

# Rund trifft Eckig - Die Ballschussmaschine

Jeremy Fricke, Elektro- und Informationstechnik  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Zusammenfassung**—Durch den anfänglichen Erwerb der theoretischen Grundlagen in der Programmierungsumgebung MATLAB, war es anschließend möglich einen Roboter, bestehend aus LEGO-Klemmbausteinen, im Rahmen der Aufgabe des Projektseminars Elektrotechnik/Informationstechnik zu konstruieren. Der dafür benötigte Programmcode wurde in MATLAB geschrieben, um mittels des NXTs die verbauten Sensoren und Motoren anzusteuern und auszulesen. Der im Laufe dieses Seminars entworfene Roboter ist ein fast vollautomatisierter fahrender Ballschussroboter. Anknüpfend wird sich mit den Konstruktions- und Softwarekonzepten auseinandergesetzt und im Zuge dessen die aufgetretenen Probleme, sowie deren Lösungen, geschildert. Abschließend wird auf Verwendungszwecke und mögliche Optimierungen eingegangen.

**Schlagwörter**—Automatisierung, Ballschuss, LEGO-Mindstorms, Programmierung, Roboter, Sensorik

## I. EINLEITUNG

IM Rahmen des LEGO-Mindstorms war abschließend zum Kennenlernen von MATLAB und LEGO-Sensoren und -Motoren die Aufgabe einen eigenen Roboter zu verwirklichen. Notwendig sind dabei grundlegende Kenntnisse in MATLAB und ein Verständnis für die Funktionsweise der LEGO-Sensoren und -Motoren. Für die Konstruktion des Roboters ist außerdem gutes räumliches Denken von Vorteil, aber nicht zwingend nötig.

Entscheidende Schwerpunkte beim Entwickeln eines Roboters aus LEGO sind beispielsweise die Stabilität und Balance der Konstruktion. Bei fehlender Balance kann die Konstruktion leicht umkippen. Wenn die Stabilität nicht ausreichen sollte, können sich je nach Funktionsweise des Roboters tragende Bauteile lösen. In Hinsicht auf die Programmierung kann die Ansteuerung und Justierung von Sensoren und Motoren herausfordernd sein. Bei Verwendung eines nicht für LEGO vorgesehenes Bauteil, wie einer Webcam, kann auch das Problem hervorbringen. Die Kombination von LEGO-Bauteilen und nicht LEGO-Bauteilen ist ein sehr zeitaufwendiges Hindernis.

## II. VORBETRACHTUNGEN

Folgender Abschnitt wird die Idee hinter dem entwickelten Roboter näherbringen. Funktionsweise und verwendete Bauteile werden parallel erklärt.

### A. Was soll die Ballschussmaschine können?

Funktionstechnisch soll die Ballschussmaschine nach Starten des Programmcodes warten bis die Schussvorrichtung gespannt ist. Ist diese Bedingung erfüllt, fährt der Roboter vorwärts bis zu einem, im Voraus bestimmten, Abstand zu dem Ziel. Das Ziel wird mittels Farberkennung einer Webcam lokalisiert.

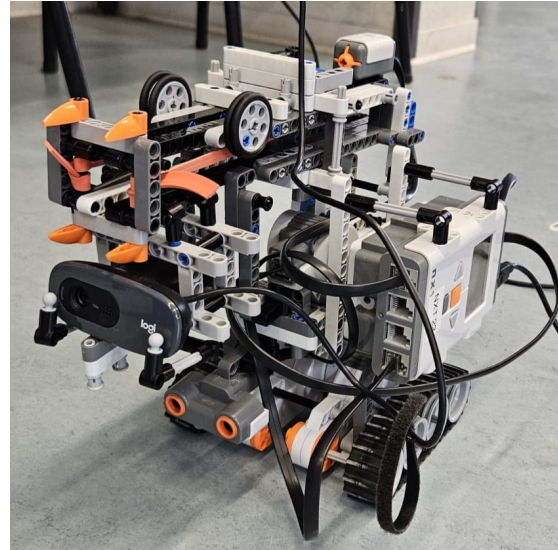


Abbildung 1. Fertige Ballschussmaschine

Sofern das Ziel nicht mittig zum Roboter ausgerichtet ist, korrigiert dieser eigenständig seine Position bis das Ziel mittig vor ihm steht. Nach Abschluss der Positionskorrektur erfolgt der Schuss und das Ziel wird im besten Fall getroffen.

