

„Lego-Kassettenrekorder“ Lego-Mindstorms-Praktikum

Inga Brockhage, ETIT
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Mithilfe des Lego Mindstorms NXT, mehrerer Sensoren und der Programmierumgebung MatLab konnte im Zuge des Lego-Mindstorms-Praktikums mit unserem Kassettenrekorder die ursprüngliche Funktionsweise eines Kassettenrekorders wieder aufleben. Die Handhabung ist dabei ebenfalls dem Original nachempfunden, sodass auch unser Kassettenrekorder intuitiv bedient werden kann. Die Informationscodierung basiert dabei allerdings auf einem doppelten Farbcode, durch den jede Note einzeln codiert ist. Durch diese Codierung werden zwei Oktaven abgedeckt, sodass verschiedenste Melodien wiedergegeben werden können. Zwei Farbsensoren ober- und unterhalb der Stelle, durch die das Tape läuft, lesen den entsprechenden Code ein. Durch unser Programm werden daraufhin die entsprechenden Töne über den NXT wiedergegeben. Letztendlich entstand ein voll funktionsfähiger Kassettenrekorder mit zwei passenden Tapes, die problemlos gewechselt werden können.

Schlagwörter—Kassette, Kassettenrekorder, Lego Mindstorms Praktikum, MatLab, Musik, Tapes

I. EINLEITUNG

DAS Ziel dieses Praktikums war es, eine selbstgewählte Projektidee mittels der Produktserie Lego-Mindstorms umzusetzen. Dazu gehört der Steuerungscomputer NXT, der durch den Einsatz von MatLab programmiert werden kann, bis zu drei Motoren und verschiedensten Sensoren, sodass damit ein großes Spektrum an Projektmöglichkeiten abgedeckt wurde. Zusammen mit meinem Kommilitonen Max Tzschoppe entstand die Idee, die Funktionsweise eines Kassettenrekorders vollständig nachzubilden. Dabei galt es eine neue Informationscodierung zu wählen, da originale Tapes mit den zu Verfügung gestellten Sensoren nicht ausgelesen werden können. So entstand ein doppelter Farbcode, der aus der Kombinationen von fünf Farben besteht und jeweils bestimmten Noten beziehungsweise den Systemanweisungen Start, Pause, Stopp und Leerlauf zugeordnet ist. Diese Codierung kann über Farbsensoren erkannt werden und somit über ein Programm den entsprechenden Funktionen zugeordnet werden. Damit können die jeweiligen Frequenzen über den NXT wiedergegeben werden.

II. VORBETRACHTUNGEN

Erste Inspiration gab es durch ein Projekt aus dem Vorjahr, bei dem ein Schallplattenspieler realisiert wurde, da auch bei diesem Projekt die Wiedergabe von Tönen und dessen Codierung mit dem NXT behandelt wurde. Als Vorlage für unseren Kassettenrekorder diente in erster Linie natürlich auch ein echter Kassettenrekorder mit seiner Funktionsweise in Kombination mit den Kassetten.

A. Lego NXT Music Player (MATLAB turntable)

Bei dem Projekt einer Gruppe aus dem Vorjahr wurde ein Schallplattenspieler mithilfe des Lego-Mindstorms nachgebaut, der in Abbildung 1 zu sehen ist. Dafür verwendete die Gruppe einen doppelten Farbcode, der sich auf der Ober- und Unterseite der Schallplatte befindet, als Toncodierung. Durch einen Motor wird die selbstgemachte Schallplatte in Rotation versetzt. An einem Arm befinden sich zwei Farbsensoren, die so angebracht sind, dass die Ober- und Unterseite der selbstgemachten Schallplatte gescannt wird. Ein zweiter Motor bewegt den Arm langsam in Richtung Mitte der Schallplatte, sodass die gesamte Melodie abgespielt wird. Da ein Schallplattenspieler schon umgesetzt wurde, entwickelte sich die Idee des Lego-Kassettenrekorders, bei dem wir ebenfalls eine doppelte Farbcodierung der Töne verwenden.

