe gemacht, einen Roboter zu entwerfen, welcher in der Lage ist, Ziele zu lokalisieren, diese als solche zu erkennen und schlussendlich unter Beschuss zu nehmen. Bei der Konstruktion & Planung traten immer wieder verschiedene Probleme (wie z.B. die genaue Zielanpeilung des Geschützes) auf, welche wir aber alle beheben konnten. Unser Ziel war es einen Mittelweg zu finden, welcher nicht zu sehr von unserer ursprünglichen Idee abweichen, auf der anderen Seite uns die Umsetzung aber nicht unmöglich machen sollte. In dieser Arbeit werden die einzelnen Schritte der Planung, die Idee dahinter, aufgetretene Probleme und die Umsetzung genauer erläutert. Weiterhin zeige ich die verschiedenen Anwendungsgebiete unseres Roboters auf.

## I. EINLEITUNG

Der Roboter ist darauf ausgelegt, sowohl im zivilen, als auch im militärischen Bereich eingesetzt zu werden. Dabei soll er verschiedene Aufgaben erfüllen und vielfältig eingesetzt werden, beispielsweise als Geländefahrzeug, Roboter für Spezialkräfte bis hin zum militärischen Kampffahrzeug. Dabei war es uns wichtig, den Roboter multifunktional zu gestalten, um ihn für eine größere Zielgruppe interessant zu machen.

Zu seinen Aufgaben, bzw. Anforderungen zählen also das Scannen der Umgebung, die automatische Erfassung von Zielen, die Durchquerung von schwierigem Gelände, der Einsatz in Kampfgebieten, sowohl die Durchsuchung von Häusern im Zuge von Polizeieinsätzen. Der Roboter muss daher vielen Anforderungen gerecht werden, darunter Echtzeit-Übertragung der Kamera- und Sensordaten, er muss über große Agilität und Stabilität verfügen, sich auch bei unebenen Gelände bewegen können und manuell steuerbar sein.

Zudem muss er über ein Geschütz verfügen (oder zumindest die Möglichkeit gegeben sein, ein solches zu montieren). Bei unserem Prototyp ist es natürlich im Rahmen des Projektes aus Lego gebaut. Darüber hinaus muss der Roboter je nach Anforderung passend ausgerüstet oder umgebaut werden können, sprich leicht zu bedienen sein. Außerdem muss er auch schnell agieren können, da dies für die Erfüllung seiner Aufgaben erforderlich ist.

Es ist auch wichtig zu erwähnen, dass er je nach Bedürfnis und Anforderung in unterschiedlicher Größe zum Einsatz kommt; ein 1m großer Roboter wäre kein besonders tauglicher Geländewagen. Unsere ursprüngliche Idee basiert auf den Nachbau einer mechanischen Spinne. [1]

## II. VORBETRACHTUNGEN

### A. Fortbewegung

Eines der größten Probleme welches wir zwischenzeitlich hatten, war die Frage, wie sich der Roboter fortbewegen soll, da er sich später zur Anvisierung des Zieles mit sehr kleinen Bewegungen ausrichten sollte. Ketten und Räder erwiesen sich bei näherer Betrachtung als ungeeignet. Deshalb haben wir uns für Beine entschieden. Daraus ergab sich die Idee mit der Spinne. Allerdings mussten wir aufgrund der beschränkten Anzahl von Teilen und kleineren Problemen auf eine Variante mit 6 Beinen zurückgreifen. Bei der anderen Variante war aufgrund zu vieler Zahnräder die Motorbelastung zu groß, sodass sie nur bedingt funktionierte (da uns nur 1 NXT und 3 Motoren zur Verfügung standen & einer davon schon für das Geschütz verplant war).

