

Diplomarbeit

Steuerung einer Kaffeemaschine

Diplomanden:	Vonlaufen Jan
Ausbildung:	Elektrotechnik
Höhere Fachschule:	TEKO Luzern
Datum:	13.11.2023

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	2
MANAGEMENT SUMMARY	4
BERUFLICHER LEBENSLAUF	5
1 PROJEKTINITIALISIERUNG	6
1.1 Projektauftrag	6
1.2 Pflichtenheft	8
1.3 Projektvertrag	11
1.4 Zielscheibe	14
2 PROJEKTPLANUNG	16
2.1 Projektstrukturplanung	16
2.2 Projektablaufplanung	17
3 PROJEKTREALISIERUNG	18
3.1 Material	18
3.1.1 Hauptplatine	19
3.1.1.1 Mikrocontroller	19
3.1.1.1.1 Entscheidung welcher Mikrocontroller	23
3.1.1.2 Weiteres Material	24
3.1.2 Bedieneinheit	27
3.1.3 Allgemeines Material	28
3.1.4 Lieferanten	29
3.2 Herstellung Bedieneinheit	30
3.3 Herstellung Hauptplatine	32
3.3.1 Mikrocontroller-Platine	32
3.3.2 Stromversorgung	35
3.3.3 Alles zusammengefügt	37
3.4 Programmieren	39
3.4.1 Zustandsdiagramm	39
3.4.2 Programmcode	40
3.5 Test und Inbetriebnahme	54
3.5.1 Erster Testlauf	54
3.5.2 Zweiter Testlauf	54
3.5.3 Dritter Testlauf	55
3.5.3.1 Wackelkontakt	57
3.5.4 Weitere Anpassungen im Programm	57
4 PROJEKTABSCHLUSS	59
4.1 Ablaufplanung – Soll/Ist-Überwachung	59
4.2 Evaluation der Zielerreichung	61
4.2.1 Erhebung des Erfüllungsgrades	61

Inhaltsverzeichnis

4.2.2 Ausblicke.....	63
4.3 Lessons Learned.....	64
4.4 Schlusswort.....	64
5 REDLICHKEITSERKLÄRUNG.....	65
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	66
TABELLENVERZEICHNIS.....	67
LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS.....	67
6 ANHANG.....	A
6.1 Projektstatusberichte.....	A

Management Summary

Ausgangslage

Auf dem Markt gibt es viele verschiedene Steuerungen für Kaffeevollautomaten. Aber jeder Hersteller hat seine eigene Steuerung. Da die Kaffeemaschine von meinem Vater schon älter ist, gibt es keine Steuerplatine mehr für dieses Modell. Da ich aber noch die alte Steuerplatine besitze, kann ich nachvollziehen, wie alles angesteuert wird. Leider ist der Prozessor defekt und ich habe keine Möglichkeit, die Programmierung anzusehen. Auf dem Markt kann ich jedoch alle benötigten Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren, Mikrocontroller etc. kaufen und mir eine neue Steuerplatine zusammenbauen. Auch die benötigte Programmier-Software, wie z.B. Arduino, ist kostenlos im Internet erhältlich.

In der heutigen Zeit werden immer mehr Geräte komplett weggeworfen, obwohl nur ein Bauteil defekt ist. Ich finde, dass so viele Ressourcen verschwendet werden! Meine Meinung ist, dass man mehr reparieren soll und weniger wegwerfen muss. Darum will ich der Maschine wieder neues Leben einhauchen mit einer neuen Steuerung. So habe ich auch die Möglichkeit, jederzeit etwas anderes zu programmieren und auszuprobieren. Welches bei einer neu gekauften Kaffeemaschine nicht möglich wäre!

Vorgehen

Dieses Projekt ist meine eigenständige Diplomarbeit. Am Ende des 5. Semesters erhielten wir den Auftrag, ein Thema für unsere Diplomarbeit zu suchen. Ich entschied mich, eine Kaffeemaschine-Steuerung zu machen.