### B. Die benötigten Komponenten für die Ballschussmaschine

Zur Verfügung standen ein LEGO-Mindstorms-Set und eine Webcam. Das Set umfasst mehrere Motoren, verschiedenste Sensoren und LEGO-Klemmbausteine, die das Grundgerüst des Roboters darstellen. Der NXT-Stein dient als Schnittstelle zwischen Motoren und Sensoren und dem Programm auf dem Computer. Er ermöglicht die Ansteuerung der Motoren und Sensoren, sowie das Lesen, der von den Sensoren gemessenen Werte.

Die Fortbewegung und Positionskorrektur erfolgen über die Motoren. Außerdem wird auch die Schussvorrichtung über einen Motor gesteuert. Ein Tastsensor wird beim Spannen der Vorrichtung betätigt, wodurch dem Motor signalisiert wird wann er den Sicherungsstift nach oben fahren soll. Die Distanzmessung gelingt durch einen Ultraschallsensor. Die Webcam übernimmt die Farberkennung und die damit einhergehende Zielsuche.



Abbildung 2. Verwendete Komponenten [1]–[5]

### III. UMSETZUNG

Der anschließende Abschnitt verdeutlicht die Realisierung des Roboters Schritt für Schritt.

#### A. Programmablaufplan

Der Programmablaufplan für die Ballschussmaschine sieht wie folgt aus:

