

Fußballroboter mit Lego-Mindstorms

Niklas Wuckelt, Elektromobilität
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—In diesem Paper geht es um die Entwicklung und Konstruktion eines Fußballroboters mit Lego-Mindstorms und MATLAB. Dieser soll beliebig mit einem Ball in einem Spielfeld platziert werden und dann selbstständig den Ball suchen und ein Tor erzielen. Dazu muss das Bild einer Webcam, die das Spielfeld erfasst, ausgewertet werden. Die Orientierung mit Hilfe von Punkten auf Roboter und Spielfeld und auch der Aufbau des Roboters wird dargestellt, wobei insbesondere der Greifmechanismus betrachtet wird.

Schlagwörter—Lego-Mindstorms, Fußballroboter, Projektseminar, Bildauswertung, Vektoren

I. EINLEITUNG

DER Ausbau der Automatisierung schreitet immer weiter voran. In der Industrie werden Roboter in fast jedem Zweig genutzt. Sie bauen Autos oder transportieren Gegenstände von A nach B. Aber auch in privaten Haushalten schreitet die Automatisierung immer weiter voran. Staubsaugerroboter saugen das Haus selbstständig und finden nach Abschluss der Arbeit selbstständig ihre Ladestation. Auch Rasenmäherroboter finden ihre Ladestation selbstständig. Sie bewegen sich in ihren vom Besitzer gesteckten Grenzen, mähen dort und entleeren sich auch ohne Einfluss eines Menschen. Diese Entwicklung wird sich voraussichtlich fortsetzen und ausweiten. Im Rahmen des Projektseminars wurde mit Hilfe von Lego-Mindstorms ein Roboter entwickelt, der mit einer Webcam das Spielfeld erkennt, analysiert und anschließend berechnet, welche Bewegungen gemacht werden müssen, um schlussendlich ein Tor zu erzielen.

II. VORBETRACHTUNGEN

Um einen Algorithmus zur Orientierung zu entwickeln, werden Ansätze eines bereits vorhandenen Programms zur Farberkennung verwendet.

A. Fußball

Die englische Fußballlegende Gary Lineker sagte einst: "Football is a simple game; 22 men chase a ball for 90 minutes and at the end, the Germans always win. „Fußball ist ein einfaches Spiel: 22 Männer jagen 90 Minuten lang einem Ball nach, und am Ende gewinnen immer die Deutschen.“ In diesem Projektseminar geht es weder darum mit 22 Spielern zu spielen, noch gegeneinander zu spielen. Aber einfach ist das Spiel dennoch. Das Ziel ist weiterhin das Schießen von Toren. Allerdings wird hier nur mit einem Roboter auf ein Tor gespielt.

B. Bewegung auf dem Spielfeld

Da sowohl Ball als auch Roboter beliebig platzierbar sein soll, wird der Ball nicht immer gerade vor dem Roboter liegen. Der Roboter muss sich also zum Ball orientieren können. Man könnte das ganze Spielfeld systematisch abfahren, um den Ball zu finden. Allerdings kann das unter Umständen sehr lange dauern. Deshalb soll mit Orientierungspunkten gearbeitet werden. Einer der Punkte, die sich auf dem Roboter befinden, sollte dabei der Hauptorientierungspunkt sein. Von diesem sollen Vektoren zum zweiten Roboterpunkt und zum Ball berechnet werden. Zwischen diesen Vektoren soll der Winkel berechnet werden. Mit diesem Winkel soll sich der Roboter orientieren und sich dann zum Ball ausrichten. Dieser Weg ist wesentlich effizienter als das systematische Abfahren des Spielfeldes. Da der Roboter auch nicht in jedem Fall gerade vor dem Tor stehen wird, müssen zwei weitere Punkte mit den Koordinaten festgelegt werden. Darüber können wieder Vektoren bestimmt werden, die durch Winkelberechnung zur Orientierung genutzt werden.

