

Sprachgesteuerter Getränkeautomat mit LEGO Mindstorms

Jannik Seidler, Elektromobilität
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Abstract—Im Rahmen des Studienfachs Elektrotechnik/ Informationstechnik soll ein Konzept geschaffen werden, dessen Konstruktion und Programmierung auf Elementen von LEGO Mindstorms basiert. Dieses Projekt beschäftigt sich mit einem Getränkeautomat, der mehr Funktionen als ein herkömmlicher Automat besitzt. Die dabei entwickelten Ansätze werden im weiteren Verlauf mechanisch umgesetzt und die benötigten Programmabläufe mit der Software MATLAB realisiert. Das finale Produkt ist ein Automat, der mithilfe von Sprachbefehlen und Sensoren unterschiedliche Getränke in unterschiedliche Behälter abfüllen kann.

Schlagwörter—LEGO-Praktikum, NXT-Programmierung, Getränkeautomat, Spracherkennung.

I. EINLEITUNG

Automaten sind Teil des alltäglichen Lebens. Sie sind so integriert, das man manchmal nicht merkt, wie viel Arbeit uns dadurch abgenommen wird.

Man definiert einen Automaten als eine Maschine, die vorbestimmte Abläufe selbsttätig („automatisch“) ausführt. Hierbei spielt der Begriff Automatik eine wichtige Rolle, denn er steht für eine Vorrichtung, die einen Vorgang selbstständig steuern und regeln kann [1]. In Hinblick auf Getränkeautomaten weist aber genau diese Automatik oft klare Grenzen auf. So findet die Getränkewahl über Tastendruck statt, wonach ein Ventil öffnet, oder eine Pumpe für eine bestimmte Zeit läuft. Dabei sind diese Vorgänge aber nur auf standardisierte Becher vorgesehen, die komplett leer sind, also nicht berücksichtigen, wenn eine Person einen halbvollen Becher nachfüllen möchte.

Hierbei lässt sich erkennen, dass noch Verbesserungspotenzial besteht, welches mithilfe von weiteren Sensoren und Eingabemethoden erreicht werden kann. Außerdem stellt sich die Frage, wie man vorgeht, wenn man keine Taste betätigen kann, möchte oder soll z.B. aufgrund der Covid-19-Pandemie. Das Ziel des Projekts ist dabei, diesen Vorgang zu optimieren, weiter zu automatisieren und für mehr Personen zugänglich zu machen. Hierbei entsteht die Idee für einen intelligenten Getränkeautomaten, der sich über eine Sprachsteuerung bedienen lässt.

II. VORBETRACHTUNGEN

Bevor ein Automat mit einer Vielzahl von automatisierten Funktionen realisiert werden kann, sind Voraussetzungen notwendig, welche nachfolgend erläutert werden.

A. Konventionelle Getränkeautomaten

Um die Idee eines intelligenten Getränkeautomaten verständlicher zu machen, sollen zunächst die gegenwärtigen Einschränkungen erläutert werden. Getränkeautomaten besitzen einen festgelegten Programmablauf, jedoch mangelt es in einigen Fällen an hilfreichen Sensoren, um Fehler erkennen und vermeiden zu können. Es kann passieren, dass ein Getränkeautomat beginnt, ein Getränk auszugeben, obwohl keine Becher mehr vorhanden sind und der Anwender darüber nicht informiert wird, oder dass der Becher erst nach dem Abfüllen des Getränkes in die Ablage fällt. Zudem ist die Funktionalität dieser Automaten oft nur ausreichend. Eine Erweiterung zu den vorhandenen Funktionen wäre zum Beispiel das Bestimmen der erforderlichen Füllmenge anhand eines nicht-standardisierten Mehrwegbechers oder die Erkennung von Störobjekten, um unnötiges Ausschütten des Getränks zu vermeiden.

