

# Sprachgesteuerter Getränkeautomat mit Lego Mindstorms

Etienne Grundmann, Elektromobilität  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Abstract**—Im Rahmen des Projektseminars Elektrotechnik/Informationstechnik sollte ein Automat entwickelt werden, dessen Konstruktion und Programmierung auf Elementen von LEGO Mindstorms basiert. Hierbei handelt es sich um einen Getränkeautomaten mit erweitertem Funktionsumfang. Dieses Projekt beschäftigt sich mit der Analyse von aktuellen Herausforderungen und zeigt entsprechende Möglichkeiten zur Verbesserung. Die dabei entwickelten Ansätze werden im weiteren Verlauf mechanisch umgesetzt und die benötigten Programmabläufe mit der Software MATLAB realisiert. Zudem werden die entstandenen Ergebnisse erläutert und ein möglicher Ausblick gegeben. So wurde am Ende des Projekts ein Automat konzipiert, welcher auf Sprachbefehle reagiert und unterschiedliche Getränke mithilfe von Sensordaten und Motoren abfüllen kann.

**Schlagwörter**—Getränkeautomat, LEGO-Mindstorms, NXT, EV3, Sprachsteuerung, MATLAB.

## I. EINLEITUNG

Automaten begegnen uns in der heutigen Zeit täglich im Alltag. Sei es der Kaffeeautomat im Haushalt oder ein öffentlich zugänglicher Fahrkartenautomat. Diese Automaten besitzen spezielle Funktionen, die für den entsprechenden Anwendungsfall ausgelegt sind. So definiert man einen Automaten als eine Maschine, die vorbestimmte Abläufe selbsttätig („automatisch“) ausführt. Hierbei spielt der Begriff Automatik eine wichtige Rolle. Er steht für eine Vorrichtung, die einen Vorgang steuert und regelt [1]. In Hinblick auf Getränkeautomaten weist aber genau diese Automatik oft klare Grenzen auf. In vielen Fällen bieten diese Automaten die Möglichkeit, eine Auswahl über einen Tastendruck zu treffen, um daraufhin für eine vorgegebene Zeit ein Magnetventil zu öffnen, welches dafür sorgt, dass das gewünschte Getränk aus der Maschine ausgegeben wird.

Hierbei kann man unter anderem feststellen, dass der Prozess mithilfe von weiteren Sensoren und Eingabemethoden noch verbessert werden kann. Außerdem stellt sich die Frage, wie man vorgeht, wenn man keine Taste betätigen kann oder möchte. Das Ziel des Projekts ist dabei, diesen Vorgang zu optimieren und vor allem weiter zu automatisieren, um die Bedienung des Geräts für den Anwender zu erleichtern und eine größere Flexibilität bieten zu können. Hierbei entstand die Idee für einen intelligenten Getränkeautomaten, der sich auch über eine Sprachsteuerung bedienen lässt.

## II. VORBETRACHTUNGEN

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

### A. Konventionelle Getränkeautomaten

Um die Funktionsweise eines intelligenten Getränkeautomaten zu erläutern, sollen zunächst die gegenwärtigen Einschränkungen von konventionellen Automaten dargestellt werden. Dabei ist die Zuverlässigkeit ein wichtiges Thema. Getränkeautomaten besitzen einen festgelegten Programmablauf, jedoch mangelt es in einigen Fällen an entsprechenden Sensoren, um mögliche Fehler erkennen und vermeiden zu können. So kann es beispielsweise vorkommen, dass ein Getränkeautomat damit beginnt, ein Getränk auszugeben, obwohl keine Becher mehr vorhanden sind und der Anwender darüber nicht informiert wird. Zudem ist die Funktionalität dieser Automaten oft nur ausreichend. Es fehlen jedoch erweiterte Funktionen, wie das genaue Bestimmen der erforderlichen Füllmenge oder die Erkennung von Objekten. Außerdem sind Getränkeautomaten in vielen Fällen nur mit einer bestimmten Form und Größe von Behältern kompatibel, weshalb beim Befüllen die Menge nicht angepasst werden muss. Wird beispielsweise eine besonders kleine Tasse platziert, könnte diese überlaufen. Schließlich ist die Interaktion mit dem Automaten über Tasten und andere Bedienelemente nur eingeschränkt barrierefrei. Die Möglichkeit, Sprachbefehle nutzen zu können, kann die Barrierefreiheit dabei verbessern.

