



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

ZfP-Sonderpreis der DGZfP beim Landeswettbewerb Jugend forscht

SCHÜEX BADEN-WÜRTTEMBERG

Robo-Räumer

Tim Schinko
Max Wahr

Schule:

Otto-Hahn-Gymnasium
Nagold

**Schüler experimentieren
Landeswettbewerb Balingen (Baden-Württemberg)
am 14./15. April 2016**

Sparte: Mathematik/Informatik

Otto-Hahn-Gymnasium Nagold

Tim Schinko, Rohrdorf (11 Jahre)

Max Wahr, Nagold (11 Jahre)

Betreuerin: Katharina Steiner (Lehrerin am OHG Nagold)

„Robo-Räumer“



Wie muss der Roboter „Robo-Räumer“ fahren, um am schnellsten und gründlichsten eine festgelegte Fläche aufzuräumen?

Kurzfassung

Wie wahrscheinlich alle Kinder in unserem Alter räumen wir nicht so gerne auf. Deshalb war es unser Ziel, einen Roboter zu entwickeln, der uns bei dieser ungeliebten Tätigkeit hilft. Dazu bauten wir einen Lego-Mindstorms-Roboter, der sich in einem Modellzimmer der Größe 1,50m x 1,00 m bewegt. Als erstes programmierten wir den Roboter so, dass er selbstständig die Grundfläche eines Zimmers möglichst vollständig abfährt. Wir entwickelten zwei Programme für vorgegebene Fahrwege und ein Programm für einen Fahrweg nach dem Zufallsprinzip. Um die Fahrwege sichtbar zu machen, bauten wir einen Stift an unser Fahrzeug und zeichneten die Fahrwege auf einem unterlegten Papier auf. Schließlich haben wir ein Aufräumwerkzeug, einen Schieber angebaut und so aus dem Fahrroboter unseren „Robo-Räumer“ konstruiert. Er schiebt zufällig im Modellzimmer verteilte Legosteine zusammen.

Die Bewegung bei den ersten beiden Programmen wird nach einer vorgegebenen Zahl von sensorgesteuerten Richtungsänderungen beendet, nachdem die Fläche abgefahren ist. Der Zufallsweg mit dem dritten Programm ist viel länger, da viele Stellen im Zimmer mehrmals überfahren werden, bevor die ganze Fläche abgefahren ist. Wir haben das erste Programm nicht so verbessern können, dass ein Hindernis zuverlässig umfahren wird. Mit dem zweiten Programm klappte es gar nicht. Mit dem Programm für den Zufallsweg schafft das unser Fahrroboter.

Mit allen drei Programmen kann der Robo-Räumer die ausgelegten Legosteine in seinem Schieber einsammeln. Leider bleiben immer mal wieder einzelne Steine liegen, die bei Drehbewegungen auf die Seite geschoben werden und dann nicht mitgenommen werden.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	S. 2
Inhaltsverzeichnis	S. 3
Einleitung	S. 4
Vorgehensweise	S. 5
V 1 Unsere ersten Überlegungen	
V 2 Das Modellzimmer	
V 3 Der NXT–Robo–Räumer	
V 4 Kurzbeschreibung unserer drei Fahrprogramme	
V 4.1 Fahrweg im „Rechteck-Zick-Zack“	
V 4.2 Fahrweg in „kleiner werdenden Rechtecken“	
V 4.3 Programm für die „Zufallsfahrt“	
Ergebnisse	S. 9
E 1 Die Programme	
E 1.1 Programm für die „Rechteck-Zickzack-Fahrt“	
E 1.2 Programm für die Fahrt in „kleiner werdenden Rechtecken“	
E 1.3 Fahrweg von Programm 3 („Zufall“)	
E 2 Umfahren von Hindernissen	
E 3 Anbau des Räumwerkzeugs	
Diskussion	S. 15
Zusammenfassung	S. 16
Quellen und Literaturverzeichnis, Hilfen	S. 17

Einleitung

„Räum‘ mal bitte dein Zimmer auf!“ Wenn man diesen Satz auch nur hört! Immer wieder werden wir von unseren Eltern aufgefordert, das Chaos in unseren Kinderzimmern zu beseitigen. Spielzeug wegräumen, Papierfetzen beseitigen, liegengebliebene Taschentücher entsorgen... . Wie wahrscheinlich alle Kinder räumen wir nicht so gerne auf. Wir finden es sehr langweilig und Aufräumen erscheint uns als Zeitverschwendung. Mit der beim Aufräumen gesparten Zeit kann man viele sinnvollere Dinge tun, wie z.B. spielen, lernen, Hausaufgaben machen und vieles mehr. Deshalb wollen wir, Tim Schinko und Max Wahr, im Rahmen des Wettbewerbs „Jugend forscht“ einen Roboter entwickeln, der uns das Aufräumen abnehmen kann, so dass wir uns sinnvoller und angenehmeren Beschäftigungen zuwenden können.

Den Wettbewerb „Jugend forscht“ lernten wir kennen, weil wir in die „Jugend forscht-AG“ in unserer Schule eingeladen wurden. Einmal in der Woche führten wir verschiedene Experimente durch und lernten, über unsere Ergebnisse und Versuchsabläufe Protokolle zu schreiben. Außerdem lasen wir in der Zeitung viele Artikel über den Wettbewerb.