Dieses Projekt wurde im 4-Phasen-Modell umgesetzt:

- Projektinitialisierung
- Projektplanung
- Projektrealisierung
- Projektabschluss

Ich habe mich für das 4-Phasen-Modell entschieden, da ich dies am besten beherrsche.

Es wurden Bewertungsmatrix eingesetzt und auch ein Soll/Ist-Vergleich für die Ablauf- und Terminplanung gemacht. Testbericht wurde ebenfalls erstellt.

Ergebnisse

1. Es gibt eine schriftliche Projektdokumentation über das Thema Steuerung Kaffeemaschine, gebunden im A4 Format und als PDF; diese liegt bis am 13.11.2023 um 16.00 Uhr vor.
2. Die Dokumentation beinhaltet: Titelblatt, Inhaltsverzeichnis, Projektablaufplan, Management-Summary, Dokumentation der Erstellung der Steuerung, sowie Lessons Learned.
3. Am Ende liegt eine funktionsfähige Steuerung für eine Kaffeemaschine vor, die von jeder Person bedient werden kann.
4. Es existiert eine Bedieneinheit mit folgenden Sachen:
 - 4.1 Ein LCD-Display, das alle Zustände anzeigt wie Standby, Bereit, Kaffee...
 - 4.2 Die Kaffeemaschinenbedienung folgt über verschiedene Tasten.
Die Tasten sind beschriftet mit ihrer Funktion, wie Kaffee, Espresso usw.
5. Wenn der Wassertank leer ist oder der Satzbehälter voll ist, erkennt das die Kaffeemaschine und es wird auf dem Display mit dem entsprechenden Text darauf hingewiesen.
6. Die Software zum Programmieren muss zugänglich sein für alle und Windows fähig.
7. Ein Zustandsdiagramm der Steuerung ist erstellt.

Ausblick

Die Kaffeemaschine funktioniert im Grossen und Ganzen gut. Aber man kann noch kleine Anpassungen machen, das Ganze optimieren. Zum Beispiel: Ventile noch ein bisschen länger offen lassen oder zu, Temperatur, Zeit für die Zubereitungen länger oder kürzer.....

Ich habe auch noch die Warmwasser Variante programmiert für Tee, dies muss man noch testen.

Die Maschine könnte auch Dampf erzeugen, dies müsste man noch programmieren und den Boiler in Betrieb nehmen.

Auch ein Spül- und Reinigungs-Programm kann man noch programmieren.

Die Bedieneinheit hat noch genug weitere Tasten. Man müsste diese jedoch noch an die Steuerung anschliessen und programmieren.

Ein Handbuch für den Anwender erstellen.

Beruflicher Lebenslauf

05/2023 – Heute	Aregger engineering AG, Techniker
11/2018 – 04/2023	CKW Beromünster, Elektroinstallateur
07/2017 – 10/2018	Militär RS
08/2012 – 07/2017	CKW Beromünster, Ausbildung zum Elektroinstallateur

1 Projektinitialisierung

1.1 Projektauftrag



Diplomarbeit

für Herrn	<i>Vonlaufen Jan</i>
Abteilung	<i>Elektrotechnik</i>
Fachgebiet	<i>Mikrocomputertechnik und Sensorik</i>
Thema	<i>Kaffeemaschinensteuerung</i>

Fachlehrer	Gloggner Urs
Prüfungsexperte	Schenker Jörg
Ausgabedatum	18. September 2023
Abgabedatum	13. November 2023

Aufgabenstellung

Mit der Diplomarbeit werden Sie das während dem gesamten Studium aufgebaute Grundlagenwissen an einer praxisorientierten Aufgabe in Ihrer Studienrichtung anwenden und vertiefen. Dabei geht es für Sie im Wesentlichen um die konsequente Zielorientierung, die Anwendung der Phasen des Projektmanagements sowie die konsequente Umsetzung von definierten Rahmenbedingungen.