### B. Geschütz

Die eigentliche Hauptaufgabe des Roboters war es, Ziele zu beschießen, welche von uns vorgegeben wurden. Am Anfang hatten wir das Geschütz in einem 90° Winkel an dem Roboter befestigt, da dies am einfachsten zu realisieren war. Allerdings verfügte der Roboter aufgrund der nicht allzu großen Motorenleistung nur über eine geringe Schussweite. Deswegen mussten wir unseren Roboter so umkonstruieren, dass es möglich war, das Geschütz in einem 45° Winkel zu montieren. Dank dieses Umbaus wurde es möglich, das Munitionslager zu vergrößern; so konnten wir auch ein mehrfaches Schießen hintereinander realisieren. Anschließend mussten wir nur noch eine Testreihe an Versuchen durchführen und dabei die verschiedenen Faktoren wie Motorleistung und -Umdrehung variieren. Mit diesen Messergebnissen konnten wir nun den ganzen Prozess der Zielerfassung programmieren. Es wurden insgesamt 200 Versuche durchgeführt bis wir verwertbare Ergebnisse hatten.

### C. Kamera

Um die Umgebung zu scannen und somit auch die Ziele zu erfassen, haben wir versuchsweise Licht-, Farb- und schließlich Ultraschallsensoren zu verwenden. Leider lieferten alle nicht ausreichende Resultate, weshalb wir beschlossen, ein Handy auf dem Roboter zu befestigen und mit der Kamera die nötigen Daten via Bluetooth zu übertragen. Dies bot sogar noch den Vorteil, dass wir zusätzliche Sensoren (wie z.B. den Rotationssensor) mitnutzen konnten. Dank der besseren Bildqualität verringerte sich auch die Zeitspanne, die der Roboter zum Erkennen des Zieles benötigte. Außerdem hatten wir so nun eine Echtzeitübertragung, welche sich bei den späteren Anwendungen als sehr brauchbar erwies.

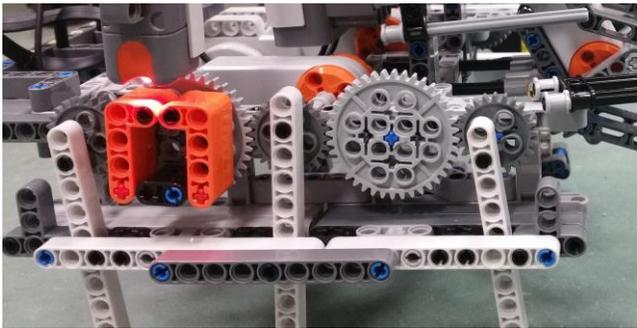


Abbildung 1: Lichtsensoren zur Unterstützung der Steuerung

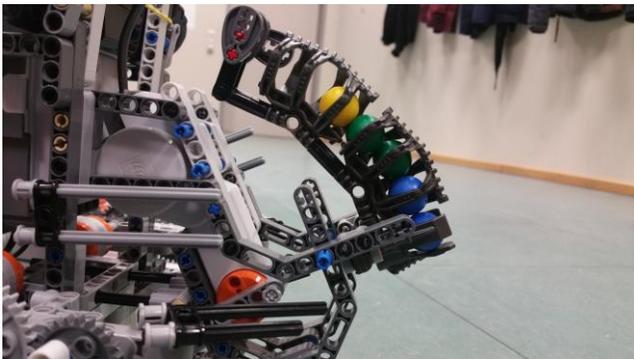


Abbildung 2: Geschütz mit vergrößertem Munitionslager

### III. HAUPTTEIL

Wir haben damit angefangen zu überlegen, welche Aufgaben unser Roboter erfüllen soll und welche Dinge wir deswegen bei der Umsetzung beachten müssen. Erst später ergab sich ein konkreter Plan. Als wir die Idee mit den Beinen und der Spinne herausgearbeitet hatten, wurde schnell klar, dass die Belastung auf den einzelnen Beinen und Zahnräder sehr groß sein wird, weswegen wir den kompletten unteren Teil des Roboters verstärkt haben.

