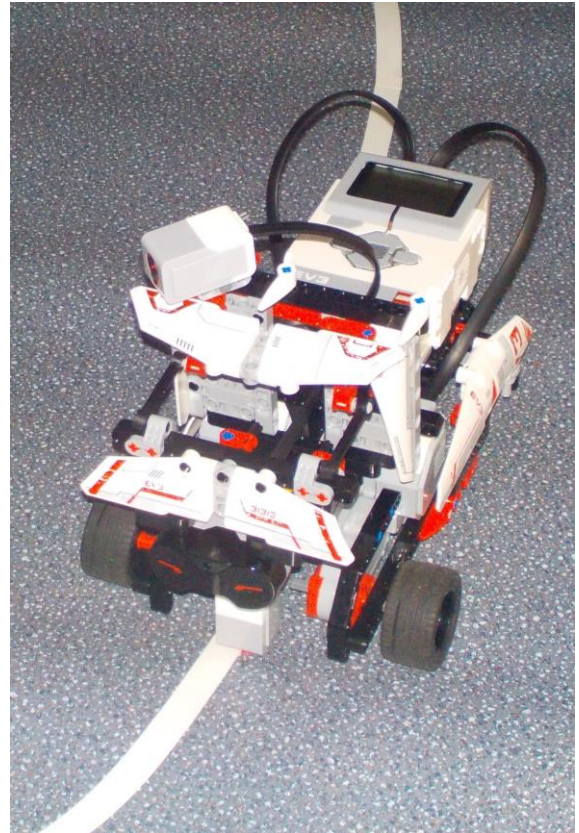


Ich baue einen Roboter



Name: Dennis Andrej Kiselev

Datum: Juni 2017

Ideenlabor

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Einleitung..... | 3 |
| 2 | Lego und Lego Mindstorms..... | 4 |
| 2.1 | Die Geschichte von Lego..... | 4 |
| 2.2 | Die Entwicklung von Lego Mindstorms..... | 5 |
| 2.3 | Die Bauteile von Lego Mindstorms..... | 7 |
| 2.4 | Die Programmieroberfläche..... | 10 |
| 2.5 | Programmieren..... | 10 |
| 3 | Mein Lego Mindstorms Projekt..... | 11 |
| 3.1 | Der Roboter..... | 12 |
| 3.2 | Ampel:..... | 13 |
| 3.3 | Der Parcours:..... | 14 |
| 3.4 | Programm für das automatische Auto..... | 15 |
| 4 | Schlussteil..... | 19 |
| 5 | Quellenverzeichnis..... | 19 |

1 Einleitung

Neuerdings gibt es selbstfahrende Autos, an denen wird immer noch geforscht. Also wollte ich auch eines bauen und ihre Probleme herausfinden. Ich möchte die wichtigsten Funktionen nachbauen, also kein Radio oder Licht, sondern zum Beispiel dass er an einer roten Ampel hält und bei Grün durchfährt. Um ein selbstfahrendes Auto zu bauen braucht es Sensoren die die Umgebung so wahrnehmen wie unsere Augen. Zum Glück gibt es heute die Sensoren in Kleinformat und billiger als in früheren Zeiten, sonst hätte ich so einen kleinen Roboter gar nicht bauen können. Das selbstfahrende Auto muss auf die Signale aus den Sensoren richtig reagieren. Die beste Möglichkeit finde ich, es mit Lego Mindstorms und Lego Technic zu kreieren. Denn ich kann es kombinieren und so konnte ich es auch in Kleinformat bauen. Aber das es überhaupt fahren kann, braucht es ein Programm.

2 Lego und Lego Mindstorms

2.1 Die Geschichte von Lego

Ein Mann hatte für seinen Sohn eine Holzente geschnitzt, sie war sehr schön geworden und er beschloss Holzspielzeuge herzustellen. Die Familie bestand aus einem Vater, einer Mutter, und drei Söhnen. Die Familie war sehr arm. Der Vater sah eines Tages eine Spritzgussmaschine und kaufte sie mit einem Grossteil des Geldes, das die Familie besass. Damit stellte er Bausteine her, die man zusammenstecken konnte. Dafür war der Legostein unten ausgehöhlt. Er gründete 1932 eine Firma und nannte sie „Lego“. Das Wort Lego leitet sich von dänisch „leg godt“ „spiel gut“ ab. Lego verkaufte sich gut. Aber es gab ein Problem: Hob man das zusammengebaute Stück an, fiel es auseinander. Lego musste verbessert werden! Deswegen baute er in den Hohlraum kreisförmige Schornsteine in den Legostein.