Im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten wurden Sie eingehend über diese Rahmenbedingungen sowie die Durchführung der Diplomarbeit informiert. Bei der Realisierung der Diplomarbeit müssen Sie nun den folgenden Punkten besondere Beachtung schenken:

- Die einzelnen Schritte, welche als Summe zum Ergebnis geführt haben, müssen beschrieben sein.
- Wurden im Rahmen der Lösungsfindung verschiedene Varianten entworfen und geprüft, muss die Evaluation der gewählten Variante mittels einer dazu geeigneten Methode dokumentiert und begründet sein.
- Bei der Dokumentation der Diplomarbeit ist auf einen logischen Aufbau, eine saubere Gliederung sowie auf gute Verständlichkeit zu achten. Details sind in den Richtlinien zur Diplomarbeit beschrieben.
- Der Value-add (Mehrwert) des Ergebnisses für den Auftraggeber muss aus der Dokumentation klar erkennbar und nachvollziehbar sein.
- Für die optimale Begleitung muss dem Diplomlehrer ein wöchentlicher Statusbericht (gemäss Vorlage Extranet TEKO) zugestellt werden. Dies ermöglicht dem Diplomlehrer den Verlauf unmittelbar mitverfolgen zu können und bei Bedarf gezielt zu reagieren.
- Der Fachexperte muss die Diplomarbeit gemäss den Kriterien auf dem durch den Diplomlehrer abgegebenen Bewertungsformular beurteilen. Der Fachexperte sendet das Formular bis spätestens eine Woche nach Abgabe der Diplomarbeit an den Diplomlehrer.
- Die Präsentation der Diplomarbeit muss so ausgestaltet sein, dass eine aussenstehende, fachunabhängige Person innerhalb von 15 Minuten die folgenden Punkte erkennen und bewerten kann:
 - Auftrag sowie Sinn und Zweck
 - Endergebnisse und Erfolgskriterien
 - besondere Herausforderungen auf dem Weg zum Ziel inkl. gewählte Lösungsansätze mit Begründung, jedoch ohne sich in Details zu verlieren
 - Demo des Produktes, Prototyps etc.
 - Reflexion: Zielerreichung, Weg zum Ziel, lessons learnt
- Im Anschluss an die Präsentation des Ergebnisses muss innerhalb von 5 Minuten die Onlinepublikation der Diplomarbeit vorgestellt werden. Die Onlinepublikation wird bewertet und muss so ausgestaltet sein, dass Aussenstehende in einer attraktiven, kreativen und leicht verständlichen Form sich über die erarbeitete Diplomarbeit informieren können.

Die Begleitung und die Bewertung der Diplomarbeit durch den Diplomlehrer richten sich konsequent nach dem vom Auftraggeber genehmigten und unterzeichneten Pflichtenheft, den im Dokument "Auftrag zur Konkretisierung des Themas für die Diplomarbeit" definierten Rahmenbedingungen sowie dem durch den Diplomlehrer abgegebenen Notenraster.

1.2 Pflichtenheft

Pflichtenheft

Einleitung

Als ich auf der Suche nach einem Thema für die Diplomarbeit war, kam mein Vater auf mich zu und fragte mich, ob es möglich sei, für seine Kaffeefullautomat-Maschine eine neue Steuerung zu bauen. Da die Alte defekt ist und es keinen Ersatz gibt, den man kaufen kann. Ich informierte mich und entschloss mich dieses Projekt als meine Diplomarbeit zu nehmen.

Auf dem Markt gibt es viele verschiedenen Steuerungen für Kaffeefullautomaten. Aber jeder Hersteller hat seine eigene Steuerung. Da die Kaffeemaschine von meinem Vater schon ein älteres Modell ist, gibt es aktuell keine Steuerplatine mehr für dieses Modell. Da ich aber noch die alte Steuerplatine besitze, kann ich nachvollziehen, wie alles angesteuert wird. Leider ist der Prozessor defekt und ich habe keine Möglichkeit, die Programmierung anzusehen. Auf dem Markt kann ich jedoch alle benötigten Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren, Mikrokontroller ect. kaufen und mir eine neue Steuerplatine zusammenbauen. Auch die benötigte Programmier-Software wie Arduino ist kostenlos im Internet erhältlich.

