

Der Connect4-Roboter- Die Unterhaltung der Zukunft

Christoph Andres, Elektro und Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Auch in diesem Jahr 2018 wurde das Lego Mindstorms Praktikum von der Otto von Guericke Universität durchgeführt. Viele sehr unterschiedliche Roboter wurden geplant, praktisch umgesetzt und vor einer Juri und Studenten vorgestellt. So auch der Connect4-Roboter, mit dem sich in diesem Paper auseinandergesetzt wird. Dabei wurden die Scherpunkte auf die Planung der Idee und die Umsetzung des Konzeptes gelegt. Der Connect4-Roboter, welcher in der Lage sein sollte einen zweiten menschlichen Spielpartner für das bekannte Vier-Gewinnt Spiel zu ersetzen, brachte in seiner Umsetzung viele Probleme mit sich. Diese Probleme und ihre Lösungen werden im nachfolgendem Hauptteil aufgegriffen und erläutert. Dennoch ist es den Entwicklern gelungen, am Ende des zwei wöchigen Projektseminars, einen autonom fahrenden und spielenden Roboter zu präsentieren.

I. Einleitung

Die Welt im 21. Jahrhundert ist eine sehr technisch versierte Welt. Der wissenschaftliche und technische Fortschritt bestimmt den Markt. Ob in Industrie oder privaten Haushalt, überall werden die neuesten Innovationen angewendet und benötigt. Auch, wenn meiner Meinung nach, jeder gesunde Mensch in der Lage sein sollte seine Wohnung noch selber zu reinigen, sind staubsaugende Roboter zeitsparend. So werden unter anderem nicht nur die lästigen Tierhaare beseitigt, sondern auch die Verursacher beschäftigt. Sicherlich profitieren auch ältere Menschen von den intelligenten Putzmaschinen, da sie ihnen körperliche Arbeit abnehmen und erleichtern können. Auch die Unterhaltungsbranche bietet der Technik eine große Spielfläche. Ob Virtual Reality Brillen oder die neuesten Smartphones zeigen, zu was der Mensch in der Lage ist. Da sich vor allem die Technik in der Unterhaltungsbranche als aktuelles und interessantes Thema für uns darstellte, wollten wir einen Roboter erfinden, der die Fähigkeit besitzt, dem Menschen in seiner Freizeit zu dienen. Aus diesem Grund entwickelte sich die Idee, einen Roboter zu konstruieren, welcher in der Lage sei das Gesellschaftsspiel Vier-Gewinnt selbständig zu spielen.

Der sogenannte „Connect4-Roboter“ wäre also eine gute Option für ältere Menschen oder Kinder, welche nicht oder noch nicht auf dem höchsten Stand der Technik stehen. Auch könne er von Menschen, die oft alleine sind sinnvoll genutzt werden. Zur Entwicklung dieses Vorhabens würde also eine präzise und kluge Anlage benötigt werden, welche den Anforderungen der heutigen Gesellschaft nachkommen könnte.

II. Hauptteil

Die Idee des Connect4-Roboters war es, dass ein zweiter menschlicher Spielpartner für das Vier-Gewinnt-Spiel, durch den Roboter ersetzt werden kann. Dadurch wäre es Menschen möglich auch in der realen Welt und nicht nur auf virtueller Ebene, alleine so genannte „Multiplayer“ Spiele zu spielen.

Der Roboter sollte sich autonom bewegen können und in der Lage sein, die eigenen Spielchips einzuwerfen. Um den Roboter noch attraktiver zu gestalten, sollte er Anfangs die gegnerischen Spielsteine mit einem hoch und herunterrunter fahrendem Arm erkennen und diese Information an den Rechner weitergeben. Dazu sollte er eine ordentliche Software verpasst bekommen. Er sollte klug und intelligent spielen können und nicht nur als passiver Spielpartner agieren. Das bedeutet, dass der Roboter auch selber versucht sich ein System an Spielchips aufzubauen und nicht einfach nur die „Vier in einer Reihe“ seines Spielpartners zu verhindern.

Die Erkennung der gegnerischen Spielsteine sollte über einen Farbsensor, der an diesem Arm angebracht war, realisiert werden. Das hieße, dass der Vier-Gewinnt spielende Roboter sich oberhalb des Spieles auf einer gedachten X-Ebene und der Farbsensor in Y-Richtung bewegen müsste. Dafür bräuchte man ein Podest auf dem der Roboter stehen könnte und gegebenenfalls eine Schiene oder andere Vorrichtung, damit er möglichst gradlinig fahren kann. Dies erschien als sehr wichtiger Aspekt, da bei nicht gradliniger Bewegung, der Roboter nach wenigen Spielzügen anfangen würde die Steine nicht mehr genau in die schmalen und kleinen Spalten zu schmeißen. Um zu gewährleisten, dass die Spielchips des Roboters auch nahezu immer in die ermittelte Spalte des Spiels fallen, sollte auch die Abschuss- und Einwurfvorrichtung ziemlich genau konstruiert werden.