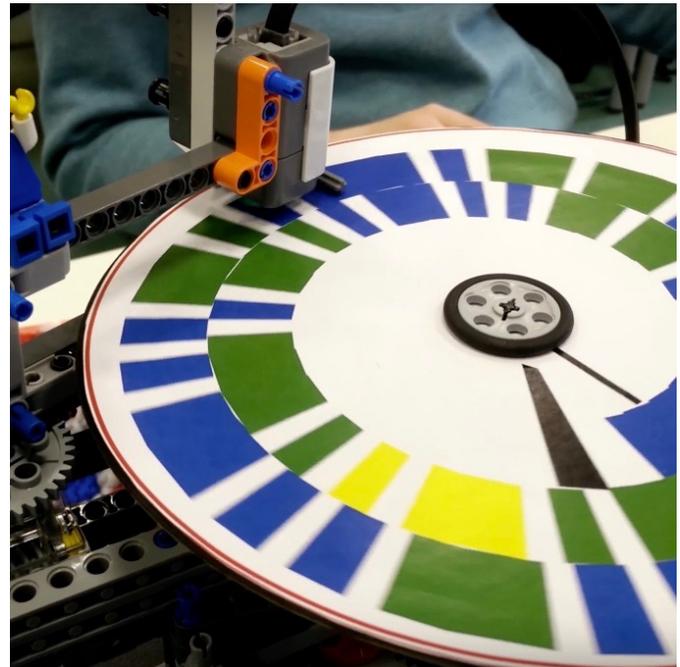


Abbildung 1: Lego-Schallplattenspieler [1]

B. Kassettenrekorder

Als Vorlage für den Bau unseres Kassettenrekorders diente in erster Linie selbstverständlich ein originaler Kassettenrekorder und dessen Kassetten. Unser Lego-Kassettenrekorder sollte seinem Vorbild in Design und Funktionsweise weitestgehend entsprechend der Möglichkeiten nachkommen. Somit ist einer

der wichtigsten Punkte das Wechseln der Kassetten, aber auch die für einen Kassettenrekorder typische Funktion des Zurückspulens sollte möglich gemacht werden. Allgemein war es auch ein Ziel, möglichst kompakte Konstruktionen zu entwickeln.

III. HAUPTTEIL

A. Grundlagen

Um den Kassettenrekorder mit Hilfe von Lego wieder aufleben zu lassen, lag der Fokus vor allem auf dem Prinzip der Kassetten und der damit verbunden Möglichkeit diese zu wechseln, um unterschiedliche Lieder wiedergeben zu können. Auch sollten natürlich die mit einem Kassettenrekorder in Verbindung gebrachten Standardfunktionen eingebracht werden. Besonders wichtig ist dabei, neben den selbstverständlichen Funktionen Play und Stopp, natürlich die Zurückspulen-Funktion, damit die Tapes nicht per Hand zurückgedreht werden müssen. Desweiteren gibt es noch die Funktion des Vorspulens.

Um die Wiedergabe von Tönen grundsätzlich zu realisieren, entschlossen wir uns einen doppelten Farbcode zu benutzen, der entsprechend auf der Ober- und Unterseite des Tapes gedruckt wird. Damit der Code wieder in ein Tonsignal umgewandelt wird, werden zwei Farbsensoren benutzt, zwischen denen das Tape hindurch läuft. Bei den Farben haben wir uns auf Blau, Rot, Grün, Schwarz und Weiß beschränkt, da diese am besten von den Farbsensoren erkannt werden. Letztendlich konnten durch die Kombination dieser fünf Farben 21 Noten und damit zwei Oktaven codiert werden. Dazu kommen noch die Codierungen von Start, Pause, Stopp und Leerlauf. Ein beispielhafter Teil unseres Codes ist in Abbildung 2 zu sehen. Grundsätzlich ist jedes Tape gleich aufgebaut. Das erste Stück des Tapes hat die Codierung für Leerlauf. Dann kommt die Startcodierung, die Farbcodierungen für die Noten und die Stoppcodierung. Auch hinter der Stoppcodierung folgt erneut ein Abschnitt die Codierung für Leerlauf.

