

# Exposé

## Entwicklung und Bau eines Staubsaugroboter

Hochschule Furtwangen University  
Fakultät: W  
Studiengang: IEB

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Jörg Friedrich

Sommersemester 2023  
Verfasser: Shili Zhang  
Matrikel-nummer: 273195

---

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe.

Die verwendeten Literaturquellen sind im Literaturverzeichnis vollständig zitiert.

Villingen-Schwenningen,  
Anschrift: Shili Zhang  
Austraße 8 78056  
Villingen-Schwenningen

Unterschrift:  
Datum: 07.04.2023

---

## Inhaltverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| 1. Einleitung.....                                 | 1  |
| 2. Entwicklung und Geschichte der Staubsauger..... | 2  |
| 3. Aufgabenstellung .....                          | 6  |
| 3.1 Zweck.....                                     | 6  |
| 3.2 Anforderungen an den Staubsaugroboter.....     | 6  |
| 4. Stand Technik.....                              | 8  |
| 4.1 Robot Technik.....                             | 8  |
| 4.1.1 Blockdiagramm.....                           | 8  |
| 4.2 3D-Druck.....                                  | 8  |
| 4.2.1 3D-Druck Technik.....                        | 8  |
| 4.2.2 Material.....                                | 9  |
| 4.3 Bewegung.....                                  | 9  |
| 4.3.1 Spiralalgorithmus.....                       | 9  |
| 4.3.2 s-förmiger Weg .....                         | 10 |
| 4.3.3 Wand-folgender Weg.....                      | 10 |
| 4.4 Steuerungssystem.....                          | 11 |
| 4.4.1 Arduino.....                                 | 11 |
| 4.4.2 Die Vor- und Nachteile von Arduino.....      | 11 |
| 4.5 Vakuumpumpe.....                               | 12 |
| 4.6 Sensor.....                                    | 13 |
| 4.6.1 Stoßsensor.....                              | 13 |
| 4.6.2 Klippensensor.....                           | 14 |
| 4.7 Betriebe.....                                  | 15 |
| 5. gekaufte Bauteile.....                          | 16 |
| 6. Zeitplan.....                                   | 18 |
| 7. Quelle.....                                     | 19 |

## 1. Einleitung

Ein Robotersystem in einer natürlichen öffentlichen Umgebung so zu betreiben, dass es einen nützlichen Dienst wie das Reinigen eines Bodens leistet, ist etwas völlig anderes als das Betreiben eines Industrieroboters in einer Arbeitszelle. Dies gilt insbesondere, wenn der Roboter über längere Zeit autonom arbeiten soll. Ein Industrieroboter, beispielsweise ein Schweißroboter, arbeitet normalerweise unter ziemlich kontrollierten Bedingungen. Der Roboter führt eine vorprogrammierte Abfolge elementarer Operationen aus. Eine vorprogrammierte Abfolge von Operationen erfordert nicht, dass der Roboter die Umgebung beobachtet, interne Modelle aufbaut oder über die Umgebung urteilt. Es erfordert nicht, dass der Roboter sein Verhalten an Änderungen anpasst der Umgebung, die während des Betriebs des Roboters auftreten können. Unbekannte oder unvorhergesehene Änderungen in der Umgebung eines Industrieroboters, die seinen programmierten Betrieb stören könnten, sind einfach nicht erlaubt; treten sie auf, führt dies zu einer sofortigen Abschaltung des Roboters. Der Roboter muss nicht über seine Aufgabe nachdenken und eine Vorgehensweise zu entwickeln oder zu planen, die Aufgabe lösen. Über mögliche Eingriffe und Interaktionen mit menschlichen Arbeitern muss nicht nachgedacht werden, da diese sich in der Regel außerhalb des Arbeitsbereichs des Roboters aufhalten müssen. Alle diese Fragen müssen nicht zu vernachlässigen, sobald ein Roboter einer natürlichen Umgebung ausgesetzt ist und dort ohne menschliche Kontrolle operieren soll. Ungeachtet der Tatsache, dass eine erstaunliche Anzahl von nicht-fertigungsbezogenen Aufgaben und Arbeitsgänge lassen sich nur durch sogenannte Serviceroboter automatisieren eine sehr bescheidene Anzahl dieser Serviceroboter hat jemals einen Entwicklungsstand erreicht, der einen regulären Betrieb ermöglichen würde. Das ist erstaunlich, da das prognostizierte Marktpotenzial dieser nicht-industriellen Anwendungen das von Industrierobotern bei weitem übersteigt. Es gibt jedoch mindestens eine Anwendung, bei der die Situation definitiv anders ist: die Reinigung. [1]

Ein Staubsauger ist ein Reinigungsgerät, das mit einem Gebläse ausgerüstet ist, welches einen Unterdruck erzeugt. An der Saugseite des Staubsaugers ist eine Ansaugöffnung. Diese wird vom Anwender gezielt über die zu reinigenden Flächen geführt. Die angesaugte Luft fließt durch mehrere Filter oder einen Zyklon; diese filtern Staub und kleinere Schmutzteilchen aus dem Luftstrom heraus. Die Luft verlässt den Staubsauger weitaus sauberer, als sie in ihn hineingeströmt ist. [2]

## 2. Entwicklung und Geschichte der Staubsauger [3]

### (1) 1860: Patent für den Carpet Sweeper

Bemerkenswert: Er integrierte ein System mit Wasserbehältern, in denen der Schmutz gesammelt und ausgespült werden konnte. Seine Erfindung gilt heute als wegweisend für die Staubsaugergeschichte, obwohl sie sich nicht durchsetzte.