C. Farberkennung

Zur Farberkennung muss zuerst ein Bild mit Hilfe einer Webcam aufgenommen werden. Die Kamera setzt das Bild im RGB-Farbraum zusammen. Die jeweiligen Werte des Rot-, Grün- oder Blauanteils müssen dann extrahiert werden. Aus jedem Farbanteil muss nun der Mittelpunkt bestimmt werden. Wenn man nun ein relativ farbneutrales Spielfeld nutzt, kann man sich durch einen farbigen Ball und Fabrmarkierungen auf dem Roboter relativ einfach im Bild beziehungsweise auf dem Spielfeld orientieren und bewegen.

III. REALISIERUNG

A. Konstruktion

Als erstes wurden zwei Lego-Mindstorms-Motoren zur Steuerung des Roboters verbaut. Diese sollten jeweils eine Antriebskette antreiben, um eine bestmögliche Beweglichkeit sicherzustellen. So kann sich der Roboter auch auf der Stelle drehen. Der Greifer wird über einen weiteren Motor gesteuert. Dieser befindet sich an der Oberseite des Roboters und ist mit Achsen und Zahnrädern mit dem Greifer verbunden. Der Greifer befindet sich an der Vorderseite des Roboters und wurde so konstruiert, dass der Spielball in die Greiferarme passt ohne zu fest zu sitzen. Zunächst gab es nur einen Farbsensor zur Ballerkennung in der Mitte des Greifers, wie in Abbildung 1 gezeigt. Wenn der Ball aber nun nicht mittig in die Greiferarme gelangt, erkennt der Sensor keinen Ball und der Roboter sucht den Ball weiter, obwohl er ihn schon hat. Deshalb wurden zwei weitere Farbsensoren, jeweils einer auf jeder Seite des Greifers,

