

Automatischer Seifenspender

Abrar Ahmed, Elektrotechnik und Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zusammenfassung—Ziel des Projektseminars Elektrotechnik/Informationstechnik (LEGO-Mindstorms) 2023 an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg war die Entwicklung eines Roboters. Basierend auf der Programmierung und Konstruktion mit dem zur Verfügung gestellten LEGO-NXT Set und MATLAB sollte der Roboter bestimmte Funktionen ausführen. Ein automatisierter Seifenspender war die Wahl für dieses Projekt und der Prozess, die damit verbundenen Herausforderungen und die Ergebnisse werden im Folgenden beschrieben. Um das Projekt abzuschließen, wurde der entwickelte automatische Seifenspender in Form einer Präsentation vorgestellt und seine Funktionalität demonstriert.

Schlagwörter—LEGO-Mindstorms, MATLAB, Programmierung, Roboter, Automatisierung, Seifenspender, Ultraschallsensor

I. EINLEITUNG

IN der heutigen Welt nach der Pandemie ist die Verbreitung von Keimen ein großes Problem im Alltag der Menschen. Die Verbesserung der Hygiene und die Minimierung aller möglichen unnötigen Kontakte, die wiederum die Verbreitung von Keimen und Bakterien verhindern würden, sollte eine Priorität sein. Einer der wichtigsten Faktoren ist der Kontakt mit Alltagsgegenständen, die von vielen Menschen gemeinsam benutzt werden. Ironischerweise dient gerade ein solcher gemeinsamer Gegenstand der Verbesserung der Hygiene: der Seifenspender. Ob zu Hause oder in öffentlichen Toiletten, es kommt immer wieder vor, dass Menschen sich einen manuellen Seifenspender teilen, bei dem eine Person auf den Spender drücken muss, um die Seife herauszubekommen. Dieser unnötige Körperkontakt mit einem Gegenstand in einem meist unsauberen Bereich ist genau die Art von Körperkontakt, die durch Automatisierung vermieden werden kann.

Genau aus diesem Problem heraus entstand die Idee des automatischen Seifenspenders. Mit dem Endprodukt dieses Projekts wird der gesamte manuelle physische Kontaktprozess zugunsten eines berührungslosen, hygienischeren Seifenspendeprozesses vermieden. In diesem Fall werden Sensoren zur Erkennung der Anwesenheit einer Hand unter dem Seifenspender verwendet, was wiederum die Aktivierung des Seifenspenders und die kontaktlose Abgabe der Seife ermöglicht. Hier werden Ultraschallsensoren zur Abstandsmessung verwendet und unter bestimmten Bedingungen funktioniert das Gerät wie gewünscht. Diese Bedingungen werden mit MATLAB programmiert und an den LEGO-Mindstorm Block übertragen, der das Gerät steuert.

II. VORBETRACHTUNGEN

Das Projekt beschäftigt sich mit der Automatisierung eines konventionellen Seifenspenders und den dafür notwendigen

Schritten. Es wird ein kurzer Überblick über die verwendeten mechanischen LEGO-Komponenten und Sensoren gegeben.

A. konventioneller Seifenspender

Vor der Konstruktion eines automatischen Seifenspenders muss die Funktionalität eines manuellen Seifenspenders untersucht werden. Es ist wichtig zu sehen, wie dieser verbessert werden kann, um die gewünschten Ziele der kontaktlosen Seifenabgabe zu erreichen. Ein normaler Seifenspender hat einen Behälter, der mit Seife gefüllt ist, die dann durch ein Rohr nach oben und aus dem Kopf des Spenders heraus befördert wird, wenn der Kopf physisch gedrückt wird. In diesem Fall ist das Ziel das Erkennen der Anwesenheit einer Hand und das Drücken des Kopfes des Spenders durch programmierte mechanische LEGO-Steine, anstatt ihn mit der Hand drücken zu müssen. Auf diese Weise kann ein direkter Kontakt vermieden werden.

B. Funktionsprinzip des Ultraschallsensors

Zur Messung des Abstandes zwischen Zapfsäulenkopf und Hand wird ein Ultraschallsensor verwendet. Das Funktionsprinzip eines Ultraschallsensors beruht auf dem Echo-Prinzip. Dabei wird ein Ultraschallsignal ausgesendet, das von einem Objekt reflektiert wird. Die Zeit, die das Signal benötigt, um zum Sensor zurückzukehren, wird gemessen und kann zur Berechnung der Entfernung des Objekts verwendet werden. Die kurzen Ultraschallsignale, die in diesem Fall ausgesendet wurden, wurden in sehr kurzen Abständen gesendet, um die An- oder Abwesenheit der Hand regelmäßig zu erfassen. Dies wird in einem späteren Abschnitt näher erläutert.