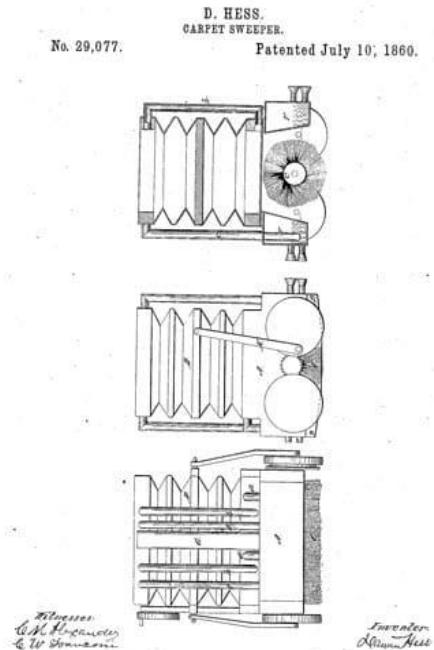


Abbildung 1: Abbildung aus der Patentanmeldung von D. Hess

### (2) 1899: der pneumatische Teppicherneuerer

Der US-Amerikaner **John S. Thurman** erfand Ende des 19. Jahrhunderts seinen pneumatischen Teppicherneuerer. Dabei handelte es sich um einen gasbetriebenen Staubbläser, der den Schmutz löste und wegblies. Die General Compressed Air Company bot eine Reinigung für 4 Dollar an. Das Gerät kam mit einem Pferdefuhrwerk zum Haus. Angebrachte Schläuche legten die Reinigungskräfte in das Haus.



Abbildung 2: Der Vacuumwagon mit pneumatischem Teppicherneuerer von John S. Thurman

### **(3) 1901: Booth erfindet den ersten Staubsauger**

Alles andere als handlich war die erste Version des Vaccum Cleaners von Booth. Es bestand aus einer schweren, mit meterlangen Schläuchen ausgestatteten Konstruktion, deren Herz eine Saugpumpe war. Dieser erste motorbetriebene Staubsauger musst mit einem Pferdefuhrwerk transportiert werden. Die Folge: Betuchte Bürger bestellten das Gerät samt Arbeiter. Diese saugten Boden und Sitze ab. Es soll sogar zu Partys gekommen sein, bei denen die Hausherren mit Freunden dem Treiben genüsslich zusahen und die Technik bewunderten.

Booth entwickelte seinen sogenannten Saugwagen weiter. Er platzierte den Sauger in Kellerräumen, von wo aus mit Schläuchen das Haus gesaugt werden konnte. Die zentral aufgestellte Konstruktion war jedoch ähnlich überdimensioniert wie sein fahrbarer Sauger. Dennoch war diese Konstruktion typisch für viele Modelle in den nächsten Jahrzehnten. Die Staubsauger waren häufig an zentral eingerichtete Rohrsysteme angeschlossen, über die der Schmutz in das eigentliche Gerät gesaugt wurde. Beim Bedienen wurde der Schlauchanschluss entsprechend immer wieder gewechselt.

### **(5) 1907: Hoover erfindet die Entstaubsaugpumpe**

Trotz der extrem unhandlichen Größe feierte Booths Staubsaugervorrichtung in Europa Erfolge. Das blieb nicht unbemerkt. Der Lederfabrikant **William H. Hoover** versuchte, die Konstruktion von Booth deutlich kompakter zu gestalten. Gemeinsam mit seinem Mitarbeiter **Murray Spangler** – dem eigentlichen Erfinder – gelang es ihm, die Entstaubsaugpumpe zu entwickeln, die bereits an den heutigen Staubsauger erinnerte.

### **(6) Entwicklung der Verschiedenen Modelle von Staubsaugern**

- a. Elektrolux bietet ersten Staubsauger im Jahr 1912 an



Abbildung 3: LUX 1 von Electrolux

c. 1920/1921 Model V von Electrolux : Dieser Staubsauger ähnelte bereits den heutigen Geräten des Konzerns und fand großen Zuspruch. Der Sauger lag auf einem Schlitten, nicht auf Rollen.

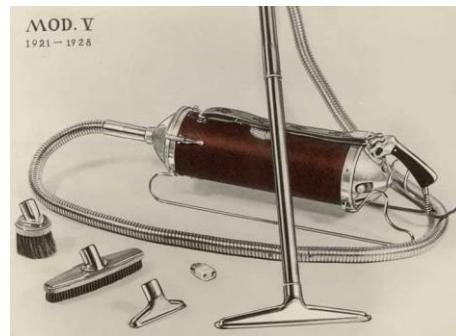


Abbildung 4: Electrolux Model V

g. Im 1993 Dyson bringt Zyklonstaubsauger DC01 auf den Markt: Erneut war es Dyson, der für eine Neuentwicklung sorgte. Der DC01 war der erste Zyklonstaubsauger mit einer Dual-Zyklon-Technologie. Beim Einsaugen der Luft wurde diese besser von Schmutz gereinigt, das Saugergebnis verbesserte sich. Das Gerät gilt heute als Vorbild für eine neue Generation von Zyklonsaugern



Abbildung 5: Der Dyson DC01 von 1993

h. Im 1996 Elektrolux revolutioniert den Markt mit Saugroboter: 1996 stellte Elektrolux seinen Staubsauger Trilobite in einer BBC-Wissenschaftssendung vor. Das Gerät funktionierte völlig autonom und galt als erster serienreifer Staubsaugroboter in der

Geschichte der Staubsauger. Die ersten Modelle waren allerdings fehleranfällig.  
Insbesondere kollidierten sie regelmäßig mit Möbeln und Gegenständen.