Ein weiterer Grund für die Auswahl unseres Themas war unsere Teilnahme im vorigen Schuljahr an der Lego-Roboter-AG von unserer Projektbetreuerin Fr. Steiner. Dort erlernten wir das Programmieren von Lego-Robotern des Modells „NXT“. Ein Schuljahr lang nahmen wir jede Woche an der Lego-Roboter-AG teil und verbrachten viele Stunden damit, die Roboter für einen Wettbewerb vorzubereiten. Erfolgreich nahmen wir dann am Wettbewerb „FLL“ (First Lego League) teil, bei dem man mit Lego-Robotern verschiedene Aufgaben lösen musste. Das hat uns alles so Spaß gemacht, dass wir auch zuhause anfangen, eigene Roboter zu bauen und programmieren. Schließlich kam uns die Idee, mit unserem neuen Hobby beim Wettbewerb „Jugend forscht“ teilzunehmen.

Jeder von uns besitzt einen Lego-Mindstorms-Roboter, mit denen wir zwei verschiedene Lego-Roboter bauten. Wir haben zwei unterschiedliche Modelle: Einen „NXT“ und einen „EV3“. Schließlich entschieden wir uns für unser Jugend-forscht-Projekt für Tims NXT, weil unsere Wettbewerbsbetreuerin Fr. Steiner sich bereits mit diesem Modell auskannte und die Lego-Roboter-AG uns fehlende Teile wie z.B. Sensoren, Motoren und weitere Teile ausleihen konnte.

Ziel unserer Arbeit ist es, dass der Roboter eine Fläche möglichst schnell abfahren und sie währenddessen aufräumen soll. Das Zimmer muss möglichst genau abgefahren werden, damit es auch nachher schön sauber ist. Als weitere Schwierigkeit wollten wir noch Hindernisse einbauen, weil es diese bekanntlich ja in jedem normalen Kinderzimmer gibt, wie z.B. Schränke, Mülleimer, Betten, ...

Um das hinzubekommen, überlegten wir uns verschiedene Fahrwege für den Roboter. Diese programmierten wir dann mit Mindstorms und luden die Programme auf den Helfer. Als wir damit fertig waren, testeten und optimierten wir diese Programme.

Nachdem der Roboter die Fläche selbstständig und komplett abfahren konnte, stellten wir Hindernisse auf, die unsere Aufräumhilfe jetzt selbstständig umfahren sollte. Dann konstruierten wir ein Aufräumwerkzeug und bauten es an den Roboter an. Wir kamen auf einen Schieber, mit dem der Aufräumroboter herumliegende Gegenstände so zusammenschiebt, dass wir zum Schluss alles nur noch in den Schrank räumen müssen.

Vorgehensweise

V 1 Unsere ersten Überlegungen

Da wir Rasenmäroboter und Staubsaugerroboter schon kannten, haben wir uns im Internet über deren Funktionsweise schlau gemacht. Folgende Filme haben wir angesehen:

[Rasenmäroboter Test - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=ydlsvTjadZ8)

<https://www.youtube.com/watch?v=ydlsvTjadZ8>

[Saugroboter im Test: Wie gut sind die elektronischen Putzhilfen? - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=dxbenwh_fso)

https://www.youtube.com/watch?v=dxbenwh_fso

[Kaufberatung Staubsaugerroboter - Praxis-Test deutsch | CHIP - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=pgonuctrcyk)

<https://www.youtube.com/watch?v=pgonuctrcyk>

Wir haben herausgefunden, dass Rasenmäroboter eine Abgrenzung brauchen. Die meisten Geräte verwenden für ihre Fahrt einen Weg mit zufälliger Richtungsänderung, wenn ein Hindernis oder der zur Begrenzung ausgelegte Draht erreicht wird. Ein Rasenmäher von Bosch verwendet aber auch die Idee, die wir im 1. Programm programmieren. Dazu vermisst er zuerst die Fläche und fährt (mäht) sie dann im Rechteck-Zickzack ab. Die Staubsaugerroboter haben an jeder Seite und unten Sensoren, damit sie nicht an Treppenabsätzen oder Tischkanten herunterfliegen.

V 2 Das Modellzimmer

Zuerst haben wir ein Modellzimmer gebaut, in dem unser Robo-Räumer sich bewegen soll. Es besteht aus einer Bodenplatte und Seitenwänden.

Wir haben folgende Teile gekauft:

2 Bretter aus Kiefernholz, 2 m lang und 18 cm breit und 1,8 cm dick (für die Seitenwände des Zimmermodells)

1 Sperrholzbrett aus Pappelholz, 8 mm dick, 1,50 m lang und 1 m breit

viele Spanplattenschrauben

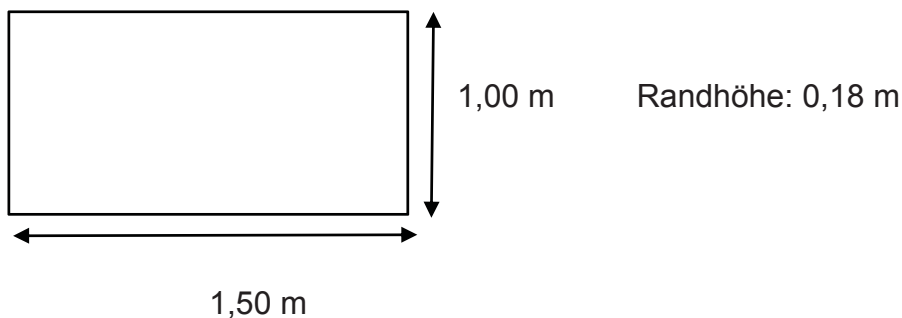
Benötigte Werkzeuge:

Akku-Schrauber, Schleifpapier, Handkreissäge, Schraubzwingen, Meterstab, Bleistift

Wir haben die Bretter ausgemessen und zugesägt.

