

„Kassettenrekorder“ Lego-Mindstorms-Praktikum

Max Tzschoppe, ETIT
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Das Projekt „Kassettenrekorder“ entstand im Rahmen des Lego-Mindstorms-Praktikums und hat das Ziel einen original Kassettenrekorder zu rekonstruieren. Die Funktionen des Kassettenwechsels und des Zurückspulens sind so integriert, dass sie dem Benutzer ein einfaches Bedienen ermöglichen. Bei der Umsetzung der Konstruktion eines Tapes wurde ein doppelter Farbcode entwickelt. Dieser ermöglicht eine Codierung von komplexen Melodien über zwei Oktaven und enthält zusätzliche Sonder-Codierungen für die Steuerung am Start und am Ende des Tapes. Mit Hilfe von zwei Farbsensoren wird der Code von oben und von unten eingescannt. Die entsprechend dazu entwickelte Software decodiert den eingescannt Farbcode und gibt über den NXT den entsprechenden Ton aus.

Schlagwörter—Kassette, Kassettenrekorder, Lego-Mindstorms-Praktikum, MATLAB, Musik, Tapes

I. EINLEITUNG

IM Rahmen des Lego-Mindstorms-Praktikums galt es ein selbstgewähltes Projekt zu realisieren, um dem Thema „Elektro- und Informationstechnik“ näher zu kommen. Zur Verfügung stand der Lego-Mindstorms-Roboter, der aus einem Hauptcomputer, genannt „NXT“, besteht. Dieser wurde von der RWTH Aachen entwickelt und mit MATLAB programmiert. An den NXT lassen sich viele verschiedene Sensoren anschließen. Die Daten der Sensoren werden von dem NXT erfasst und können mit dem Programm „MATLAB“ ausgelesen werden. Das Ziel unseres Projektes war den Kassettenrekorder wieder aufleben zu lassen. Zusammen mit Inga Brockhage entwickelten wir einen Kassettenrekorder, der dem Original weitestgehend nachempfunden ist und dessen Standardfunktionen alle vorhanden sind.

II. VORBETRACHTUNGEN

Zu Beginn des Lego-Mindstorms-Praktikums ließen wir uns von mehreren schon existierenden Projekten inspirieren. Bei der Präsentation der Projekte des letzten Jahres wurde ein Plattenspieler vorgestellt. Das Interesse wahr sehr groß, woraufhin uns nach einigen Überlegungen die Idee für den Bau eines Kassettenrekorders kam. Daraufhin recherchierten wir im Internet nach ähnlichen Projekten und stießen dabei auf ein Gerät. Dieses Gerät ähnelte einem Kassettenrekorder und wir übernahmen die Idee der Konstruktion und Umsetzung in unser Projekt.

A. Projekt: „Schallplattenspieler“

Das Konstruieren eines Schallplattenspielers haben sich zwei Studenten der OvGU-Magdeburg im Jahre 2017 zur Aufgabe

gemacht. Dabei entwickelten sie einen doppelten Farbcode, mit dem sie die Toncodierung vornahmen. Zur Decodierung setzten sie zwei Farbsensoren von Lego-Mindstorms ein. Durch einen Motor wird die mit dem Farbcode bestückte Schallplatte in Rotation versetzt. Die Farbsensoren scannen dabei den Farbcode und mittels einer Software wird der Farbcode decodiert und die Melodie wird auf dem Lego-Mindstorms-NXT wiedergegeben. Besonders die Idee der Codierung der Noten mit Hilfe des doppelten Farbcodes übernahmen wir für unser Projekt und entwickelten daraus ein Tape.