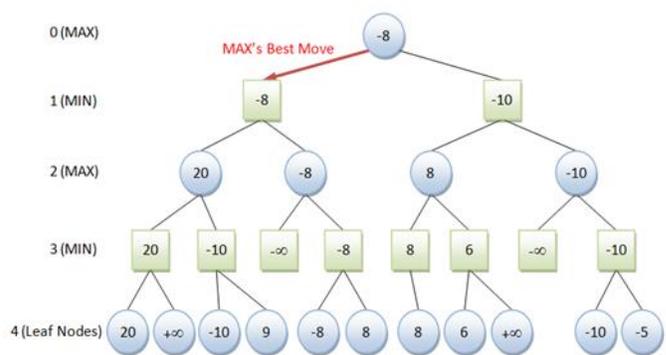
Der sich in die y-Richtung bewegendende Arm mit integriertem Farbsensor sollte immer die oberste Reihe, in der keine Spielsteine liegen, abfahren. Dazu würde natürlich auch die Bewegung des gesamten Roboters in x-Richtung erforderlich sein. So könnte Zeit gespart werden, da er nicht jedes einzelne Feld abfahren müsste und neu überprüfen müsste welche Chipfarbe sich dort befindet. Mit dieser Art der „Chipfindung“ würde er lediglich den vom Gegner neu eingeworfenen Spielstein ausfindig machen.

Die Abschussvorrichtung sollte auch von einem Motor betrieben werden und die Chips aus dem Roboter herauschieben. Dieser Vorgang dürfte nicht zu schnell aber auch nicht zu langsam geschehen, damit die Chips immer mit der gleichen Geschwindigkeit in die Einwurfvorrichtung geschoben werden könnten. Würde die Geschwindigkeit variieren, könnte dadurch die Trefferquote des Roboters abgesenkt werden.

Da bekannt war, dass das Vier-Gewinnt-Spiel aus 6x7 Feldern bestand, wollten wir eine Matrix in dieser Größe erstellen, um so die Basis für unser Programm zulegen. Die Matrix würde also aus 42 Feldern bzw. „Arrays“ bestehen und beinhaltet dadurch die Information, dass das Spiel aus maximal 42 Zügen bestehen könne.

Bei den Überlegungen zu dem Programm, entwickelte sich immer stärker die Frage, wie intelligent der Roboter spielen sollte bzw. könnte. Der perfekt programmiert und spielende Roboter wäre also in der Lage, im Falle der gegebenen Matrix, 42 Züge in die Zukunft zu schauen. Um jedoch so einen „perfekten Gegenspieler“ zu entwickeln würde mehr Zeit gebraucht werden. Auch die fehlenden bzw. nicht ausreichenden Kenntnisse der Programmiersprache MATLAB stellten ein Problem da. Daher wurden die Hauptaspekte in der Planung daraufgelegt, sich an dem Min-Max-Algorithmus (Abb.1) zu orientieren. Diese Art von Algorithmus wird in vielen solcher Spiele verwendet. Dazu gehören zum Beispiel „Schach“ oder „Tic Tac Toe“. Bei dem Min-Max Algorithmus werden der Spielsituation Werte zugeordnet. Durch diese Werte kann die beste oder schlechteste Position ermittelt werden, an der der Spielchip oder ein Kreuz (Tic Tac Toe) gelegt bzw. gesetzt werden kann.

Diese Art von Algorithmus funktioniert jedoch nur, wenn auch der menschliche Spielpartner versucht perfekt zu spielen. Mit dem Min-Max Algorithmus wäre es auch möglich einen perfekten Spielpartner zu entwickeln, der 42 Züge in die Zukunft schauen kann. Dennoch bietet er die Möglichkeit den Roboter nicht ganz so klug zu programmieren und ihn nur drei bis fünf Züge in die „Zukunft blicken“ zu lassen. Es könnte selber bestimmt werden, wie intelligent der Roboter letztendlich programmiert wird. Da in der Planungsphase die zeitliche Einteilung der Realisierung noch nicht absehbar war, erwies er sich als geeignetes Mittel, für unser LEGO Mindstorms Projektseminar.