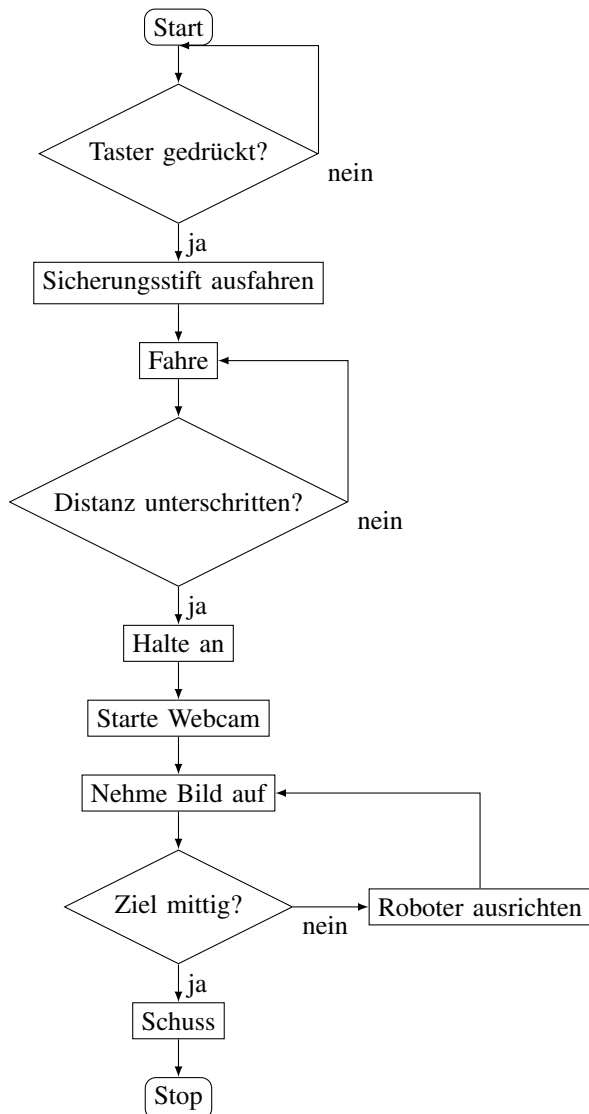


Abbildung 3. Programmablauf der Ballschussmaschine

#### B. Aufbau und Funktion der Ballschussmaschine

Der in Abbildung 1 Roboter setzt sich aus einem Kettenfahwerk, einer Schussvorrichtung, dem dazugehörigen Sicherungsstift und einer Webcam zusammen. Das Kettenfahwerk sorgt für die Fortbewegung und die Positionskorrektur beim Zielen. Zwei von drei Motoren werden hierfür verwendet, wobei jeweils eine Seite von einem Motor bewegt wird. Die Schussvorrichtung umfasst eine Schiene als Ballführung, ein Gummiband und eine Nachladevorrichtung. Der Sicherungsstift aus Abbildung 4 erfüllt diese Funktion.

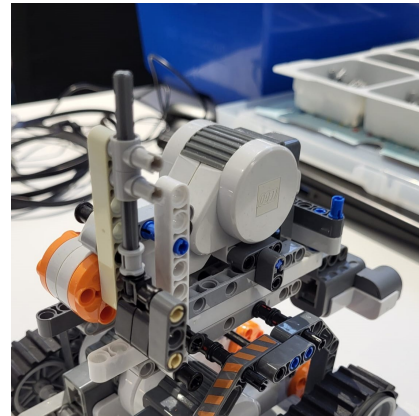


Abbildung 4. Sicherungsstift von Nahem

hält die Nachladevorrichtung an ihrem Platz, wenn er durch den Motor nach oben gefahren wird. Wird der Tastsensor beim Nachladen gedrückt, ist das für den Motor das Signal um den Sicherungsstift nach oben zu fahren. Dafür dreht sich der Motor einmal um 180°.

Der ausgefahrene Sicherungsstift gibt dem Programm das Zeichen, die Motoren des Kettenfahwerks anzusteuern, um loszufahren. Der Ultraschallsensor achtet auf die Distanz zu dem vor der Ballschussmaschine liegendem Ziel und hält diese an, wenn nur noch ein bestimmter Abstand vorhanden ist. Ist der Roboter stehengeblieben, schaltet sich die Webcam ein. Diese nimmt ein Bild auf und soll mittels Farberkennung die Farbe rot rausfiltern und das entstandene Bild ausgeben. Die somit erhaltenen Daten können zur Bestimmung des Mittelpunktes des roten Zieles genutzt werden. Das wird dann mit dem Mittelpunkt des eigentlichen Bildes verglichen. Bei einer Abweichung der Mittelpunkte werden die Motoren des Kettenfahwerks angesteuert um die Position des Roboters zu korrigieren. Dieser Vorgang wird solange wiederholt bis die Mittelpunkte übereinstimmen. Bei Übereinstimmung wird der Sicherungsstift mit Hilfe des Motors nach unten gezogen. Dadurch schnallt die Nachladevorrichtung mittels des Gummibandes nach vorn und die Kugel wird abgefeuert. Danach ist das Programm beendet.

#### C. Benutzung einer Webcam

Die Webcam war eine vergleichsweise kleine Hürde. Abbildung 5 zeigt den verwendeten Code. Zuerst wird die Webcam als Objekt angelegt. Der Befehl snapshot macht eine einmalige Aufnahme der Webcam und speichert die Farbwerte in einer 480x640x3-großen Matrix. Mit imagesc() kann das Bild durch

diese Werte mit Skalierung ausgegeben werden. Danach wird eine 0-Maske über die Farbwerte erstellt und mittels Filter überall da wo die Farbwerte mit der Filterbedingung übereinstimmen mit der Zahl eins überschrieben. Auch dieses Bild kann ausgegeben werden. Mit Hilfe des Suchbefehls find() lassen sich die Koordinaten der ersten und letzten Einsen ermitteln. Damit können durch die Gleichung 1 die Koordinaten des Mittelpunktes des Zieles bestimmt werden.