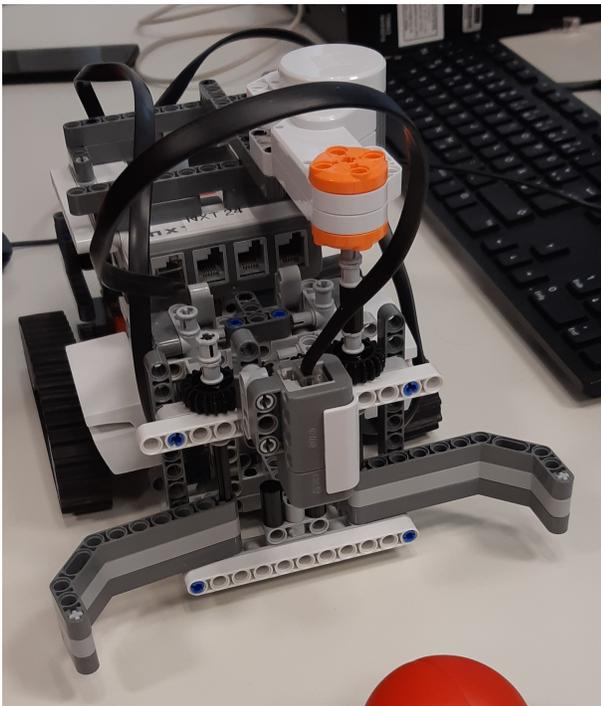


Abbildung 1. Greifer mit einem Farbsensor

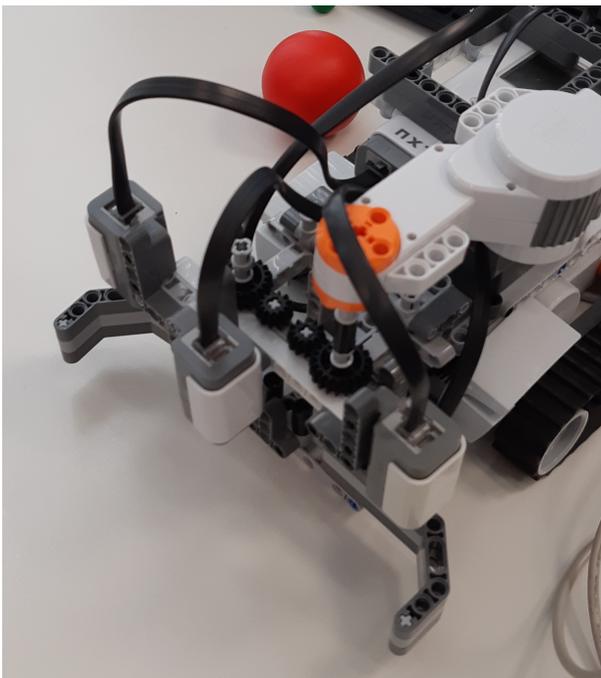


Abbildung 2. Verbesserter Greifer mit 3 Sensoren

angebaut, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. So nimmt der Roboter den Ball auch wahr, wenn dieser nicht genau mittig im Greifer liegt. Zuletzt wurde eine weiße Pappabdeckung auf den Roboter geklebt, um jegliche Farbstörungen für die Webcam zu verhindern und gleichzeitig zwei Orientierungspunkte zu markieren.

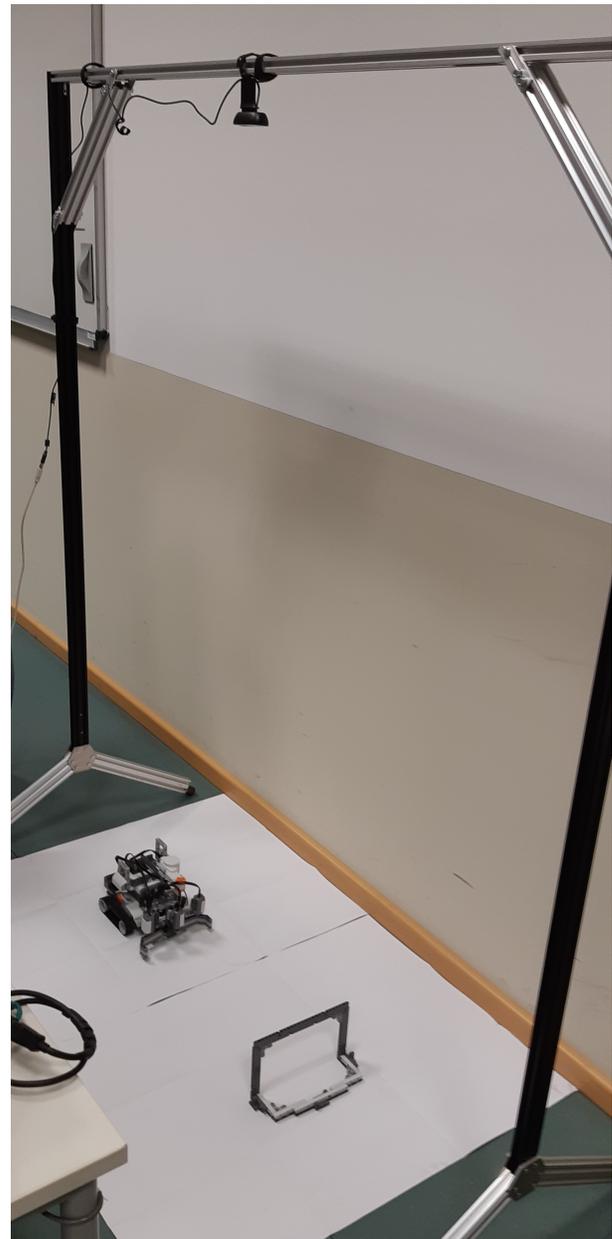


Abbildung 3. Stativ mit Webcam über dem Spielfeld

B. Spielfeld und Webcam

Die Webcam zur Spielfeldererkennung wurde an einem Gestell aus Aluminiumprofilen befestigt. So kann sie direkt von oben auf das Spielfeld gucken. Da die Kamera aber so viel wie möglich von Spielfeld sehen soll, muss es ca. 126 cm lang und 89 cm breit sein. An einer der schmaleren Spielfeldseiten befindet sich mittig ein Tor.