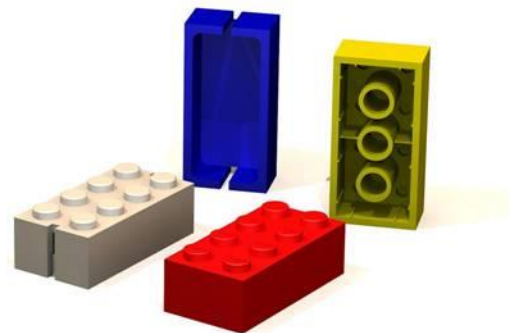
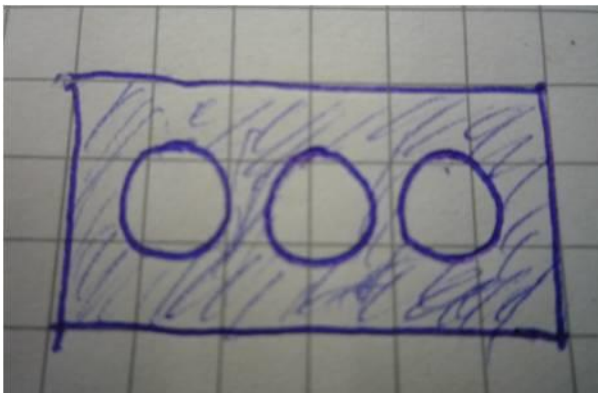


Abbildung 1: Links: eine Skizze von mir. Sie zeigt einen Legostein von unten. Rechts: Die Unterschiede eines neuen und alten Legosteins. Quelle des Fotos: Von ruizo - Dimensions source Lego, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2458803>.

So konnten sie aneinander halten und dies ist bis heute geblieben. Es wurden bis heute sehr, sehr viele verschiedene Formen und Farben entwickelt sowie Räder und andere Sonderbausteine. 1977 kam noch Lego Technic dazu. 1998 wurde Lego Mindstorms entwickelt. Heute ist Lego der grösste Spielzeughersteller der Welt.

2.2 Die Entwicklung von Lego Mindstorms

1998 führte Lego nach Zusammenarbeit mit dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) den ersten programmierbaren Legostein ein: das Robotics Command System (RCX). Ein Foto von RCX sieht man in Abbildung 2 links. Das Programm wurde über eine Infrarotschnittstelle vom Computer auf den RCX übertragen. Ein Modell mit dem RCX Baustein seht ihr in Abb. 3.

Anfang 2006 präsentierte Lego einen neuen programmierbaren Baustein, den NXT. Der NXT ist in Abbildung 2 rechts gezeigt. In diesem Set wurden zum ersten Mal die noppenlosen Balken verwendet. Seit dem Jahr 2000 werden diese noppenlosen Balken auch bei Lego Technic eingesetzt. Früher wurden Balken mit Noppen eingesetzt. In Abbildung 4 ist der Unterschied zwischen dem alten und dem neuen Lego Technicstein gezeigt.



Abbildung 2: links: Der RCXbaustein



rechts: Der NXTbaustein



Abbildung 3:links: ein Modell mit dem RCX



rechts: Ein Modell mit dem NXT

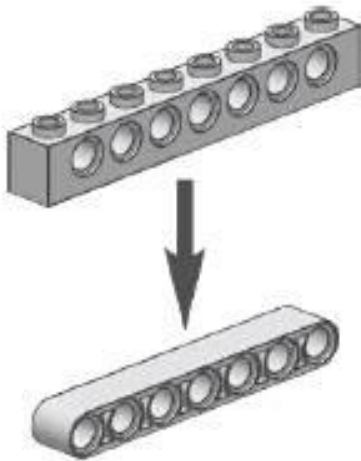


Abbildung 4: oben ein alter Lego Technicstein unten ein neuer Lego Technicstein

2013 kam der EV3 auf den Markt. EV3 steht für Evolution 3. Generation. Der EV3 kann über ein USB-Kabel oder WLAN die Programme vom Computer herunterladen.

LEGO Mindstorms hat im Internet eine grosse Fangemeinde. Deshalb gibt es viele Bau- und Programmieranleitungen sowie Filme auf Youtube. Es wird sogar für wissenschaftliche Forschungszwecke eingesetzt. Am Tag der offenen Tür der Fachhochschule Windisch habe ich Roboter gesehen, die mit Mindstorms gesteuert wurden.



Abbildung 5: Ein Roboter gebaut mit dem EV3stein.

2.3 Die Bauteile von Lego Mindstorms

In der Lego Mindstormspackung 31313 gibt es: 8 verschiedene Zahnräder, 8 verschiedene Verbindungsteile, 11 verschiedene Stangen, 12 verschiedene Kreuzverbinder, 2 Raupenkettensätze, 4 kleine Felgen, 2 kleine Reifen, 3 dünne Felgen, 3 dünne Reifen, 4 grosse Felgen, 4 grosse Reifen, eine Kanone mit 3 Munitionskugeln, ein paar Verschönerungsteile und vieles mehr. Insgesamt sind es etwa 550 Legosteine. Die Konstruktionsbausteine sind noppenlose Balken, die mit Achsen zusammengehalten werden.

Ausserdem sind noch folgende elektronische Bauteile vorhanden: der Programmierstein (EV3stein), 2 grosse und ein kleiner Servomotor, 1 Farbsensor, ein Infrarotsensor, eine Infrarot-Fernsteuerung, einen Berührungssensor.

Nun stelle ich die elektronischen Bauteile genauer vor, die ich verwendet habe.