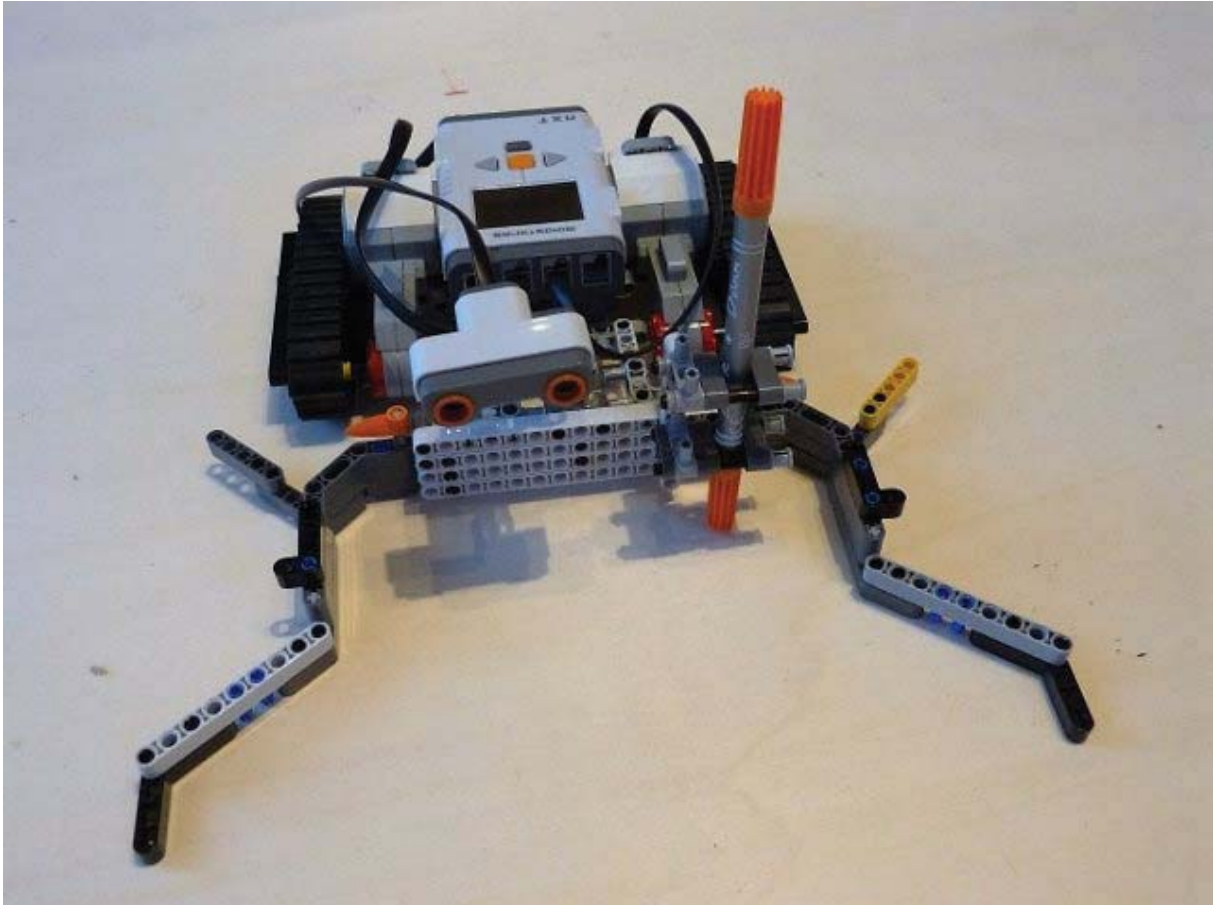
Anschließend haben wir die Bretter mit den Schraubzwingen am Sperrholzbrett festgespannt. Danach haben wir das Sperrholzbrett und die Bretter vorgebohrt und Schrauben reingedreht. Auch die Ecken haben wir vorgebohrt und zusammengeschaubt.

Auf die Bodenplatte kann man Papier kleben, um den Fahrweg durch einen mitfahrenden Stift zu kennzeichnen. Wir verwenden 1 m breites Tischdeckenpapier von einer Rolle.



V 3 Der NXT – Robo - Räumer

Wir bauten den Robo-Räumer aus Legotechnikteilen, gemischt aus NXT - Teilen und EV3 - Teilen. Wir nahmen den Logik-Stein (Gehirn des Roboters), Sensor (Ultraschall), Halterung für den Stift und die Bauteile für den Schieber und den Stifthalter aus dem NXT-Baukasten, die Motoren, Fahrgestell und Raupen aus dem EV3-Baukasten.



