

LEGO Drink Partner

Oleksii Sasin, Mechatronik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Im Rahmen des jährlichen Lego-Seminars wurde ein lang ersehntes, aber aus Platzgründen nicht realisierbares Projekt verwirklicht: der Bau eines Roboters, der als Begleiter für Heißgetränke dienen sollte. Mit Hilfe von Legosteinen, einem NXT-Controller, drei Sensoren und drei Motoren konnte der Prototyp gebaut und getestet werden. Im Laufe des Projekts wurde deutlich, dass der erste Prototyp mit entsprechenden Weiterentwicklungen ein echtes Potenzial für einen nützlichen automatisierten Roboterassistenten hat. In den folgenden Abschnitten werden die technischen Daten des Projekts im Detail vorgestellt und sein Anwendungspotenzial beschrieben.

I. EINLEITUNG

DIE Zeit der Einschränkungen durch Covid-19 ist noch nicht vergessen und hat das soziale Leben von uns allen verändert. Für Studierende und junge Menschen zum Beispiel waren die Einschränkungen durch die “stay at home”-Regelungen eine besondere Herausforderung. Online-Lernen ohne die Möglichkeit, den Campus zu besuchen, das Verbot, sich mit Freunden zu treffen, und die Einschränkung, neue soziale Kontakte zu knüpfen, waren Faktoren, die dazu führten, dass sich einigen Studien zufolge die Gruppe der 18- bis 30-Jährigen in dieser Zeit am einsamsten fühlte [5]. In der Folge leidet die jüngere Generation unter schweren Depressionen und einer geringeren sozialen Lebensqualität.

Wie könnte der Roboter dieses Problem lösen? Die rein physische Aufgabe des Roboters besteht zunächst darin, ein Partner beim Trinken von Heißgetränken zu sein. Das bedeutet, dass er ein Objekt direkter physischer Interaktion wird, was während der Corona-Einschränkungen ein großer Mangel war. Eine Person drückt einen Knopf, der Prozess der Bewegung des Behälters zur Quelle des Getränks beginnt, das Getränk wird eingefüllt und nach einem Sprachsignal endet der Einfüllvorgang und der Behälter kehrt in seine Ausgangsposition zurück.

Zweitens ist es eine interessante und nicht triviale Möglichkeit, mit anderen Menschen zu interagieren, die nicht in der Nähe sind. Mit anderen Worten, es ist eine eindrucksvolle Art, einen „Anwesenheitseffekt“ zu erzeugen. Wenn sich zwei oder mehr Personen auf gegenüberliegenden Seiten des Bildschirms befinden, könnte man mit diesem Roboter gemeinsame „Drink-Partys“ veranstalten. Betrachtet man jedoch das industrielle Potenzial dieses Projekts, so bietet es für bestimmte Kundengruppen große Vorteile. So könnte ein solcher Roboter, wenn er weiter modernisiert wird, das Leben von bettlägerigen Patienten oder Behinderten erleichtern, die nicht in der Lage sind, allzu viele Bewegungen auszuführen. Eine Person, die an einen Rollstuhl oder ein Pflegebett gefesselt ist, muss nur einen Knopf drücken und rechtzeitig „Stopp“ sagen, um sich ein Glas Wasser einzuschenken.

Wie dieses System funktioniert und vor welchen Herausforderungen es stand, wird im Folgenden ausführlich beschrieben.

II. VORBETRACHTUNGEN

Die Inspiration für dieses Projekt kam von der Figur des Androiden-Barmanns Arthur, gespielt von Michael Sheen, aus dem Film *Passengers*. Der Mann, der allein an Bord des Raumschiffs geblieben war, fand Trost in der Hilfe des Androiden und fühlte sich nicht einsam. Natürlich reichten die Möglichkeiten von LEGO und das bisherige Wissen nicht aus, um ein solches Ergebnis zu erzielen, also wurde in der Anfangsphase im Internet recherchiert und versucht, den Entwurf so weit wie möglich zu vereinfachen, damit der Roboter eine bestimmte Aufgabe erfüllen konnte - beim Servieren helfen und Gesellschaft leisten. Denn wie bekannt ist: Wenn man allein trinkt, ist es Alkoholismus, aber wenn man es zu zweit tut, ist es eine Party.