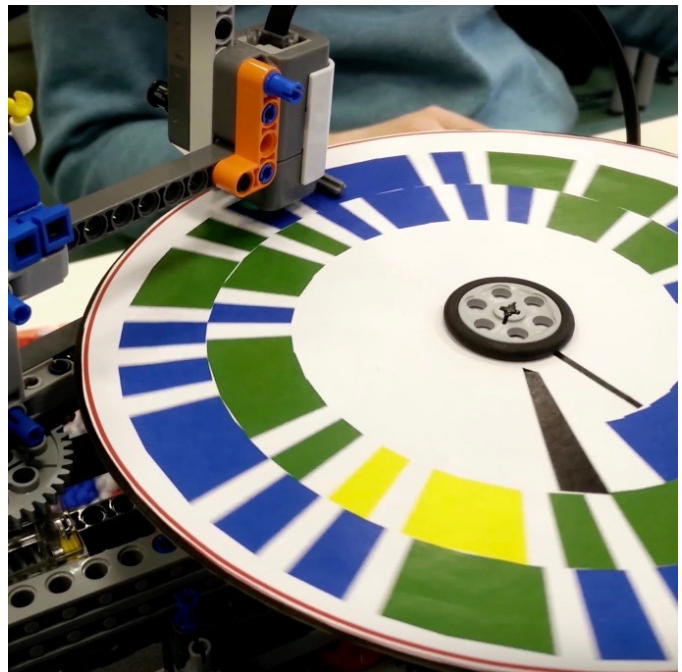


Abb. 1: Schallplattenspieler [1]

B. Original Kassettenrekorder

Der Original Kassettenrekorder sollte für unser Projekt als Vorbild dienen. Unser Ziel war es einen Kassettenrekorder, soweit es mit Lego-Mindstorms möglich ist, nachzubauen. Dabei sollten die Funktionen des Wechsels einer Kassette und die Möglichkeit den Rekorder über Tasten zu bedienen in unserem Projekt umgesetzt werden. Zudem sollte die Kassette wie beim Original aufgebaut sein. Das heißt, die Tapeaufwicklung wird über zwei Rollen vorgenommen. Der Rekorder sollte außerdem in der Lage sein die Kassette vor dem Wechsels zurückzuspulen.

III. HAUPTTEIL

Bei der Umsetzung des Projekts einen Kassettenrekorder zu bauen, achteten wir stets darauf das Konzept weitestgehend einzuhalten. Der Anspruch lag darin, einen Kassettenrekorder, soweit es die Möglichkeiten mit Lego erlauben, nachzubauen und dabei die üblichen Standardfunktionen eines Kassettenrekorders mit in das Projekt einfließen zu lassen. Mehrere Kassetten zu bauen und Tapes zu entwickeln gehörte ebenso zum Konzept wie auch ein Kassettenrekorder zu bauen, in dem die Funktionen des Abspielens sowie des Vor- und Zurückspulens integriert sind. Ein Augenmerk lag dabei auf dem Separieren von Kassettenrekorder und Kassette. So ist es möglich verschiedene Kassetten zu benutzen, wobei der Rekorder universell einsetzbar ist. Durch die entsprechenden Sensoren, die an dem Kassettenrekorder angebracht sind, kann ein beliebiges Tape eingescannt und die Tonabfolge wiedergegeben werden. Das Tape besteht aus einer doppelseitigen Farbcodierung. Somit können verschiedene Töne codiert und die entsprechenden Frequenzen [2] über den NXT wiedergegeben werden.

A. Mechanik und Konstruktion

Zuerst entstand ein kassettenähnlicher Protoyp, der in Abb. 3 abgebildet ist und nahezu der endgültigen Kassettenkonstruktion entspricht. Das Prinzip basiert auf dem Aufbau einer originalen Kassette. Zwei Rollen wickeln das Tape auf. Um die Rollen befindet sich ein Kasten, der für die nötige Stabilität sorgt. Die Rollen sind auf einer Achse gelagert, die ungefähr zwei bis drei Zentimeter über die Konstruktion herausragt. Dies ermöglicht die Kassette in den Rekorder zu stecken und es entsteht somit über die Achse eine stabile Verbindung zwischen der Kassette und dem Rekorder. Zwischen den beiden Rollen ist etwas Abstand. Dieser Raum wird benötigt, damit die Sensoren so platziert werden können, dass sie über und unter dem Tape liegen. Die zwei Farbsensoren sind in der Mitte in Abb. 4 zu erkennen. Um ein waagrechtes und sauberes Führen des Tapes zu gewährleisten, sind an beiden Seiten Führungsrollen angebracht. Nach oben sind die Führungsrollen mit einem Liftarm [3] begrenzt. Diese Konstruktion bietet eine optimale Führung des Tapes und verhindert Ungenauigkeiten beim Durchlaufen des Tapes. Damit die Kassetten unterscheidbar sind, sind an der Vorderseite unterschiedlich farbige Steine angebracht.

