



Hochschule für Technik,  
Wirtschaft und Kultur Leipzig

FAKULTÄT INGENIEURWISSENSCHAFTEN

E469 - AUSGEWÄHLTE THEMEN DER  
AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

---

**Autowaschstraße**

---

*Autoren*    Justin Pöhl und Thomas Diner

*Betreuer*    Prof. Dr.-Ing. Jens Jäkel  
                  M.Sc. Marco Braun

17. September 2023

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>ii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Generalüberholung</b>	<b>1</b>
2.1 Aufbau und Abmessungen . . . . .	1
2.2 Sichtung . . . . .	2
2.3 Prüfung der Funktion . . . . .	2
2.3.1 Adressierungstabelle . . . . .	3
2.4 Verdrahtung . . . . .	3
2.4.1 Wendeschützschaltung . . . . .	4
2.4.2 Einsparungen . . . . .	5
<b>3 Vorbereitung des RaspberryPi</b>	<b>5</b>
3.1 Auswahl und Installation des Betriebssystems . . . . .	5
3.2 Einrichtung von Raspberry Pi OS . . . . .	6
<b>4 Programmierung der Waschstraße</b>	<b>7</b>
4.1 Vorwort . . . . .	7
4.2 Programmbeginn / Initialisierungsroutine . . . . .	7
4.3 Das Hauptprogramm . . . . .	7
4.4 Arbeitsweise der Funktionen Vollwäsche und Katzenwäsche . . . . .	8
4.5 NOT-AUS-Routine . . . . .	8
4.6 Autostart des Waschstraßenprogrammes . . . . .	9
4.7 Fernzugriff über SSH . . . . .	9
<b>5 Anhang</b>	<b>10</b>

---

## Abbildungsverzeichnis

1	Pinbelegung Sub-D-Buchse . . . . .	10
2	Programmablaufplan der Katzenwäsche . . . . .	11
3	Programmablaufplan der Vollwäsche . . . . .	12
4	Schaltplan Waschanlage Seite 1 . . . . .	13
5	Schaltplan Waschanlage Seite 2 . . . . .	14
6	Schaltplan Waschanlage Seite 3 . . . . .	15
7	Laborboard mit Raspberry Pi . . . . .	16
8	Laborboard mit Relais und Reihenklemmen . . . . .	16
9	Vorwäsche der Waschstraße . . . . .	17
10	Hauptwäsche der Waschstraße . . . . .	17
11	Trocknungseinheit der Waschstraße . . . . .	18
12	Fertige Waschstraße mit Laborboard samt Einschüben . . . . .	18

---

# 1 Einleitung

Im Rahmen des Kurses 'Ausgewählte Themen der Automatisierungstechnik' bestand die Aufgabe darin, eine selbstgewählte Anlage zu automatisieren. Unsere Wahl fiel auf eine bereits bestehende, funktionell fragwürdige Waschanlage aus dem Laborraum W113. Nach einer Planungsphase sowie der Erstellung eines allgemeinen Fahrplans haben wir mit der Sichtung der Anlage begonnen.

Diese fiel uns ins Auge, da wir in dem Laborraum bereits für ein vorheriges Projekt im Rahmen des Studium Generale tätig waren. Die Anlage besteht hauptsächlich aus 'Fischer'- Technik, welche laut Hersteller-Website <https://www.fischertechnik.de/de-de> 'Kinder, Schüler, Lehrer und Ingenieure seit 1965 begeistert'. Die Technik bietet viele Möglichkeiten bauliche Strukturen mit elektrischen und beweglichen Teilen zu kombinieren.

Link zum Github-Repository:

<https://github.com/coffeebeanster/Waschstrasse/tree/main>

---

# 2 Generalüberholung

## 2.1 Aufbau und Abmessungen

Die Waschstraße hat eine Gesamtlänge von 1040 mm und ist 261 mm breit. An der höchsten Stelle, am Ventilator, beträgt die Höhe 226 mm. Die Waschstraße steht auf einem Holzbrett aus Pressspan mit den Maßen 1050 mm x 350 mm und ist mit einer Schraubzwinge befestigt. Vor der Waschanlage wurde von uns zusätzlich ein 60 x 60 mm Kabelkanal mit einer Länge von 1000 mm angebracht.

Als Objekt, welches gewaschen wird, haben wir ein Modellauto verwendet. Dieses ist 200 mm lang, 75 mm breit und 49 mm hoch.

Zur Programmierung der Waschstraße wurde uns ein RaspberryPi 3 zur Verfügung gestellt. Dieser befand sich bereits auf einer HPL-Platte montiert und war so mit Relais modifiziert, dass seine Aus- und Eingänge 24 V tolerant sind, sodass er ggf. wie eine SPS programmiert werden kann. Die HPL-Platte wurde in ein dafür vorgesehenes Laborboard installiert. Dieses Board haben wir mit zwei Aluminium-Füßen versehen, indem wir jeweils ein Loch in die Füße der Größe 5,5 mm bohrten und mit je zwei Schrauben befestigten. So lässt es sich sicher aufstellen.

Hinsichtlich der Planung für die benötigten Betriebsmittel fiel uns des weiteren auf, dass eine zusätzliche HPL-Platte benötigt wird, um Reihenklemmen sowie Relais zu installieren. Dafür haben wir zwei Hutschienen der Länge 280 mm mit genügend Abstand auf der Platte befestigt und ebenfalls in das Laborboard installiert.

---

## 2.2 Sichtung

Die Sichtung erfolgte zunächst durch die Entstaubung der gesamten Anlage und allen ihren Komponenten. Zeitgleich haben wir die Anlage auf Schäden geprüft. Nachdem wir durch Zugprobe die Verbindungsstellen auf festen Sitz überprüft haben, bewegten wir die mechanischen Teile mit der Hand um sicherzustellen, dass sie sich durch lange Standzeit nicht festgefahren haben. Kleinere Fehler, wie gelöste Verbindungsstellen oder das Ausrichten der Reflektoren für die Lichtschranken wurden behoben und es folgte eine Aufnahme der Bauteile, die mit Strom versorgt werden. Dabei fanden wir eine Liste mit der Pinbelegung für die Sub-D-Buchse der Anlage.

## 2.3 Prüfung der Funktion

Laut dieser I/O - Liste (Abb. 1) besaß die Anlage neun Inputs und elf Outputs. So begann die Verifizierung dieser mit den tatsächlich vorhandenen Bauteilen der Waschanlage.