(Abb. 1) Der Min-Max Algorithmus

Die Chips sollten in einem Spielsteinmagazin oder Lager vor dem Spiel aufgefüllt werden, sodass sie ohne Eingreifen des menschlichen Spielpartners nachgeladen werden. Die Spielsteine sollten übereinander liegen, damit sie von alleine nachfallen und nicht extra ein „Stopper“ oder eine andere Vorrichtung benötigt wird. Diese Bauweise könnte einen reibungsfreien Ablauf des Abwurfes ermöglichen.

Um den Connect4-Roboter möglichst „alltagstauglich“ zu bauen, sollte er bestenfalls stabil und nicht zu schwer sein. Die Form und Größe sollten so gewählt werden, dass er auch von Kindern oder älteren Personen leicht transportiert werden könnte. Der Roboter sollte zudem aus mehreren, einzelnen Teilen bestehen, sodass er schnell und einfach auf und abzubauen wäre. Auch sollten die Vorrichtungen für den Menschen leicht zugänglich sein, damit er bei Fehlern oder Versagen des Roboters schnell und einfach eingreifen könnte. Insgesamt müsste die Vier-Gewinnt spielende Anlage sehr präzise arbeiten, um einen möglichst flüssigen Spielfluss zu erzielen.

Die benötigten Bauteile wären laut diesem Konzept, der NXT, das Gehirn des Roboters, drei interaktive Servomotoren für die Bewegungen in X- und Y- Richtung und der Farbsensor. Zusätzlich wird natürlich ein Vier-Gewinnt-Spiel benötigt mit Spielsteinen in zwei unterschiedlichen Farben und Lego Bausteine zum konstruieren des Roboters. Darüber hinaus müsste ein Podest gebaut werden auf dem der Roboter sicher stehen und fahren könnte. Ob dieses aus Lego Bausteinen errichtet werden sollte oder gegebenenfalls aus anderen Materialien, wie z.B. Büchern, müsste noch in der Gruppe diskutiert werden.

Die Realisierung

Die Einführung von der Programmiersprache MATLAB und die Planung des Konzeptes wurden in der ersten Woche des zwei wöchigen Praktikums durchgeführt. In der zweiten Woche musste nun angefangen werden die Idee des Roboters praktisch umzusetzen. Hierzu bekamen die einzelnen Gruppen die Lego Mindstorms Baukästen. In diesen Kästen waren die Sensoren, Motoren, Kabel, der NXT und die normalen Lego Bausteine enthalten. Es wurden jeder Gruppe drei interaktive Servomotoren, zwei Tastsensoren, ein Farbsensor und ein Lichtsensor zur Verfügung gestellt.

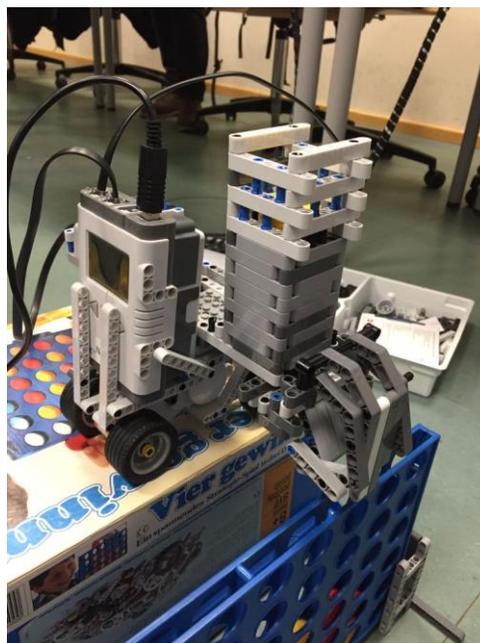
Begonnen wurde mit der Konstruktion des Bauteils, an dem später der Farbsensor angebracht werden sollte. Dafür benötigte man einen von den drei Motoren und ein System von Zahnrädern, welches ermöglichen sollte, den Farbsensor präzise in jedes einzelne Feld steuern zu können. Dabei traten viele Probleme auf. Anfangs war die Konstruktion nicht stabil genug, um ihr Eigengewicht mit Farbsensor zu tragen. Der Arm musste im Verhältnis zum Grundgerüst des Roboters sehr lang sein, damit er auch die unterste Zeile des Spieles erreichen konnte. Bei dem hoch und herunter fahren des Armes blieb das Kabel, welches die Verbindung zwischen NXT und Farbsensor war, oft an den Bauteilen hängen und riss den Arm auseinander. Deswegen wurde nach den aufgetretenen Problemen nach einer Alternative gesucht. Diese Alternative musste schnell gefunden werden, denn der Bau des eigentlichen Roboters hatte noch nicht begonnen. Herr Magdowski gab dann den Tipp eine Webcam zu verwenden, die immer wieder die Spielsituation neu aufzeichnen würde. Mit ihr und ein paar Kenntnissen im Thema Bildbearbeitung in MATLAB wäre es möglich, den vom menschlichen Spielpartner eingeworfenen Chip ausfindig zu machen. Aus diesem Grund wurde der Bau des Armes nicht weiter fortgesetzt und es begann die Konstruktion des eigentlichen Roboters.