Code	C	D	E	Start	Stopp
oberer Farbcodierung	blau	rot	grün	weiß	schwarz
unterer Farbcodierung	weiß	blau	blau	schwarz	weiß

Abb. 2: Farbcodierung

Danach begann der Bau des Kassettenrekorders. Zuerst entwickelten wir ein Gerüst, das zwei Lichtsensoren so positioniert, dass sie beim Einführen einer Kassette genau über und unter dem Tape liegen (vgl. Abb. 4). Links- und rechtsseitig befindet sich eine Konstruktion, die das Einführen der Achsen der Kassette ermöglicht. Hinter den Farbsensoren

ist der NXT gelagert. Durch die mittige Position können die jeweiligen Sensoren optimal angeschlossen werden und es ist möglich direkt auf dem NXT Einstellungen vorzunehmen. Auf der Rückseite montierten wir den Motor, der die Kassette antreibt. Der Motor ist über eine Zahnrad-Konstruktion mit der Achse verbunden, die seitlich am NXT vorbei zur Kassette führt. Zum Schluss wurden zwei Tastsensoren montiert, die in Abb. 4 im oberen Drittel abgebildet sind. Diese sollen dem Nutzer ermöglichen, den Rekorder mittels einer Start- und Zurückspulfunktion zu bedienen.

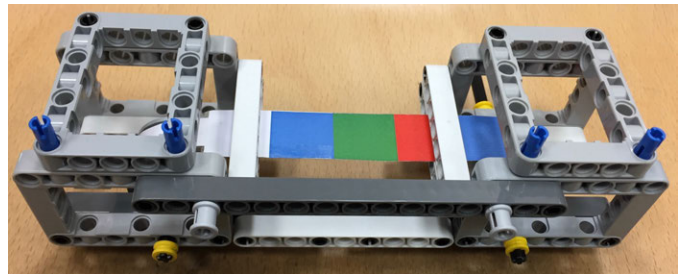


Abb. 3: Kassette

Abschließend fehlte nur noch ein Tape. Dafür entwickelten wir einen Farbcode, der ausschnittsweise in Abb. 2 dargestellt ist. Aufgrund des eingeschränkten Farbspektrums blieben die Farben Rot, Blau, Grün, Weiß und Schwarz zur Auswahl. Die Farben codieren die einzelnen Töne und Schwarz und Weiß erhielten Sondercodierungen für Start, Stopp, Leerlauf und Pause. Nach der Festlegung des Farbcodes für die entsprechenden Noten, die für die Beispiellieder „Die Maus - Titelmelodie von der Sendung mit der Maus“ [4] [5] und „Löwenzahn Thema“ [6] benötigt werden, erstellten wir die Farbcodeabfolge mit Hilfe einer Excel-Tabelle. Am Anfang des Tapes befindet sich die Leerlauf- und Startcodierung und am Ende die Stopp- und Leerlaufcodierung. Zwischen den Tönen sind kurze weiß-weiß Codierungen, damit eine minimale Pause zwischen den Tönen entsteht und die Töne nicht ineinander klingen. Um die verschiedenen Tonlängen umzusetzen, variierten wir die jeweilige Länge der Codierungen. Alles in allem wird die Steuerung von der Software übernommen und die Bedienung für den Benutzer ist sehr einfach. Es muss nur der Starttaster ausgelöst werden und die Kassette kann automatisch abgespielt werden.