EV3stein:

Der EV3stein ist ein Mikroprozessor, der als Betriebssystem Linux verwendet. Der EV3stein ist programmierbar. Er hat Anschlüsse für einen USB-Stick, für ein USB-Kabel, für vier Sensoren und für vier Motoren. Der EV3stein erkennt welche Sensoren und Motoren angeschlossen sind. Ausserdem hat er sechs Knöpfe. Mit den Knöpfen des EV3stein kann man programmieren, es ist aber sehr unbequem. Einfacher geht es, das Programm mit dem USB-Kabel vom Computer herunterzuladen. Der grösste steht für einen Schritt zurück und der mittlere für OK. Mit den restlichen Knöpfen steuert man nach oben, unten, rechts und links durch das Menü. Dieses wird auf dem kleinen Bildschirm angezeigt.



Abbildung 6: Links:EV3stein von der linken Seite. Rechts: EV3stein von der rechten Seite.

An der einen Seite hat der EV3stein einen Lautsprecher.

Infrarotsensor:

Der Infrarotsensor (IR-Sensor) erkennt infrarotes Licht, das von massiven Objekten reflektiert oder von der IR-Fernsteuerung ausgesendet wird.

Der Sensor kann in drei Modi betrieben werden: im Nähe Modus, im Signalmodus und im Fernsteuerungsmodus.

Im **Nähemodus** gibt der IR-Sensor infrarotes Licht ab und bestimmt anhand der Menge des von einem Objekt reflektierten Lichts, wie gross der Abstand dieses Objekts vom Sensor ist.

Im **Signalmodus** bestimmt der Sensor die Richtung (Werte zwischen -25 und $+25$) und die Entfernung von der Fernsteuerung (0-100 %).

Im **Fernsteuerungsmodus** empfängt er numerische Befehle der IR-Fernsteuerung.



Abbildung 7:Der Infrarotsensor

Grosser Servomotor:

Der grosse Motor ist ein leistungsstarker, intelligenter Servomotor. Er verfügt über einen eingebauten Drehsensor mit einer Messgenauigkeit von 1 Grad, um eine präzise Steuerung zu ermöglichen. Per Programmierung ist es möglich, den Motor ein und aus zu

schalten, ihn für eine bestimmte Anzahl von Sekunden oder Umdrehungen laufen zu lassen oder seine Leistungsstufe einzustellen.



Abbildung 8: Der grosse Servomotor

Farbsensor:

Der Farbsensor verfügt über eine eingebaute LED, die rotes, grünes und blaues Licht aussenden kann. Der Sensor erkennt Farben, indem er Lichtblitze in allen drei Farben sehr schnell hintereinander aussendet und dabei jeweils das von der betrachteten Oberfläche reflektierte Licht misst. Der Farbsensor kann in drei verschiedenen Modi verwendet werden: Farbmodus, Modus „Stärke des reflektierten Lichts“ und Modus „Stärke des Umgebungslichts“. Im **Farbmodus** erkennt der Farbsensor sieben Farben: Schwarz, Blau, Grün, Gelb, Rot, Weiss, Braun sowie „keine Farbe“.

Im **Modus „Stärke des reflektierten Lichts“** misst der Farbsensor die Stärke des reflektierten Lichts.

Im **Modus „Stärke des Umgebungslichts“** misst der Farbsensor die Stärke des Lichts, das aus der Umgebung durch das Fenster des Sensors dringt.

Der Sensor arbeitet mit einer Skala von 0 (sehr dunkel) bis 100 (sehr hell).



Abbildung 9: Der Farbsensor

2.4 Die Programmieroberfläche

Um das Programmieren überhaupt zu verstehen, habe ich mir ein Buch mit 410 Seiten besorgt. Die Programmieroberfläche sieht am Anfang so aus:

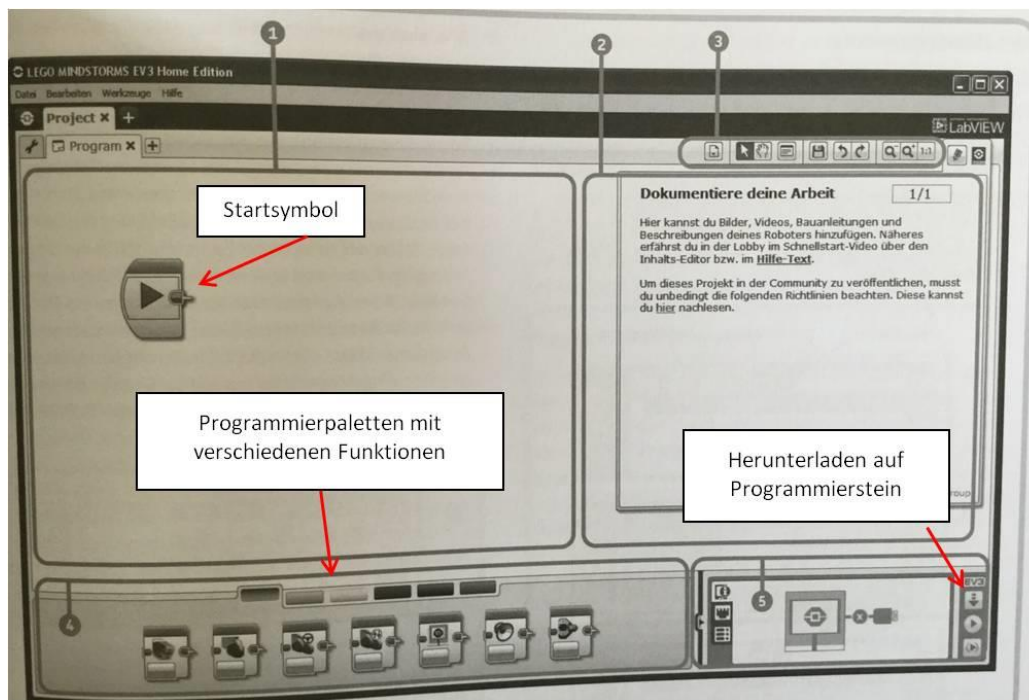


Abbildung 10: So sieht die Programmieroberfläche am Anfang aus.

Mit den Programmierpaletten wählt man eine Gruppe von Programmierblöcken aus. Jede Gruppe hat eine andere Farbe. Die Gruppen werden im nächsten Kapitel kurz beschrieben. Es gibt: Aktions-, Programmierablauf-, Sensor-, Datenoperations-, und Erweiterungsblöcke. Auf der Fläche, wo das Startsymbol steht baut man sich das Programm zusammen. Rechts daneben kann man sein Programm beschreiben. Rechts unten stellt man die Verbindung zum EV3 her. Dann können Sensor und Motorwerte kontrolliert werden. Mit dem Pfeil auf der Schaltfläche wird das Programm auf den EV3 heruntergeladen.

2.5 Programmieren

Ein Programm erstelle ich, indem ich in den Programmierpaletten Blöcke auswähle und hinter das Startsymbol ziehe. Die **Aktionsblöcke** enthalten Blöcke für die Motorsteuerung und Klangausgabe. Mit den **Sensorblöcken** werden die Werte gemessen welche zum Beispiel Farbsensor oder Infrarotsensor ausgeben. Unter den **Datenoperationsblöcken** findet man Blöcke mit denen die Messwerte verglichen (größer, kleiner, gleich) oder verrechnet (plus, minus, mal) werden können. Die **Programmablaufblöcke**

steuern den Ablauf des Programms. Sie enthalten zum Beispiel eine Schleife zum mehrmaligen Ausführen einer Funktion sowie ein Schalter zum Auswählen von einer von zwei Aktionen auf Grund einer bestimmten Bedingung. Aus den **Erweiterungsblöcken** habe ich keine Blöcke verwendet.

3 Mein Lego Mindstorms Projekt

Mein Auto sollte die folgenden Aktionen selbstständig durchführen können:

1. Eine Strecke alleine und ohne Hilfe abfahren
2. An einer Ampel bei rot anhalten
3. Bei einem Hindernis stoppen

Zunächst musste ich ein Auto bauen, das diese Funktionen erfüllt. Für **Punkt 1** habe ich einen Farbsensor eingesetzt, der einem weissen Streifen folgt.

Für **Punkt 2** habe ich ebenfalls einen Farbsensor eingesetzt, der auf die Intensität der roten Ampel reagiert. Dazu musste ich natürlich erst eine elektronische Ampel bauen.

Für **Punkt 3** habe ich den Infrarotsensor eingesetzt.

Für alle Funktionen habe ich ein Programm erstellt. Das Auto, der Parcours, die Ampel und das Programm werden im Folgenden kurz beschrieben.

Ideen, Pläne, erste Schritte:

Erst mal wusste ich nicht was machen, aber nach Weihnachten ging die Post ab, vor allem mit den Problemen. Nach und nach lösten diese sich auf und es ging schnell voran. Bei meinem Geburtstag gab es allerdings einen Rückschlag – Zeitmangel wegen Wohnungsaufräumung und andere Vorbereitungen. Die Idee war seit langem klar, aber die Lösungen nicht.

Die nervigen Probleme und ihre Lösungen:

1. Ich hatte Teichfolie besorgt, auf dem der Roboter fahren sollte. Aber die Teichfolie hatte Falten, so konnte der Roboter nicht fahren.

Lösung: Ich habe einen anderen Untergrund besorgt. Er sieht aus wie Teer, besteht aber aus Gummi (PVC). Darauf fährt der Roboter nun.

2. Mein Roboter soll einem weissen Streifen am Boden folgen können. Das Problem: Der Roboter fährt ein wenig über den Streifen und lenkt. Aber bei den starken Kurven funktioniert das Drehen nicht richtig.

Lösung: Ich musste den Farbsensor von der Mitte nach ganz vorne umbauen.

3. Es klingt zwar ein bisschen komisch, aber das Lenken für den Streifen funktioniert nicht mit einer richtigen Lenkung, sondern mit zwei Vorderantrieben. Das heisst, wenn sich der eine Motor rückwärts und der andere vorwärts dreht, lenkt es. Ich hatte hinten die zwei Motoren und vorne die Lenkung. Das funktionierte nicht.