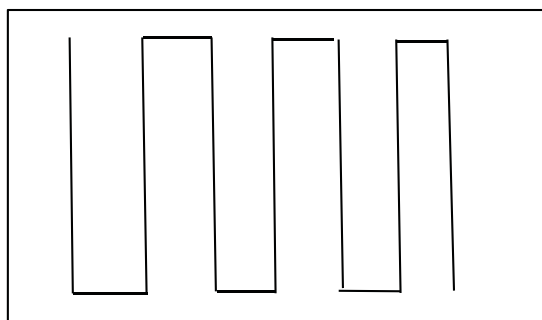
Unser Robo-Räumer mit Ultraschallsensor, mit Stifthalter und Stift, sowie mit Räumwerkzeug und Müll-Abweisern vor den Raupen

V 4 Kurzbeschreibung unserer drei Fahrprogramme

Am Anfang haben wir mit jedem Programm den Robo-Räumer ohne Räumwerkzeug und ohne Stifthalter fahren lassen. Im Folgenden beschreiben wir kurz, auf welche Weise die aufzuräumende Fläche jeweils abgefahren werden soll.

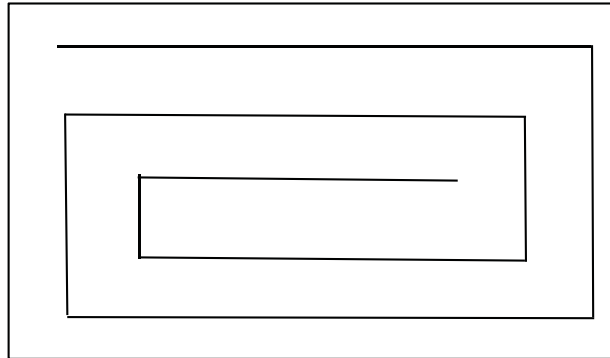
V 4.1 Fahrweg im „Rechteck-Zick-Zack“

Unser Robo-Räumer fährt in nebeneinanderliegenden Rechtecken in unserem Modellzimmer herum. Durch den Ultraschallsensor weiß unser Roboter immer, wann er sich um 90 ° drehen muss.



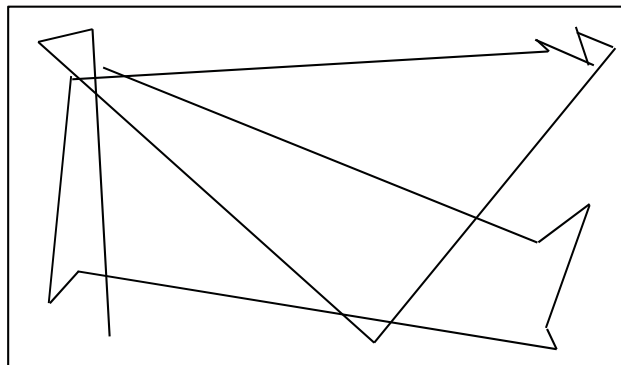
V 4.2 Fahrweg in „kleiner werdenden Rechtecken“

Bei diesem Fahrweg bewegt sich der Robo-Räumer von außen nach innen in kleiner werdenden Rechtecken durch das Zimmer.



V 4.3 Fahrweg nach dem „Zufallsprinzip“

Da die meisten Gartenmäroboter und Saugroboter nach diesem Prinzip fahren, haben wir einen Weg gesucht, dies in einfacher Weise auch mit unserem NXT-Roboter nachzumachen. Dies ist uns gelungen. Unser Robo-Räumer fährt geradeaus, bis der Ultraschallsensor ein Signal gibt. Dann dreht er sich zufällig um einen von fünf vorgegeben Drehwinkeln, und zwar abwechselnd rechts oder links herum.



Ergebnisse

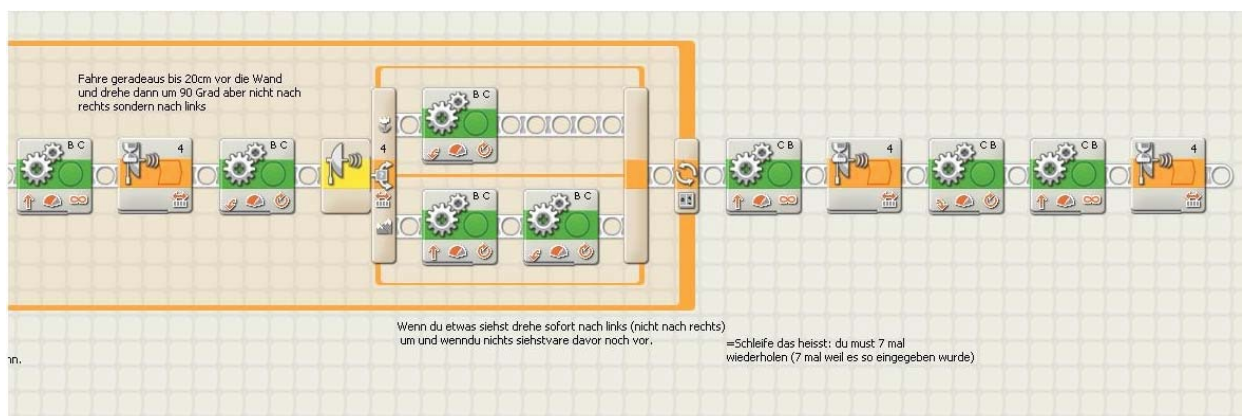
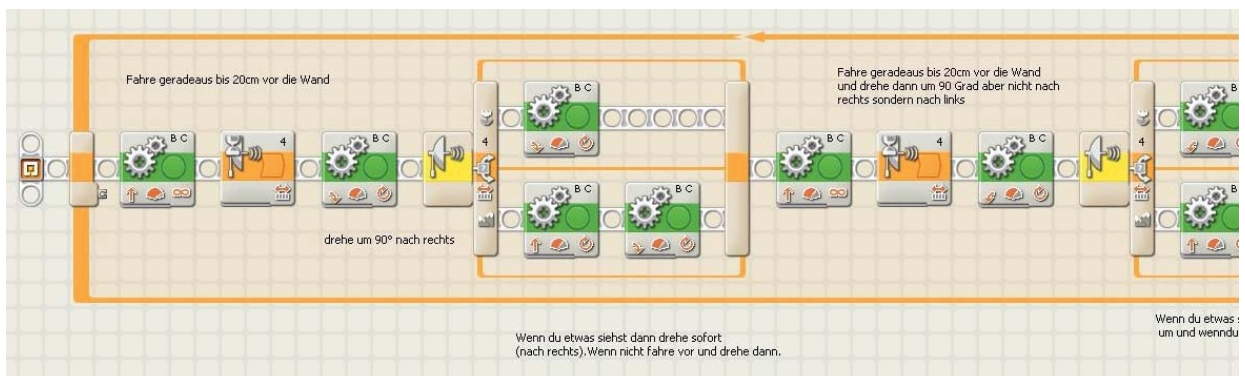
E 1. Die Programme