Code	C	D	E	Start	Stopp
oberer Farbcode	Blau	Rot	Grün	Weiß	Schwarz
unterer Farbcode	Weiß	Blau	Blau	Schwarz	Weiß

Abbildung 2: Beispielhafter Ausschnitt des Farbcodes

B. Tapeproduktion

Die Produktion der Tapes beruhte auf der Trial-and-Error-Methode. Da bei dem Druck der Tapes auf A4 dieses in mehrere Abschnitte geteilt werden muss, stellte sich die Frage der besten Verbindung der einzelnen Tape-Abschnitte. Die Verbindung soll sich nicht wieder lösen und gleichzeitig nur geringfügig dicker sein als der Rest des Tapes, sodass die Kanten nicht während des Abspielens hängen bleiben. Letztlich funktionierte es am besten, zwischen zwei Abschnitten als Verbindung ein Stück Papier zu kleben und die Kante mit Tesafilm festzukleben. Auch stellte sich heraus, dass es besser

ist Ober- und Unterseite der Tapes nebeneinander zu drucken und dann diese zusammenzufalten, statt zwei einzelne Streifen zusammenzukleben.

C. Hardware

Im Bereich der Hardware gab es zwei Konstruktionen zu meistern, die entsprechend auf einander abgestimmt sind. Zum einen musste aus Legosteinen eine Art Kassette gebaut werden, die in Abbildung 3 zu sehen ist. In dieser sollte das Tape von einer Rolle auf eine weitere Rolle aufgerollt werden. Während dieses Vorgangs erfolgt das Ablesen der Informationen. Durch die beschränkten Möglichkeiten des Legos ähnelte unsere Kassette von der Größe her letztendlich eher einer alten Videokassette als einer Musikkassette, doch das Prinzip wurde verwirklicht. Zwischen den zwei Rollen befinden sich mehrere Liftarme [2], um das Tape in Position zu halten. Später wurde ein Teil der Liftarme durch Führungsrollen ersetzt, wodurch das Tape gleichmäßiger bewegt wird und die Verbindungen der Tape-Abschnitte nicht mehr hängen bleiben können.

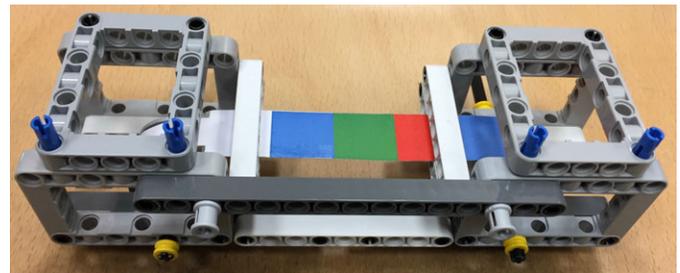


Abbildung 3: Kassette mit Tape

Passend zu der Kassette entstand der Kassettenrekorder (siehe Abbildung 4 beziehungsweise Abbildung 5). Dieser sollte möglichst kompakt sein und besteht im Grunde lediglich aus den zwei Farbsensoren mittig auf der Vorderseite und einem Motor auf der Rückseite hinter dem NXT, der sich in der Mitte des Kassettenrekorders befindet. Durch den Motor werden beide Rollen der Kassette angetrieben. Die Verbindung des Motors mit den Rollen stellte sich dabei als recht kompliziert heraus. Da die Kassetten ohne weiteren Aufwand gewechselt werden sollen, darf die Verbindung nicht fest verbaut sein. So entstand letztendlich eine einfache Steckverbindung von zwei Achsen pro Rolle. Eine jeweils fest an der Kassette verbaut, während die andere über zwei rechtwinklig zueinander stehenden Zahnrädern fest mit dem Motor verbaut ist und über einen Stecker mit der sich an der Kassette befestigten Achse verbunden werden kann. Zusätzlich befinden sich auf dem Kassettenrekorder noch zwei Tastsensoren, die die Funktion der Play- und Zurückspulen-Taste übernehmen, sodass unsere Konstruktion noch mehr einem wirklichen Kassettenrekorder gleicht. Damit die Kassetten nicht mit einander verwechselt werden können, befinden sich an der Vorderseite der Kassetten verschieden farbige Legosteine, wie sie an der Kassette in Abbildung 5 zu sehen sind.