### B. Idee

Die Idee hinter diesem Projekt besteht darin, einen intelligenten Getränkeautomaten herzustellen. Dabei wird der Automat als „intelligent“ bezeichnet, da er mithilfe von Sensoren Messwerte erhebt, auf dessen Grundlage mögliche Probleme von konventionellen Getränkeautomaten gelöst werden können. Hierbei ist die Eingabe von Befehlen über eine Sprachsteuerung ein wichtiger Ansatz. Zudem sollte der Automat eine gewisse Auswahl von unterschiedlichen Getränken bieten. Dabei ist das Ziel, mindestens drei verschiedene Produkte bereitstellen zu können. Die Konstruktion sollte so ausgelegt sein, dass sie mit unterschiedlichen Behältnissen kompatibel ist,

beziehungsweise sich im Idealfall daran anpassen kann. Helligkeitssensoren könnten dafür eingesetzt werden, Objekte, welche vor dem Automaten platziert werden, zu erkennen. Ob und welche Flüssigkeit sich in einem Glas oder Becher befindet, könnte über einen Farbsensor bestimmt und anhand dieser Information eine Vorauswahl getroffen werden. Zudem sollte auch die Temperatur der eingefüllten Flüssigkeit gemessen werden können. Abschließend sollte der Füllstand überwacht werden, um die Füllmenge anzupassen und zu verhindern, dass zu viel oder zu wenig Flüssigkeit abgegeben wird. In diesem Fall kann ein Ultraschallsensor eingesetzt werden.

### C. Umsetzung

Zur Realisierung dieser Idee wurden folgende Vorüberlegungen getroffen. Die akustischen Signale für eine Sprachsteuerung werden über ein Mikrofon aufgenommen und verarbeitet. Sobald ein Getränk aus einer Auswahl von möglichen Artikeln genannt wird, muss der Automat bereit sein, die entsprechende Flüssigkeit auszugeben. Wenn zum Beispiel ein Glas vor den Automaten gestellt wird, sieht der Nutzer anhand von LEDs, dass seine Eingabe erkannt wurde. Im nächsten Schritt wird der Automat den Füllstand messen, den Inhalt bestimmen und mit dem Befüllen beginnen. Hierbei ist zu beachten, wie der Transport der Flüssigkeit in das Glas umgesetzt werden kann. Dabei bieten sich im Wesentlichen drei Möglichkeiten an. Die erste Möglichkeit besteht darin, mithilfe der Schwerkraft eine Flüssigkeit aus einem Vorratsbehälter über einen Schlauch zu transportieren und den Durchfluss über Ventile zu regulieren. Eine weitere Methode wäre, anstatt der Ventile einen Mechanismus zu verwenden, welcher den Schlauch zusammendrückt. Die letzte Möglichkeit besteht darin, dass Pumpen den Vorgang aktiv unterstützen und über Relais zugeschaltet werden können. Parallel dazu wird die Temperatur am Gerät angezeigt. Nachfolgend wird das Ende des Vorgangs mithilfe der LEDs signalisiert und der Getränkeautomat wird in seinen Ausgangszustand zurückgesetzt. Man kann das Glas nach diesem Arbeitsschritt wieder entnehmen. Zusätzlich wird ein Abbruch des Programms über eine Taste ermöglicht, um den Vorgang abschließend oder im Falle eines Fehlers, zu beenden.