A. Grundlegende Strukturelemente

Nach einigem Brainstorming kristallisierte sich das Design des gesamten Gerätes heraus. Zunächst waren es drei Hauptelemente:

- der Ständer mit dem eingebauten Controller (bildet das Zentrum des Entwurfs)
- ein beweglicher „Träger“ des Bechers, der über eine starre Kupplung mit einem festen Steuergerät verbunden ist
- der Mechanismus, der die Flüssigkeit aus der Flasche in das Glas gießt

Die gesamte Struktur sollte wie folgt funktionieren:

Der Benutzer stellt ein leeres Glas an die entsprechende Stelle und drückt die Starttaste, woraufhin sich das Glas auf den Füllmechanismus zubewegt und an der gewünschten Stelle anhält, woraufhin der Füllmechanismus seine Arbeit verrichtet, bis der Benutzer einen Sprachbefehl gibt, woraufhin das gefüllte Glas zum Benutzer zurückkehrt.

Nach der Festlegung des Gesamtkonzepts konnte die Umsetzung Schritt für Schritt erfolgen[2].

B. NXT und MAC

Da der NXT-Controller die Hauptsteuereinheit des gesamten Systems ist, musste als erstes die Kommunikation zwischen ihm, dem Computer und MATLAB hergestellt werden. Klingt einfach, oder? In Wirklichkeit war der erste Schritt jedoch schwierig. Der NXT wurde nämlich erst hergestellt, als 64-Bit-Betriebssysteme allgemein verfügbar waren, und alle Treiber, selbst für Windows, mussten angepasst werden, so dass ein einfaches Plug-and-Play nicht mehr möglich war. Außerdem

lief mein PC unter MacOS, was die Sache noch komplizierter machte.

Die übliche NXT-Kabelverbindung funktionierte überhaupt nicht, da es keine passenden Treiber gab. Die Situation wurde jedoch durch das Bluetooth-Modul des NXT gerettet. Es stellte sich heraus, dass der Aufbau der Bluetooth-Verbindung viel einfacher war und nicht einmal zusätzliche Treiber erforderte, nur eine kleine Konfiguration des Kanals mit Hilfe der unterstützenden Literatur [1], die Erstellung einer .ini-Datei im Hauptverzeichnis des NXT Toolpacks für MATLAB und alles funktionierte wie durch ein Wunder[3].

Das anfängliche Problem wandelte sich schließlich in einen Vorteil, da in diesem Fall keine Testverbindung erforderlich war und der Computer nicht von seinem üblichen Standort entfernt werden musste.

Sobald die Verbindung zwischen NXT und MATLAB hergestellt war, konnte mit der Konfiguration aller grundlegenden Elemente begonnen werden.

C. Sensoren und Aktoren

Die wichtigsten Elemente in diesem Projekt sind zwei Drucksensoren (im Folgenden S1 und S2 genannt), ein Schallsensor (im Folgenden SD genannt) und drei Aktoren (im Folgenden M1, M2 und M3 genannt). Mit Hilfe der NXT Toolbox Befehlsbibliothek für MATLAB wurden zunächst kleine Testskripte erstellt, um die Funktion der einzelnen Elemente zu testen. Nachfolgend ein Beispielcode zum Testen des Lärmsensors.

Der Befehl „Plot“ wurde verwendet, um das vom Sensor empfangene Signal visuell darzustellen (siehe Abbildung 1). Diese Informationen können verwendet werden, um die Bedingungen der Tonbefehle zu bestimmen. Der Schallsensor in MATLAB hat zwei Modi: dB und dB(A). Der dB-Modus wurde im Projekt verwendet.