D. Software

Das passende Programm in der Programmierumgebung MatLab besteht, wie im Programmablaufplan in Abbildung 6 zu

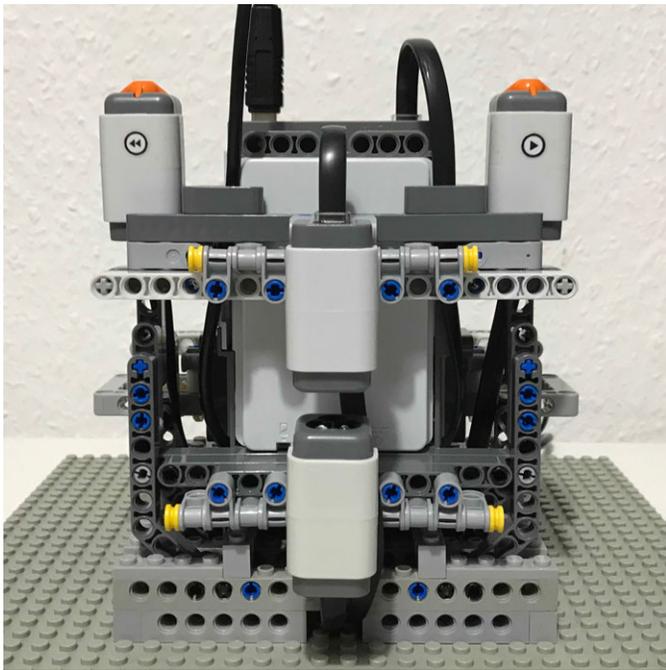


Abbildung 4: Frontansicht des Kassettenrekorders ohne Kassette

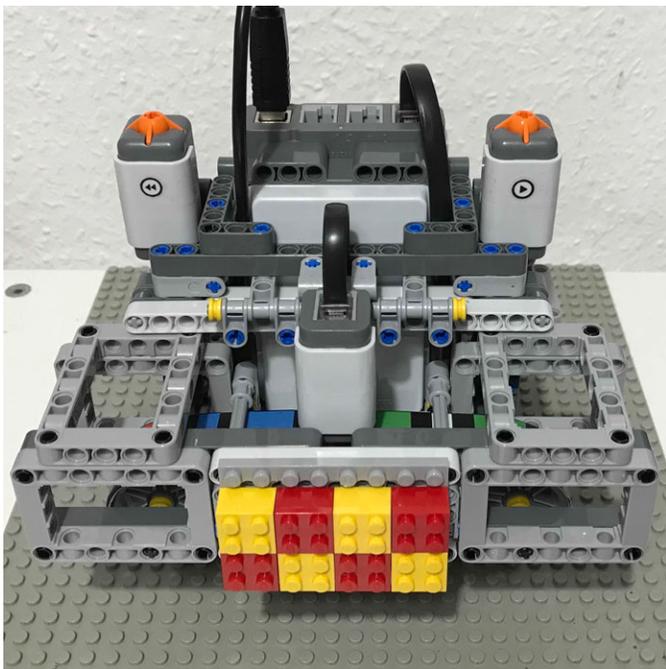


Abbildung 5: Frontansicht des Kassettenrekorders mit Kassette

sehen, hauptsächlich aus einem String Vergleich der Ausgaben der Sensoren. Dazu befinden sich in einer while Schleife mehrere if Abfragen, in denen die jeweiligen Farbkombinationen abgefragt werden und der entsprechenden Note beziehungsweise Frequenz [3] zugeordnet wird, die dann ausgegeben wird. Die Ausgabe von Tönen wird erst gestartet, sobald die Startcodierung gescannt wird. Als Abbruchkriterium fungiert die Stoppcodierung. Beim Zurückspulen erfolgt keine Tonausgabe, obwohl die Sensoren aktiv sind. Wird bei dem Scannvorgang