Dafür mussten wir zuerst die 37-polige Sub-D-Buchse demontieren und alle PINs abtrennen, diese zu ihren Bauteilen zurückverfolgen um anschließend die einzelnen Leitungen zu nummerieren. Somit konnten wir den Überblick bewahren. Anschließend haben wir uns der eigentlichen Überprüfung der einzelnen Bauteile gewidmet. Hierzu stand uns ein Labornetzgerät mit zwei Spannungsebenen zur Verfügung. Auf der Website von Fischer Technik stellten wir fest, dass das Modell der Waschanlage nicht mehr im Produktsortiment ist. Es befanden sich auch keine dazugehörigen Datenblätter mehr zum Download. Um die Spannung der Motoren für das Laufband, den Lappenträger und der Bürsten herauszufinden, schlossen wir das Labornetzgerät mit geringer Spannung an und erhöhten diese schrittweise bis die Motoren ihre Soll-Geschwindigkeit erreicht haben. So kamen wir auf eine Betriebsspannung von 12 V. Den gleichen Vorgang wiederholten wir für die Leuchtmelder, da diese intern Glühlampen und keine Leuchtdioden verwenden. Dort kamen wir ebenfalls auf 12 V. Die Betriebsspannung der beiden Lichtschranken beträgt laut Typenschild 24 V. Zuletzt stellten wir fest, dass die Ampel am Eingang der Waschstraße Leuchtdioden verwendet. Da wir in der Schaltung keine Vorwiderstände finden konnten mussten wir davon ausgehen, dass die LEDs beim Ansprechen mit 12 V oder gar 24 V zerstört werden können. Uns lag zu den verwendeten LEDs auch kein Datenblatt mit der Flussspannung vor, sodass wir keinen passenden Vorwiderstand dimensionieren konnten. Wir erhöhten auch hier stückweise die Spannung, bis die Leuchtintensität der Dioden zufriedenstellend war. Die rote LED tauschten wir aufgrund eines Defektes aus. Die Leds erhielten ihre gewünschte Leuchtintensität bei ca. 3 V sodass wir uns dazu entschlossen, sie direkt am GPIO des RaspberryPi zu betreiben. Dieser funktioniert bereits mit 3,3 V Logik. Zuletzt erfolgte der Funktionstest des Lüfters von der Trocknungseinheit. Er funktioniert laut Typenschild mit 12 V, lief aber nicht mehr an. Wir fanden den Grund in einem durch Staub und Schmutz zugesetzten Lager und ersetzten ihn. Alle Betriebsmittel mit ihren entsprechenden Aderkennzeichnungen und Spannungen hielten wir auf einer Dokumentation fest. Dabei stellten wir fest, dass wir zum Betrieb der Waschanlage lediglich zwei Spannungsebenen von 12 V und 24

---

V benötigen. Das SPS-Modul für den RaspberryPi enthält einen Spannungsregler, sodass auch er direkt an 24 V angeschlossen werden kann.

### 2.3.1 Adressierungstabelle

Adresse	Name	Spannung	GPIO-PINS
I0.0	Grenztaster Lappenträger rechts	24V	PIN 2
I0.1	Grenztaster Lappenträger links	24V	PIN 3
I0.2	Lichtschranke Einfahrt	24V	PIN 4
I0.3	Lichtschranke Ausfahrt	24V	PIN 17
I0.4	Bandtaster Hauptwäsche	24V	PIN 27
I0.5	Bandtaster Trocknung	24V	PIN 22
I0.6	Not-Aus Taster	3,3V (GPIO*)	PIN 10
Q0.0	Ampel rot	3V	PIN 14
Q0.1	Ampel grün	3V	PIN 15
Q0.2	Lappenträger linkslauf	12V	PIN 23
Q0.3	Lappenträger rechtlauf	12V	PIN 24
Q0.4	Leuchtmelder Vorwäsche	12V	PIN 25
Q0.5	Bandmotoren	12V	PIN 8
Q0.6	Bürstenmotoren	12V	PIN 7
Q0.7	Leuchtmelder Trocknung und Ventilator	12V	PIN 8

\*General Purpose Input/Output

## 2.4 Verdrahtung

Die gesamte Waschstraße besitzt:

- zwei Lichtschranken
- zwei Leuchtdioden
- sechs Leuchtmelder
- sieben Motoren
- sechs Grenztaster
- zwei Taster (Schließer) für Not-Aus

---

Die vorhandene Verdrahtung war vollständig, jedoch mussten wir feststellen dass die Leitungen teilweise lose von den Steckern gehalten wurden. Somit haben wir alle bedenklichen Stecker neu verdrahtet um zukünftigen Fehlern und Rückschritten vorzubeugen und um eine fortlaufende Arbeit zu gewährleisten. Außerdem waren einige Leitungen zu kurz um diese an den RaspberryPi anzuschließen. Wir haben sie durch schwarze und blaue  $0,5\text{ mm}^2$  Leitungen mit Aderendhülsen ersetzt. Auf der anderen Seite versahen wir sie mit Bananensteckern, damit sie auf das SPS-Board des RaspberryPis aufgesteckt werden können.

Die Leitungsenden der Lichtschranken, die sich jeweils an der Ein - und Ausfahrt befinden, wurden jeweils mit einer 3-poligen Listerklemme ausgestattet um die dreipolare Leitung verlängern zu können.

Um die LEDs der Ampel mit dem GPIO zu verbinden, löteten wir  $0,5\text{ mm}^2$  Leitungen an Jumperwires und isolierten die Verbindungsstelle mit passendem Schrumpfschlauch, um den Berührungsschutz zu gewährleisten. Somit erhielten wir improvisierte Stecker, die direkt auf den Pin Header des GPIOs gesteckt werden können. Dies haben wir drei mal gemacht: jeweils für den Eingang (PIN8, PIN10) der Leuchtdioden und einmal für die gemeinsame Masse (PIN39). Der gewählte Querschnitt resultierte aus der Verfügbarkeit und der Höhe des fließenden Stromes.

Für die Aktoren verwendeten wir dieselbe Litze und verschraubten die mit Aderendhülsen versehenen Leitungsenden an den entsprechenden Relais. Festgelegt haben wir uns auf Relais mit einer Basisspannung von 24 V. Somit waren wir in der Lage, mit der 24 V Ausgangsspannung des SPS-Moduls die 12 V toleranten Aktoren zu schalten. Somit erhielt jeder Motor und jeder Leuchtmelder sein entsprechendes Relais. Da sich der Lappenträger nach rechts und links bewegen muss (der Motor also im Rechts- und Linkslauf betrieben wird), schalteten wir diesem eine Wendeschützschaltung vor.

#### 2.4.1 Wendeschützschaltung

Wendeschützschaltungen werden verwendet, um mittels Relais oder Schützen die Drehrichtung eines Motors zu beeinflussen. So kann man einen Motor im Links- und Rechtslauf betreiben. Typischerweise gehört zu einer Wendeschützschaltung eine Verriegelungsschaltung die dafür sorgt, dass die beiden Relais für Rechts- und Linkslauf nicht gleichzeitig anziehen können. Zuerst führten wir diese Verriegelung softwareseitig aus: Sobald die Variable für den Linkslauf des Lappenträgers auf True gesetzt wurde, wurde die Variable für den Rechtslauf auf False gesetzt, sodass nicht beide Relais gleichzeitig angesteuert werden können. Leider stellten wir im Betrieb fest, dass es bei der Umsteuerung des Lappenträgers zu einer kurzen Unterbrechung aller Aktoren kam, wir konnten den Fehler in einem kurzzeitigen Kurzschluss finden, der stets beim Umsteuern auftauchte. Wir

---

führen dieses Verhalten darauf zurück, dass das eine Relais noch nicht abgefallen ist, während das andere bereits angezogen hat. So schließen für einen Augenblick beide Relais ihren Stromkreis und verursachen den Kurzschluss. Aus diesem Grund schalteten wir der Wendeschützschaltung noch eine Verriegelungsschaltung vor. Der Schaltplan der Wendeschütz- und dazugehörigen Verriegelungsschaltung befindet sich im Anhang (Abb. 4-6).

#### 2.4.2 Einsparungen

Aufgrund einer hohen Anzahl an Ein- und Ausgängen, die später im Programm parallel angesprochen bzw. abgefragt werden, ließen sich einige Aktoren elektrisch parallel schalten, sodass für diese nur ein GPIO Output benötigt wird. Die Parallelschaltungen nahmen wir mit Wago-Federklemmen im Kabelkanal vor.