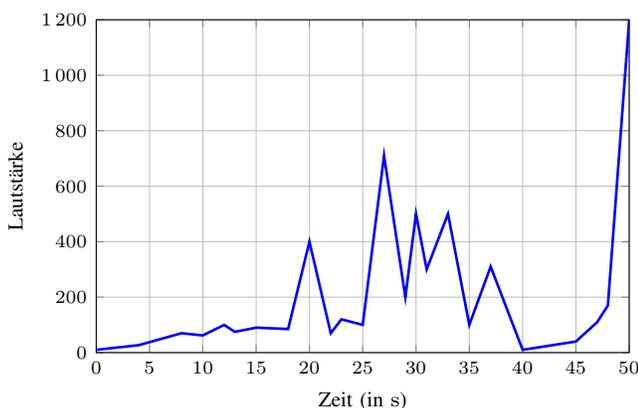


Abbildung 1. Audiosignal im „Db“-Modus [6]

III. ZUSAMMENBAU UND PROGRAMMIERUNG

Nachdem alle Elemente initialisiert und konfiguriert waren, konnte man den Algorithmus für den Betrieb des Systems entwerfen (Abbildung 2). Das Funktionsprinzip ist also sehr einfach:

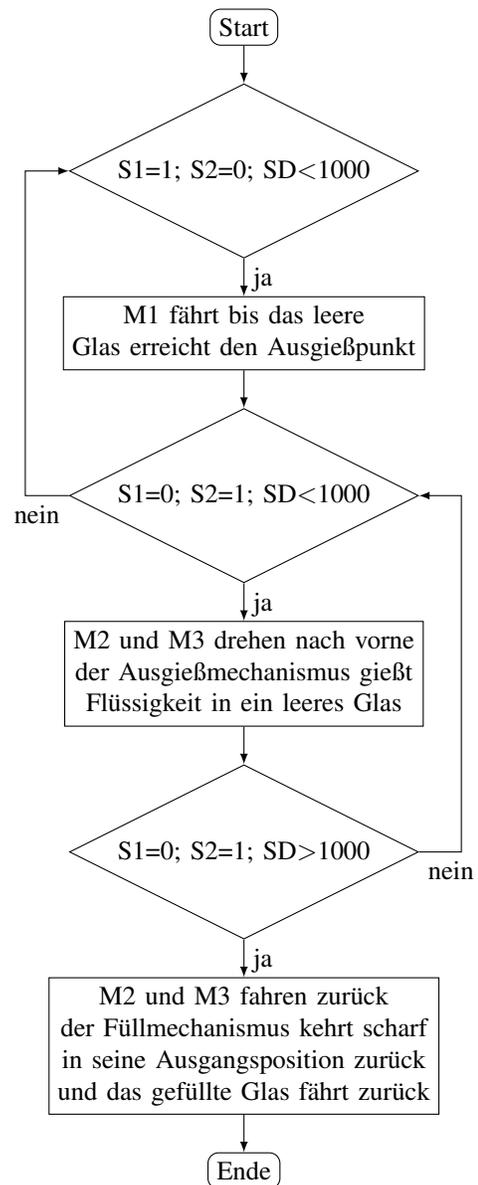


Abbildung 2. Programmablaufplan eines Verfolgungsalgorithmus

Nach dem Start des NXT-Programms wird ständig der Status der drei Sensoren abgefragt. Solange keiner der Sensoren betätigt wird, befindet sich das System im Ruhezustand. Sobald der Benutzer die erste Taste (S1) drückt, läuft der Motor M1 an, bis der Benutzer die zweite Taste (S2) drückt. Dann drehen die Motoren M2 und M3 synchron den Füllmechanismus und stoppen in der unteren Position, um das Getränk zu füllen, bis der Benutzer laut „STOP“ sagt. Das Programm wird dann beendet. Nun werden die einzelnen Elemente betrachtet.