In der heutigen Zeit werden immer mehr Geräte komplett weggeworfen obwohl nur ein Bauteil defekt ist. Ich finde, dass so viele Ressourcen verschwendet werden! Meine Meinung ist, dass man mehr reparieren soll und weniger wegwerfen muss. Darum will ich der Maschine wieder neues Leben einhauchen mit einer neuen Steuerung. So habe ich auch die Möglichkeit, jederzeit etwas anderes zu programmieren und auszuprobieren. Welches bei einer neu gekauften Kaffeemaschine nicht möglich wäre!

Fachexperte

Peter Vonlaufen
Hofacker 2, 6234 Triengen
Telefon: 078 853 98 64
E-Mail voni.vonlaufen@bluewin.ch

Aktuell: Betriebsmechaniker bei der Firma Monosuisse AG
Vorher: Servicetechniker Kaffeemaschinen bei der Firma M. Schaerer AG

Inhalt

Richtziel

Eine Steuerung, mit Bedienelement für eine Kaffeemaschine ist bis am 13.11.2023 16:00 Uhr ausgearbeitet, getestet und dokumentiert.

Ziele

1. Es gibt eine schriftliche Projektdokumentation, über das Thema Steuerung Kaffeemaschine, gebunden im A4 Format und als PDF bis am 13.11.2023 um 16:00 Uhr vor.
2. Die Dokumentation beinhaltet: Titelblatt, Inhaltsverzeichnis, Projektablaufplan, Management-Summary, Dokumentation der Erstellung der Steuerung, sowie Lessons-learned.
3. Am Ende liegt eine funktionsfähige Steuerung für eine Kaffee Maschine vor. Die von jeder Person bedient werden kann.
4. Es existiert ein Bedieneinheit mit folgenden Sachen:
Ein LCD-Display, dass alle Zustände anzeigt wie (Standby, Bereit, Kaffee...)
5. Die Kaffeemaschinenbedienung folgt über verschiedenen Tasten.
Die Taster sind beschriftet mit ihrer Funktion, wie Kaffee, Espresso usw.
6. Wenn der Wassertank leer ist oder der Satzbehälter voll ist, erkennt das die Kaffeemaschine und es wir auf dem Display mit dem entsprechenden Text darauf hingewiesen.
7. Die Software zum Programmieren muss zugänglich sein für alle und Windows fähig.

Erfolgskriterien

1. Eine Drittperson darf beim Durchlesen der Dokumentation maximal 5 Verständnisfragen haben.
2. Die Dokumentation der Erstellung der Steuerung wird mehr als 5 Bilder enthalten und das Lessons learned beinhaltet mindestens 3 Punkte.
3. Mit der Steuerung kann man mindestens zwei Kaffee-Arten, zum Beispiel Espresso und Kaffee, produzieren.
4. Die Bedieneinheit ist übersichtlich gestaltet, so dass höchstens 3 Fragen über die Bedienung gestellt werden.
5. Das LCD-Display macht keine Fehler und zeigt immer die Zustände an, in der sich die Steuerung auch wirklich befindet.
6. Die Taster-Beschriftung ist klar so, dass jeder der deutsch lesen kann sie versteht. Die Beschriftung stimmt mit der Funktion überein, das heisst wenn ich die Einschalttaste drücke, dann schaltet sie auch wirklich ein.
das gilt auch für alle anderen Tasten.
7. Die Steuerung erkennt in jedem Fall, wenn der Wassertank leer ist oder der Satzbehälter voll ist und es wird im Display klar und ohne Text Fehler angezeigt.
8. Die Software kostet max. 10 Fr. und jeder der einen Laptop mit Windows 10 oder höher hat, kann sie auf dem PC installieren.