Abbildung 6: Der erste Saugroboter

i.Im 2002 iRobot bringt Roomba auf den Markt: Das Unternehmen iRobot stellte den Saugroboter Roomba vor. Das Gerät glich einer kleinen Diskusscheibe und war extrem niedrig. Es reinigte in seiner letzten Serienfertigung bis zu 80 qm Fläche. In rund 15 Jahren hatte das Unternehmen mehr als 15 Millionen dieser Geräte verkauft. Das ist bisherige Spitze bei den Saugrobotern.



Abbildung 7: Der iRobot Roomba der ersten Generation.

### (7) Das Objekt der Aufgabe: Robrock S7

Der Robot Robrock S7 ist im 2021 beim Unternehmen Robrock ausgestellt, der viele Funktionen hat, sowie Seitenbürsten, Kollisionsschutz, Saugen, Bürsten, Fangbehälter herausnehmbar, Random fahren, Ladestation, Abstützschutz bei Treppen. Alle diese Anforderungen sind bei dieser Aufgabe benötigt, deshalb wird Robrock S7 als eine gut Referenzmaterial betrachtet.



Abbildung 8: Robrock S7

### 3. Aufgabenstellung

#### 3.1 Zweck

Mittels 3D Drucktechnik wird ein Staubsaugroboter aufgebaut. Funktionen Seitenbürsten, Kollisionsschutz, Saugen, Bürsten, Fangbehälter herausnehmbar, Random fahren, Ladestation, Abstü茨chutz bei Treppen, Ersatzteile sollen von gewerblich erhältlichen Staubsaugroboter bezogen werden können.

#### 3.2 Anforderungen an den Staubsaugroboter

- (1) Alle Bauteile müssen bei 3D-Drucker aufgebaut
- (2) Der Staubsaugroboter muss mit Seitenbürsten ausgerüstet werden. Die Seitenbürsten sind bei Motor angetrieben.



Abbildung 9: Roborock S7

- (3) Wenn das vordere Ende des Roboters ein Objekt wie Möbel berührt, fährt er automatisch zurück und ändert die Richtung
- (4) Eine Vakuumpumpe muss ausgerüstet werden, dass der Staub am Boden angesaugt wird



Abbildung 10: roborock-s7

- (5) Einer Fangbehälter ist gebraucht, um staub zu sammeln.

- (6) Durch Arduino wird Programm aufgeschrieben, dass der Staubsaugroboter Random fahrt.
- (7) Dank spezieller Sensoren erkennen Saugroboter ferner die Treppe als solche rechtzeitig und drehen dann ab. Das ist auch unumgänglich um einen Unfall und somit die Beschädigung oder sogar Zerstörung des Gerätes zu vermeiden.[4]



Abbildung 11: Abstützschutz bei Treppen

- (8) Manche der Saugroboter merken, dass die Leistung des Akkus nahezu aufgebracht oder der Reinigungsvorgang abgeschlossen ist. Wenn dies eintritt, dann fahren sie zur Station zurück und laden den Akku an der Ladestation selbstständig wieder auf.
- (9) Ersatzteile sollen von gewerblich erhältlichen Staubsaugroboter bezogen werden können

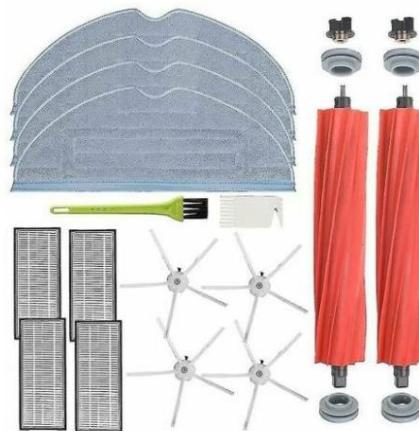


Abbildung 12: Ersatzteile von Roborock S7

## 4. Stand Technik

### 4.1 Robot Technik

Ein Roboter ist ein maschinelles Gerät, das automatisch Arbeiten ausführt. Es kann menschliche Befehle akzeptieren, vorprogrammierte Programme ausführen und nach Prinzipien handeln, die mit Technologie künstlicher Intelligenz formuliert wurden. Seine Aufgabe ist es, menschliche Arbeit zu unterstützen oder zu ersetzen. Der Roboter verfügt über ein unabhängiges Steuersystem, ein Mehrzweck-Automatikgerät, das den Arbeitsablauf und die Programmierung ändern kann. Der Roboter besteht hauptsächlich aus einem Aktuator, einem Maschinenkörper, einem Steuersystem und einem Erfassungssystem. Ein einfacher Roboter kann nur von einem Einplattcomputer gesteuert werden, während ein Roboter mit komplexeren Funktionen mehr Funktionsmodule und Steuerchips benötigt. Funktionsmodule können Informationen kommunizieren und übertragen. Die Funktionsrealisierung des Reinigungsroboters kann sich auf nur eine Steuerplatine stützen.