Auf diese Weise konnten wir besser mit der begrenzten Anzahl an GPIO-Pins wirtschaften. Die Waschstraße besitzt am Anfang des Bandes zwei Grenztaster, welche jeweils links und rechts von einander an der gleichen Stelle angebracht sind. Wir haben sie parallel geschaltet, um eine logische ODER-Funktion am Input des Raspberry Pis zu erzielen. Weiter hinten an der Waschstraße (an der Trocknung) befanden sich ebenfalls zwei Bandsensoren, welche auch miteinander gebrückt wurden. Damit wurden aus vier Eingängen für den Raspberry Pi nur noch zwei.

Auch die Bürstenmotoren haben wir parallel verschaltet, um Ausgänge zu sparen. Ebenfalls wurden der Lüfter, die Meldeleuchten der Trocknung und der Heizung zusammengefasst. Da die Waschstraße über zwei Bandmotoren verfügte die gleichzeitig arbeiten müssen, wurden diese ebenfalls parallel geschaltet um einen weiteren Ausgang einzusparen.

An der Einfahrt und Ausfahrt befand sich jeweils ein Taster, welcher für den Not-Halt vorgesehen war. Diese beiden Taster wurden parallel miteinander verbunden. Die dadurch eingesparten Ein- und Ausgänge ermöglichten uns die Programmierung ohne GPIO-Expander.

## 3 Vorbereitung des RaspberryPi

Zur Programmierung der Waschstraße erhielten wir einen Raspberry Pi 3 mit 'SPS-Modul', dessen Ein- und Ausgänge 24V-tolerant sind. Dazu noch einen Monitor und ein Labornetzgerät mit zwei Spannungsebenen.

### 3.1 Auswahl und Installation des Betriebssystems

Da wir für unser späteres Waschstraßenprogramm ein textbasiertes User Interface schreiben wollten, fiel unsere Wahl auf die Lite-Version von Raspberry Pi OS. Es handelt sich dabei um eine 'abgespeckte' Version von Raspberry Pi OS (vormals Raspbian), die weder einen xServer noch die

---

von der Raspberry Pi Foundation empfohlenen Programme mitliefert. Sie eignet sich somit perfekt für ein eingebettetes System.

Nach erfolgreichem Download der iso-Datei schrieben wir diese mittels des Programmes 'Raspberry Pi Imager' auf eine microSD-Karte. Diese dient als Boot-Medium für unseren Pi.

### 3.2 Einrichtung von Raspberry Pi OS

Beim ersten Start des Einplatinencomputers wurden wir aufgefordert, einen neuen Benutzer zu erstellen. Dieser Benutzer erhielt den Namen 'waschanlage' und das Passwort 'wasser'. Mit dem Befehl 'sudo raspi-config' öffneten wir anschließend das Software Configuration Tool, um dort folgende Änderungen durchzuführen:

- Herstellen einer WLAN-Verbindung im Reiter **System Options** → **Wireless LAN**
- Ändern des Hostnames in 'waschanlage' unter **System Options** → **Hostname**
- Auto-Login aktivieren unter **System Options** → **Boot / Auto Login**
- Den SSH-Zugang aktivieren für einen späteren Fernzugriff auf die Waschstraße: **Interface Options** → **SSH**
- Den Fernzugriff auf den GPIO erlauben: **Interface Options** → **Remote GPIO**
- **Locale, Keyboard** und **WLAN Country** unter **Localisation Options** einstellen
- **Expand Filesystem** unter **Advanced Options** aktivieren

Damit wir später auch einen beständigen Fernzugriff auf die Waschanlage haben, entschieden wir uns für eine statische IP-Adresse. Die Vergabe einer statischen IP-Adresse geschieht unter Raspberry Pi OS in der Datei /etc/dhcpcd.conf. Sie kann beispielsweise mit dem Editor 'nano' mittels folgendem Befehl geöffnet werden: **sudo nano /etc/dhcpcd.conf**

Durch den Eintrag

```
interface wlan0
    static ip_address=192.168.0.120/24
```

wiesen wir dem Raspberry Pi eine statische IP-Adresse im Subnetz 255.255.255.0 zu.

---

## 4 Programmierung der Waschstraße

### 4.1 Vorwort

Aufgrund bereits vorhandener Kenntnisse entschieden wir uns für die Programmiersprache Python. Diese ermöglicht auch einen leichten Zugriff auf den GPIO des Raspberry Pi. In den folgenden Sktionen wird der auf Github ersichtliche Programmcode gegliedert und die entsprechende Herangehensweise erläutert.

### 4.2 Programmbeginn / Initialisierungsroutine

Der Source Code beginnt mit einem Shebang, um Linux auf den zu verwendenden Interpreter hinzuweisen:

```
#!/usr/bin/python3
```

Es folgt das Importieren der benötigten Programmbibliotheken:

- **RPi.GPIO** für die Funktionen zum Ansteuern des GPIO
- **cprint** aus **termcolor**, damit wir in der Konsole farbigen Text drucken können
- **time** für zeitliche Verzögerungen, die wir an manchen Stellen des Programmes benötigen
- **os** um im Hintergrund auf Bash zugreifen zu können. Dies ermöglicht uns später, den Bildschirm zu löschen und neuen Inhalt zu drucken.

Anschließend werden mit **GPIO.setup(XX, GPIO.IN)** bzw. **GPIO.setup(XX, GPIO.OUT)** die GPIO-Pins entsprechend als Ein- oder Ausgänge festgelegt. Zuletzt werden alle Ausgangs-Pins über **GPIO.output(XX, GPIO.LOW)** auf logisch 0 gesetzt um sicherzugehen, dass vor Beginn des eigentlichen Programmes stets die gleichen Bedingungen herrschen.

### 4.3 Das Hauptprogramm

Die Sektion **Hauptprogramm** startet nach der Initialisierungsroutine. Das Hauptprogramm nimmt die Ampel in Betrieb und schaltet sie auf rot. Der Bildschirm bietet dem Benutzer / Waschstraßenkunden nun ein textbasiertes User Interface an, in dem die verfügbaren Waschprogramme gelistet sind. Sollte der Benutzer einen falschen Buchstaben eingeben (also weder 'v' bzw. 'V', noch 'k' bzw. 'K'), weist ihn das Programm darauf hin und fordert erneut eine Eingabe. Tätigt der Benutzer eine gültige Eingabe, so startet das entsprechende Waschprogramm. Eine kurze Rückmeldung über das gewählte Waschprogramm erfolgt, danach schaltet die Ampel auf grün. Das Hauptprogramm

---

fordert den Nutzer jetzt auf, sein Auto bis zur Markierung vorzufahren, den Motor abzustellen und die Handbremse anzuziehen. Danach startet die Routine Vollwäsche bzw. Katzenwäsche.

#### 4.4 Arbeitsweise der Funktionen Vollwäsche und Katzenwäsche

Die Waschstraße soll über ein günstigeres und ein teureres Waschprogramm verfügen: Vollwäsche und Katzenwäsche. Die Vollwäsche wäschte das Auto vor, startet danach unter Verwendung der Bürsten den Hauptwaschgang und trocknet zuletzt das Fahrzeug. Das Waschprogramm Katzenwäsche reinigt das Fahrzeug mit Wasser und trocknet es anschließend. Es überspringt den Hauptwaschgang der Vollwäsche.