Skizzen

Kaffee Herstellung



Abbildung 2 Kaffeebohnenbehälter



Abbildung 3 Kaffeemühle

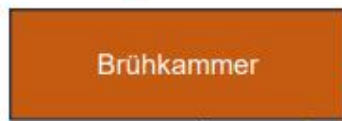
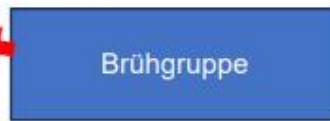


Abbildung 1 Wasserbehälter




Unterschrift

1.3 Projektvertrag

Projekttitle:	Steuerung Kaffeemaschine		
Projektauftraggeber:	Privat		
Projektleiter:	Vonlaufen Jan		
Projektdate			
Start:	18.09.2023	Ende:	13.11.2023 16.00 Uhr
Projektbeschreibung			
Ausgangslage / Projektbegründung:	<p>Auf dem Markt gibt es viele verschiedene Steuerungen für Kaffeefullautomaten. Aber jeder Hersteller hat seine eigene Steuerung. Da die Kaffeemaschine von meinem Vater schon älter ist, gibt es keine Steuerplatine mehr für dieses Modell. Da ich aber noch die alte Steuerplatine besitze, kann ich nachvollziehen, wie alles angesteuert wird. Leider ist der Prozessor defekt und ich habe keine Möglichkeit, die Programmierung anzusehen. Auf dem Markt kann ich jedoch alle benötigten Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren, Mikrocontroller etc. kaufen und mir eine neue Steuerplatine zusammenbauen. Auch die benötigte Programmier-Software, wie z.B. Arduino, ist kostenlos im Internet erhältlich.</p>		
Sinn und Zweck / Nutzen:	<p>In der heutigen Zeit werden immer mehr Geräte komplett weggeworfen, obwohl nur ein Bauteil defekt ist. Ich finde, dass so viele Ressourcen verschwendet werden! Meine Meinung ist, dass man mehr reparieren soll und weniger wegwerfen muss. Darum will ich der Maschine wieder neues Leben einhauchen mit einer neuen Steuerung. So habe ich auch die Möglichkeit, jederzeit etwas anderes zu programmieren und auszuprobieren. Welches bei einer neu gekauften Kaffeemaschine nicht möglich wäre!</p>		
Projektrichtziel:	<p>Eine Steuerung mit Bedienelement für eine Kaffeemaschine ist bis am 13.11.2023 16.00 Uhr ausgearbeitet, getestet und dokumentiert.</p>		

Endergebnisse	Erfolgskriterien
<ol style="list-style-type: none"> 1. Es gibt eine schriftliche Projektdokumentation über das Thema Steuerung Kaffeemaschine, gebunden im A4-Format und als PDF; diese liegt bis am 13.11.2023 um 16.00 Uhr vor. 2. Die Dokumentation beinhaltet: Titelblatt, Inhaltsverzeichnis, Projektablaufplan, Management-Summary, Dokumentation der Erstellung der Steuerung sowie Lessons Learned. 3. Am Ende liegt eine funktionsfähige Steuerung für eine Kaffeemaschine vor, die von jeder Person bedient werden kann. 4. Es existiert eine Bedieneinheit mit folgenden Sachen: <ul style="list-style-type: none"> • 4.1 Ein LCD-Display, das alle Zustände anzeigt wie Standby, Bereit, Kaffee... • 4.2 Die Kaffeemaschinenbedienung folgt über verschiedene Tasten. Die Tasten sind beschriftet mit ihrer Funktion wie Kaffee, Espresso usw. 5. Wenn der Wassertank leer ist oder der Satzbehälter voll ist, erkennt das die Kaffeemaschine und es wird auf dem Display mit dem entsprechenden Text darauf hingewiesen. 6. Die Software zum Programmieren muss zugänglich sein für alle und Windows fähig. 7. Ein Zustandsdiagramm der Steuerung ist erstellt. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eine Drittperson darf beim Durchlesen der Dokumentation maximal fünf Verständnisfragen haben. 2. Die Dokumentation der Erstellung der Steuerung wird mehr als fünf Bilder enthalten und Lessons Learned beinhaltet mindestens drei Punkte. 3. Mit der Steuerung kann man mindestens zwei Kaffee-Arten, z.B. Espresso (kleine Tasse) und Kaffee (grosse Tasse), wählen. 4. Die Bedieneinheit ist übersichtlich gestaltet, so dass höchstens drei Fragen über die Bedienung gestellt werden. <ul style="list-style-type: none"> • 4.1 Das LCD-Display macht keine Fehler und zeigt immer die Zustände an, in der sich die Steuerung auch wirklich befindet. • 4.2 Die Taster-Beschriftung ist verständlich, so dass jeder, der Deutsch kann, sie versteht. Die Beschriftung stimmt mit der Funktion überein, das heisst, wenn ich die Einschalttaste drücke, dann schaltet sie auch wirklich ein. Das gilt auch für alle anderen Tasten. 5. Die Steuerung erkennt in jedem Fall, wenn der Wassertank leer ist oder der Satzbehälter voll ist und dies wird im Display klar und ohne Textfehler angezeigt. 6. Die Software kostet max. 10 Fr. und jeder, der einen Laptop mit Windows 10 oder höher hat, kann sie auf dem PC installieren. 7. Im Zustandsdiagramm ist klar ersichtlich, welche Zustände die Maschine hat und wie sie in diese kommt.