B. Software

Das Programm für den Kassettenrekorder besitzt eine einfache Struktur. Zu Beginn wird die Initialisierung vorgenommen und der NXT wird angesteuert. Danach läuft das Programm in eine while-Schleife. In dieser Schleife befinden sich mehrere if-Abfragen, die die eingescannten Farben der Sensoren analysieren. Erst wenn die Startcodierung eingescannt wird, spielt das Programm nach den entsprechenden Codierungen die jeweilige Tonfrequenz [2] der Noten ab. Die Schleife stoppt beim Abbruchkriterium und das Programm ist am Ende. Wenn der Befehl des Zurückspulens vorliegt, wird der Motor solange in Rotation versetzt, bis die Startcodierung erreicht ist. Der dazugehörige Programmablaufplan (PAP) ist in Abb.

6 dargestellt. Damit die Steuerung und Bedienung benutzerfreundlich ist, erstellten wir eine graphische Benutzeroberfläche (GUI). Über diese kann der Benutzer den Kassettenrekorder starten oder stoppen und gegebenenfalls vor oder zurückspulen. Die Bedienung erfolgt über die jeweiligen Buttons in der GUI. Alternativ können die Funktionen des Startens und des Zurückspulens über die Tastsensoren aktiviert werden. Das Programm erkennt automatisch, von welchem Bedienfeld die Eingabe vorgenommen wird und führt dann die entsprechenden Befehle durch.

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Das Endergebnis ist ein voll funktionsfähiger Kassettenrekorder, der eine beliebige Kassette mit dem entsprechenden Tape abspielen kann. Durch die Taster am Gerät und durch die GUI lässt sich der Rekorder bedienen. Als Muster stehen zwei verschiedene Kassetten zur Verfügung. Einmal die Titelmelodie von der Sendung mit der Maus und die Melodie von Löwenzahn. Es ist durchaus möglich, beliebig viele andere Lieder oder Melodien abzuspielen, vorausgesetzt die Töne liegen in dem Bereich des festgelegten Farbcodes.

Während des Projektes tauchten immer wieder neue Probleme auf. Am schwierigsten stellte sich die Tapeproduktion heraus. Zu Beginn mussten grundlegende Fragen zur Papierbeschaffenheit, der Verbindungen von einzelnen Farbcodeabschnitten und der Befestigung geklärt werden. Normales Druckerpapier erwies sich von der Dicke des Papiers am besten, um daraus ein Tape zu konstruieren und es aufwickeln zu können. Die Farben druckten wir mit einem Laserdrucker auf das Papier. Da die Tapelänge nicht auf ein Papierformat passt, erstellten wir für das „Maus-Tape“ vier und für das „Löwenzahn-Tape“ sieben Abschnitte. Schlussendlich fügten wir die Teilabschnitte mit Hilfe eines Klebestiftes zusammen,