Aufgrund der Covid-19-Pandemie ist das häufige Benutzen der Auswahl Tasten fragwürdig, da diese zu Risiken werden. Diese mögliche Gefahr lässt sich umgehen, indem die Getränkeauswahl per Spracheingabe stattfindet.

B. Idee

Die Idee hinter diesem Projekt besteht darin, einen intelligenten Getränkeautomaten herzustellen. Dabei wird der Automat als „intelligent“ bezeichnet, da mithilfe von Sensoren Messwerte erhoben und ausgewertet werden, mit dessen Hilfe mögliche Fehler von konventioneller Getränkeautomaten gelöst werden können. Hierbei ist die Eingabe von Befehlen über eine Sprachsteuerung ein wichtiger Ansatz. Er soll eine gewisse Auswahl unterschiedlicher Getränke bieten. Dabei ist das Ziel, drei verschiedene Produkte bereitstellen zu können. Die Konstruktion soll so konzipiert werden, dass sie mit unterschiedlichen Getränkebehältern kompatibel ist, beziehungsweise sich im Idealfall daran anpassen kann. Helligkeitssensoren werden zur Objekterkennung verwendet, welche vor dem Automaten platziert werden, um unnötiges Ausschütten bei Nichterkennung zu vermeiden. Ob und welche Flüssigkeit sich in einem Glas oder Becher befindet, könnte über einen Farbsensor bestimmt und anhand dieser Information eine Voraus-

wahl getroffen werden, falls der Nutzer dasselbe Getränk nochmal haben möchte. Zudem soll die Temperatur der eingefüllten Flüssigkeit gemessen werden können, um dem Nutzer zu signalisieren, ob sein Getränk warm oder kalt ist. Zuletzt soll die Füllmenge im Becher überwacht werden, damit die richtige Menge vom Getränk abgegeben wird. Zu diesem Zweck wird ein Ultraschallsensor eingesetzt.

C. Umsetzung

Zur Realisierung dieser Idee wurden folgende Überlegungen getroffen. Die Signale für die Sprachsteuerung werden über ein Mikrofon aufgenommen und verarbeitet. Sobald eine Eingabe mit dem bekannten Repertoire übereinstimmt, muss der Automat die entsprechende Flüssigkeit ausgeben. Wenn zum Beispiel ein Glas vor den Automaten gestellt wird, erkennt der Nutzer anhand von LEDs, dass seine Eingabe, sein Getränkewunsch, erkannt wurde. Im nächsten Schritt wird der Automat den Füllstand fortlaufend messen, den Inhalt bestimmen und mit dem Befüllen beginnen. Um das Glas im Anschluss daran befüllen zu können, bieten sich drei Lösungsalternativen an. Die erste Möglichkeit besteht darin, mithilfe der Schwerkraft eine Flüssigkeit aus einem Vorratsbehälter über einen Schlauch zu transportieren und die Zulaufmenge per Ventil zu regeln. Eine weitere Methode wäre, anstatt der Ventile einen Mechanismus zu verwenden, welcher den Schlauch zusammendrückt. Die dritte Lösung besteht darin, dass das Getränk mithilfe von Pumpen gefördert wird, welche per Relais bedient werden können.

Ebenso wird die Temperatur des Getränks für den Nutzer sichtbar angezeigt. Zuletzt wird per LEDs das Ende des Befüllens signalisiert und der Automat in den Ausgangszustand zurückgesetzt. Man kann das Glas nach diesem Arbeitsschritt wieder entnehmen.

III. REALISIERUNG

Die Vorbetrachtungen dienen als Grundlage für die nachfolgende Realisierung des Projekts, wobei neben dem Aufbau und der Sprachsteuerung auch die Themen „Flüssigkeiten“ und „Sensorik“ bedeutsam sind.