Die Variable **arbeitstakt** stellt sicher, dass immer nur ein Schritt im Prozess aktiv sein kann. Erst wenn (abhängig vom aktuellen Schritt) bestimmte Bedingungen erfüllt werden, erhöht sich die Variable um eins, sodass das Programm in den nächsten Arbeitsschritt mit den ihm zugewiesenen Aktionen springt. Jeder einzelne Schritt beherbergt eine while-Loop-Funktion. So wird sichergestellt, dass der Raspberry Pi laufend die erforderlichen Eingänge abfragt.

Die Variable **lappentraegerrichtung** gibt der Wendeschützschaltung des Lappenträgermotors vor, ob sich dieser nach rechts oder links bewegen soll. Sie wird von den Endlagentastern des Lappenträgers getoggelt. Sobald das Auto an der ersten Lichtschanke erkannt wurde, wartet das Programm über den Befehl **time.sleep(5)** fünf Sekunden ab, bevor der Waschvorgang startet. Am Ende des Waschvorgangs wartet das Programm darauf, dass das Fahrzeug aus der Waschstraße herausgefahren wird, die letzte Lichtschanke also nicht mehr betätigt ist. Auch dort findet mittels **time.sleep(1)** eine kurze Unterbrechung statt, die ein 'Nachlaufen' des Ventilators der Trocknungseinheit zur Folge hat. Nachdem der Waschvorgang abgeschlossen ist, wird die Variable **vollwaeschefertig** bzw. **katzenwaeschefertig** auf **True** gesetzt, sodass das Programm aus seinem Loop **while vollwaeschefertig == False:** bzw. **while katzenwaeschefertig == False:** in das Hauptprogramm zurückspringt. Die Programmablaufpläne zur Veranschaulichung der Schrittketten befinden sich im Anhang.

#### 4.5 NOT-AUS-Routine

Beim Durchmessen der NOT-AUS-Taster stellten wir fest, dass es sich um Schließerkontakte handelt. Um die NOT-AUS-Funktion an jedem Punkt des Programmes gewährleisten zu können, erfolgt die Abfrage der Taster in jedem Arbeitstakt kontinuierlich. Sollte ein HIGH-Pegel erkannt werden, springt das Programm in den Arbeitstakt 10. Diesen haben wir als 'NOT-AUS-Takt' definiert. Sobald das Programm in diesen Takt springt, werden alle Ausgänge auf LOW geschaltet. Eine Meldung darüber, dass der NOT-AUS betätigt wurde erscheint auf dem Bildschirm. Zum Quittieren muss die Enter-Taste gedrückt werden.

---

## 4.6 Autostart des Waschstraßenprogrammes

Nachdem der Benutzer 'waschstraße' beim Start des Raspberry Pis bereits automatisch eingeloggt wurde, wollten wir nun auch das Waschstraßenprogramm automatisch starten lassen. Zuerst musste das Programm **waschanlage.py** ausführbar gemacht werden. Dies erfolgt über den Befehl

```
sudo chmod +x waschanlage.py
```

Den Autostart des Programmes richteten wir über die Datei **.profile** im Home-Directory des Waschanlagen-Users ein. Öffnen lässt sie sich beispielsweise mit nano:

```
nano .profile
```

Den Pfad zum Waschstraßenprogramm fügten wir ans Ende der Datei an (das Programm befindet sich im Ordner **interface**):

```
~/interface/.waschanlage.py
```

## 4.7 Fernzugriff über SSH

Damit sich die Waschstraße nicht nur 'vor Ort', sondern auch von der Kasse aus bedienen lässt, haben wir einen Fernzugriff über SSH eingerichtet.

'SSH' steht für **Secure Shell**, ein Netzwerkprotokoll mit dem man verschlüsselt über die Kommandokonsole auf einen Computer zugreifen kann. Auf dem Zielsystem muss ein SSH-Server laufen. Dies stellten wir im Kapitel **Einrichtung von Raspberry Pi OS** bereits sicher. Da der SSH-Server also läuft, mussten wir nur noch mit einem zweiten PC darauf zugreifen:

```
ssh waschanlage@192.168.0.120
```

Anschließend wird man nach dem Passwort für den Account **waschanlage** gefragt und landet im Interface des Waschstraßenprogrammes.

## 5 Anhang

Die folgenden Bilder sind alle selbstständig erstellt worden.