#### 4.1.1 Blockdiagramm

Der vorgeschlagene Roboter ist ein batteriebetriebenes elektronisches Gerät mit zwei verschiedenen Sensoren, das binäre Informationen erzeugt. Diese Informationen werden dann an die Steuereinheit gesendet, die als das Gehirn des Roboters gilt. Diese Einheit generiert anhand der von den Sensoren gelieferten Informationen automatisch Steuersignale. Schließlich werden diese Steuersignale an die Radmotortreiber weitergeleitet. [8]

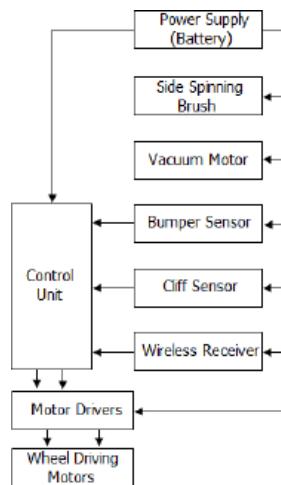


Abbildung 13: Block diagram

### 4.2 3D-Druck

#### 4.2.1 3D-Druck Technik [5]

FDM heißt ausgeschrieben »Fused Deposition Modelling«, ins Deutsche übersetzt etwa »Schmelzschichtverfahren«. Auch gebräuchlich ist, dieses Verfahren als FFF zu bezeichnen, also »Fused Filament Fabrication«. Ein solcher Drucker – und bei den meisten Hobbydruckern handelt es sich um einen solchen – druckt ein 3D-Modell, indem er es mit flüssigem Kunststoff Schicht für Schicht aufbaut. Den schichtweisen Aufbau der Objekte können Sie gut in Abbildung 16 sehen. Achten Sie auf die Verschlussklappe des Teleskops



Abbildung 14: Das Hubble-Weltraumteleskop als 3D-Objekt

Der *Extruder* (die Druckdüse inkl. Heizelemente), der das 3D-Modell ausdrückt, muss in den drei räumlichen Achsen (X, Y und Z) bewegt werden können. Es haben sich dazu verschiedene Techniken herausgebildet, von denen ich im Folgenden einige beschreibe.

#### 4.2.2 Material

PLA (Polylactide) gehört vor allem im privaten Sektor zweifelsohne zu den am Häufigsten verwendeten 3D-Druck-Materialien. Bevor es eingesetzt werden kann, muss es erst einmal geschmolzen werden. Während des Drucks wird das PLA Granulat mit Hilfe eines Extruders als gleichbleibend dicker Strang herausgepresst und im nächsten Schritt in dünnen Schichten auf die Druckfläche aufgetragen. Die meisten Nutzer entscheiden sich für einen Filamentdurchmesser von 1,75 bzw. 2,85 mm, auch 3 mm liegen im Bereich des Möglichen.

#### 4.3 Bewegung

Der Roboter fährt Random, wenn er im automatischen Modus läuft, aber der Roboter bewegt nicht völlig zufällig. Die Fahrtrichtung des Roboters wird durch verschiedene Algorithmen des Steuersystems gesteuert. Einige Algorithmen sind folgend zum Beispiel.

##### 4.3.1 Spiralalgorithmus [8]

Dieser Algorithmus ermöglicht es dem Roboter, einen vergrößerten Kreis zu erstellen. Zunächst prüft der Roboter, ob genügend Platz vorhanden ist, um sich spiralförmig zu

bewegen. Wenn ja, krümmt sich der Roboter in Richtung der linken Seite (linke Seite), wobei der Radius vom Mittelpunkt zunimmt, bis ein Hindernis erfasst wird. Wenn das Hindernis erkannt wird, stoppt der Roboter die Ausführung des Algorithmus. Dieser Algorithmus hilft bei der schnellen Abdeckung des Raumbereichs.

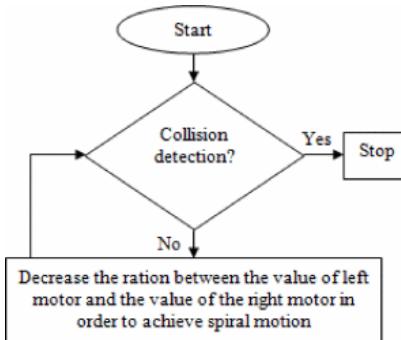


Abbildung 15: Flow chart of the spiral algorithm.

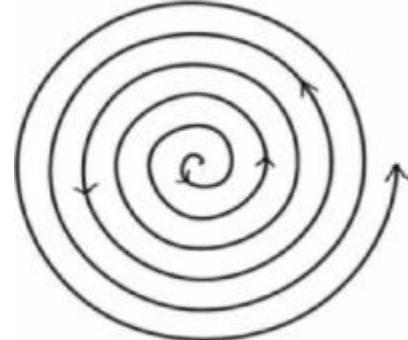


Abbildung 16: Motion path produced by spiral algorithm

#### 4.3.2 s-förmiger Weg [8]

Die Routenkarte dieses Algorithmus ist wie der Buchstabe „S“. Dieser Algorithmus ist das schnellste Verfahren, um die gesamte Raumfläche abzudecken. Bei jeder Kollision mit einem Hindernis ändert sich in diesem Modus kontinuierlich die Drehrichtung des Roboters.

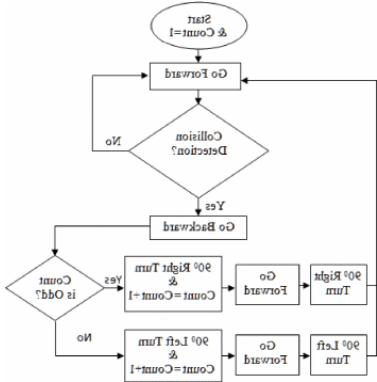


Abbildung 17: Flow chart of the 's' shape pattern algorithm.