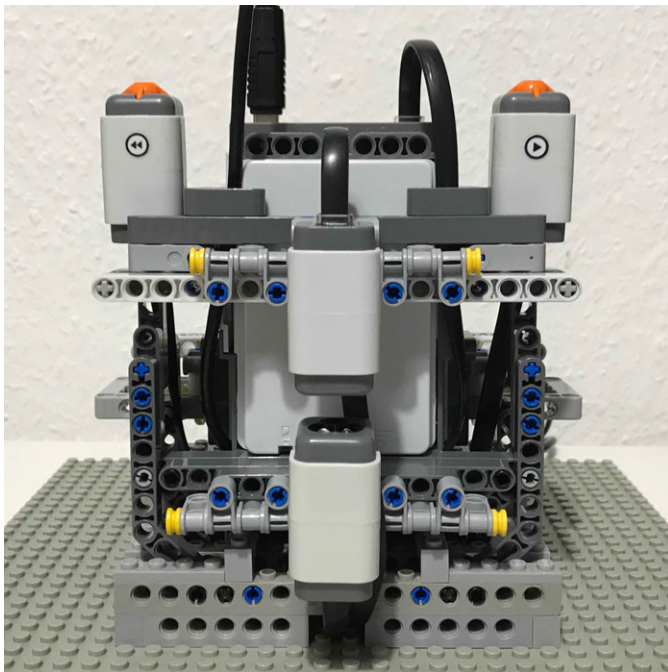


Abb. 4: Sensoren

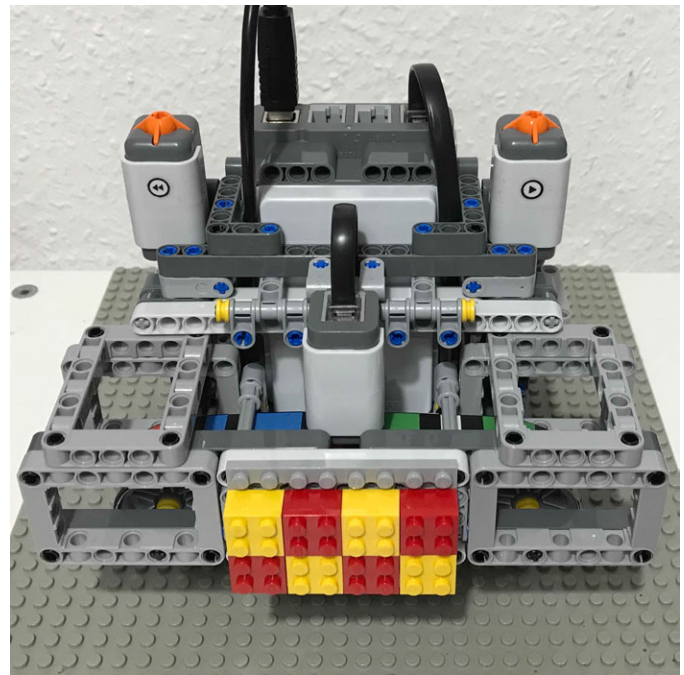


Abb. 5: Frontansicht

da es mit durchsichtigem Klebestreifen zu einer Kantenbildung kam, die zu Fehlern beim Einlesen des Codes führten. Ein weiteres Problem bestand darin, dass die kurzen weiß-weiß Abschnitte zwischen den Tönen teilweise nicht von den Farbsensoren erkannt wurden. Damit erreichten wir nicht den gewünschten Effekt einer minimalen Pause zwischen den Tönen. Um dieses Problem zu umgehen, stellten wir das „Maus-Tape“ mit einer schwarz-schwarz Codierung und das „Löwenzahn-Tape“ mit einer weiß-weiß Codierung für die Pausen her. Zusätzlich änderten wir die Breite der Pausencodierungen. Letztendlich stellte sich heraus, dass sich bei einer weiß-weiß Codierung für Pausen geringere Störgeräusche ergeben. Bei der schwarz-schwarz Codierung ergab sich, dass durch die Doppelcodierung mehrfach Codierungen von den Farbsensoren für Töne eingescannt werden, die in der Realität nicht existierten. So wurde von den Sensoren des Öfteren anstatt Schwarz Blau oder Grün eingescannt. Dadurch entstanden etliche Störgeräusche. Diese konnten wir bis zum Schluss nicht vollständig unterbinden, was schlussendlich an den etwas ungenauen Sensoren gelegen hat. Um diese Störgeräusche zu vermeiden, erstellten wir zwei unterschiedliche Programme, in denen nur die Codierungen vorhanden sind, die für die jeweilige Melodie notwendig sind. Zusätzlich gab es mit den wechselnden Umgebungshelligkeiten immer wieder neue Fehler, die zu weiteren Ungenauigkeiten beim Scannen und zu Störgeräuschen führten. Gleichwohl sind die Melodien klar erkennbar und wir haben somit unser Ziel erreicht, die beiden Melodien abspielen zu können.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Während des Lego-Mindstorms-Praktikums entstand ein kompakter Kassettenrekorder, der mehrere Kassetten abspielen kann. Die Bedienung kann sowohl über die entsprechenden