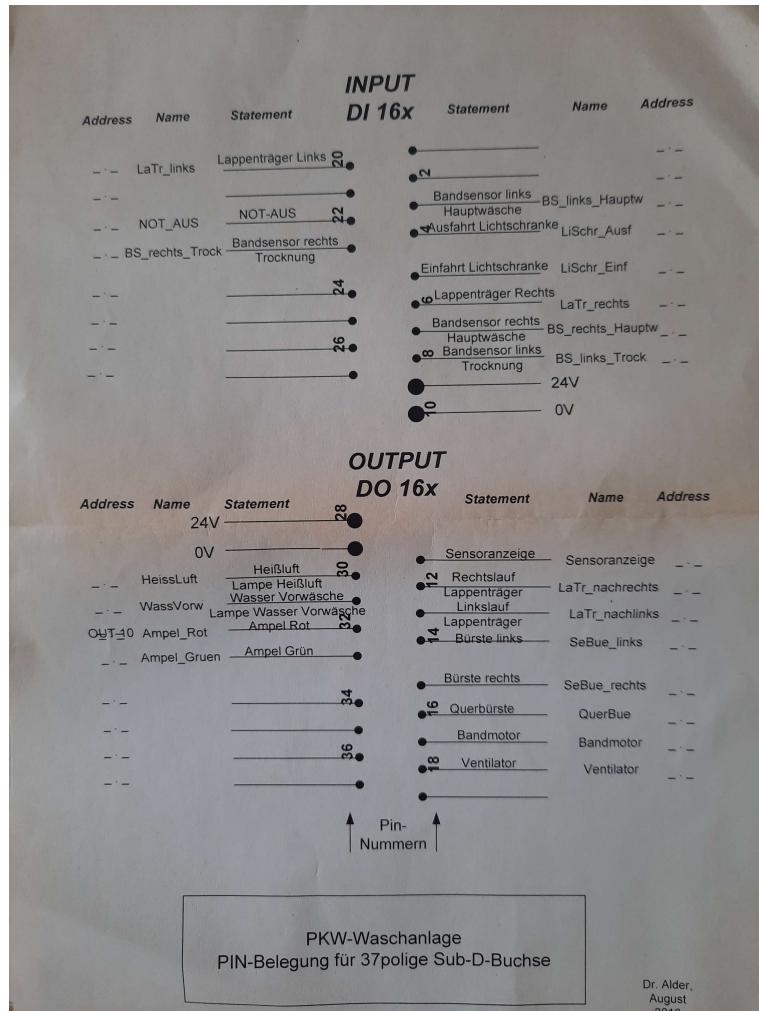


Abbildung 1: Pinbelegung Sub-D-Buchse

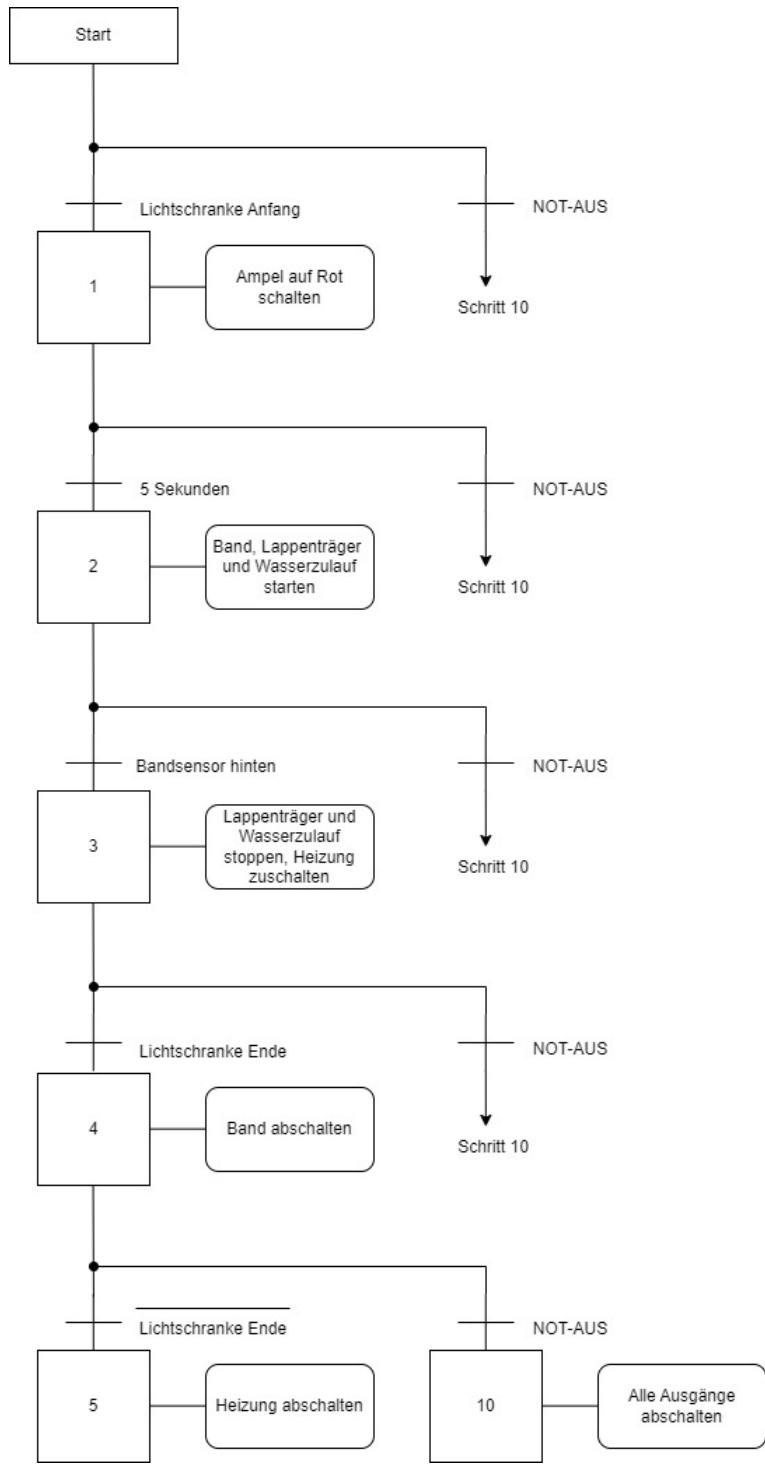