A. Aufbau

Der Automat wird aus mehreren Segmenten zusammengesetzt. Als Grundlage dient ein Grundgerüst, welches dafür ausgelegt ist, die Last aller Einzelelemente tragen und diese daran befestigen zu können. Hierbei ist der größte Anteil am Gesamtgewicht auf die Vorratsbehälter (Flaschen) zurückzuführen. An der Oberseite befindet sich ein sog. Sensorpaket. Wie in Abbildung 1 sichtbar wird, besteht das Sensorpaket aus drei LEGO-Sensoren: einem Tastsensor, einem Ultraschallsensor und einem Farbsensor. Zusätzlich befindet sich vor den Sensoren ein Schlauch, welcher die Flüssigkeit ins Glas leitet. Die Sensoren können durch einen LEGO-Motor auf- und abwärts bewegt werden, bis entweder die maximal ausfahrbare Länge erreicht ist, oder der Tastsensor auf den Becherrand drückt.

An der Vorderseite des Automaten sind zwei LEDs integriert und werden über einen 9 V Batterieblock betrieben. Ein weiterer Motor betätigt den Schalter, um die LEDs ein- und auszu-



Abbildung 1: Sensorpaket mit Farbsensor sowie Ultraschall- und Tastsensor

schalten. Wie in Abbildung 2 dargestellt, befinden sich auf dem Grundgerüst zwei Halterungen für ½ Liter Flaschen. Es ist ein Temperatursensor in einer Halterung verbaut, um die Temperatur der Flüssigkeit zu bestimmen und die Messwerte zu übermitteln. Ein weiterer Motor wird verwendet, um die gemessene Temperatur auf einer Skala von warm (Rot) bis kalt (Blau) anzuzeigen. Um die Flüssigkeit abzufüllen, werden Silikonschläuche mit einem Innendurchmesser von 4 mm verwendet und mit einer Y-Verbindung verbunden. Der Durchfluss wird von zwei Motoren mittels Abklemmen des Schlauches reguliert. Zur Steuerung des Automaten werden, aufgrund der Vielzahl von Sensoren und Motoren, zwei LEGO-Programmierbausteine verwendet. Dabei kommen ein NXT und ein EV3 zum Einsatz.



Abbildung 2: Aufbau des Getränkeautomaten mit Becher

B. Sprachsteuerung

Das Getränk wird per Spracheingabe des Nutzers gewählt, die auf einem Computer verarbeitet wird. Dieses Programm nimmt dann die Kommunikation zu den Programmierbausteinen auf.

Die sogenannte „Speech-to-text Transkription“, bei der gesprochene Worte in schriftlichen Text umgewandelt werden, wird mithilfe der kostenfreien Webseite „webcaptioner.com“ realisiert. Mit dieser Internetseite lassen sich Wörter per HTML-Code über einen Webhook an eine definierte URL senden [2].

Die Daten werden an einen Port gesendet, beispielsweise Port 4000 oder 4001 und die URL ist der Computer selbst (Beispiel: „http://localhost:4001/“ oder „http://127.0.0.1:4001/“). Die Auswertung der HTTP-Befehle erfolgt in MATLAB mit der „Webserver“-Funktion. Dieses wird von MathWorks zum Download angeboten.

„This function WEBSERVER, is a HTTP webserver for HTML code and images and also allows execution of Matlab code through the web.“ [3]

Im Beispiel des Getränkeautomaten werden nur die ausgewählten Getränke in der Konsole angezeigt. Dafür wird das Skript so angepasst, dass nur die Nennung dieser ausgewählten Getränkeprodukte Beachtung findet. Andere Spracheingaben werden zwar erkannt, jedoch nicht ausgewertet. Abbildung 3 zeigt den Programmablaufplan dieser Spracherkennung. Es wird deutlich, dass, nachdem der Server gestartet wurde und eine Spracheingabe erfolgte, überprüft wird, ob die Worte „Cola“, „Fanta“ oder „Spezi“ enthalten sind. Sollte dieser Fall eintreten, so wird die entsprechende MATLAB-Funktion umgesetzt. Nach der Ausführung lässt sich das Programm über einen Taster abbrechen, anderenfalls wird der Vorgang wiederholt.