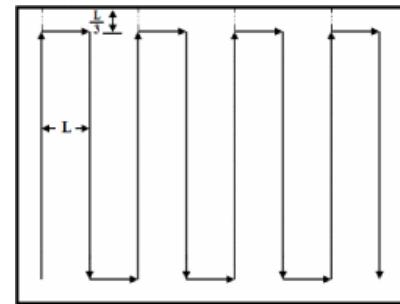


Abbildung 18: 's' shape pattern motion path.

#### 4.3.3 Wand folgend [8]

Wall-Following-Algorithmen ermöglichen es dem Roboter, sich entlang von Wänden zu bewegen. Während er sich an der Wand entlang bewegt, sammelt er mit rotierenden Seitenbürsten Schmutz aus Ecken und Wänden. Der Algorithmus hilft auch dabei, den gesamten Bereich effizient abzudecken.

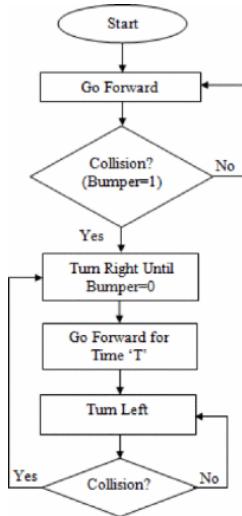


Abbildung 19: Wall follow algorithm flowchart

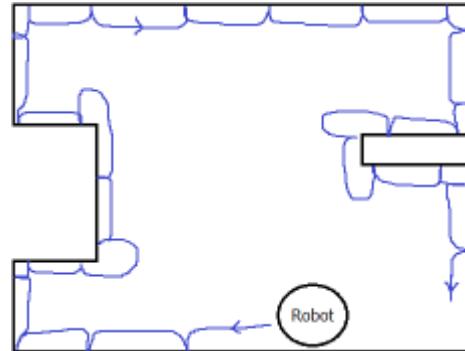


Abbildung 20: Robot moving along room boundary in wall follow algorithm

## 4.4 Steuerungssystem

### 4.4.1 Arduino [6]

Einfach ausgedrückt, ist der Arduino ein winziges Computersystem, das Sie mit Anweisungen programmieren können, sodass es auf verschiedene Arten von Eingaben reagiert und verschiedene Arten von Ausgaben hervorruft. Das aktuelle Arduino-Modell, der Uno, ist kleiner als eine Handfläche, wie Sie in Abbildung 2–1 sehen.

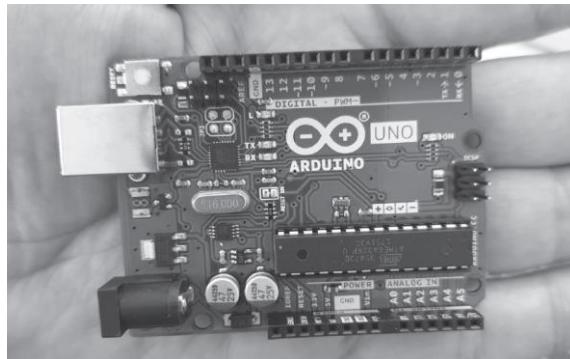


Abbildung 21: Der Arduino Uno ist ziemlich klein.

Für Uneingeweihte mag der Arduino nicht sehr beeindruckend aussehen, allerdings können Sie damit Geräte bauen, die mit der Umgebung in Wechselwirkung treten. Sie können eine fast unbegrenzte Palette von Eingabe- und Ausgabegeräten wie Sensoren, Indikatoren, Anzeigen, Motoren usw. verwenden und genau die Art von Wechselwirkung programmieren, die Sie für ein funktionierendes Gerät benötigen.

### 4.4.2 Die Vor- und Nachteile von Arduino [7]

Arduino-Boards zeichnen sich insbesondere durch zwei Eigenschaften aus:

Einerseits liefern sie fertig eingebaute Prozessorleistung inklusive

Peripherie (Ein-/Ausgänge sowie Schnittstellen), was sie für alle Nutzer interessant macht, die nur über geringe Elektronikkenntnisse verfügen. Andererseits – und damit sammeln die Mini-Plattformen aus Italien auch wertvolle Pluspunkte im „Arduino vs. Raspberry Pi“-Vergleich – liefert die auf die Hardware abgestimmte Entwicklungsumgebung eine Programmieroberfläche mit diversen fertigen Bibliotheken, die das Programmieren erheblich erleichtert. Ferner ist die IDE (da in Java geschrieben) plattformunabhängig und daher mit gleichem Erscheinungsbild sowohl in Windows als auch Linux und macOS verfügbar.

Die Simplizität der Arduino-Boards ist nicht ausschließlich mit Vorteilen verbunden: So ist die integrierte Entwicklungsumgebung zwar eine große Stütze bei der Ansteuerung der Hardware, allerdings lernen Programmierneulinge auf diesem Weg kaum etwas über das klassische Code-Schreiben. Allgemein droht die Gefahr, aufgrund der einsatzfertigen Bibliotheken gänzlich auf eigene Programmierung zu verzichten und den möglichen Aktionsradius dadurch unnötigerweise einzuschränken.