Abbildung 2: Programmablaufplan der Katzenwäsche

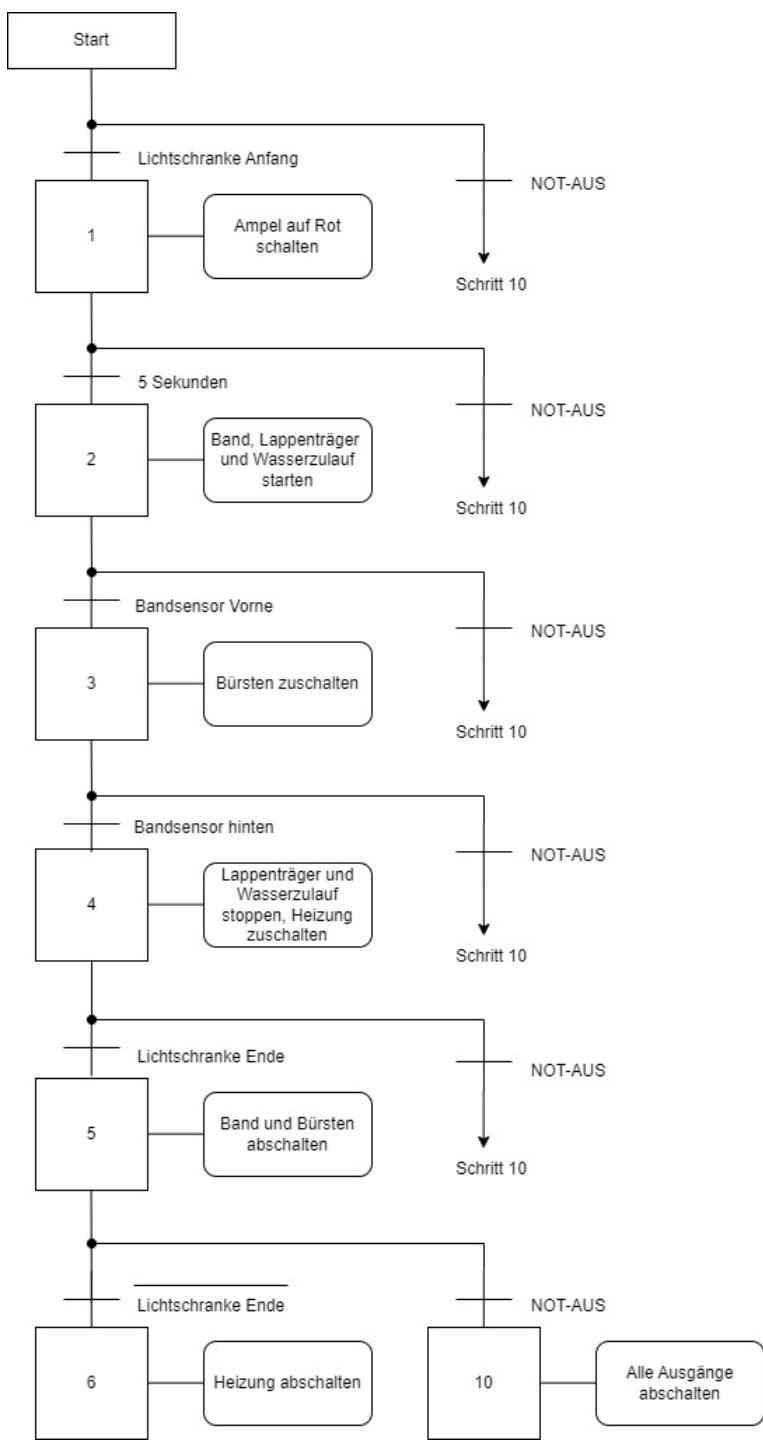
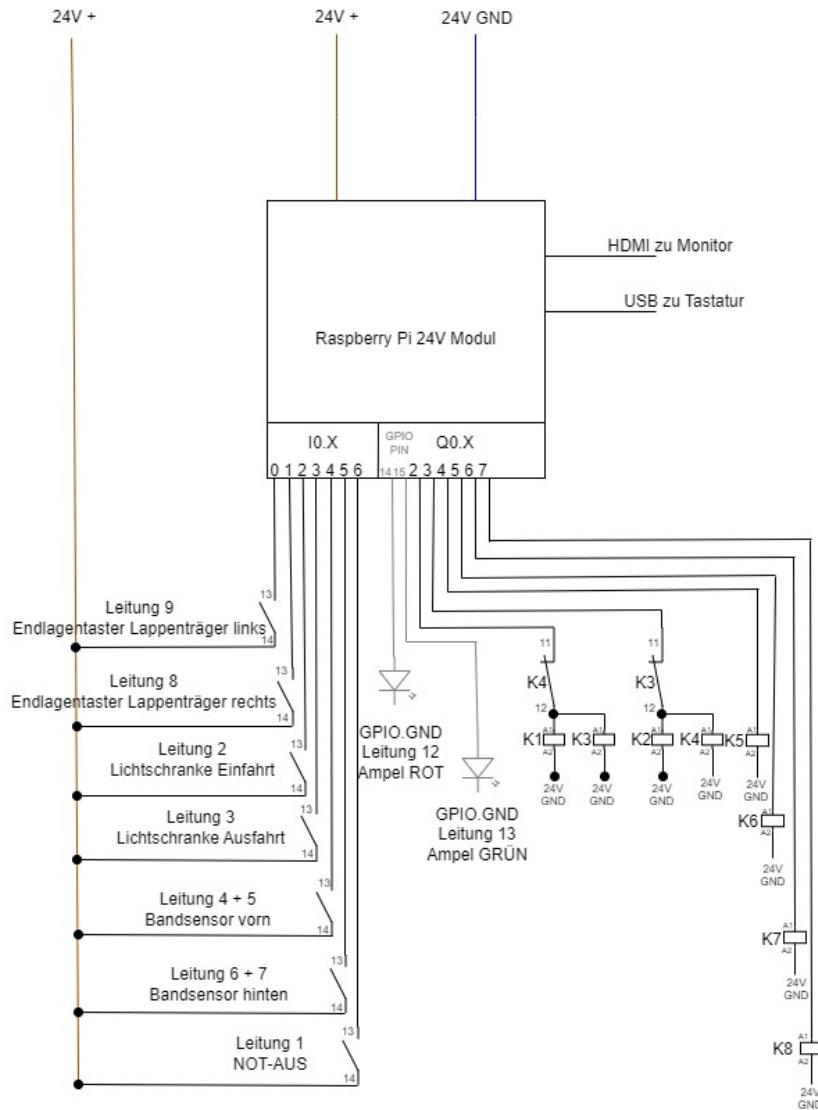