Lösung: Ich musste den Roboter umbauen. Vorne sind jetzt die zwei Motoren und hinten ein bewegliches Rad, damit es nicht blockiert.

4. Ich habe den Roboter programmiert und der Roboter hat nicht auf die rote Farbe von meiner Ampel geachtet. Ich habe festgestellt das der Farbsensor nur (richtige) Farben erkennt und keine Lichtfarben.

Lösung: Ich habe den Farbsensor so eingebaut, dass er nur das rote Licht sieht. Der Farbsensor ist auf Lichtintensitätsmodus und nicht auf Farberkennungsmodus eingestellt.

3.1 Der Roboter

Mein Auto musste so konstruiert werden, dass zwei Farbsensoren, zwei grosse Servomotoren, ein Infrarotsensor und der grosse EV3stein montiert werden können. Als erstes suchte ich eine Bauanleitung aus dem Internet. Da das Lenken nicht richtig funktionierte, musste ich die ganze Lastwagenzugmaschine umbauen und ein eigenes Fahrzeug ausdenken.

Der Roboter fährt mit Hilfe von 2 Motoren. Diese Motoren sind Schrittmotoren. Sie bewegen die vorderen Räder, das hintere ist einfach ein sehr bewegliches kleines Rad. Ein paar Sachen sind aber immer noch von der Bauanleitung wie zum Beispiel die Verkleidung von der Führerkabine. Der Infrarotsensor überwacht die Umgebung vor dem Roboter. Wenn der **Abstand** zu einem Gegenstand oder zu einer Sache kleiner als ca. 10 cm ist, stoppt er den Roboter. Der eine Farbsensor folgt einer **Linie**. Eigentlich wollte ich zuerst zwei, Linien, aber da ich nur einen Farbsensor zur Verfügung hatte, musste

ich mich mit einer Linie zufrieden geben. Diese Linie musste leider mittig auf der Fahrspur liegen, was ich eigentlich nicht so wollte. Der Farbsensor kann die weisse Linie von dem grauen Untergrund unterscheiden und bleibt so auf der Linie. Der zweite Farbsensor misst die Lichtintensität der roten LED in der Ampel. Misst der Farbsensor eine grosse Lichtintensität, stoppt er den Roboter. Das geschieht etwa 10 cm vor der **Ampel**.

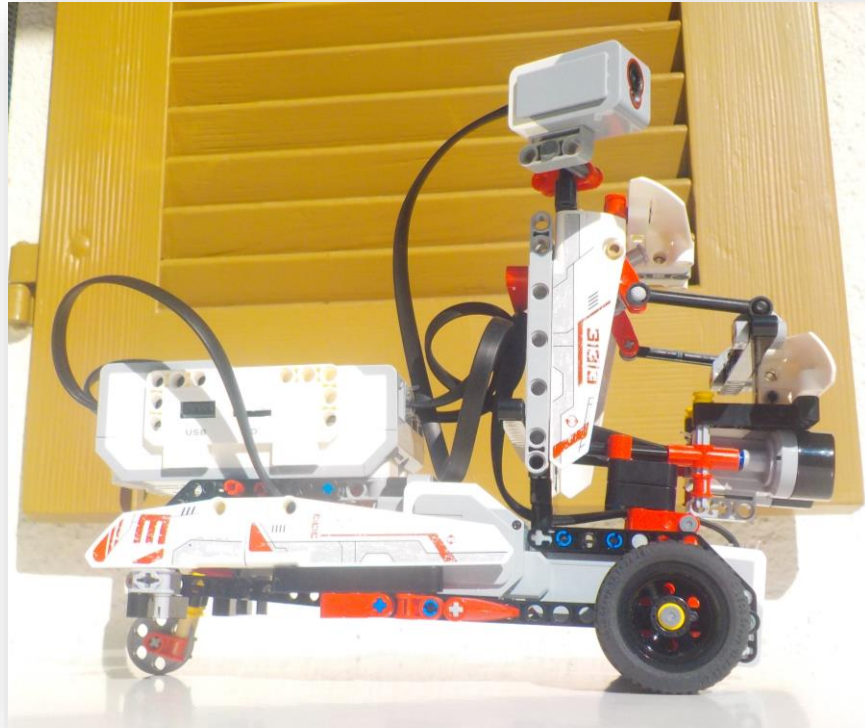


Abbildung 11: Das ist mein Lego Mindstorms Modell

3.2 Ampel:

Ich habe mir zuerst überlegt wie ich die Ampel baue. Ehrlich gesagt habe ich es mir ein wenig leichter vorgestellt. Ich musste zuerst die ganze Elektronik beschaffen und löten. Die Platine mit der Elektronik für die roten und die grünen LEDs ist von der Firma „Tams Elektronik“.



Abbildung 12: Die Elektronik von der Ampel.