$$midpoint_x = col_a + \frac{col_e - col_a}{2} \quad (1)$$

```
cam = webcam;
preview(cam)
img = snapshot(cam);
imagesc(img)
mask = zeros(size(img,1,2));
mask(img(:,2)<50 & img(:,3)<50) = 1;
figure(2)
imagesc(mask)
[row_a, col_a] = find(mask==1,1,'first');
[row_e, col_e] = find(mask==1,1,'last');
midpoint_x = (col_e - col_a)/2
midpoint_y = (row_a - row_e)/2
```

Abbildung 5. Quellcode der Webcam

#### IV. ERGEBNISDISKUSSION

Die größte Schwierigkeit lag in der Konstruktion des Roboters. Er musste stabil und doch beweglich sein. Die Schussvorrichtung durfte nicht nach dem Schuss kaputt gehen und die Nachladevorrichtung musste weiterhin das Gummiband spannen können. Diese Anforderungen bedingten viele extra Bauteile in diesem Bereich. Die Lage des Motors für den Sicherungsstift führt zudem noch zu einer leichten Rechtslage der Schussvorrichtung. Um das Ungleichgewicht zu beheben, wurde das NXT, das im Vergleich ein ziemlich hohes Gewicht hat, an der linken Seite befestigt.

Ebenso schwierig war den Sicherungsstift zu fixieren. Anfangs ist dieser aufgrund der Spannung des Gummibandes nicht mit den Motor heruntergefahren. Durch leichte Änderung der Konstruktion am Motor und austauschen des Stiftes gelang aber letztendlich die Fixierung.

Das Kettenfahrwerk kann etwas militärisch wirken, ist allerdings für die Ansteuerung durch nur zwei Motoren die beste Wahl. Es ermöglicht Geradeausfahren und Lenken, was bei einer anderen Bauweise komplizierter und platzaufwendiger geworden wäre.

#### V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Alles in Allem ist die Ballschussmaschine ein funktionierender Roboter. Er erfüllt alle im Voraus gesetzten Ziele: eine automatische Positionskorrektur zum Ziel, fahrend, selbstständiges Nachladen und einen automatischen Schuss bei Farberkennung des Zieles.

Alle aufgetretenen Hürden wurden bestmöglich überwunden. Der Roboter ist stabil und ausbalanciert, die größten aufgetretenen Probleme.

In Zukunft wäre es möglich die Schussvorrichtung auch in der Höhe verstellbar zu machen. Im Moment wird das Zentrieren von dem Kettenfahrwerk übernommen und kann sich somit nur seitlich ausrichten. Durch Höhenverstellbarkeit könnte man eine bessere Zielgenauigkeit erlangen. Allerdings wäre die jetzige Konstruktion nicht für diese Verbesserung ausgelegt, da es andernfalls wieder instabil werden würde.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- [1] *Brickipedia, NXT-Servomotor.* [https://brickipedia.fandom.com/wiki/9842\\_NXT\\_Servo\\_Motor](https://brickipedia.fandom.com/wiki/9842_NXT_Servo_Motor)
- [2] *Brick-Shop, NXT-Stein.* <https://www.brick-shop.de/Elektrik-4951.html?language=de>
- [3] *Amazon, Ultraschallsensor.* <https://www.amazon.de/LEGO-NXT-Ultraschallsensor-Ultrasonic-sensor/dp/B000PM8I8O>
- [4] *LEGO, Tastsensor.* <https://www.lego.com/cdn/cs/set/assets/bltee56bc5628e9b8bf/9843.jpg>
- [5] *Amazon, Logitech C270 Webcam.* <https://www.amazon.de/Logitech-C270-Webcam-720p-schwarz/dp/B01BGBJ8Y0>