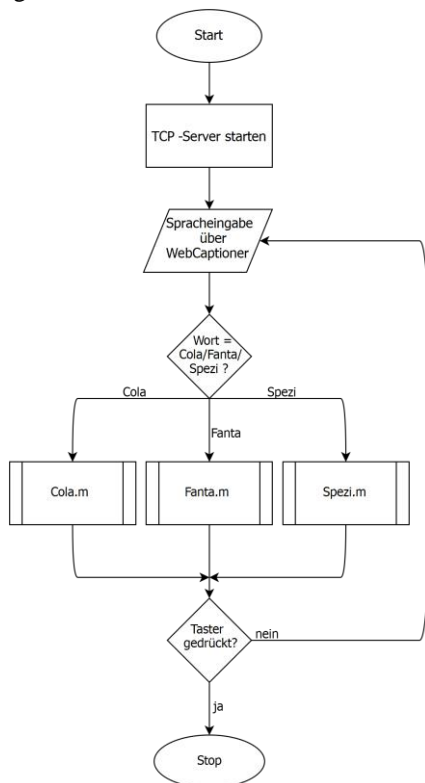


Abbildung 3: Programmablaufplan der Spracherkennung

C. Flüssigkeiten

Um den Durchfluss zu unterbrechen werden in diesem Projekt die Schläuche an einer Stelle eingedrückt, sodass sie vollständig geschlossen werden. Dabei wird die einfache Verformbarkeit des Schlauchs als Vorteil genutzt. Die Motoren üben den notwendigen Druck aus, indem sie bis zu einem festgelegten Punkt rotieren. Da sich die Flüssigkeitsausgabe an einem beweglichen Sensorkopf befindet, existiert eine Schlauchreserve von einigen Zentimetern in der Konstruktion, sodass

sowohl das Minimum als auch das Maximum des Sensorpakets erreicht werden kann. Dadurch können sowohl kleine als auch große Becher verwendet werden.

D. Sensorik

Um das Programm zu realisieren werden fünf Sensoren benötigt. Wie in Abbildung 4 dargestellt, wird der Helligkeitssensor mit dem Schwellenwert von 210 lm genutzt, um das Vorhandensein eines Bechers zu erkennen. Wird der Schwellenwert unterschritten, wird das Programm fortgesetzt und das Licht eingeschaltet. Der Tastsensor sendet ein Signal falls er den Rand des Behälters berührt, damit das Programm fortfahren kann. Nach der Temperaturmessung mit dem Temperatursensor bestimmt der Ultraschallsensor den Abstand von der Getränkeoberfläche. Bei Unterschreitung des Werts von 5 cm schließen die Motoren, damit die maximale Füllhöhe eingehalten wird. Ein weiterer Tastsensor kann zum Abbruch betätigt werden.

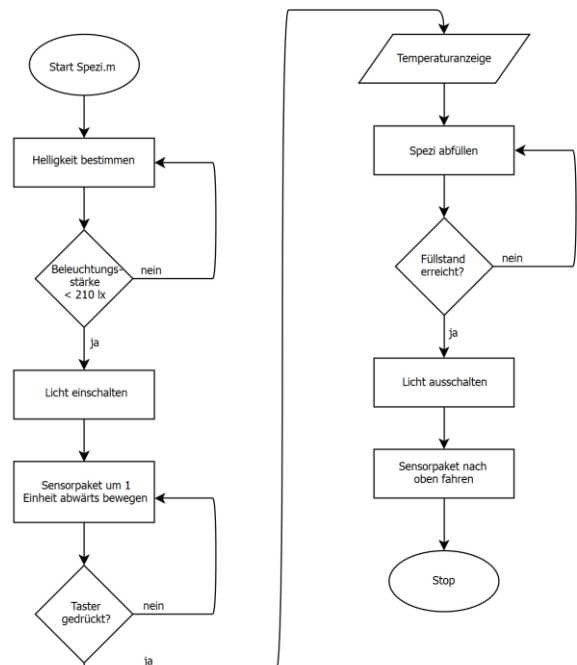


Abbildung 4: Programmablaufplan eines MATLAB-Skripts für ein spezifisches Getränk