Ein weiterer Nachteil von Arduino kommt zum Tragen, wenn die Standardausführung der Mikrocontroller-Boards durch zusätzliche Schnittstellen und Eingabe-/Ausgabe-Funktionen erweitert werden soll. Zwar erlaubt die standardisierte Hardware die unkomplizierte Aufrüstung über sogenannte Shields – der Erwerb dieser Zusatzmodule für Ethernet, LED und Co. lässt die Projektkosten jedoch schnell in die Höhe schießen.

| Vorteile  | Nachteile   |
|---|---|
| sofort einsatzbereites Hardware-/Software-Setup                               | geringer Lernfaktor in Sachen Elektronik und Programmierung (bei Nutzung der IDE) |
| eigene Entwicklungsumgebung mit diversen Bibliotheken (plattformübergreifend) | Aufrüstung mit Shields kann kostspielig werden                                    |

#### 4.5 Vakuumpumpe

Zyklon-Trockensauger werden zum Sammeln von Schmutz verwendet. Im Wesentlichen besteht die Funktion eines Zyklonabscheiders darin, den größten Teil des angesaugten Staubs und Schmutzes zu entfernen und ihn vom Luftstrom, der ihn trägt, abzuscheiden. Dazu wird die mit Staub gefüllte Luft in die Zyklonkammer eingeführt. Der Zyklon bewirkt, dass Luft und Staub um die Außenseite des Behälters

herum zirkulieren, und so halten Zentrifugalkräfte die besonderen Stoffe an den Außenkanten.

Die Drehschieberpumpe besteht hauptsächlich aus Pumpenkörper, Rotor, Drehschieber, Endabdeckung, Feder und so weiter. Ein Rotor ist exzentrisch im Hohlraum der Drehschieberpumpe installiert, der äußere Kreis des Rotors tangiert die Innenfläche des Pumpenhohlraums (es gibt einen kleinen Spalt zwischen den beiden), und zwei Drehflügel mit Federn sind darin installiert der Rotorschlitz. Beim Rotieren treibt die Rotation des Rotors den Rotationsschieber an, sich entlang der Innenwand der Pumpenkammer zu bewegen, wobei er sich auf die Zentrifugalkraft und die Spannung der Feder verlässt, um die Oberseite des Drehflügels in Kontakt mit der Innenwand der Pumpenkammer zu halten.

Die beiden Drehflügel teilen den sichelförmigen Raum, der vom Rotor, der Pumpenkammer und den beiden Enddeckeln umgeben ist, in drei Teile A, B und C, wie in der Abbildung gezeigt. Wenn sich der Rotor in Richtung des Pfeils dreht, nimmt das Volumen des Raums A, der mit der Saugöffnung in Verbindung steht, allmählich zu, und es wird ein Saugvorgang durchgeführt. Und das Volumen des Raums C, der mit der Auslassöffnung in Verbindung steht, wird allmählich verringert, gerade im Verlauf des Entlüftens. Das Volumen des Raums B in der Mitte nimmt ebenfalls allmählich ab, was sich im Kompressionsprozess befindet. Da das Volumen des Raums A allmählich zunimmt (d. h. sich ausdehnt), nimmt der Gasdruck ab und der äußere Gasdruck am Einlass der Pumpe ist höher als der Druck im Raum A, sodass das Gas eingeatmet wird. [10]

#### 4.6 Sensor [8]

Grundsätzlich gibt es hauptsächlich zwei Arten von Sensoren, um die Umgebung für den Roboter zu erfassen. Sie sind

##### 4.6.1 Stoßsensor

Der Stoßsensor wird anstelle des IR-Näherungssensors zum Erkennen von Hindernissen verwendet. Weil die IR-LEDs/Empfänger ziemlich richtungsweisend sind und daher scharfe Hindernisse wie Stuhlbeine oder scharfe Kanten nicht erkennen können. Da der Roboter keine eingebauten Näherungssensoren hat, kann er Hindernisse nur bei Kollisionen mit dem Stoßsensor erkennen. Der

Stoßsensor ist im Grunde ein Kontaktensorschalter. Die Schalter sind sehr zuverlässig und benötigen keine Filterung. Wenn der Roboter gegen etwas stößt, fährt sein Stoßfänger ein und aktiviert mechanische Objektsensoren, die die Maschine über ein Hindernis informieren. Es führt dann die aufeinanderfolgenden Aktionen des Rückwärtsfahrens, Drehens und Vorwärtsbewegens durch, bis es einen freien Weg findet. Die Information wird entweder auf „0“ oder „1“ gesetzt. Wenn der Wert „0“ ist, bedeutet dies, dass kein Hindernis angetroffen wurde, und „1“ bedeutet eine Kollision. Die vordere Stoßstange befindet sich 2 cm über dem Boden, was bedeutet, dass der Roboter Hindernisse erkennen kann, die höher als 2 cm sind.

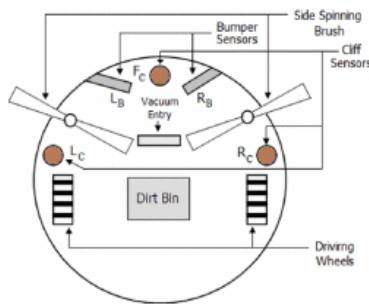


Abbildung 22 Wall follow algorithm flowchart

#### 4.6.2 Klippensensor

Während der Roboter reinigt, vermeidet er Stufen oder andere Abgründe mithilfe von drei Infrarotsensoren an der vorderen Unterseite des Geräts. Der Sensor hat einen IR-Sender und einen Empfänger. Das IR-Licht wird mit 38 KHz moduliert, so dass keine Interferenzen durch Tageslicht auftreten. Diese Klippensensoren senden ständig Infrarotimpulsfolgen aus, wie in Abb. 2 gezeigt, und das Signal prallt sofort zurück. Wenn es sich einer Klippe nähert, gehen die Signale plötzlich verloren. So weiß der Roboter, dass er in die andere Richtung gehen muss. Die Ausgabe der Klippensensoren ist binär äquivalent, wobei „0“ das Fehlen einer Klippe und „1“ das Vorhandensein einer Klippe bedeutet.