Abbildung 3: Programmablaufplan der Vollwäsche



#### Relais-Legende

- K1: Lappenträger links
- K2: Lappenträger rechts
- K3: Verriegelungsrelais
- K4: Verriegelungsrelais
- K5: Klanwasser, Härtegrad 4
- K6: Bandmotoren
- K7: Bürstenmotoren
- K8: Lüfter + Heizstrahler-Leuchtmelder

Abbildung 4: Schaltplan Waschanlage Seite 1

Stromlaufplan Seite 2

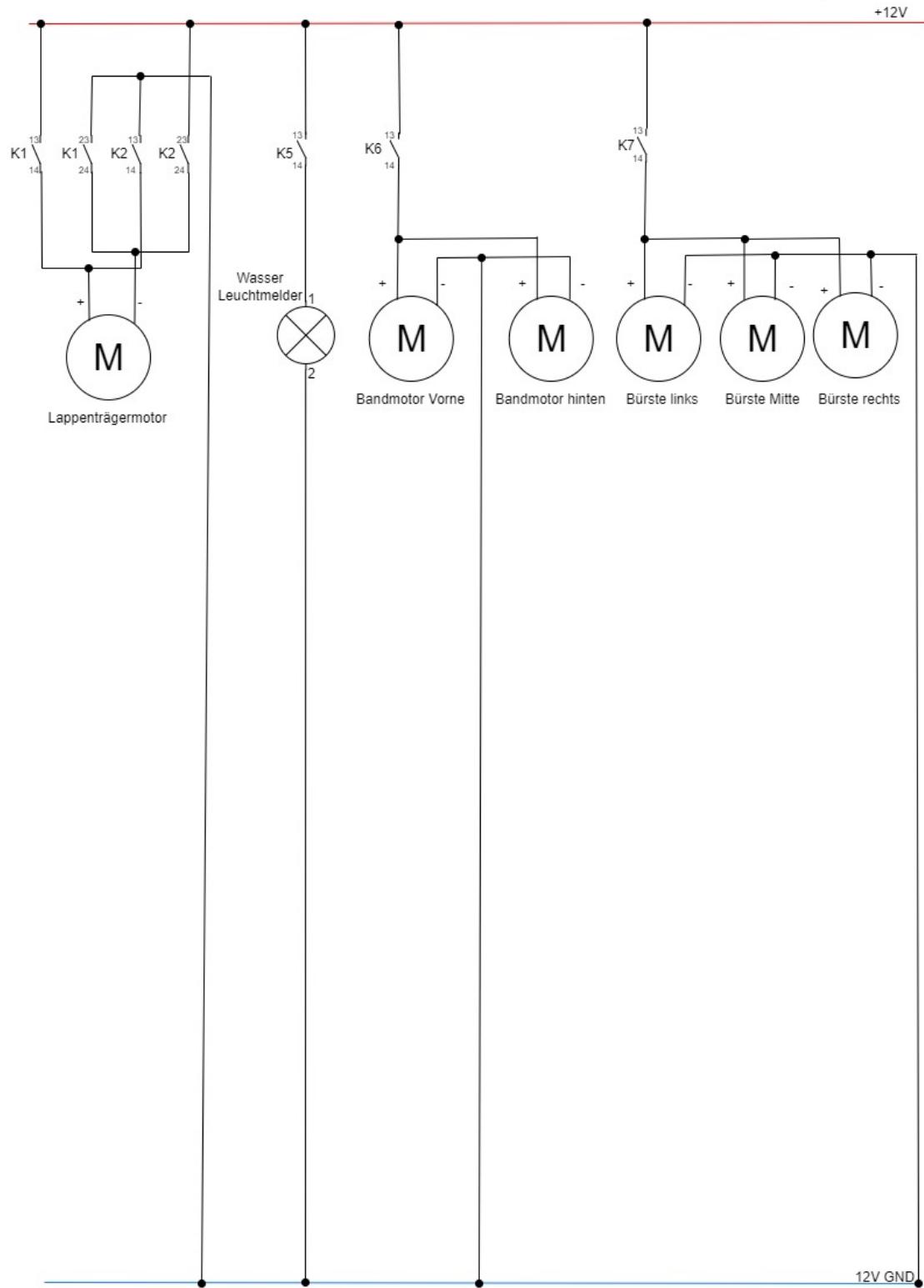


Abbildung 5: Schaltplan Waschanlage Seite 2

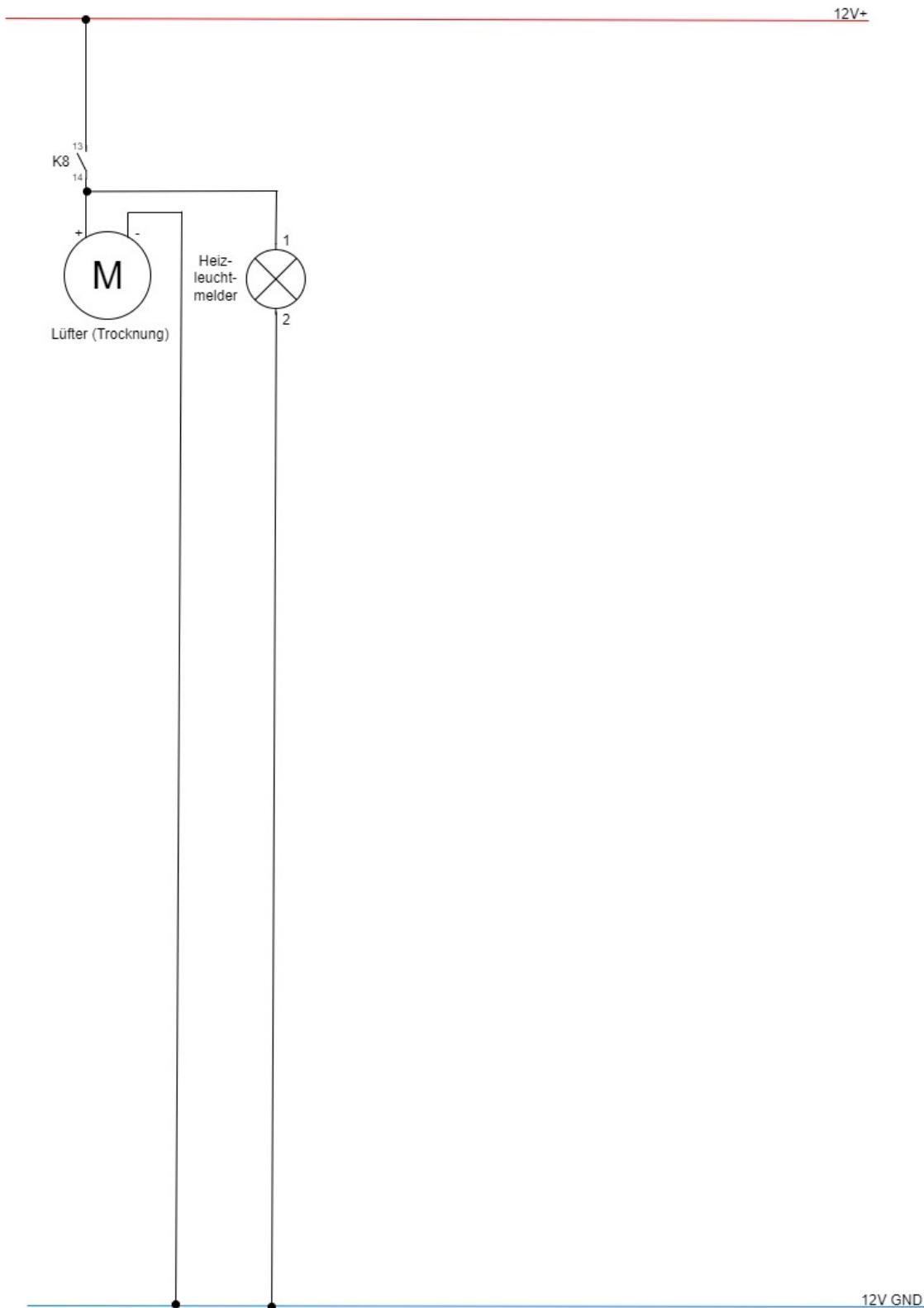


Abbildung 6: Schaltplan Waschanlage Seite 3