A. Glasträger

Seine Konstruktion ist so einfach wie möglich. Er basiert auf einem Motor aus einem LEGO-Set und wurde durch einen kleinen LEGO-Kasten ergänzt, in den der Tumbler passt.

Wie in der Abbildung 3 zu sehen ist, treibt der Motor die beiden Räder auf der Mittelachse an, während ein drittes Rad zur strukturellen Stabilität eingebaut ist.

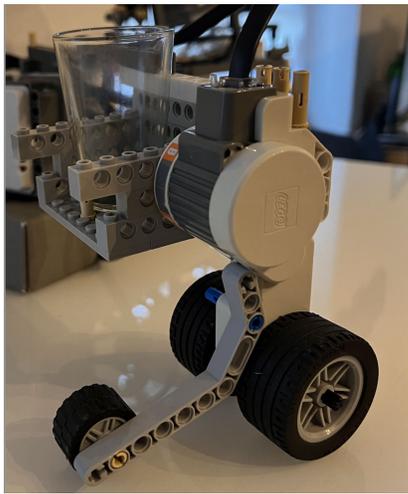


Abbildung 3. Glassträger

B. Füllmechanismus

Die Herstellung dieses Elements erwies sich als der schwierigste Teil des gesamten Projekts. Erstens musste die Konstruktion stabil und stark genug sein, um die Wasserflasche zu halten, und zweitens musste die Konstruktion ohne eine Mittelachse (da die Flasche sonst nicht installiert werden konnte) und ohne eine „Abdeckung“ (da die Flasche sich frei bewegen konnte) entworfen werden. Die Lösung bestand darin, das Drehmoment des Motors in einem Winkel von 90 Grad zu übertragen und zwei Motoren gleichzeitig zu verwenden.

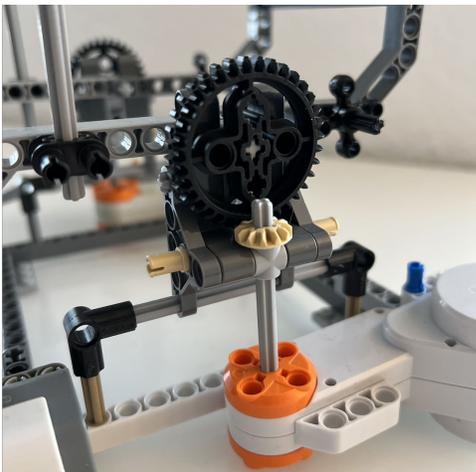


Abbildung 4. Drehmomentübertragung bei 90 Grad

Die beiden in der Abbildung 4 gezeigten Elemente sind einander gegenüber angeordnet und drehen sich jeweils um ihre eigene Achse. Abbildung 5 zeigt die endgültige Version dieser Vorrichtung.

C. Montage und Testen

Nachdem alle Grundelemente fertiggestellt waren, konnte mit der Montage begonnen werden. Der Deckel des Kastens diente als Basis, auf der alle anderen Elemente befestigt wurden. Plötzlich tauchte eine weitere Schwierigkeit auf, die es zu lösen



Abbildung 5. Füllmechanismus

galt, nämlich die Verlegung der Kabel. Mehrmals musste man Drähte unterschiedlicher Länge austauschen und Hilfskanäle in den Karton schneiden, um die Platzierung zu erleichtern. Der S2-Taster war ebenfalls in der Box eingebaut und wurde während des Tests mit einer kleinen Verlängerung versehen, um eine präzisere Bedienung zu ermöglichen. Am Ende war das gesamte System wie in Abbildung 6 dargestellt.