Pulse repetition period,  $T = 2.631 \times 10^{-5}$  s  
Frequency,  $f=38$  KHz

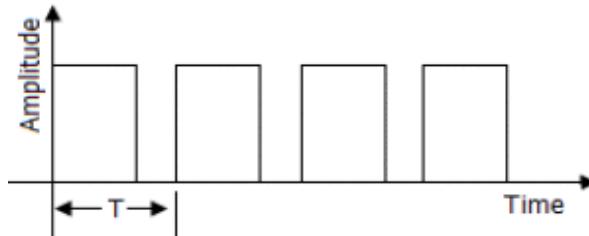


Abbildung 23: Modulierte 38-kHz-IR-Lichtwellenform

#### 4.7 Betreibe

Die verwendete Batterie ist, 7.4V RC Lipo Akkus 4500mAh 60C LiPo Akku.  
Lithiumbatterien haben die folgenden Vorteile

1. Das Energieverhältnis ist relativ hoch. Hat eine hohe Speicherenergiedichte
2. Lange Lebensdauer, die Lebensdauer kann mehr als 6 Jahre erreichen,
3. Hohe Nennspannung
4. Hohe Leistungstoleranz
5. Kurze Ladezeit
6. Kann sich mit hohem Strom entladen
7. Hochstromentladung hat keinen Einfluss auf die Lebensdauer

Die Arbeitsspannung der DC-Schnittstelle der Arduino-Steuerplatine beträgt 7-12 V.

Wählen Sie also zwei 7.4-V-Lithiumbatterie

## 5. gekaufte Bauteile

Die folgenden Bauteile sind nötig und werden im Internet gekauft

| Komponenten         | Modell  | Menge |
|---------------------|---|-------|
| Akku                | Youme 2S LiPo Akku,<br>7.4V RC Lipo Akkus<br>4500mAh 60C                        | 1     |
| Motortreiber        | PCA9685   | 1     |
| Einplatinencomputer | Arduino Uno   | 1     |
| Seitenbürstenmotor  | GA12-N20 DC 12 V<br>2000 U/min Mikro-<br>Geschwindigkeits-<br>Reduktionsmotor   | 1     |
| Servo-Motoren       | MG996R  | 1     |
| Radmotor            | DC-Getriebemotor 12<br>V 600 U/min  | 2     |
| Brushless Lüfter    | 75mm x 30mm 7530<br>12V Doppelkugellager<br>DC Brushless Lüfter<br>Lüfter, 2pin | 1     |

Die übrigen benötigten Teile werden nach Arbeitsfortschritt zugekauft

### (1) HRB RC Batterie

Basierend auf dem Strombedarf der oben genannten Komponenten werden 7.4v Lipo-Akkus für die Stromversorgung des Einplatinencomputers Arduino Uno, des PCA9685 Moduls, und der Motoren verwendet.

### (2) Arduino Uno

Unter den Arduino-Entwicklungsboards ist das Uno-Entwicklungsboard das am besten geeignete Arduino-Entwicklungsboard für Einsteiger. Da es leicht zu erlernen, stabil und zuverlässig ist, ist das Uno-Entwicklungsboard auch das am weitesten verbreitete Entwicklungsboard mit den meisten Referenzmaterialien.

Arduino Uno ist ein Entwicklungsboard, das auf dem Mikrocontroller ATmega328P basiert. Es verfügt über 14 digitale Eingangs-/Ausgangspins (6 dieser Pins können als PWM-Ausgangspins verwendet werden), 6 analoge Eingangspins, einen 16-MHz-Quarzkristalloszillatator, eine USB-Schnittstelle, eine Stromschnittstelle, unterstützt die serielle Programmierung im Schaltkreis und Reset-Tasten. Benutzer müssen das Entwicklungsboard nur über die USB-Schnittstelle an den Computer anschließen, um es zu verwenden. [9]

### (3) Motortreiber: PCA9685

PCA9685 ist ein 16-Kanal-PWM-Wellenausgangschip mit 12-Bit-Präzision, der auf I<sup>2</sup>C-Bus-Kommunikation basiert. Als der Chip erstmals von NXP auf den Markt gebracht wurde, wurde er hauptsächlich zum Dimmen von LED-Schaltern verwendet. Er kann auch zur Steuerung von Servos, Motoren und anderem verwendet werden elektrische Geräte, die durch PWM gesteuert werden können.

Unter Nutzung der funktionalen Eigenschaften der I<sup>2</sup>C-Bus-Kommunikation wird sie häufig verwendet, um die Steuerfähigkeit des Hauptsteuerchips zu erweitern, da nur zwei Leitungen benötigt werden, um eine I<sup>2</sup>C-Kommunikation mit dem Hauptsteuerchip herzustellen, die den GPIO-Pin der Hauptsteuerung ersetzen kann Chip zur Ausgabe von PWM-Wellen, wodurch Ressourcen des Hauptsteuerchips eingespart werden. Diese Funktion wird besonders hervorstechen, wenn die Anzahl der zu steuernden Geräte die Anzahl der verfügbaren GPIO-Pins des Hauptsteuerchips übersteigt [11]

- (4) Seitenbürstenmotor  
Übliche Kehrroboter haben im Allgemeinen 2 seitliche Kehrmotoren, die Geschwindigkeit liegt im Allgemeinen bei 5400 und die Leistung des Zahnradsatzes kann den Schmutz effektiv reinigen
- (5) Radmotor  
Berechnungen zufolge beträgt der Durchmesser des Rads etwa 50 mm und der Roboter bewegt sich mit einer Entfernung von 150 mm pro Sekunde vorwärts. Berechnungen zufolge beträgt die Radgeschwindigkeit etwa 57 Umdrehungen pro Sekunde, das Übersetzungsverhältnis des Zahnradsatzes beträgt 10. und die Motorwellengeschwindigkeit beträgt 600 Umdrehungen pro Sekunde.