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Es wurde ein Getränkeautomat geschaffen, der anhand eines Sprachbefehls zwischen drei Getränken unterscheiden kann. Dabei kann aus zwei Flaschen ein neues Getränk gemischt werden. Der Automat ist in der Lage, die Füllmenge zu bestimmen und Behälter beliebiger Größe auf ein eingestelltes Maximum zu befüllen. Dieser Prozess kann mit unterschiedlicher Getränkewahl wiederholt werden. Zudem bietet der Automat eine Temperaturanzeige und signalisiert zusätzlich den aktuellen Zustand visuell. Die Funktion, eine Flüssigkeit zu identifizieren, wurde zwar getestet, jedoch als unzuverlässig und ineffizient eingestuft. Deshalb wurde darauf verzichtet.

Bei der Realisierung der Idee sind auch einige Probleme aufgetreten. Es wurde geplant, per Bluetooth mit den Programmierbausteinen zu kommunizieren. Dies funktionierte jedoch

aufgrund veralteter Bluetooth-Module nicht. Aus diesem Grund wurde per Kabel kommuniziert.

Im weiteren Verlauf zeigte sich, dass ein Farbsensor zur Erkennung farbiger Flüssigkeiten ungeeignet ist. Dieser erkennt Objekte durch die Verwendung von mehrfarbigem Licht. So werden drei LEDs als Sendelichtquelle für die Wellenlängen Rot, Grün und Blau verwendet. Schließlich wird ein Fotodetektor verwendet, um darauf die reflektierte Strahlung des Objekts nacheinander abzubilden [4]. Da dieser Sensor die Flüssigkeiten mit den LEDs direkt durchdringt, kann er in diesem Fall nicht die entsprechenden Messwerte liefern und somit nicht eingesetzt werden. Alternativ wäre die Verwendung von Helligkeitssensoren möglich, da die Getränke unterschiedlich lichtdurchlässig sind. Auch wäre die Verwendung von Sensoren mit Infrarot-LEDs denkbar, da die typische Wellenlänge von 780 Nanometer von vielen Flüssigkeiten absorbiert wird [5].

Bei der Sprachsteuerung zeigte sich phasenweise das Problem, das Befehle gar nicht, unvollständig oder nur mit sehr großer Latenz erfasst wurden. Dies kann unter Umständen auf die Auslastung und mangelnde Leistungsfähigkeit des verwendeten Computers zurückzuführen sein, da bei diesem Projekt mehrere Prozesse parallel benötigt wurden. Zudem lag dieses Problem vielleicht auch an der genutzten Spracherkennungssoftware.

Zur Verbesserung des Abfüllvorgangs wären Ventile hilfreich, welche einen Innendurchmesser von acht bis zehn Millimeter besitzen, da sonst der Füllvorgang einen sehr langen Zeitraum in Anspruch nimmt. Die bei diesem Projekt verwendete Methode mit dem Abklemmen des Schlauches war teilweise fehleranfällig. Die Motoren wiesen nicht die notwendige Leistung auf und konnten so nicht reproduzierbar die festgelegte Anzahl an Umdrehungen ausführen. Die Ausgangsposition wurde nicht erreicht und somit konnte die Leitung in manchen Fällen nicht korrekt geöffnet oder geschlossen werden. Dieses Problem könnte mit einem Getriebe behoben und gleichzeitig die Präzision erhöht werden.