Abbildung 1: LEGO-Ultraschallsensor [1]

C. Schneckengetriebe

Der oben erwähnte konventionelle Seifenspender erforderte einen erheblichen Kraftaufwand. Diese Kraft ist normalerweise von den Motoren, die im LEGO-Set enthalten sind, nur schwer aufzubringen, um den Kopf des Seifenspenders erfolgreich zu drücken. Deshalb wurde das LEGO-Schneckengetriebe wie in Abbildung 2 verwendet. Ein Schneckengetriebe ist ein Getriebe, das aus einer schraubenförmigen Welle (der Schnecke) und einem zylindrischen Rad (dem Schneckenrad)

besteht. Die Schnecke wird von einer Antriebswelle angetrieben, die das Schneckenrad dreht [2]. Das Schneckengetriebe wird im Modellbau verwendet, weil es eine gute Belastbarkeit, eine präzise Positionierung und eine hohe Kraftübertragung ermöglicht. Außerdem kann durch das Schneckengetriebe eine starke Drehbewegung auf kleinstem Raum übertragen werden, was bei dieser kleinen Konstruktion wichtig ist.



Abbildung 2: LEGO-Schneckengetriebe [3]

III. KONSTRUKTION UND PROGRAMMIERUNG

Im Folgenden wird detailliert auf den Aufbau der Mechanik und die Programmierung der entsprechenden Prozesse eingegangen.

A. Aufbau

Der Aufbau des Seifenspenders lässt sich im Wesentlichen in 3 Teile gliedern. Das Unterteil hält den manuellen Seifenspender so fest, dass er sich bei Krafteinwirkung nicht bewegt. Das Unterteil ist so konstruiert, dass es im Bedarfsfall zum Auswechseln eines leeren Behälters leicht geöffnet werden kann. Während des gesamten Vorgangs wird eine beträchtliche Kraft auf den Seifenspenderkopf ausgeübt. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass sich der Seifenspenderkopf bewegt oder seitlich wegrutscht.



Abbildung 3: Aufbau des Seifenspenders

Der Kopf des Seifenspenders wird mit Gummibändern fixiert, damit er während des Spendevorgangs nicht wackelt. Die Motoren, das Schneckengetriebe und alle Zahnräder werden im mittleren Teil der Konstruktion gehalten. Der wichtigste Teil der Konstruktion ist genau dieser Teil. Er erfährt eine große nach oben gerichtete Reaktionskraft, wenn der LEGO-Stein auf den Seifenspenderkopf drückt. Es muss daher unbedingt darauf geachtet werden, dass dieser Teil der Konstruktion gut befestigt ist und sich während des Vorgangs nicht nach oben bewegt.

Für diese spezielle Konstruktion wurden zwei separate Motoren verwendet: Einer ist der Hauptmotor, der die Zahnräder dreht, und der andere ist als Ersatzmotor vorhanden. Wenn der erste Motor aus irgendeinem Grund ausfällt, können die Kabel ganz einfach vom ersten auf den zweiten Motor umgesteckt werden und die Maschine arbeitet normal weiter. Außerdem bringt der zweite Motor mehr Symmetrie und Stabilität in die Gesamtstruktur, da das Gewicht gleichmäßig auf beide Seiten verteilt ist. Die Zahnräder sind mit einem LEGO-Stein verbunden, der sich je nach Drehrichtung der Motoren auf und ab bewegt und den Seifenspenderkopf entsprechend drückt und loslässt. Im oberen Teil der Konstruktion befindet sich der Ultraschallsensor, der nach unten auf den Boden gerichtet ist. Schließlich sind alle diese Motoren und Sensoren mit dem zentralen LEGO-NXT-Block auf der Rückseite des Geräts verbunden, der die Codes zur Steuerung aller Funktionen des Geräts enthält. Der LEGO-NXT-Block wird an den Computer angeschlossen, wo der MATLAB-Code eingelesen wird.