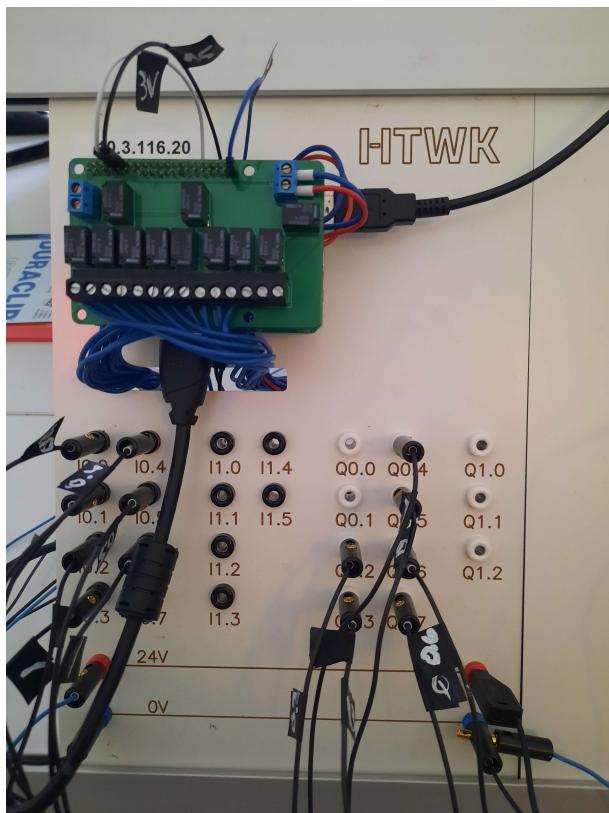


Abbildung 7: Laborboard mit Raspberry Pi

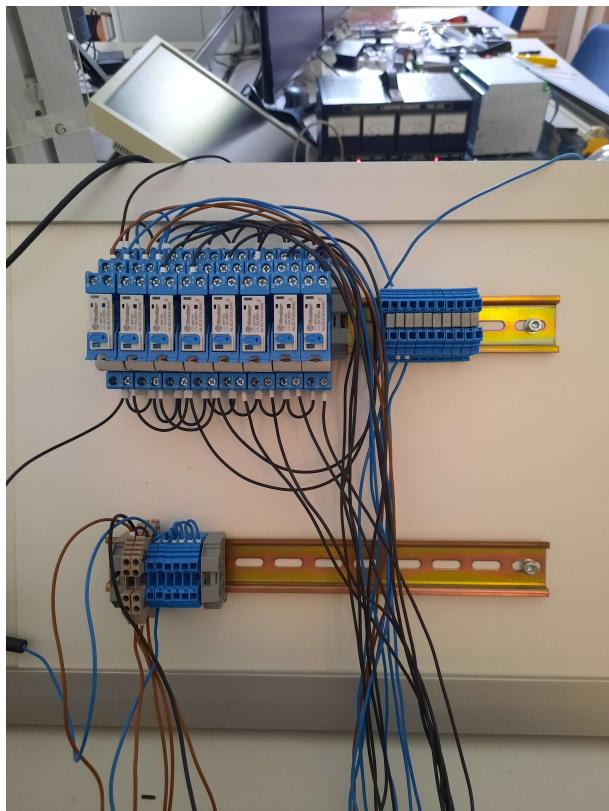


Abbildung 8: Laborboard mit Relais und Reihenklemmen

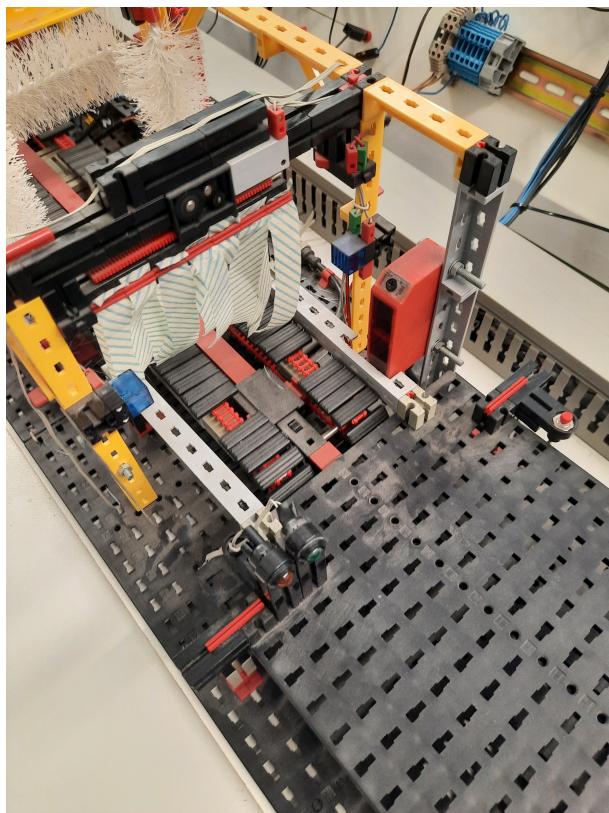


Abbildung 9: Vorwäsche der Waschstraße

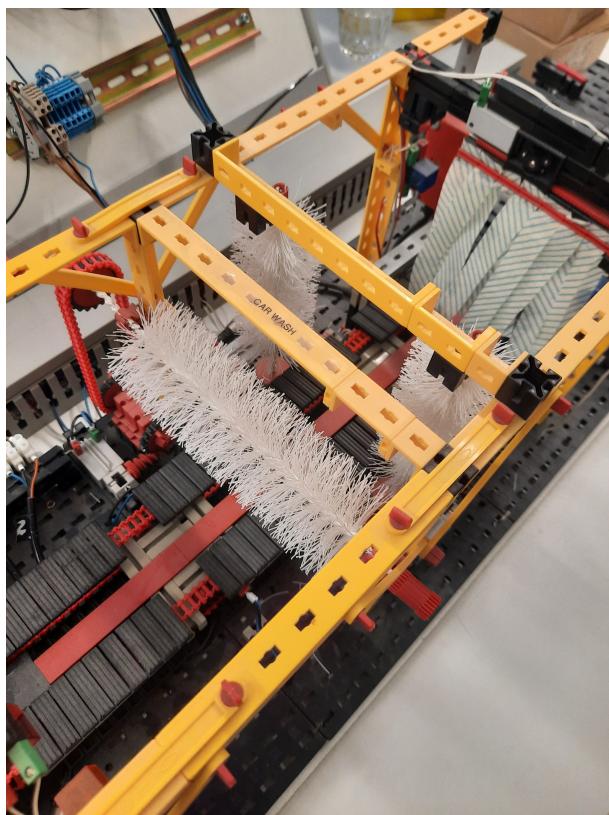


Abbildung 10: Hauptwäsche der Waschstraße

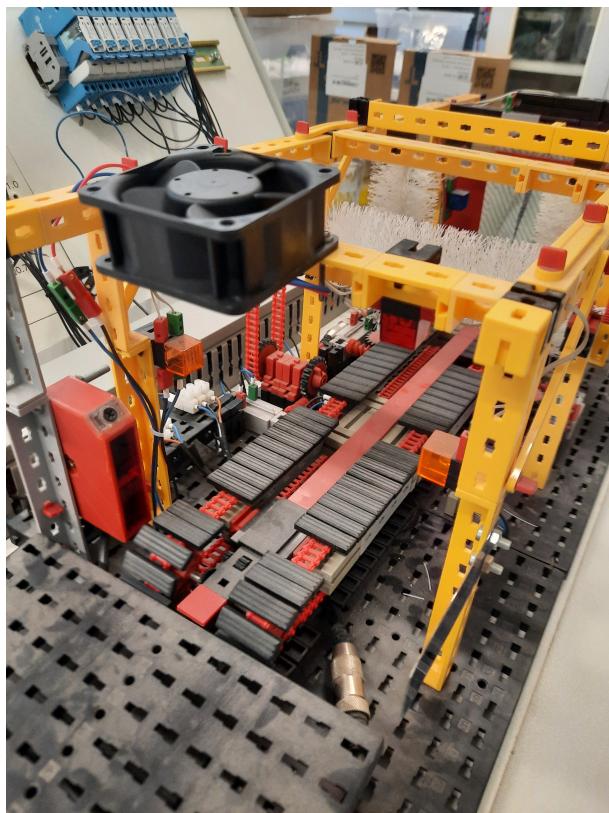


Abbildung 11: Trocknungseinheit der Waschstraße

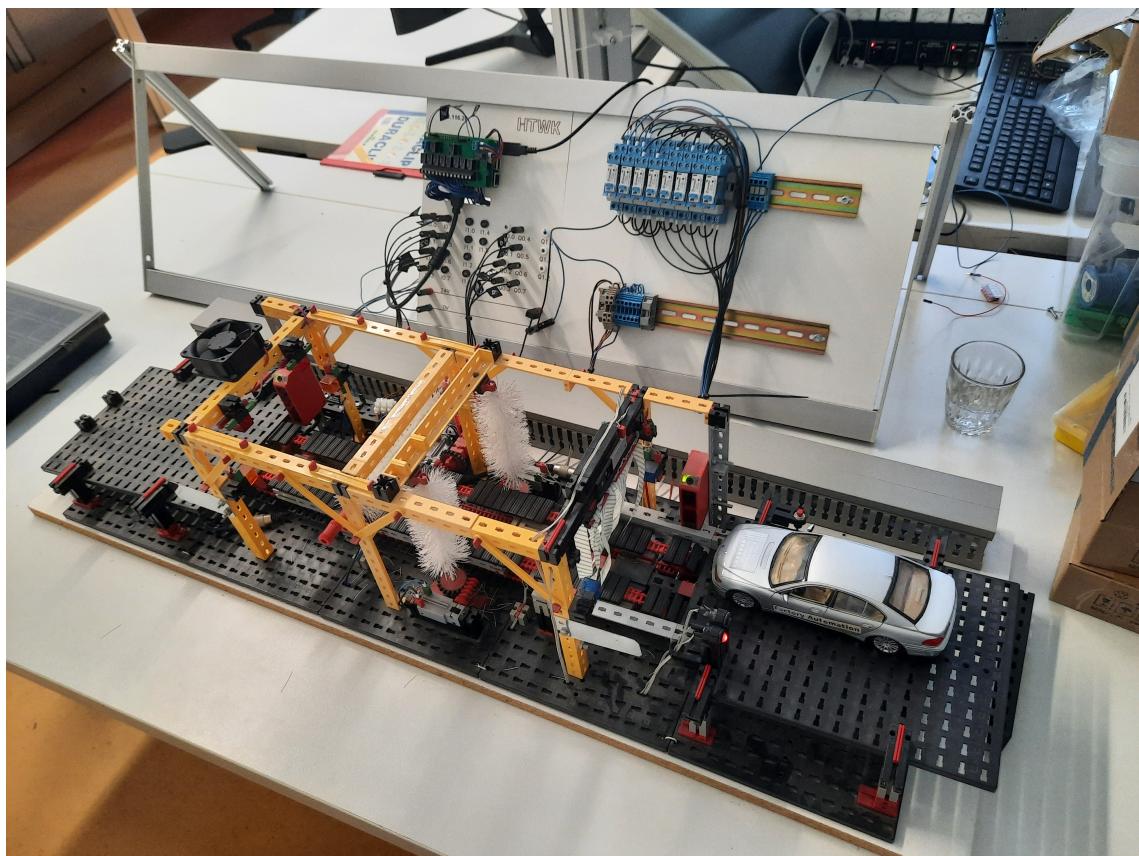


Abbildung 12: Fertige Waschstraße mit Laborboard samt Einschüben