Wir haben die Programme 5.1, 5.2 und 5.3 vom Bildschirm fotografiert. Die Programme passten nicht vollständig auf einen Bildschirm, deshalb haben wir mehrere Aufnahmen gemacht und zusammengefügt.

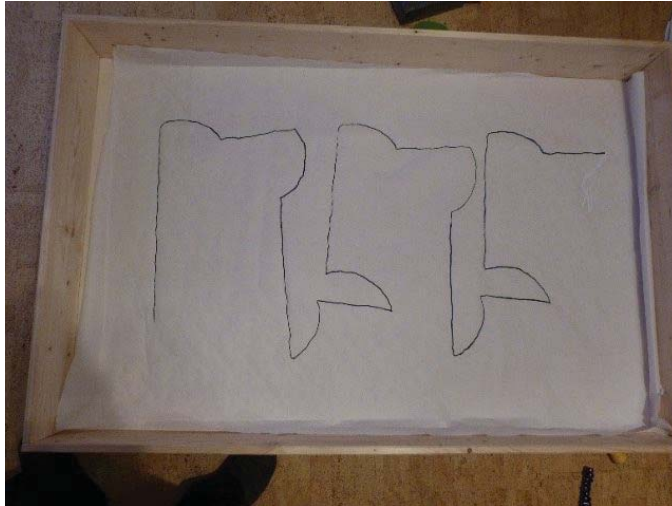
Für die Aufzeichnung der Fahrwege haben wir auf den Boden unseres Modellzimmers den Abschnitt einer Papiertischdecke geklebt. An den Robo-Räumer haben wir einen Stifthalter angebaut, der farbige Faserstifte halten kann. Da die Faserstifte während der Fahrt keine starken Linien zeichnen, haben wir die Fahrlinie immer nachgezeichnet, so dass sie auf den Fotos gut erkennbar ist. Alle drei Fahrwegmuster haben einen breiten Rand zu den Zimmerwänden, da wir später für den Schieber beim Drehen Platz brauchen. Auch die Fahrweglängen sind entsprechend ausgetüftelt.

E 1.1 Programm für die „Rechteck-Zickzack-Fahrt“

Die Programmschritte:



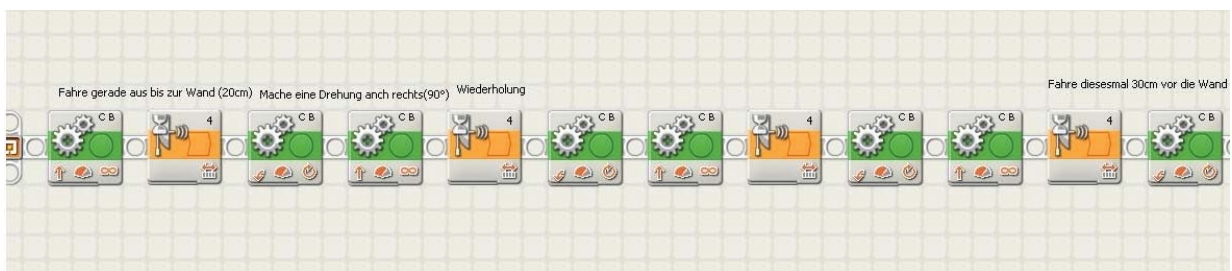
Auf dem Foto des Fahrweges sieht man, dass der Robo-Räumer nach dem Start in der linken unteren Ecke bis zum Rand des Zimmers fährt, sich auf ein Sensorsignal hin um 90° dreht und dann ein Stück vor fährt. Anschließend dreht er sich wieder um 90°, fährt geradeaus bis er sich beim Sensorsignal am gegenüberliegenden Rand um 90° nach links dreht. Er fährt wieder ein Stück vor und wiederholt die bisherigen Programmschritte nach einer weiteren Linksdrehung.