Die Ampel wird mit einem Light Computer-7 gesteuert und ist eigentlich für die Ampelsteuerung einer Modelleisenbahn entwickelt worden. Der Computer steuert zwei verschiedene Gruppen von LEDs (eine mit Rot, Gelb und Grün und die zweite mit Rot und Grün). Die Ampel ist so aufgebaut: unten ist eine grüne Legoplatte als Untergrund. Dann habe ich aus runden grauen und schwarzen Legosteinen einen Ampelpfosten gebaut. Als nächstes habe ich mit meinem Papa je ein Loch für die LEDs und eins für die Drähte in einen 2x2 Lego Duplobaustein gebohrt. Insgesamt sind es 5 blaue Lego Duplobausteine mit je einer LED. Die eine Ampel mit drei LED ist für den Verkehr und die zweite mit 2 LED's für die Fussgänger gedacht. Die LED's werden auch entsprechend gesteuert. Wenn die Ampel für den Verkehr rot zeigt, dann steht die Fussgängerampel auf Grün und umgekehrt. Das ganze wird von acht Batterien zum Laufen gebracht. Dann habe ich mir ein Gehäuse aus Lego gebaut und die gelötete Elektronik hineingelegt, damit es schöner aussieht und damit die Elektronik geschützt ist.

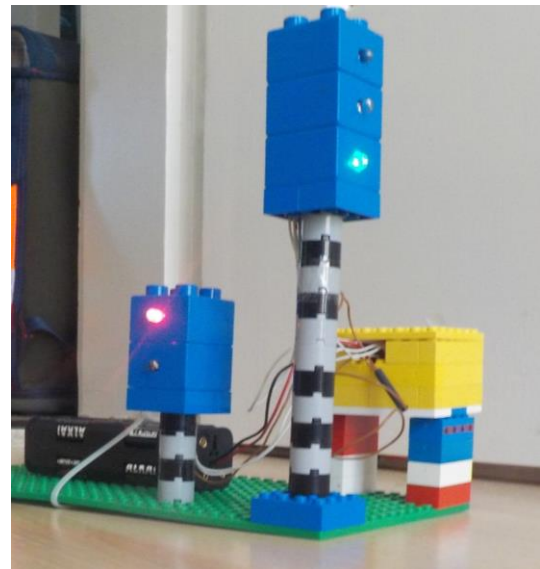


Abbildung 13: Die Legoampel für Fussgänger und Autofahrer

3.3 Der Parcours:

Die Linie besteht aus weissem Kleberband. Echte Strassen haben zwei weisse Linien (rechts und links). Die zu folgen braucht man zwei Farbsensoren. Als ich nur einen hatte, musste ich den Roboter so konstruieren, dass er nur einer Linie folgt. Es gibt gerade Strecken, mehrere Kurven und sogar Kreuzungen. Der Roboter sollte dieser Linie folgen und bei den Kreuzungen nicht auf die andere Linie abkommen.

Das automatische Auto folgt einer weissen Linie, bis der Abstandssensor ein Hindernis entdeckt. Dann bleibt er so lange stehen, bis das Hindernis weg ist. Wenn der Farbsensor die Ampel entdeckt und sie rot ist, bleibt er stehen, bei gelb und grün fährt er einfach hindurch.

Andere Autos (Falschparker):

Es gibt zwei andere Autos, die Verkehr bei den Kreuzungen simulieren. Falls der Roboter zu einer Kreuzung kommt, wo ein anderes Auto steht, sollte er halten und warten, bis der Weg frei ist.



Abbildung 14: Der Parcours

3.4 Programm für das automatische Auto

In Abbildung 15 sieht man das ganze Programm mit allen Funktionen. Das ganze Programm muss erst auf den EV3-Stein heruntergeladen werden, bevor man es ausprobieren kann.

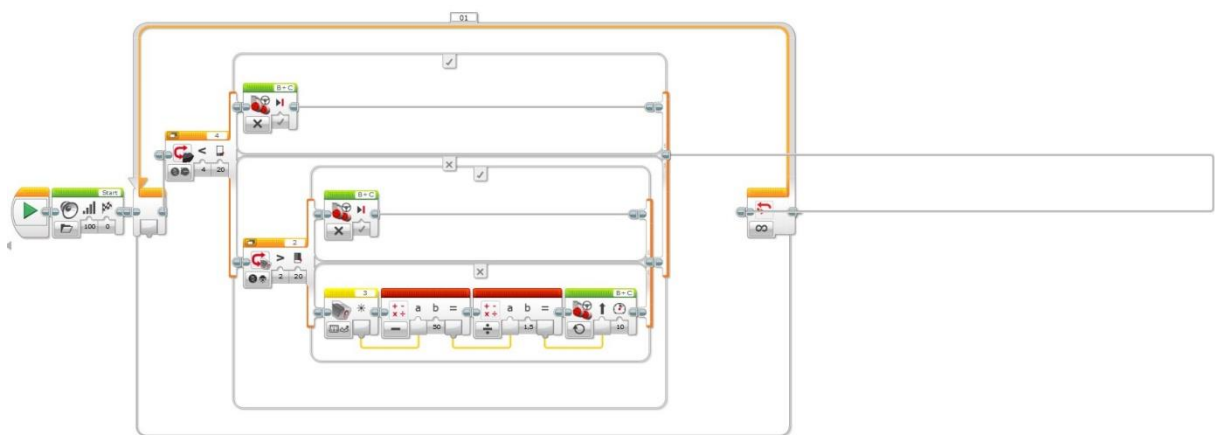


Abbildung 15: Das ist mein ganzes Programm.