die Startcodierung gescannt, stoppt das Zurückspulen und das Tape ist bereit erneut abgespielt zu werden. Um die Tonlänge zu variieren, wird diese durch die Farbcodelänge codiert. Unsere erste Idee war es, durch eine Zeitmessung zu bestimmen, wie lang eine Farbcode ist und dementsprechend die Tonlänge festzulegen. Doch um einiges leichter ist die finale Lösung, dass durch ständiges Scannen ein Ton so lange ausgegeben wird, wie die entsprechende Codierung gescannt wird. Da nun die Töne in einander übergehen würden, gibt es zwischen zwei Tönen jeweils einen kurzen Abschnitt mit der Codierung für Pause. Zu dem Kassettenrekorder gehört auch eine grafische Benutzeroberfläche (GUI), die die Tasten Play, Stopp, Zurückspulen und Vorspulen enthält. Die GUI kann parallel zu den zwei Tastsensoren, als Knöpfe für Play und Zurückspulen, benutzt werden und erleichtert damit die Bedienung des Kassettenrekorders. Mit dieser Codierung haben wir die Titelmelodien von der „Sendung mit der Maus“ [4] und von „Löwenzahn“ [5] verwirklichen können. Beide Stücke sind einstimmig und auch leicht zu erkennen.

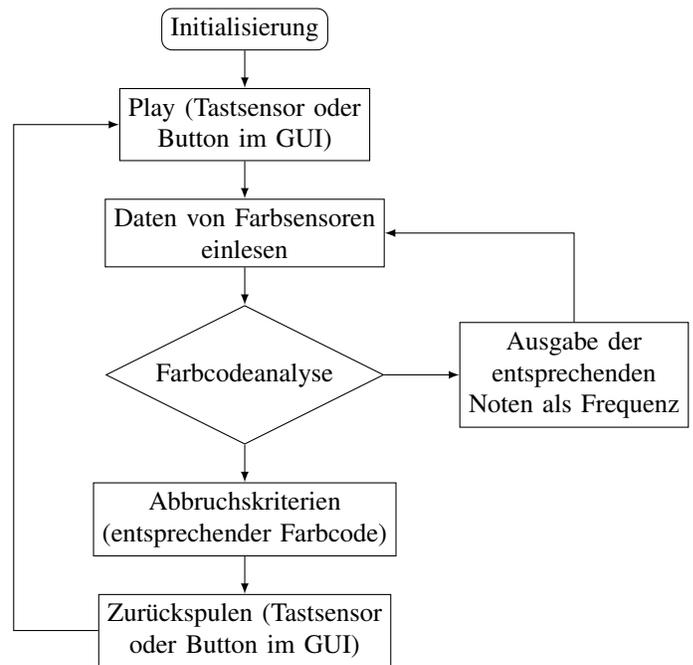


Abbildung 6: PAP des Kassettenrekorders

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Am Ende der einwöchigen Arbeit an dem Projekt steht ein fertiger und vollständig funktionsfähiger Kassettenrekorder und zwei dazu passenden Kassetten mit den Tapes zu den Titelmelodien von der „Sendung mit der Maus“ und „Löwenzahn“. Zwar ist die Informationscodierung eine andere, so ist dennoch die deutliche Parallele zum Konzept der Kassetten nicht zu übersehen. Durch die Farbcodierung sind im Gegensatz zum Original lediglich einstimmige Melodien möglich, in denen sich keine Töne überlagern. Allerdings gibt es keine nennenswerte Längeneinschränkung bei unseren Tapes, wie es eventuell zu erwarten war.