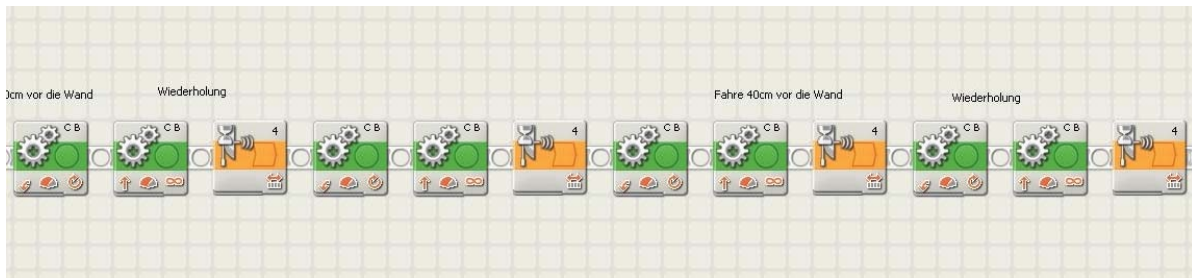


Es ergibt sich nicht das gewollte Muster aneinandergereihter gleichbreiter Rechtecke, weil der Stift nicht im Drehzentrum angebracht ist (vorne und zu weit links). Das Muster füllt die Fläche aber auch so aus. Bei weiteren Fahrten erhielten wir das gleiche Muster.

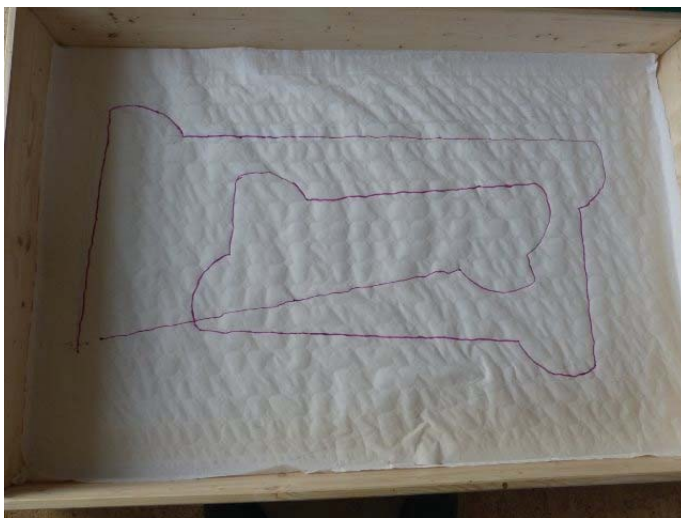
E 1.2 Programm für die „Fahrt in kleiner werdenden Rechtecken“

Die Programmschritte:





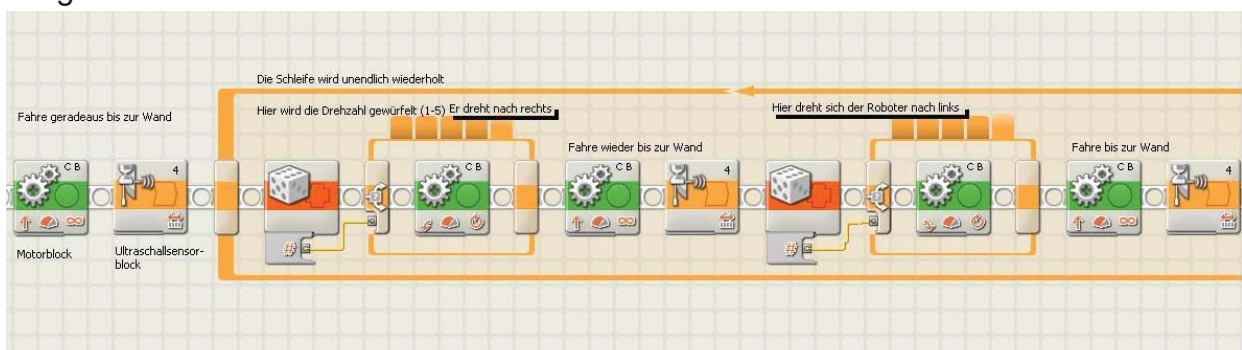
Der Robo-Räumer fährt senkrecht auf die Wand zu. Beim Sensorsignal dreht er sich um 90° und fährt auf die zweite Wand zu. Dort dreht er sich wieder um 90° und dieser Schritt wird noch einmal an der dritten Wand wiederholt. An der vierten Wand kommt das Sensorsignal früher und entsprechend an jeder weiteren Wand auch. Auf diese Weise werden die Rechtecke kleiner.



Aufgrund der Papierunterlage und des Stifts erhält man trotz gleicher Programmierung nicht immer eine Weiterfahrt im rechten Winkel. Bei dieser Fahrt läuft die letzte Bahn gar nicht mehr parallel zum Rand! Ohne Papier und Stifthalter hat der Robo-Räumer den rechten Winkel fast immer eingehalten.