Wir mussten dabei aber auch auf das Gewicht Rücksicht nehmen, da wir für alle Bewegungsabläufe nur 2 Motoren hatten. Deswegen haben wir auf beiden Seiten jeweils 5 Zahnräder als Verbindung der einzelnen Beine genommen. Dabei verwendeten wir abwechselnd große,

damit mindestens immer 3 Beine Kontakt zum Boden hatten. Auf die Idee von meinem Partner hin haben wir für bessere Stabilität kleine Gummiuntersätze an die Füße montiert, um auch auf einer glatten Oberfläche die nötige Haftung zu bekommen. Wie bereits erwähnt, bestand unsere eigentliche Idee darin, eine mechanische Spinne zu bauen, welche auf dem Vorbild des Films „Wild Wild West“ [1] beruht. Allerdings haben wir schnell gemerkt, dass eine Variante mit 8 Beinen viele Probleme barg. So haben sich die einzelnen Füße beim Fortbewegen gegenseitig behindert, da die Gesamtgröße aufgrund von beschränkten Bauteilen begrenzt war. Als wir dieses Problem gelöst hatten, standen wir vor einem neuen. Nach dem einmaligen Benutzen des Roboters mussten wir die Beine immer wieder mühselig in Grundstellung bringen, bis uns die Idee kam, zusätzliche Lichtsensoren an die Seiten zu bauen. Diese registrieren eine bestimmte Farbe und lösen den Stopp des Motors aus. Diese Markierung steht für eine komplette Umdrehung des Zahnrads (siehe Abbildung 1: das schwarze Segment zwischen orange). Dies war programmiertechnisch nicht besonders aufwendig, ersparte uns allerdings eine Menge Arbeit. Nachdem der untere Teil fertiggestellt worden war, mussten wir überlegen wo und wie genau wir die massiveren Teile, wie NXT, Kamera und Powerbank (für eine lange Bildübertragung) anbauen können, dabei aber die Konstruktion so leicht wie möglich halten. Wir haben versucht, alles um den Schwerpunkt zu bauen, damit der Roboter nicht auf einer Seite mehr belastet wird, als auf der anderen. Nachdem das erledigt war, wurde das Geschütz konstruiert (wie genau habe ich in den Vorbetrachtungen in Punkt B erläutert). Als wir im Anschluss auch das Handy angebracht haben und via Bluetooth das Bild übertragen konnten, war die größte Herausforderung den Roboter so zu programmieren, dass er anhand der gesammelten und verarbeiteten Daten die Flugbahn selbst ermitteln konnte und sich dementsprechend bewegt und ausrichtet. Dank der Beine und des Motors, welchen man in sehr kleinen Schritten steuern kann, ist es dem Roboter möglich, sich zentimetergenau aufs Ziel auszurichten. Dadurch konnten wir das Ziel schneller und leichter treffen, was in einem Kampfgebiet (späteres Anwendungsgebiet) überlebenswichtig ist. Darüber hinaus konnten wir beim Umbau des Geschützes (Anbringung in einem 45° Winkel) auch noch das Munitionslager vergrößern, was es dem Roboter nun erlaubte, Ziele nicht nur schneller, sondern auch länger unter Beschuss zu nehmen. Dieser Umbau hatte den einfachen Grund, da wir mit Einzelschüssen nicht so viele Treffer hatten und die Versuchsreihe so schneller beendet werden konnte. Das genaue Zielen und Schießen erfolgte über eine Formel der Flugbahn, welche wir mit der Höhe des Roboters kombinierten und dann in den Quellcode mit einbauten.

Allerdings musste man immer wieder kleinere Änderungen vornehmen, je nachdem in welche Höhen wir das Ziel packten (bei uns war es ein weißer Ball).