C. Farberkennung

Wenn die Kamera ein Bild aufnimmt, werden drei Matrizen erschaffen, die so groß sind wie die Auflösung der Kamera. Jede Matrix gibt entweder den Rot-, Grün- oder Blauanteil des Bildes an. Es werden nun die Farbanteile berechnet und in jeweils eine Matrix gepackt. Aus diesen Matrizen werden die Pixel herausgesucht, die einen genügend hohen Anteil der jeweiligen

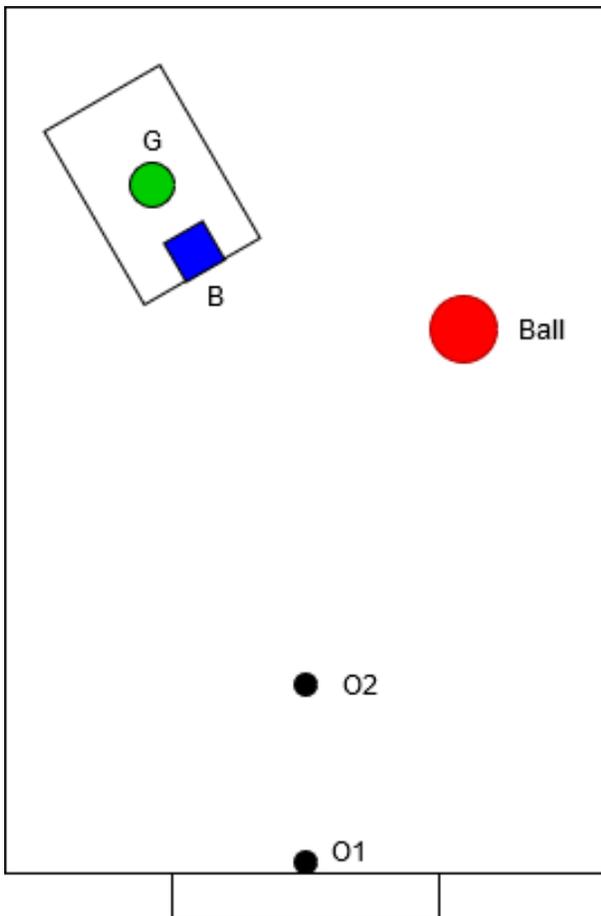


Abbildung 4. Übersicht der Orientierungspunkte

Farbe haben und erneut in drei Matrizen überführt. Nun wird für jeden Farbanteil der Mittelpunkt berechnet. Da das Spielfeld neutral ist, sollten die Farbmittelpunkte den Mittelpunkten der Orientierungshilfen entsprechen.

D. Orientierung und Bewegung

Es gibt insgesamt fünf Orientierungspunkte: Den roten Ball (R), den grünen Punkt auf der Drehachse des Roboters (G), einen blauen Punkt über dem Greifer (B) und zwei programminternen Punkten. Einer in der Mitte des Tores (O1) und einen vor dem Tor (O2). Der grüne Punkt ist der Hauptorientierungspunkt. Von diesem werden alle Vektoren berechnet. Bei der ersten Aufnahme werden die Vektoren GB und GR gebildet und der Winkel mit Hilfe der atan2-Funktion. Mit dieser Funktion kann der Roboter erkennen, ob der Ball links oder rechts liegt, da diese Funktion einen Wertebereich von 180° bis -180° hat. Wenn der Winkel positiv ist, muss er sich nach rechts drehen, wenn nicht, nach links. Bei Foto 2 wird der Winkel zwischen den Vektoren GB und GO1 und bei Foto 3 der Winkel zwischen GB und GO1 berechnet. Der Roboter muss sich dann um diesen jeweils berechneten Winkel drehen.