B. Ablaufplan

Die Idee des automatischen Seifenspenders lässt sich kurz wie folgt erklären. Der Ultraschallsensor erkennt das Vorhandensein einer Hand unter dem Seifenspenderkopf. Wenn eine Hand erkannt wird, wird Seife für eine festgelegte Zeit ausgegeben und dann gestoppt. Es wird keine weitere Seife ausgegeben, bis die Hand unter dem Sensor weggezogen wird und der Vorgang erneut gestartet werden kann. Damit diese Idee funktioniert, sind im Grunde zwei Schleifen erforderlich, deren detaillierter Ablauf inklusive aller einzelnen Schleifen im Folgenden erläutert wird.

C. Algorithmus

Der Ultraschallsensor misst den Abstand zwischen sich und dem, was sich unter ihm befindet. Ist der gemessene Abstand größer als 15 cm, wird keine Hand vom Sensor erkannt und somit auch keine Seife ausgegeben. Ist der Abstand jedoch kleiner als 15 cm, interpretiert das Programm dies so, dass sich in diesem Moment eine Hand unter dem Seifenspenderkopf befindet. Dies führt dazu, dass sich der Motor im Uhrzeigersinn mit einer maximalen Leistung von 100 für eine eingestellte Anzahl von Umdrehungen dreht. Das „Tacho Limit“ bestimmt die Anzahl der Umdrehungen des Motors, die in diesem Fall auf 4500 Grad oder 12,5 Umdrehungen eingestellt ist. Dadurch drehen sich die Zahnräder und bewegen den LEGO-Stein über dem Kopf des Seifenspenders nach unten, wodurch die Seife ausgegeben wird. Danach ist der Motor so programmiert, dass er sich automatisch um die gleiche Anzahl von Umdrehungen

gegen den Uhrzeigersinn dreht und wieder in seine Anfangsposition zurückkehrt. Der Kopf des Seifenspenders wird während dieses Teils ebenfalls freigegeben und das Gerät ist bereit, erneut gedrückt zu werden, wenn bestimmte Bedingungen wieder erfüllt sind.

Der Sensor fährt dann mit der Abstandsmessung fort. Das Gerät ist so programmiert, dass der gesamte Vorgang erst dann wieder von vorne beginnt, wenn der Sensor erkennt, dass sich die Hand nicht unter das Gerät bewegt hat, d. h. ein Abstand von mehr als 15 cm gemessen wird. Ist diese Bedingung erfüllt, kehrt das Programm in den Ausgangszustand zurück, und der Vorgang kann von neuem beginnen.

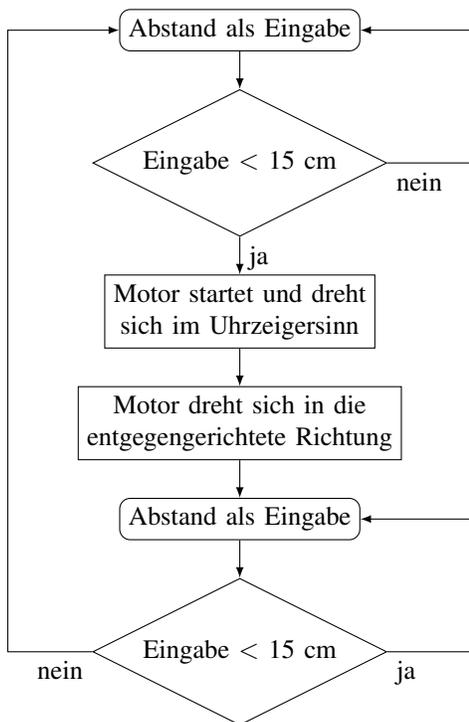


Abbildung 4: Ablaufplan des Algorithmus

D. Zufälliger Eingabefehler

Beim Programmieren und Testen des Gerätes wurde festgestellt, dass es immer wieder zu zufälligen Eingabefehlern kam, die durch den Ultraschallsensor verursacht wurden. Die Idee des Spenders war, dass nach der Seifenspende die Hand unter dem Sensor wegbewegt werden muss, bevor der gesamte Vorgang, wie oben beschrieben, von vorne beginnen kann. Bei den Tests wurde jedoch festgestellt, dass der Seifenspender auch dann plötzlich mit der Abgabe der Seife begann, wenn die Hand nach der Abgabe der Seife nicht weggezogen wurde und der vom Sensor gemessene Abstand weniger als 15 cm betrug. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es gelegentlich zu einer zufälligen Messung kam, bei der der vom Ultraschallsensor gemessene Abstand einen Wert von mehr als 15 cm ergab. Ein solches Beispiel ist in Abbildung 5 dargestellt.

```

Abstand: 6 cm
Warten auf Wegnehmen
Abstand: 6 cm
Warten auf Wegnehmen
Abstand: 11 cm
Warten auf Wegnehmen
Abstand: 22 cm
Hand ist wieder weg
Warten auf Wegnehmen
Abstand: 7 cm
Warten auf Wegnehmen
Abstand: 9 cm
  