Hierbei stellte sich zuerst die Frage, ob der Roboter auf Rädern, Ketten oder Schienen gebaut werden sollte. Da die Konstruktion auf Rädern als zeitlich schnellste und sicherste Variante erschien, wurde der Connect4-Roboter mit vier Rädern ausgestattet. Diese vier Räder wurden mit einem Motor angetrieben, was bedeutete, dass der Roboter nicht in der Lage sei zu lenken, da dafür mindestens zwei Motoren benötigt werden. Auf diesem Gerüst von Motor und Rädern wurden auf der einen Seite der zweite Motor für die Abschussvorrichtung und auf der anderen Seite das Chipmagazin angebracht. Diese Konstruktion hatte positive Auswirkungen auf die Statik des Roboters, da sowohl das Spielsteinlager und der Motor ein hohes Eigengewicht hatten. Dieses Gleichgewicht wirkte sich wiederum positiv auf die gradlinige Bewegung des gesamten Roboters aus.

Das Magazin für die Chips wurde sehr hoch konstruiert, damit es auch alle 21 Chips beinhalten konnte. Zuerst wurden in dem „Turm“ aus Legobausteinen Lücken gelassen, damit bei falschen Herabfallen, eingegriffen werden könne. Diese Bauart erwies sich später als Fehlerquelle und wurde deshalb zum Teil korrigiert. Daher hatte das Lager, seit dem Umbau, den Nachteil, dass die Spielsteine mit großem Zeitaufwand und großer Vorsicht in das Lager eingelassen werden mussten. Lag erst einmal ein Chip schief in dem Magazin, der ohne Abbau einzelner Teile nicht zu erreichen war, so musste das ganze Lager abgebaut werden.

Auch bei der praktischen Umsetzung der mechanischen Einwurfvorrichtung traten mehrere Komplikationen auf. Sie wurde auf der äußeren Seite des Chipmagazins angebracht. Zuerst hatte die Vorrichtung einen zu großen Abstand zu dem Magazin. Durch diesen Abstand erreichten viele Spielsteine nicht einmal die Vorrichtung. Sie blieben auf dem Lauf einfach liegen, da nicht bei allen Stößen der Abwurfvorrichtung,

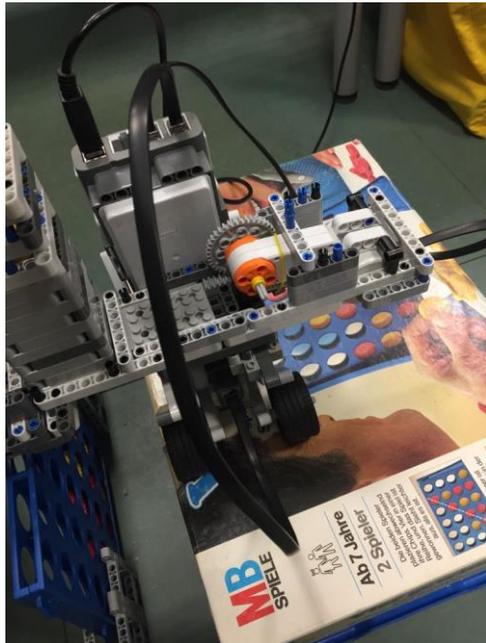
dieselbe Kraft an den Steinen umgesetzt wurde. Das Problem, dass zwar alle Steine mit derselben Kraft aus dem Lager herausgedrückt wurden aber der Schwung bzw. die Geschwindigkeit der Spielchips stark variierte, werde ich an späterer Stelle noch genauer erläutern. Deshalb wurde nun die Einwurfvorrichtung direkt am Lager befestigt, damit eine höhere Trefferquote erzielt werden konnte. Auch der Spalt aus dem die Chips rutschen und in das Spielen fallen sollten musste sehr präzise konstruiert werden. Dafür wurden auch mehrere Anläufe benötigt.