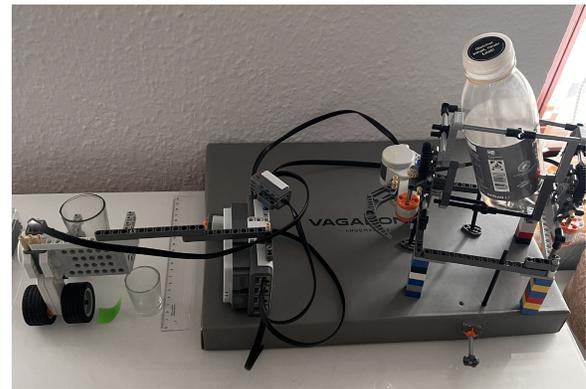


Abbildung 6. Zusammengebaute System

Bevor alles zusammen getestet wurde, wurden mehrere Hilfskripte in MATLAB geschrieben, um jedes Element einzeln zu testen. Dies war nützlich um :

- Die Abstürze und Elementbrüche zu vermeiden.
- Alle Abstände und Winkel der Motoren zu überprüfen.
- Die Lautstärke für den Sprachbefehl festzustellen.

Diese Vorgehensweise würde so jedem empfehlen, denn nach der Fehlersuche in den einzelnen Schritten verliefen die Testläufe reibungslos. Alles funktionierte wie geplant, was bei der Verteidigung des Projekts unter Beweis gestellt wurde.

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Natürlich handelt es sich nur um einen Prototyp, aber beim Testen der endgültigen Version wurden einige Elemente entdeckt, die in zukünftigen Versionen des Projekts verbessert werden könnten:

- 1) Die Verbindung zwischen dem Controller und dem Becherträger muss stabiler sein, da alles unter Last etwas wackelig war
- 2) Die Konstruktion des Gießmechanismus könnte durch eine Rückwand ergänzt werden, um die Gesamtfestigkeit zu erhöhen.
- 3) Es wäre toll, wenn man die Möglichkeit hätte, mehrere Ausgießmechanismen zu bedienen, so dass der Benutzer ein Getränk auswählen und per Sprachbefehl auswählen könnte.

Insgesamt ist das Hauptziel des Projekts jedoch erreicht worden.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Dank der direkten Unterstützung des Betreuers und einer Fülle an unterstützender Literatur war es möglich, einen Prototyp eines kleinen Roboters zu bauen, zu programmieren, zu testen und seine Vor- und Nachteile zu analysieren. Es hat Spaß gemacht, selbst in die Rolle eines Ingenieurs zu schlüpfen und alle Phasen des Projektzyklus von der Idee über das Konzept bis hin zum Prototyp zu durchlaufen.

Dieses Projekt ermöglichte es vor allem, sowohl die Fähigkeiten im Umgang mit Matlab in einem verständlichen Format zu verbessern, als auch unschätzbare Erfahrungen bei der Lösung von Problemen zu sammeln, die bei der Entwicklung eines Projekts auftreten, und einen unschätzbaren Einblick in die Bedeutung kreativen Denkens zu gewinnen. Es war ein Vergnügen, an einem solchen Projekt teilzunehmen, und es würde schön sein, wenn solche Fächer auch in der Schule angeboten würden, damit sich neue Generationen von Ingenieuren dafür interessieren.

LITERATUR

- [1] H. Kopka and P. W. Daly, *A Guide to L^AT_EX*, 3rd ed. Harlow, England: Addison-Wesley, 1999.
- [2] Mathias Magdowski, Thomas Schallschmidt, Thomas Gerlach, Enrico Pannicke *LEGO-Praktikum. Entwickeln, programmieren, optimieren* Bd. 5 (2022): Wintersemester 2021/2022
- [3] Enrico Pannicke *MatLab Handbuch* E-Learning-Portal
- [4] *Unterlagen zum Praktikum LEGO Mindstorms in der FEIT* E-Learning Portal
- [5] Buecker, S. et al., 2020 in Brakemeier, E.-L. et al., 2020
- [6] Till Tantau, Joseph Wright, Vedran Miletic, „The beamer class“, version 3.69 February 20, 2023