```

Abbildung 5: Beispiel - Zufälliger Eingabefehler

Um sicherzustellen, dass dieser zufällige Fehler die ursprüngliche Idee des Gerätes nicht stört, wurde eine sekundäre Schleife in den Code programmiert, wie in Abbildung 6 zu sehen ist. Bleibt die Hand nach der Abgabe unter dem Sensor, beginnt ein neuer Zähler mit einer Variablen n . Für jede aufeinanderfolgende Messung mit einem Wert größer als 15 cm wird der Wert von n um eins erhöht. Wenn es drei aufeinanderfolgende Messungen mit einem gemessenen Abstand von mehr als 15 cm gibt, d. h. $n = 3$, bedeutet dies, dass die Hand tatsächlich unter dem Sensor verschwunden ist und der gesamte Vorgang von vorne beginnen kann. Ist der Wert von n kleiner als 3, so bedeutet dies, dass ein zufälliger Eingabefehler des Sensors aufgetreten ist und diese Messwerte ignoriert werden können, da die Hand nicht tatsächlich unter dem Sensor verschwunden ist.

```

n=0;
while 1
    d=GetUltrasonic (SENSOR_2);
    if d>limit
        disp('Hand ist wieder weg')
        n=n+1;
        if n==3
            break;
        end
    else
        n=0;
    end
end
  
```

Abbildung 6: Problemlösungsschleife

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Das Endergebnis dieses Projekts, wie es in der Präsentation und in dem obigen Dokument beschrieben ist, ist ein automatischer Seifenspender zur Abgabe von Seife bei Anwesenheit einer Hand. Dank der oben erwähnten Ergänzungen und Korrekturen des Codes gibt der Spender bei Anwesenheit der Hand korrekt Seife aus und wartet dann, bis die Hand entfernt wird, bevor er den gesamten Vorgang von neuem beginnt. Der Ultraschallsensor liefert dem Programm genaue und zuverlässige Messwerte. Dies ist möglich, weil Lösungen

für zufällige Eingabefehler zur Verfügung stehen. Die Konstruktion kann auch für andere Zwecke modifiziert werden, um beispielsweise Wurstsoße abzugeben, und bleibt nicht auf Seife beschränkt.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Ziel dieses Projekts war es, einen konventionellen Seifenspender mit Hilfe von MATLAB-Programmierung und dem LEGO-NXT-Set in einen automatischen Seifenspender umzuwandeln. Insgesamt wurde die Grundidee gut umgesetzt und die gewünschten Ergebnisse erzielt. Darüber hinaus wurden einige Verbesserungen und Erweiterungen der Grundkonstruktion des Seifenspenders angedacht, die jedoch in der zur Verfügung stehenden Zeit nicht umgesetzt werden konnten. Zu den Verbesserungen gehören unter anderem die Messung der verbleibenden Seifenmenge in der Flasche und die Benachrichtigung, wenn der Behälter nachgefüllt werden muss.

ANHANG

```
while 1
    pause(0.2)
    d = GetUltrasonic(SENSOR_2);
    disp(['Abstand: ', num2str(d), ' cm'])
    if d>limit
        % Warten auf das Hinhalten der Hand
        a.Power = 0;
        a.SendToNXT(handle);
    else
        % Hand wurde erkannt
        % Seife spenden
        disp('Seife spenden')
        a.Power = -100;
        a.TachoLimit=4500;
        a.SendToNXT(handle);
        a.WaitFor
        disp('fertig und zur ckfahren')
        % zurucksetzen
        a.Power = 100;
        a.TachoLimit=4500;
        a.SendToNXT(handle);
        a.WaitFor
        disp('Original Zustand')
```

Abbildung 7: Hauptschleife des Programms

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] TOROK, Rob: *NXT Sensors*. <http://www.legoengineering.com/nxt-sensors/>. Version: May 2019
- [2] WIKIPEDIA, THE FREE ENCYCLOPEDIA: *Schneckengetriebe*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Schneckengetriebe>. Version: 2023
- [3] *Schneckengetriebe*. <https://www.steinpalast.eu/lego-technik/differentiale-getriebe?p=1>