#### IV. ERGEBNISDISKUSSION

Nachdem wir mit der eigentlichen Arbeit fertig waren, nahmen wir nur noch kleine Verbesserungen vor, wie die Optimierung der Zielerfassung. Dort wollten wir mithilfe globaler Koordinaten und dem Echtzeitbild ein schnelleres Finden und Ausrichten auf das Ziel ermöglichen. Jedoch funktionierte diese Variante nur minimal besser. Als nächstes sollte der Roboter einen stabileren Aufbau bekommen, weil sich dieser aufgrund des Eigengewichtes in der Mitte zunächst leicht durchbog. Diese Verbesserung sieht man in Abbildung 2. Am Ende mussten wir nur noch testen, ob der Roboter allen Aufgaben gerecht werden konnte, für die er vorgesehen war. Bei dem Test sahen wir, dass er in der Lage war, Ziele in mehreren Metern Entfernung zu erkennen und sich darüber hinaus automatisch auf diese ausrichtete. Als nächstes wurde getestet, ob der Roboter sich auch störungsfrei fortbewegen kann, da dies eines der größten Probleme war, das wir am Anfang hatten. Nach dem Umbau der Füße und der Variante mit nur 6 Beinen funktionierte auch das problemfrei. Nur eine Sache gab es noch zu beheben, nämlich die, dass wie bereits erwähnt der Roboter nach dem einmaligen Benutzen in einer zufälligen Position stehen blieb und danach die Bewegungen bei anschließenden Test sehr stockend verliefen. Das lag an dem vorprogrammierten Schrittablauf, welcher so aus dem Takt kam. Als die Lichtsensoren an den Seiten befestigt wurden, stoppte der Roboter nur dann, wenn er seine ursprüngliche Ausgangslage erreicht hatte. Der Gang wirkte nun auch flüssiger und das Handy, welches wir oben befestigt hatten, bewegte sich auch nicht mehr.

Da keine Ketten oder Räder verwendet wurden, ließ sich der Roboter auf das Ziel viel leichter ausrichten. Mit einem von uns vorher gebauten Kettenfahrzeug dauerte dieser Vorgang manchmal mehrere Minuten, was eindeutig zu lang war. Natürlich bestand weiterhin die Möglichkeit, den Roboter manuell fernzusteuern. Dies war aber nicht in unserem Interesse, weswegen wir die Idee mit den Ketten ziemlich schnell verwarfen. Zudem wollten wir etwas Einmaliges konstruieren, worin auch ein gewisser Schwierigkeitsgrad lag. Nachdem mehrere Tests erfolgreich abgeschlossen waren, befassten wir uns mit dem nächsten Problem: dem Schießen. Hierbei gab es mehrere Probleme. Zum einen hatte der Motor eine ungleichmäßige Leistung, wodurch die Kugel manchmal weiter, kürzer aber auch mal gar nicht flog, da der Motor sich aufhing und die Kugel so im Geschütz stecken blieb. Dies konnten wir lösen, indem wir im Quellcode die

Umdrehungszahl des Motors von 2160 (360x6 Umdrehung für die sechs Kugeln im Lauf) auf 2880 (8 Umdrehungen) setzten. So wurden alle Kugeln abgefeuert, auch wenn sich der Motor einmal aufhängte. Das Problem der ungleichmäßigen Leistungen des Motors bestand aber weiterhin. Deswegen haben wir entschieden, dass bei allen Testläufen sämtliche Kugeln abgeschossen wurden, da dies die Trefferwahrscheinlichkeit erhöhte und in etwa 90% der Fälle auch funktionierte. Das nächste Problem beim Schießen war, dass der Roboter manchmal mehrere Ziele erfasste, welche gar nicht vorhanden waren. Dies erklären wir uns damit, dass wir den Roboter auf weiße, kreisförmige Ziele (in unserem Fall die besagte weiße Kugel) programmiert hatten. So erkannte dieser auch manchmal auf weißen oder zu hellen Flächen mit niedrigem Kontrast zu anderen Farben mögliche Ziele. Dieses Problem konnten wir beheben, indem festgelegt wurde, dass Ziele, die zu weit oder kurz entfernt, oder schlichtweg zu groß oder zu klein waren, nicht als Ziele markiert werden sollten.