## 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 wurde aus mehreren Segmenten zusammengesetzt. Als Grundlage dient ein Grundgerüst, welches dafür ausgelegt ist, die Last von allen Einzelementen tragen und diese daran befestigen zu können. Hierbei ist der größte Anteil am Gesamtgewicht auf die Vorratsbehälter (Flaschen) zurückzuführen. An der Oberseite ist ein sog. Sensorpaket angebracht. Wie in Abbildung 1 sichtbar wird, besteht das Sensorpaket aus drei LEGO-Sensoren; einem Tastsensor, einem Ultraschallsensor sowie einem Farbsensor. Zusätzlich befindet sich vor den Sensoren ein Schlauch. Die Sensoren können durch



Abbildung 1: Sensorpaket mit Farbsensor sowie Ultraschall- und Tastsensor

einen LEGO-Motor auf- und abwärts bewegt werden. An der Vorderseite sind zwei LEDs in die horizontalen Träger integriert und werden über Batterien mit einer Gesamtspannung von 9 V betrieben. Ein weiterer Motor betätigt hierbei einen Schalter, um die LEDs ein- und auszuschalten. Wie in Abbildung 2 dargestellt, befinden sich auf dem Grundgerüst zwei Halterungen, um Flaschen mit einem Volumen von 0,5 l mit dem Automaten zu verbinden. Es ist ein Temperatursensor in die Halterung integriert, um die Temperatur der Flüssigkeiten zu bestimmen und die Messwerte an Programmierbausteine 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 Schläuche mit einem Innendurchmesser von 4 mm verwendet und mit einer Y-Verbindung verbunden. Hierbei regulieren zwei Motoren den Durchfluss. 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

Die Auswahl des Getränks erfolgt durch den Nutzer über einen Sprachbefehl. Die Spracherkennung wird dabei auf einem Computer ausgeführt, welcher parallel dazu auch die Kommunikation zu den Programmierbausteinen übernimmt. Die sog. Speech-to-text-Transkription, wodurch gesprochene Worte in einen schriftlichen Text umgewandelt werden, wird in diesem

Fall mithilfe der kostenfreien Webseite „webcaptioner.com“ realisiert. Dort lassen sich zum einen die Transkription starten und zum anderen auch einzelne Wörter als HTTP-Befehl übermitteln [2]. Dazu wird ein sog. Webhook verwendet, welcher im Sekundentakt Befehle an eine zuvor definierte URL sendet. Dabei wird auch ein Port angegeben, auf dem das Gerät entsprechende Daten empfangen kann, beispielsweise Port 4000 oder 4001. Die URL ist in diesem Fall der Computer selbst, d.h. man verwendet „http://localhost:4001/“ oder alternativ „http://127.0.0.1:4001/“. Damit man die Daten verarbeiten kann, müssen die HTTP-Befehle von MATLAB ausgewertet werden, da die Programmierung des Automaten in MATLAB erfolgt. Die Umsetzung ermöglicht die Funktion „Web Server“, welche von MathWorks angeboten wird und sich in MATLAB integrieren lässt.

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

In diesem Fall startet die Funktion einen Webserver auf dem zuvor definierten Port 4001 und gibt die eingehenden Befehle in der Konsole aus. Im weiteren Verlauf wird das Skript, wie im Anhang dargestellt, so angepasst, dass lediglich bestimmte Schlagwörter verarbeitet werden, da das Ziel verfolgt wird, zwischen drei verschiedenen Getränken zu wählen, wobei alle Eingaben, welche nicht den vorgeschriebenen möglichen Eingaben entsprechen, verworfen werden. Abbildung 3 zeigt den Programmablaufplan dieser Spracherkennung. Es ist erkennbar, dass nachdem der Server gestartet wurde und eine Spracheingabe erfolgt ist, überprüft wird, ob die Worte „Cola“, „Fanta“ oder „Spezi“ enthalten sind. Sollte dieser Fall eintreten, so wird die entsprechende MATLAB-Funktion ausgeführt. Nach der Ausführung lässt sich das Programm über einen Taster abbrechen, anderenfalls wird der Vorgang wiederholt.