Bei der Verwendung von Ventilen sollte auf Leichtgängigkeit geachtet werden, damit die Motoren nicht zu stark belastet werden. Diese könnte man per 3D-Druck selber herstellen, um Gewicht zu sparen.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die Motivation zu diesem Projekt bestand darin einen Automaten zu schaffen, der die zuvor genannten Probleme konventioneller Automaten umgeht und die Idee von einem intelligenten Getränkeautomaten möglichst gut umsetzt. Dies wurde mit dem Endprodukt sowohl auf theoretischer als auch auf praktischer Basis erreicht und umgesetzt. Die Vorlagen zur Verbesserung stammten von bereits existierenden Automaten. Obwohl das Ergebnis zufriedenstellend ist, bieten sich einige Verbesserungsmöglichkeiten an. In diesem Zusammenhang ist die Verwendung von Bluetooth-Adaptoren zu nennen, die eine höhere Kompatibilität in Verbindung mit anderen Geräten bieten. Weiterhin ist die Auslagerung der Spracherkennung auf ein anderes Gerät denkbar, dank der Kommunikation über HTTP. Zudem könnte man als letzten Schritt den Automaten

unabhängig von einem separaten Rechenmodul machen und dieses in den Automaten einbauen.

Eine Erweiterung des Konzepts für Getränkeautomaten wäre es, neben der reinen Eingabe von Sprachbefehlen zusätzlich eine akustische Rückmeldung zu installieren. Diese würde die Getränkeauswahl bestätigen, sodass der Nutzer über seine Auswahl informiert wird und einen möglichen Fehler gleich korrigieren kann. Die akustischen Rückmeldungen können dabei mittels Text-To-Speech-Transkription erzeugt und ausgegeben werden. Dabei wird ein Text eingegeben und automatisch vorgelesen.

Eine weitere Verbesserung wäre es, die Füllstände in den Vorratsbehältern messen zu können. Das beträfe in diesem Fall den Stand in den Flaschen. Hier könnte bei einem offenen Behälter ein Ultraschallsensor den Füllstand angeben und den Nutzer darüber informieren, wie viele Getränke basierend auf der Bechergöße noch abgefüllt werden könnten. Zudem bestünde so die Möglichkeit bei einem leeren Behälter eine Nachricht versendet werden, dass der Behälter aufgefüllt werden soll.

Für einen funktionstüchtigen, betriebsbereiten Automaten müssten auch noch optische Anpassungen wie eine Außenverkleidung vorgenommen werden, jedoch konnte die gewünschte Funktionsweise im Wesentlichen realisiert werden.

ANHANG

```
[...]
if strcmp(request.Wort, 'Fanta')
    disp('Fanta ausgewählt')
    Fanta;
    disp('ausgeführt')
    pause(1)
else if strcmp(request.Wort, 'Cola')
[...]
```

Abbildung 5: Kurzer Ausschnitt des Quelltextes zur Erkennung eines möglichen Befehls

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] WIKIPEDIA, THE FREE ENCYCLOPEDIA, 2021. *Automat* [online]. Wikipedia, 15.07.2021 [Zugriff am: 18.02.2022]. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Automat>
- [2] WEB CAPTIONER, 2022. *Web Captioner* [online]. Web Captioner [Zugriff am: 18.02.2022]. Verfügbar unter: URL: <https://webcaptioner.com>
- [3] KROON, Dirk-Jan, 2022. *Web Server* [online]. MATLAB Central File Exchange, 18.10.2011 [Zugriff am: 18.02.2022]. Verfügbar unter: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/29027-web-server>
- [4] ELEKTROPRAKTIKER, 2005. Farbsensoren – Konkurrenz für unser Auge. In: *Elektropraktiker* [online]. 08.2005 [Zugriff am: 18.02.2022]. Verfügbar unter: <https://www.elektropraktiker.de/nc/fachartikel/farbsensoren-konkurrenz-fuer-unser-auge/>
- [5] FRAUENDORF, Judith, 2002. *Entwicklung und Anwendung von Fernerkundungsmethoden zur Ableitung von Wasserqualitätsparametern verschiedener Restseen des Braunkohlentagebaus in Mitteldeutschland* [Dissertation]. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Halle (Saale): Universitäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt. Verfügbar unter: <http://d-nb.info/967158389/34>