Zielgenehmigung:	<p>Die Ziele werden bewilligt.</p> <p>Datum: 10.10.2023</p>  <p>Unterschrift Auftraggeber: Vonlaufen Peter</p>
-------------------------	---

Projekttyp:	
<input type="checkbox"/> Routineprojekt <input type="checkbox"/> komplexes Standardprojekt <input checked="" type="checkbox"/> Potenzial- / Innovationsprojekt <input type="checkbox"/> Pionierprojekt	Begründung:

Projektorganisation:		
Projektmitarbeiter:	Name / Vorname / OE	Stellenprozent für Projekt
	<i>Vonlaufen Jan, Projektleiter</i>	<100%>
Steering Committee:		
<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein		
Sonstige Beteiligte:	→ <i>Vonlaufen Peter, Fachexperte</i>	

Projektplanung	
Projektphasen / Meilensteine:	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Projektinitialisierung</i> <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>MS1: Zielscheibe abgenommen</i> 2. <i>Projektplanung</i> <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>MS2: Projektablaufplan erstellt</i> 3. <i>Projektrealisierung</i> <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>MS3: Bedieneinheit erstellt</i> ◆ <i>MS4: Steuerung programmiert</i> ◆ <i>MS5: Dokumentation erstellt</i> 4. <i>Projektabschluss</i> <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>MS6: Soll/Ist-Vergleich der Endergebnisse erstellt</i>

1.4 Zielscheibe

Richtziel: Eine Steuerung mit Bedienelement für eine Kaffeemaschine ist bis am 13.11.2023 16.00 Uhr ausgearbeitet, getestet und dokumentiert.

1. Es gibt eine schriftliche Projektdokumentation über das Thema Steuerung Kaffeemaschine, gebunden im A4 Format und als PDF; diese liegt bis am 13.11.2023 um 16.00 Uhr vor.
2. Die Dokumentation beinhaltet: Titelblatt, Inhaltsverzeichnis, Projektablaufplan, Management-Summary, Dokumentation der Erstellung der Steuerung, sowie Lessons Learned.
3. Am Ende liegt eine funktionsfähige Steuerung für eine Kaffeemaschine vor, die von jeder Person bedient werden kann.
4. Es existiert eine Bedieneinheit mit folgenden Sachen:
 - 4.1 Ein LCD-Display, das alle Zustände anzeigt wie Standby, Bereit, Kaffee...
 - 4.2 Die Kaffeemaschinenbedienung folgt über verschiedene Tasten.
Die Tasten sind beschriftet mit ihrer Funktion, wie Kaffee, Espresso usw.
5. Wenn der Wassertank leer ist oder der Satzbehälter voll ist, erkennt das die Kaffeemaschine und es wird auf dem Display mit dem entsprechenden Text darauf hingewiesen.
6. Die Software zum Programmieren muss zugänglich sein für alle und Windows fähig.
7. Ein Zustandsdiagramm der Steuerung ist erstellt