Um das Auto zu starten, muss man etwa drei Sekunden auf die Mitteltaste des EV3-Steins drücken. Wenn man das Programm aus Abbildung 15 ausgewählt hat, sagt das Auto als erstes „Start“. Dafür sorgt der grüne Block in Abbildung 16.

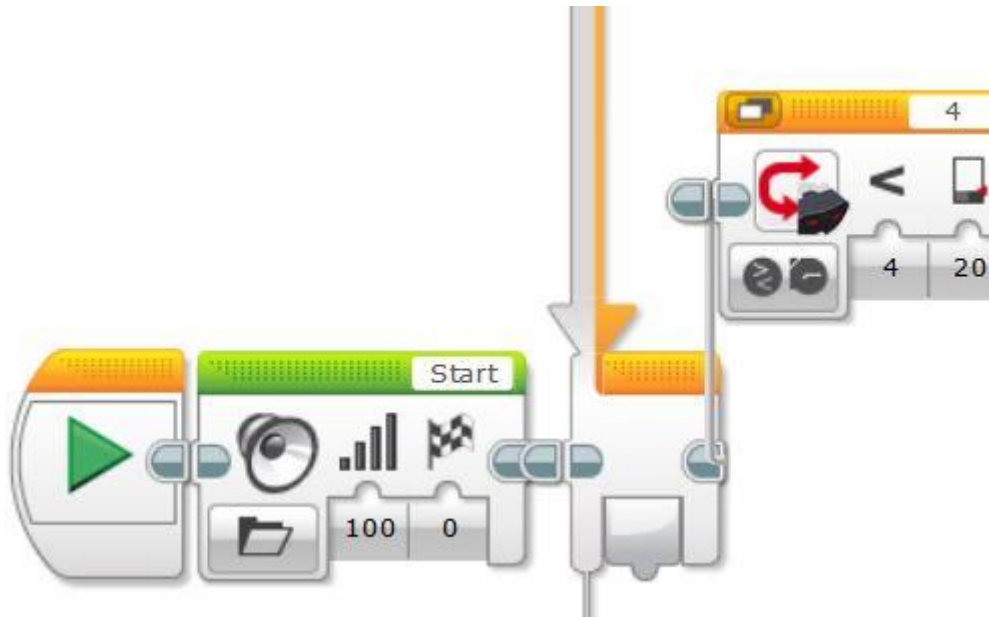


Abbildung 16: Startsymbol, Sprechfunktionssymbol und das IR-symbol

Der Infrarotsensor (IR Sensor, Port 4) sendet die IR Wellen und bekommt ein Echo zurück. Den IR-Sensorblock seht ihr in Abbildung 16. Die Zeit zwischen Signal und Echo entspricht dem Abstand zwischen dem Auto und Hindernis. Wenn die Zeit kleiner (Operation Nr. 4 im IR-Sensorblock) als 20 ist, sendet der Sensor ein logisches Signal „1“ oder „richtig“. Falls es grösser ist – sendet er ein logisches Signal „0“ oder „falsch“.



Abbildung 17: Motorsteuerungsblock

Bei einem logischen Signal „1“ (Hindernis) stoppen die Motoren.