## 6. Zeitplan

| Aufgabe                         | Ende März   | April   | Mai  | Juni  | Juli  | August | Dauer<br>woche |     |
|---------------------------------|---|---|--|---|---|--------|----------------|-----|
| Exposé                          |  |   |  |   |   |        | 3              |     |
| Fahrgestell<br>Bauweise         |   |  |  |   |   |        | 1              |     |
| Vakuumpump<br>Bauweise          |   |  |  |   |   |        | 1              |     |
| Modellierung<br>(Solidworks)    |   |   |   |   |   |        | 2.5            |     |
| 3D-Druck                        |   |   |   |   |   |        | 3              |     |
| Elektrische<br>Systemgestaltung |   |   |  |  |   |        |                | 2.5 |
| Bewegungssteuerung              |   |   |  |  |   |        |                | 1.5 |
| Sensoren und<br>Bürsten anlegen |   |   |  |  |   |        |                | 1.5 |
| Ladestation                     |   |   |  |   |  |        |                | 2   |
| Leiterplatt<br>Bauweise         |   |   |  |   |  |        |                | 2   |
| Prüfung und<br>Optimierung      |   |   |  |   |  |        |                | 3   |
| Dokumentation                   |   |   |  |   |   |        | 12             |     |

## 7. Quelle

### 1. Leitungsverzeichnis

- [1] Erwin Prassler, Arno Ritter, Christoph Schaeffer & Paolo Fiorini "A Short History of Cleaning Robots" Published: December 2000
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Staubsauger#Geschichte>
- [3] <https://staubsaugertest.org/geschichte-staubsauger-entwicklung/>
- [4] <http://bester-saugroboter-test.de/saugroboter-fuer-treppen-im-test/>
- [5] "3D-Druck : Praxisbuch für Einsteiger / Thomas Kaffka"
- [6] Boxall, John, 1975- "Arduino-Workshops : Eine praktische Einführung mit 65 Projekten"
- [7] Arduino vs. Raspberry Pi: Einplatinencomputer im Vergleich – IONOS <https://www.ionos.de/digitalguide/server/knowhow/arduino-vs-raspberry-pi/>
- [8] K. M. Hasan, Abdullah-Al-Nahid and K. J. Reza, "Path planning algorithm development for autonomous vacuum cleaner robots," 2014 International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV), Dhaka, Bangladesh, 2014
- [9] <http://www.taichi-maker.com/homepage/reference-index/arduino-hardware-refrence/arduino-uno/>
- [10] <https://zhuanlan.zhihu.com/p/352491184>
- [11] Isha Naik, Divya Raut, Trisha Patel, 3D printed Myoelectric Prosthetic Arm with feedback[J], ICONAT,2022

### 2. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: <https://staubsaugertest.org/geschichte-staubsauger-entwicklung/>
- Abbildung 2: <https://edu.glogster.com/glog/john-thurman/2966b4povw4>
- Abbildung 3: [electroluxgroup.com](http://electroluxgroup.com)
- Abbildung 4: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>
- Abbildung 5: <https://www.dyson.co.uk/support/journey/guides/00800-01.html>
- Abbildung 6: <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0>
- Abbildung 7: <https://staubsaugertest.org/geschichte-staubsauger-entwicklung/>
- Abbildung 8: <https://de.roborock.com/pages/robocrack-s7/>
- Abbildung 9: <https://www.youtube.com/watch?v=IcODPSn1lwM&t=318s>

Abbildung 10: <https://de.roborock.com/pages/roborock-s7>

Abbildung 11: <http://bester-saugroboter-test.de/saugroboter-fuer-treppen-im-test/>

Abbildung 12: <https://www.manomano.de/catalogue/p/zubehr-fr-roborock-s7-s7-s7-plus-s7-max-t7s-t7s-plus-roboter-67664179>

Abbildung 13: " 3D-Druck : Praxisbuch für Einsteiger / Thomas Kaffka"

Abbildung14: 3D-Druck - Praxisbuch für Einsteiger, 2. Auflage  
Thomas Kaffka

Abbildung 15: K. M. Hasan, Abdullah-Al-Nahid and K. J. Reza, "Path planning algorithm development for autonomous vacuum cleaner robots," 2014

Abbildung 16: K. M. Hasan, Abdullah-Al-Nahid and K. J. Reza, "Path planning algorithm development for autonomous vacuum cleaner robots," 2014

Abbildung 17: K. M. Hasan, Abdullah-Al-Nahid and K. J. Reza, "Path planning algorithm development for autonomous vacuum cleaner robots," 2014

Abbildung 18: K. M. Hasan, Abdullah-Al-Nahid and K. J. Reza, "Path planning algorithm development for autonomous vacuum cleaner robots," 2014

Abbildung 21: Boxall, John, 1975- "Arduino-Workshops : Eine praktische Einführung mit 65 Projekten"

Abbildung 22: K. M. Hasan, Abdullah-Al-Nahid and K. J. Reza, "Path planning algorithm development for autonomous vacuum cleaner robots," 2014

Abbildung 23: K. M. Hasan, Abdullah-Al-Nahid and K. J. Reza, "Path planning algorithm development for autonomous vacuum cleaner robots," 2014