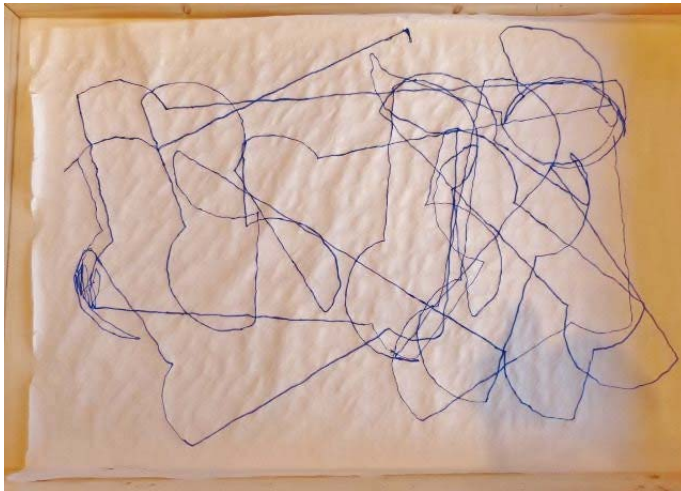
E 1.3 Programm für die „Zufallsfahrt“

Programmschritte:

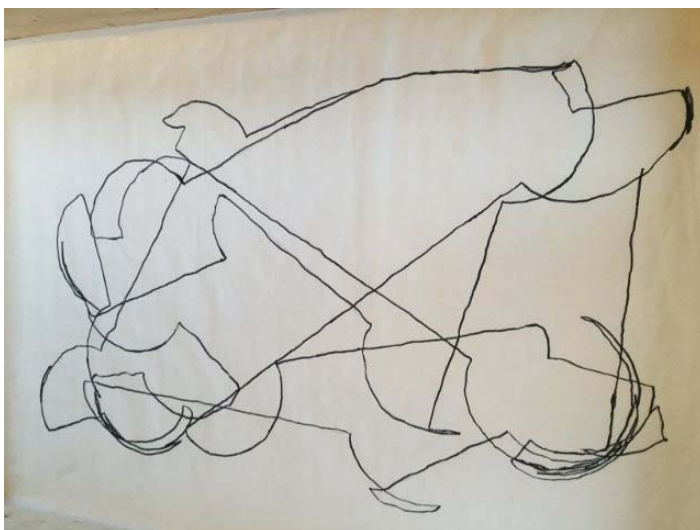


Der Robo-Räumer fährt immer geradeaus bis zur Wand, wie bei jedem unserer anderen Programme auch. Dann wählt er zufällig eine von fünf Drehrichtungen aus, wobei die Motorumdrehungszahlen sich jeweils um 0,5 unterscheiden und fährt bis zum nächsten Sensorsignal weiter.

Bis alle Bereiche unseres Zimmers abgefahren sind, muss man den Robo-Räumer sehr lange fahren lassen. Manchmal haben wir auf der Fahrt zufällig auch viele Richtungsänderungen nacheinander, die den Robo-Räumer eine Zeit lang nicht weiterbringen. Dies sieht man an Stellen mit vielen Linien, die sehr dicht liegen.



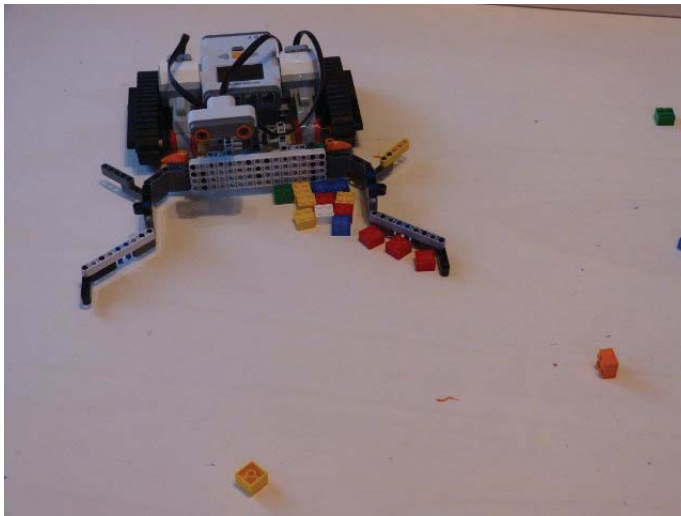
Der Fahrweg ist bei jeder Fahrt unterschiedlich, weil die Richtungsänderungen immer zufällig erfolgen. Beispiel einer zweiten Fahrt mit kürzerer Fahrdauer:



Bei Programm 2 haben wir keine einfache Lösung für die Umfahrung der Hindernisse gefunden. Der Robo-Räumer schaffte es nicht, seinen ursprünglichen Weg nach dem Hindernis fortzusetzen.

Bei Programm 3 werden Hindernisse ohne Veränderungen des Programms erkannt. Der Robo-Räumer dreht sich beim Sensorsignal mit einem zufällig gewählten Drehwinkel weg. Da das Hindernis einen großen Teil der Fläche versperrt braucht der Robo-Räumer noch länger, als er ohnehin schon braucht.

E 3 Anbau des Räumwerkzeugs



Den Schieber haben wir so gebaut, dass der „Müll“ auch bei Drehungen nicht rausfliegt. Als „Müll“ nehmen wir kleine Legosteine („Vierer“). Außerdem haben wir „Abweiser“ vor die Raupen gebaut. Auf diese Weise fährt der Robo-Räumer nicht über Steine und verliert so auch keinen „Müll“ aus dem dadurch angehobenen Schieber.

Mit den ersten beiden Programmen gibt es beim Einsammeln der Steine Probleme. Beim Drehen schiebt das Räumwerkzeug einzelne Legosteine auf die Seite, die später nicht mehr durch den Schieber erreicht werden.