E. Gesamtes Programm

Der Ablaufplan des gesamten Programms ist in Abbildung 5 dargestellt. Nachdem die Kamera, das Spielfeld und das Tor ausgerichtet sind, können Roboter und Ball beliebig auf dem Spielfeld platziert werden. Dann muss das Programm nur noch gestartet werden und der Roboter sucht den Ball selbstständig orientiert sich und versucht dann ein Tor zu schießen. Wenn die dritte Aufnahme gemacht wurde und der Roboter sich zum Tor gedreht hat, öffnet er den Greifer, nimmt Anlauf und fährt dann gegen den Ball, der ins Tor rollen sollte.

IV. ERGEBNISDISKUSSION

In diesem Projektseminar konnte ein Roboter entwickelt werden, der beliebig in einem Spielfeld platziert werden kann und sich ohne weitere Einflüsse orientieren kann, um schlussendlich ein Tor zu erzielen. Ein Problem stellte der Greifer dar, da der Ball nicht immer mittig auf den Roboter traf und so der Farbsensor nicht ausgelöst wurde. Dies wurde behoben, indem zwei weitere Farbsensoren angebracht wurden, sodass der Ball an jeder Stelle des Greifers erkannt wurde. Weitere Schwierigkeiten bereitete uns die korrekte Drehung, da zur Winkelberechnung die Kosinusfunktion benutzt wurde. Dieses Problem wurde durch die Verwendung der atan2-Funktion behoben. Ein weiteres Problem stellten der Ball und das Spielfeld dar. Diese waren zu uneben, sodass der Ball beim ablegen wegrollte und so nicht perfekt vor dem Tor liegen blieb. Dieses Problem konnte aus zeitlichen Gründen nicht gelöst werden, weshalb der Roboter nur in etwa 75 Prozent der Fälle das Tor trifft. Die Ungenauigkeiten der Motoren von Lego-Mindstorms kann allerdings nicht beseitigt werden, weshalb immer eine Chance besteht, dass eine zu ungenaue Bewegung stattfindet und der Ball nicht im Tor landet. Aus zeitlichen Gründen jubelt der Roboter, egal ob der Ball im Tor ist oder nicht.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Während des Projektseminars wurde ein Roboter konstruiert und entwickelt, der „Fußball spielt“. Das Programm wurde so realisiert, dass der Ball und der Roboter beliebig auf dem Spielfeld platziert werden können und das Tor trotzdem mit hoher Wahrscheinlichkeit erzielt wird. Dies wurde mit Hilfe einer Webcam geschafft, die auf das ganze Spielfeld von oben blickt und mit Orientierungspunkten weiß, wie sich der Roboter bewegen muss, um ein Tor zu erzielen. In Zukunft kann zu diesem Projekt noch eine grafische Benutzeroberfläche entwickelt werden, mit der man zum Beispiel die Seite auswählen könnte, auf der das Tor erzielt werden soll. Außerdem kann das Wegrollen des Balles aufgrund von Unebenheiten reduziert werden, indem der Ball beim Anlauf mitgeführt wird und der Greifer erst beim Schuss geöffnet wird. Um den Roboter nur jubeln zu lassen, wenn er ein Tor erzielt hat, müsste man die Webcam noch eine Aufnahme machen lassen und das Programm entsprechend ergänzen.