(Abb. 2) Das Spielsteinlager und die Einwurfvorrichtung

Die Abschussvorrichtung, welche auf der anderen Seite arretiert wurde, musste mit einem Motor betrieben werden. Dieser lag waagrecht auf dem Grundgerüst des Roboters. An dem Motor wurde ein Zahnrad montiert. Das Zahnrad wurde auf eine Zahnschiene gedrückt, die bei rotieren des Motors bewegt werden konnte. An dieser Zahnschiene wurde eine Platte aus Legosteinen angebracht, welche die Breite der Spielsteine besaß. Diese Vorrichtung schob die Platte in das Spielsteinlager hinein und somit immer einen Chip heraus. Nach diesem Vorgang, musste die Platte mit demselben Tacholimit zurückgezogen werden, damit ein Spielstein nachfallen konnte. Dadurch war der Roboter in der Lage, die Spielsteine einzeln aus dem Lager heraus zu „schießen“. Auch hier tauchten natürlich Probleme auf. Oft blieb die Platte in dem Spielsteinlager hängen, weil die Chips zu schnell nachgefallen sind. Die Konstruktion von Zahnschiene und Platte war nicht sehr stabil und brach des Öfteren auseinander. Das größte Problem jedoch war, dass die Spielchips kleine Zacken an ihren Rändern hatten und sich so untereinander verkanteten konnten. Waren sie verkantet wurden sie oft entweder gar nicht aus dem Lager herausbefördert oder mit sehr großer Geschwindigkeit. Im Falle des Letzteren, konnte auch die Platte nicht immer zurückgezogen werden, da sie durch die ruckartige Bewegung bei dem Lösen des Steines zu weit nach vorne befördert wurde.

Dadurch hatte das Zahnrad nicht mehr genug Angriffsfläche auf der Schiene, um diese wieder nach hinten zu ziehen. Trotz dieser Schwierigkeiten, erzielte die Abschussvorrichtung eine hohe Trefferquote.



(Abb. 3) Die Abschussvorrichtung

Nachdem der grobe Bau des Roboters am Mittwochnachmittag abgeschlossen war, musste sich nun mit der Webcam und der Bildverarbeitung in MATLAB auseinandergesetzt werden.

Leider brachte auch diese Idee viele Komplikationen mit sich. Das Kalibrieren der Webcam und dem Vier-Gewinnt Spiel dauerte immer sehr lange, da die Bildpunkte immer genau in den einzelnen Spielfeldern platziert werden mussten. Bei der kleinsten Berührung an der Webcam oder dem Spiel selbst, musste sie neu eingestellt werden. Mit den Bildpunkten, die auf die Größe der Matrix bzw. die des Spiels abgestimmt waren, war es möglich die Farben in den Feldern zu unterscheiden. Änderten sich jedoch nur geringst die Lichtverhältnisse in der Umgebung, so war das Programm nicht mehr in der Lage, die roten und gelben Chips auseinander zu halten. Dies führte wiederum zu zeitlichen Blockaden. Aus diesen Gründen dauerte es bis Donnerstagabend an, bis unser Connect4-Roboter zum ersten Mal selbstständig spielen konnte. Da es uns erlaubt wurde, den Roboter mit nach Hause zunehmen, um ihn fertig zu stellen, drehten wir unser Back-Up Video bei mir in der Wohnung. Dort waren immer gleiche Lichtverhältnisse gegeben und es stand mehr Platz zur Verfügung.

Durch die aufgetretenen Komplikationen, war es leider nicht möglich, den Roboter bei den Abschluss-Präsentationen selbstständig ein Spiel, spielen zu lassen. Was natürlich sehr bedauerlich war.

Auch das Programm konnte in der vorhandenen Zeit, nicht komplett fertig gestellt werden. Das Ziel den Roboter fünf Züge in die Zukunft blicken zu lassen wurde demnach nicht erreicht. Der Roboter war in der Lage, sich Vier Spielsteine in einer Reihe zu erarbeiten und den Gewinn des Gegners zu

verhindern.

III. Zusammenfassung und Fazit

Abschließend lässt sich sagen, dass der Bau des Connect4-Roboters mit einem positiven Eindruck beendet wurde. Natürlich gibt es viele Dinge, die bei genügend Zeit, noch verbessert werden könnten. Die Abschuss und Einwurfvorrichtung könnte effizienter gestaltet werden. Zudem wäre es sinnvoll den kompletten Roboter alltagstauglicher zu konstruieren. Das Programm müsste überarbeitet und verbessert werden, damit er noch intelligenter spielen könnte. Insgesamt war das Lego Mindstorms Praktikum eine interessante und aufschlussreiche Veranstaltung.

Literaturverzeichnis:

Abb.1

https://www3.ntu.edu.sg/home/ehchua/programming/java/imagenes/GameTTT_minimax.png

Abb. 2-3

Eigene Aufnahmen