Als letztes gab es nur noch ein Problem und das war der hohe Stromverbrauch des angebrachten Handys. Da wir beinahe täglich den Roboter über mehrere Stunden testeten war das Handy auch immer an, wodurch es viel Energie verlor. Zuerst kam der Gedanke, es dauerhaft an ein Ladekabel anzuschließen, doch das Kabel behinderte die Testläufe und so kam es zu der Idee mit der Powerbank. Allerdings mussten wir, wie bereits erwähnt, auf das Gewicht und die Platzierung achten. Außerdem gingen uns zum Schluss allmählich die Teile aus, um auch noch eine Powerbank anzubauen. Wir mussten uns letzten Endes noch zusätzlich Teile borgen, um dieses Problem zu beheben. Nachdem der Roboter nun einsetzbar war, wurde noch die Benutzeroberfläche überarbeitet, mit dem Ergebnis, dass der Nutzer den Roboter jetzt auch leicht fernsteuern konnte und direkt daneben die Liveübertragung vom Roboter sehen konnte.

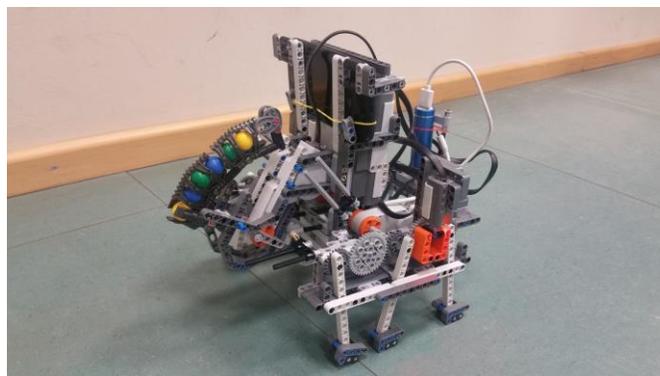


Abbildung 3: Roboter kurz nach dem letzten Umbau

## V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Zusammenfassend kann man sagen, dass es uns gelungen ist, einen multifunktionalen Roboter nach unseren Vorstellungen zu bauen, welcher in vielen Situationen eingesetzt werden kann. Er ist in der Lage, sich in alle Richtungen zu bewegen, scannt seine Umgebung, erkennt automatisch seine Ziele und kann sich letztendlich auch auf diese ausrichten und sie beschießen. Dies ist gelungen, durch die Benutzung von Beinen als Fortbewegungsmittel (nicht wie eigentlich geplant mit Ketten oder Rädern), durch die Verwendung und Anbringung des Handys, welches zur Echtzeitübertragung der Kamera und –Sensordaten benötigt wird und durch das Montieren eines Geschützes, welches Ziele treffen kann, die bis zu 1,70m entfernt sind. Zudem ist der Roboter in der Lage, bis zu 6 Kugeln hintereinander auf ein erfasstes Ziel abzufeuern. Zudem speichert er alle Bewegungen ab, damit er immer weiß, wo er sich gerade befindet. Was unserer Ansicht nach noch fehlte, war die Funktion, dass der Roboter in der Lage ist, Hindernisse zu erkennen und ihnen eigenständig ausweicht, um dann erneut seine Umgebung zu scannen. Dafür verblieb uns nicht genug Zeit. Was auch noch fehlte, war die Möglichkeit, den Roboter auf natürlichem, unebenen Gelände zu testen, um zu wissen, was man noch verbessern könnte.

Eine weitere Idee bestand darin, den Roboter an der Seite und oben mit sich bewegenden Ketten zu schützen, damit dieser im Falle eines Sturzes keinen zu großen Schaden nimmt und sich auch alleine wieder aufrichten kann. Zudem wäre es wichtig, bei einer größeren Version (als Geländewagen dienlich) zusätzliche Sitzmöglichkeiten für Fahrer einzubauen. Das würde Sinn machen, wenn man die Idee weiter verfolgen und ein solches Fahrzeug auch wirklich zu bauen würde.

## LITERATURVERZEICHNIS

[1] Barry Sonnenfeld Produzer, "Wild Wild West", 1999