Zusammenfassend gab es zwei wesentliche Probleme, die teilweise behoben beziehungsweise reduziert werden konnten. Als erstes machte die Tapeproduktion an sich Probleme. Zwar hat normales Druckerpapier eine gute Dicke, sodass das Tape ohne weiteres aufgerollt werden kann und beide Sensoren auch nur die Farbe auf der jeweiligen Seite scannen. Auch war somit die Produktion der Tapes grundsätzlich vergleichsweise einfach, da diese abschnittsweise ausgedruckt werden können und somit die Farben immer denselben Farbton haben, deckend und gleichmäßig sind. Ein komplettes Tape besteht damit allerdings aus vier beziehungsweise sieben Stücken, die miteinander verbunden werden müssen, was wiederum zu Problemen führte. Um Ober- und Unterseite miteinander zu verbinden, werden diese nebeneinander gedruckt, gefaltet und dann zusammengeklebt. Damit ist sichergestellt, dass die Codierungen auch wirklich exakt übereinander liegen. Um diese Abschnitte schließlich miteinander zu verbinden wird ein Stück Papier zwischen die jeweiligen Enden geklebt. Damit die Kanten nicht hoch stehen und hängen bleiben können, fixiert ein dünner Tesafilm-Streifen den Übergang. Andere Klebe- und Verbindungsarten führten zu Problemen beim Aufwickeln, da die Verbindung zum Beispiel zu steif war oder es kam zu Problemen bei der gleichmäßigen Bewegung, wenn sich die Verbindung zu sehr von dem restlichen Tape unterscheidet.

Das zweite und auch nur teilweise gelöste Problem entstand durch die Farbsensoren. Die Ergebnisse der Sensoren waren fehlerhaft. Vor allem Schwarz wurde öfter als Blau oder Grün erkannt. So entstanden sehr viele Störgeräusche als Schwarz-Schwarz die Codierung für Pause war, während die Codierung Weiß-Weiß wesentlich weniger Störgeräusche hervorrief, wenngleich Weiß auch mal als Gelb interpretiert wurden. Sicherlich sind diese Fehler durch Veränderung des Abstandes zum Tape und der Umgebungshelligkeit zu reduzieren, dennoch brachten unsere Versuche dazu kaum Besserung. Um möglichst viele Störgeräusche zu verhindern, gibt es nun zwei Programmversionen, jeweils für jedes Tape eine, in der nur die Codierungen einem Ton zugeordnet sind, die auch wirklich gebraucht werden. Damit ist das Problem zumindest teilweise gelöst, da die Anzahl an möglichen Störfrequenzen reduziert ist.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Mit diesem Projekt wurde erfolgreich eine doppelte Farbcodierung zur Informationsübertragung in Form von Tönen erreicht. Dies geschah in der Form eines Kassettenrekorders mit wechselbaren Kassetten. Zu dessen Funktionsweise gehört eine GUI zur Steuerung des Abspielens, wobei die zwei wichtigsten Funktionen auch über zwei Tastsensoren erreicht werden. Somit ist dieser Kassettenrekorder vollständig funktionsfähig und mit seinem Vorbild vergleichbar. Zu ergänzen sind selbstverständlich noch weitere Tapes, die problemlos entsprechend der Codierung hergestellt werden können. Um der GUI noch einen größeren Nutzen zuzuschreiben, wäre eine Ausgabe der aktuellen Note beziehungsweise der bereits ausgehenden Noten möglich. Auch wäre eine Verbesserung

der Ergebnisse der Farbsensoren durch Nutzung anderer Sensoren oder dauerhafte Veränderung der Umgebungshelligkeit definitiv sinnvoll. Um Störgeräusche noch weiter zu verringern ließe sich auch die Scannhäufigkeit noch verändern und perfekt auf die Motorgeschwindigkeit anpassen, damit nur so häufig wie unbedingt nötig gescannt wird. Trotz diesen Verbesserungsmöglichkeiten ist der Lego-Kassettenrekorder auch jetzt schon ein vollständiges System und somit in der Lage als Kassettenrekorder verwendet zu werden und Melodien abzuspielen.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] NIHILIANTH: *Lego NXT Music Player (MATLAB turntable)*. Internet. <https://www.youtube.com/watch?v=6J-YEVI1Kms>. Version: März 2018, Abruf: 02.03.2018
- [2] BUCKDAHN, Tobias: *Lego-Vokabular*. Internet. <https://www.brickup.de/vokabular>. Version: März 2018, Abruf: 01.03.2018
- [3] 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
- [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] HIRTE, Patrick: *Matthias Raue: Löwenzahn Thema*. Internet. <https://musescore.com/user/1651211/scores/4113256>. Version: Februar 2018, Abruf: 22.02.2018