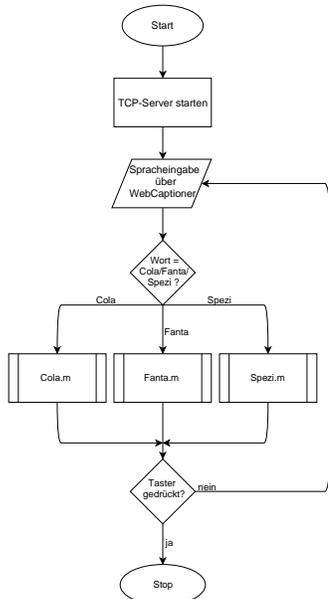


Abbildung 3: Programmablaufplan der Spracherkennung

C. Flüssigkeiten

Neben dem Transport der Flüssigkeiten besteht die Herausforderung darin, eine geeignete Methode zu finden, um den

Durchfluss zu unterbrechen. In diesem Projekt werden 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. Nachfolgend werden die beiden Flüssigkeiten über Schläuche zusammengeführt. Da sich die Ausgabe an einem beweglichen Sensorkopf befindet, existiert eine Schlauchreserve von einigen Zentimetern in der Konstruktion, sodass sowohl das Minimum als auch Maximum des Sensorpakets erreicht werden kann, wodurch sowohl kleine als auch große Becher verwendet werden können.

D. Sensorik

Um das Programm zu realisieren, werden fünf Sensoren benötigt. Wie in Abbildung 4 dargestellt, muss zunächst die Helligkeit bestimmt werden, um zum Beispiel ein Glas zuverlässig zu erkennen. Diese Messung erfolgt über die Bestimmung der Beleuchtungsstärke mit dem Helligkeitssensor. Wird ein Schwellwert von 210 lx unterschritten, fährt der Automat im Programmablauf fort. Ein Tastsensor wird dafür benötigt, ein Signal zu übertragen, falls der Sensorkopf den Rand eines Behälters berührt, sodass dieser nicht weiter abwärts bewegt wird. Nachdem die Temperaturmessung mit Temperatursensor erfolgt ist, bestimmt der Ultraschallsensor den Abstand zwischen Sensorkopf und Wasseroberfläche. Bei Unterschreitung des Werts von 5 cm schließen die Ventile, damit die maximale Füllhöhe eingehalten wird. Ein weiterer Tastsensor kann zum Abbruch betätigt werden.

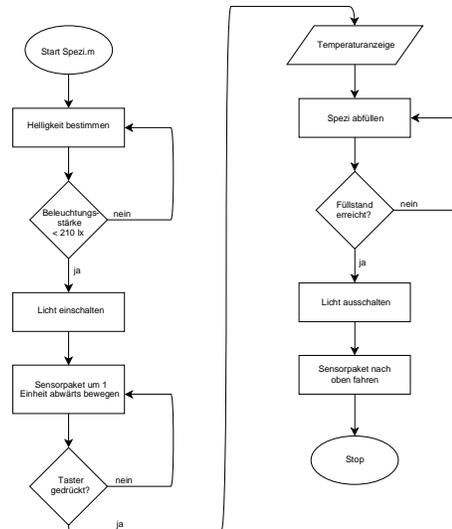


Abbildung 4: Programmablaufplan eines MATLAB-Skripts für ein spezifisches Getränk

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Am Ende des Projekts ist ein Getränkeautomat entstanden, welcher einen Sprachbefehl akzeptiert und die Möglichkeit bietet, zwischen drei verschiedenen Getränken zu wählen. Dabei kann aus zwei Flaschen ein neues Getränk gemischt werden. Zudem ist der Automat in der Lage, die Füllmenge zu bestimmen und Gläser oder Becher beliebiger Größe präzise auf ein eingestelltes Maximum zu befüllen. Dieser Prozess kann auch mehrfach mit unterschiedlicher Getränkewahl wiederholt

werden. Außerdem bietet der Automat eine Temperaturanzeige und signalisiert zusätzlich den aktuellen Zustand visuell. Zwar wurde die Funktion, welche eine Flüssigkeit, die sich noch im Becher befindet, eindeutig identifiziert, in diesem Projekt nicht mehr umgesetzt, jedoch stand die Kosten-Nutzen-Bilanz aufgrund der Komplexität dieser Funktion ohnehin in einem negativen Verhältnis.