LITERATUR

[1] Mathworks, <https://de.mathworks.com/help/supportpkg/raspberrypiio/ref/track-a-green-ball.html> (Abruf: 20.03.2020)

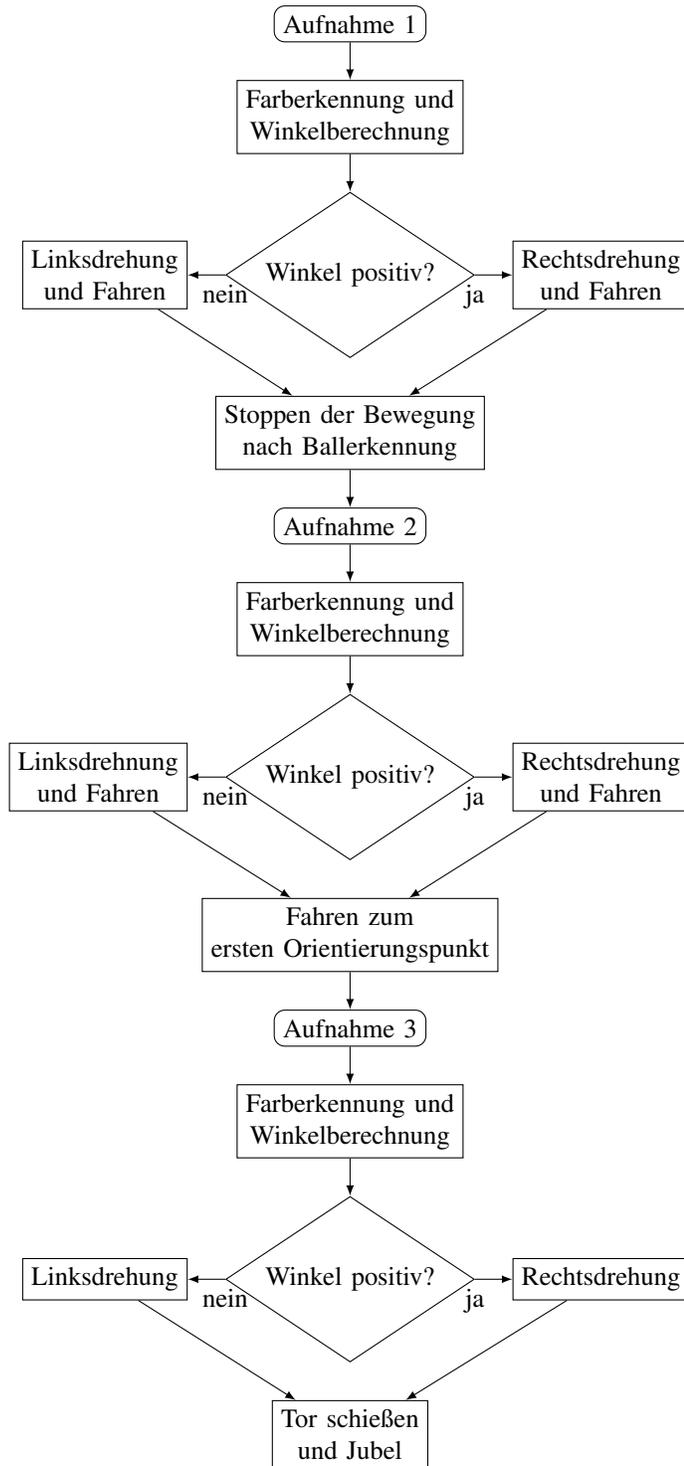


Abbildung 5. Gesamter Programmablaufplan

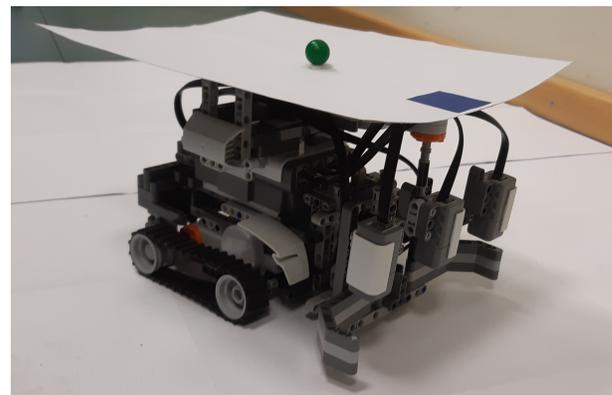


Abbildung 6. Fertiger Roboter mit Abdeckung