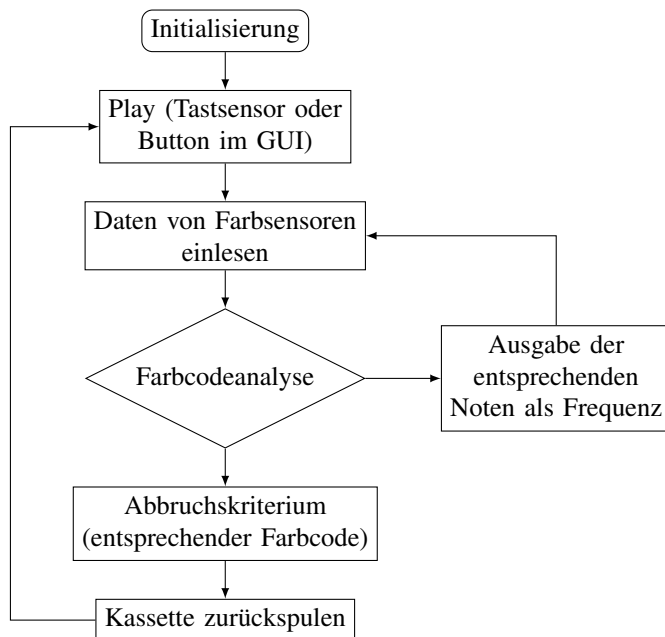


Abb. 6: PAP des Kassettenrekorders

- [4] FRITZ, Emonts: *Posegga Hans: Die Maus - Titelmusik der Sendung mit der Maus*. Internet. [https://www.musikalienhandel.de/noten/klavier-\(4ms\)-\(klav-\(4ms\)\)/die-maus-titelmusik-der-sendung-mit-der-maus--ED+8491.htm](https://www.musikalienhandel.de/noten/klavier-(4ms)-(klav-(4ms))/die-maus-titelmusik-der-sendung-mit-der-maus--ED+8491.htm). Version: Februar 2018, Abruf: 23.02.2018
- [5] REEG, Thommy: *Posegga Hans: Die Maus - Titelmusik der Sendung mit der Maus*. Internet. <https://www.stretta-music.com/hans-die-maus-titelmelodie-aus-der-sendung-mit-der-maus-nr-552464.html>. Version: Februar 2018, Abruf: 20.02.2018
- [6] HIRTE, Patrick: *Matthias Raue: Löwenzahn Thema*. Internet. <https://musescore.com/user/1651211/scores/4113256>. Version: Februar 2018, Abruf: 22.02.2018

Tasten am Rekorder als auch über die Software vorgenommen werden. Das Tape besteht aus einer doppelten Farbcodierung, die über zwei Farbsensoren eingelesen wird. Das dafür geschriebene Programm decodiert den Farbcode und spielt den entsprechenden Ton über den NXT ab.

Es bestehen einige Verbesserungsmöglichkeiten. Um zum Beispiel ein besseres Klangerlebnis erreichen zu können, müssen die vorhandenen Störgeräusche minimiert werden. Das könnte mit der entsprechenden Umstrukturierung des Programmes erreicht werden. Eine mögliche Erweiterung ist eine Ausgabe in der GUI, die die eingescannten Noten ausgibt und es so dem Benutzer einfacher macht die Melodie zu verfolgen oder mitzusingen. Außerdem ist es nur möglich einstimmige Melodien mit dem Kassettenrekorder abzuspielen. Mit der entsprechenden Umstrukturierung des Tapes und des Kassettenrekorders könnte eine neue Konstruktion und ein neues Tape entwickelt werden, woraufhin mehrstimmige Musikstücke mit dem Kassettenrekorder abgespielt werden könnten.

Das Ziel, einen funktionstüchtigen Kassettenrekorder zu konstruieren, ist erreicht und es ist somit gelungen den Kassettenrekorder wieder aufleben zu lassen. Auch wenn in der Praxis durch die Störgeräusche einige Einschränkungen existieren, ist es möglich mit dem Kassettenrekorder Musik zu hören.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] NIHILIANTH: *Lego NXT Music Player (MATLAB turntable)*. Internet. <https://www.youtube.com/watch?v=6J-YEV11Kms>. Version: März 2018, Abruf: 02.03.2018
- [2] SANDLER, Anna: *How to Make Lego NXT to Play a Sound*. Internet. <http://www.robotappstore.com/Knowledge-Base/How-to-Make-Lego-NXT-to-Play-a-Sound/35.html>. Version: Februar 2018, Abruf: 20.02.2018
- [3] BUCKDAHN, Tobias: *Lego-Vokabular*. Internet. <https://www.brickup.de/vokabular>. Version: März 2018, Abruf: 01.03.2018