Wenn man unseren Robo-Räumer mit dem dritten Programm lange genug fahren lässt, erreicht er später auch liegen gebliebene Legosteine.

Diskussion

Wir stellen die Ergebnisse der drei Programme einander gegenüber:

Bei der „Rechteck-Zickzack-Fahrt“ ist unser Robo-Räumer schnell und sammelt in kurzer Zeit viele Legosteine ein. Allerdings fängt er Steine, die er beim Drehen auf die Seite schiebt, später nicht wieder ein. Dazu braucht man eine „Sonderfahrt“.

Auch Hindernisse erkennt er, aber er kann sie nicht zuverlässig umfahren und dabei alle ausliegende Steine mitnehmen.

Bei der Fahrt mit „kleiner werdenden Rechtecken“ ist der Robo-Räumer beim Einsammeln der Steine auch schnell. Wir haben es nicht geschafft, das Programm so umzuschreiben, dass er Hindernisse umfahren kann und seinen Weg wie vorher fortsetzt.

Um bei der Zufallsfahrt alle Steine einzusammeln muss man den Robo-Räumer sehr lange fahren lassen. Er kommt um Hindernisse irgendwann immer rum, aber man muss ihm viel Zeit geben.

Wir dachten, dass es einfach wäre, mit unserem NXT-Robo-Räumer in unserem Modellzimmer ausgestreute Legosteine zusammenschieben und dabei Hindernisse zu umfahren. Wir haben aber auch Schwierigkeiten erkannt:

Bei gleicher Programmierung dreht der Robo-Räumer nicht immer zuverlässig um genau 90 ° und bei den Drehbewegungen werden einzelne Steine mit dem Schieber auf die Seite geschoben, die anschließend bei den Programmen 1 und 2 nicht mehr mitgenommen werden.

Zum Weitermachen haben wir folgende Ideen:

- Einen zweiten Sensor anzubauen, damit Hindernisse besser erkannt werden
- Den Schieber mit einer beweglichen Achse anbauen
- Mehr Drehwinkelmöglichkeiten für den Zufallsweg einbauen
- Experimente mit unterschiedlichen Drehwinkeln für den Zufallsweg anstellen
- Eine Programmerweiterung, mit der unser kleiner Aufräumhelfer Müll oder Spielzeuge immer an die gleiche Stelle bringt, wenn die Schaufel voll ist.

Zusammenfassung

Wir wollten einen Aufräumroboter bauen und programmieren. Dies ist uns gelungen, allerdings schafften wir es nicht, zuverlässig Hindernisse zu umfahren. Für unseren Lego-Mindstorms-Roboter entwickelten wir drei Programme („Rechteck-Zickzack“, „kleiner werdende Rechtecke“, „Zufallsprinzip“), mit denen unser Robo-Räumer in unserem Modellzimmer fahren kann und dabei Legosteine zusammenschiebt. Das Zufallsprinzip zum Zusammenschieben von Legosteinen schauten wir uns von den Rasenmärobotern ab. Mit diesem Programm fuhr auch unser Robo-Räumer am zuverlässigsten, aber auch am längsten.

Unseren Robo-Räumer können wir mit dem Programm 3 („Zufallsprinzip“) nicht nur in unserem Modellzimmer fahren lassen, sondern auch in unserem Kinderzimmer. Mit Programm 1 schafft er es auch. Allerdings führen Hindernisse unterschiedlicher Form zu anderen Rechteckbahnen. In Programm 2 lässt sich die Sensorreichweite nicht weit genug programmieren. Unser Robo-Räumer schafft es, kleine und leichte Dinge zusammenzuschieben, wie z. B. leichte Legobauteile oder kleine Playmobilteile. Da wir in unseren Zimmern viele große Dinge haben, lohnt es sich nicht, ihn unser Zimmer aufräumen zu lassen.

Kommentare unserer Eltern:

Mama von Tim: „Ich würde gleich einen Staubsaugroboter fahren lassen.“

Papa von Tim: „Ich hätte gerne einen Kehrroboter für die Blätter im Hof.“

Papa von Max: „Schlimmer als es bei dir in deinem Zimmer jetzt ist, kann es ja nicht werden!“

Mama von Max: „Wir bräuchten noch einen Roboter für die Krümel auf dem Tisch...“

Wir bedanken uns ganz herzlich bei unseren Eltern und Tims Opa, dass sie uns so gut unterstützt haben!

Quellen und Literaturverzeichnis, Hilfen

Betreuerin: Katharina Steiner (Lehrerin am OHG Nagold)

Unterstützung durch Gerd Igney (Opa von Tim)

Die Bilder der Programme und Ergebnisse sind eigene Aufnahmen.

Hilfen zur Programmierung des Mindstorms-NXT-Roboters:

Mindstorms-Originalanleitung für EV3

<http://www.debacher.de/wiki/NXT-G>

https://www.unimuenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/technik_didaktik/entwicklung_lehrerhandreichung_robotertechnik.pdf

Filme zur Funktionsweise von Rasenmäh- und Saugrobotern:

[Kaufberatung Staubsaugerroboter - Praxis-Test deutsch | CHIP - YouTube](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=pgOnUctRCyk>

[Rasenmäroboter Test - YouTube](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=ydlsvTjadZ8>

[Saugroboter im Test: Wie gut sind die elektronischen Putzhilfen? - YouTube](#)

https://www.youtube.com/watch?v=dxbENWH_Fso