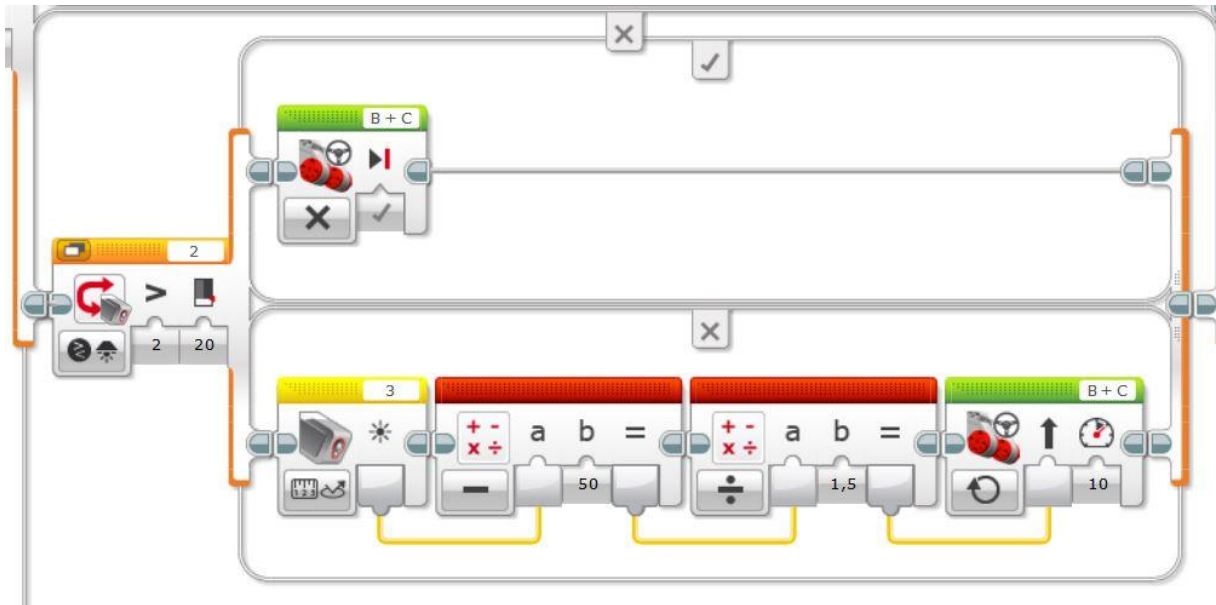


Abbildung 18: Ampelprüfung + Linienfolge

Bei einem logischen Signal „0“ geht es weiter zur Ampelprüfung. Der Farbsensor (Port 2) ist auf Lichtintensitätsmode eingeschaltet.



Abbildung 19: Ampelprüfung

Er misst die Lichtintensität von vorne, falls es grösser ist (Operation Nr. 2) als 20, sendet der Sensor ein logisches Signal „1“ oder „richtig“. Falls es kleiner ist – sendet er ein logisches Signal „0“ oder „falsch“. Der Farbsensor ist so montiert, dass er nur auf die Ampelfarbe Rot reagiert.



Abbildung 20: Motorenstopp

Bei einem logischen Signal „1“ (Ampel Rot) stoppen die Motoren.

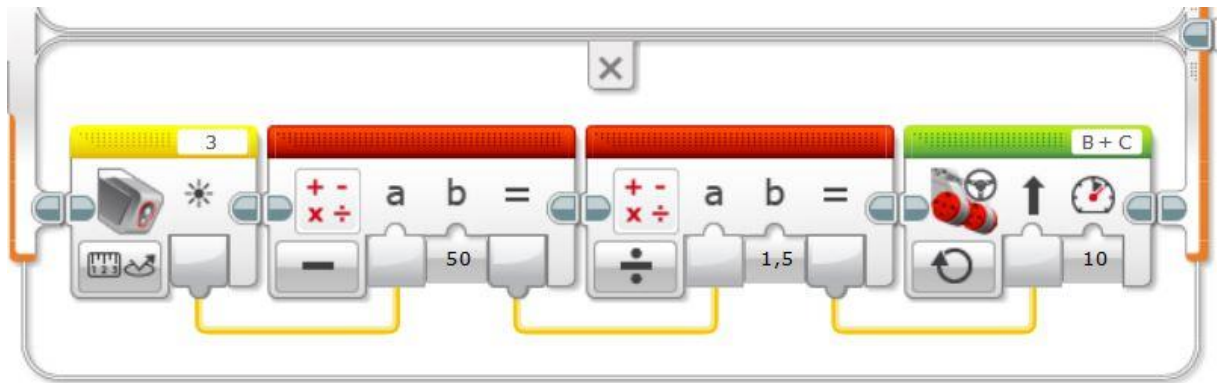


Abbildung 21: Linienfolge

Bei einem logischen Signal „0“ (Ampel nicht Rot) geht es weiter. Der Farbsensor (Port 3) ist auf Lichtreflektionsmodus eingeschaltet. Er misst das reflektierte Licht, das von seinem eigenem LED kommt. Wert 0 bedeutet schwarz, Wert 100 – weiss. 50 ist genau der Rand zwischen der Farbe des Parcours (grau) und der weissen Linie.

Der nächste Block rechnet die Differenz (Operation „-“) zwischen dem Wert von dem Farbsensor und dem Wert 50. Das Resultat geht zum nächsten Block. Dort wird durch 1.5 geteilt (Operation „÷“). Der Wert 1.5 muss so eingestellt werden, dass das Auto der Linie folgt, aber nicht zu stark nach links und rechts dreht (Slalom). Das habe ich durch Tests herausgefunden. Das Ergebnis der Rechnung steuert die Motoren nach links (Minuswert) oder nach rechts (Pluswert). Falls der Steuerwert genau 0 ist, fahren beide Motoren mit der gleichen Geschwindigkeit (10), also gerade aus.

Die ganze Steuerung befindet sich in einer Schleife und die Anweisungen werden immer wiederholt, bis jemand die Stopptaste drückt.

4 Schlussteil

Ich habe gelernt, dass das Programmieren schwieriger ist, als es aussieht.

Ich finde, dass mir die Ampel sehr gut gelungen ist.

Was ich ein wenig komisch finde, ist, dass der Farbsensor für die Ampel auf dem Dach montiert ist. Es sieht ein wenig unlogisch aus.

Ich würde beim nächsten Mal zwei Linien machen, damit es einer Strasse mehr ähnelt.

Eigentlich wollte ich zuerst ein schönes Auto bauen. Nach und nach musste ich aber ein etwas unrealistisches Bauwerk bauen.

5 Quellenverzeichnis

Bücher: Danielle Benedettelli „Das Lego-Mindstorms-EV3-Labor“

Internet: www.lego.de