Bei der Realisierung der Idee sind auch einige Probleme aufgetreten. So gab es zu Beginn des Projekts ein Problem mit der Kommunikation zwischen Computer und Programmierbausteinen mittels Bluetooth. Diese Verbindung war stets instabil und sorgte für Fehler bei der Ausführung von Code, weshalb die Programmierbausteine kabelgebunden verwendet wurden.

Im weiteren Verlauf zeigte sich, dass ein Farbsensor zur Erkennung von farbigen Flüssigkeiten ungeeignet ist. Ein Farbsensor 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 deren Wellenlängen bei 780 Nanometer beginnen und von vielen Flüssigkeiten absorbiert werden [5].

Bei Verwendung der Sprachsteuerung trat zunehmend das Problem auf, dass einzelne Befehle gar nicht, unvollständig oder nur mit sehr großer Latenz vom Webserver erfasst wurden. Diese Problematik kann unter Umständen auf die Auslastung und Leistungsfähigkeit des verwendeten Computers zurückzuführen sein, da bei diesem Projekt mehrere Prozesse parallel benötigt wurden.

Zur besseren Umsetzung des Abfüllvorgangs wären entsprechende Ventile hilfreich, welche einen Innendurchmesser von acht bis zehn Millimeter besitzen. Die bei diesem Projekt verwendete Methode ist teilweise anfällig für Fehler, da die Motoren nicht immer exakt die festgelegte Anzahl an Umdrehungen umsetzen, die Ausgangsposition nicht erreichen und somit die Leitung in manchen Fällen noch geringfügig geöffnet oder geschlossen ist. Die Ventile sollten dabei möglichst einfach zu betätigen und aus Kunststoff oder einem ähnlich leichten Material gefertigt sein, um das Gesamtgewicht nicht zusätzlich zu erhöhen. Dafür könnten diese speziell angefertigt werden, um den Anforderungen zu entsprechen. Beispielsweise ließen sich Kunststoffteile in einem 3D-Drucker herstellen. Sollte es nicht möglich sein, Ventile zu verwenden, so wäre die Konstruktion von Getrieben möglich, sodass mehr Kraft auf einen Punkt konzentriert werden kann und die Toleranz bei ungenauer Anzahl an Umdrehungen größer wäre.

## V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die Motivation hinter diesem Projekt war, einen Automaten zu entwickeln, der die Kritikpunkte an konventionellen Automaten, welche zuvor genannt wurden, umgeht und die Idee von

einem intelligenten Getränkeautomaten möglichst gut umsetzt. Dieses Ziel konnte mit dem Endprodukt sowohl theoretisch als auch praktisch erreicht werden. Als Vorlage dafür dienten bereits existierende Automaten. Das Ergebnis bietet auch einige Verbesserungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel die Verwendung von Bluetooth-Adaptoren, die eine höhere Kompatibilität in Verbindung mit anderen Geräten bieten oder die Auslagerung der Spracherkennung auf ein anderes Gerät, dank der Kommunikation über HTTP.

Als Erweiterung des Konzepts für Getränkeautomaten wäre, neben einer reinen Eingabe von Sprachbefehlen, eine akustische Rückmeldung denkbar, sodass der Nutzer über seine Auswahl informiert wird und einen möglichen Fehler gleich korrigieren kann. Außerdem wäre die Messung der Füllstände in den Vorratsbehältern, in diesem Fall Flaschen, hilfreich. Hier könnte bei offenen Behältern ein Ultraschallsensor den genauen Füllstand angeben und den Nutzer darüber informieren, wie viele Getränke, basierend auf der Bechergröße, noch abgefüllt werden können. Die akustischen Rückmeldungen können dabei mittels Text-To-Speech-Transkription erzeugt und ausgegeben werden. Dabei wird ein Text eingegeben und automatisch vorgelesen.

Natürlich müssten für einen realen Betrieb des Automaten auch noch optische Anpassungen 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://dnb.info/967158389/34>