Peter Vonlaufen

Endergebnisse

Kunde

Sinn und Zweck

Erfolgskriterien

In der heutigen Zeit werden immer mehr Geräte komplett weggeworfen, obwohl nur ein Bauteil defekt ist. Ich finde, dass so viele Ressourcen verschwendet werden! Meine Meinung ist, dass man mehr reparieren soll und weniger wegwerfen muss. Darum will ich der Maschine wieder neues Leben einhauchen mit einer neuen Steuerung. So habe ich auch die

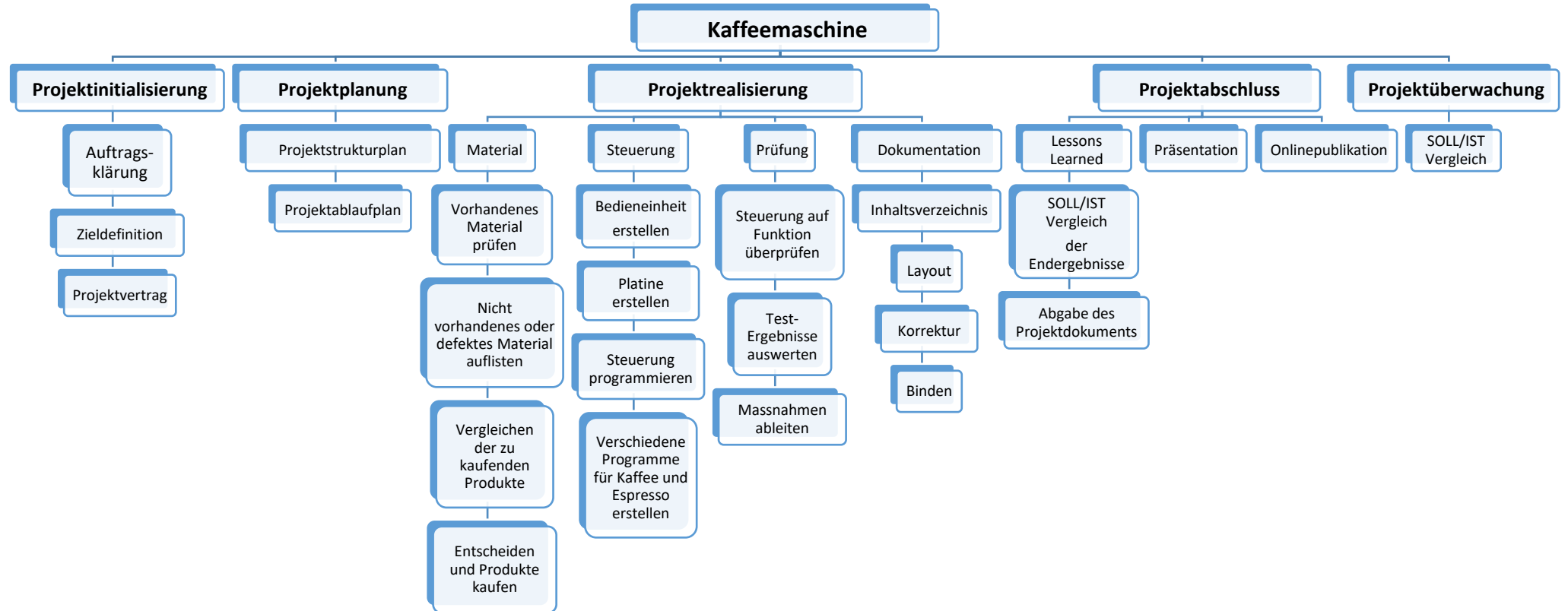
1. Eine Drittperson darf beim Durchlesen der Dokumentation maximal fünf Verständnisfragen haben.
2. Die Dokumentation der Erstellung der Steuerung wird mehr als fünf Bilder enthalten und Lessons Learned beinhaltet mindestens drei Punkte.

Möglichkeit, jederzeit etwas anderes zu programmieren und auszuprobieren. Welches bei einer neu gekauften Kaffeemaschine nicht möglich wäre!

3. Mit der Steuerung kann man mindestens zwei Kaffee-Arten, z.B. Espresso (kleine Tasse) und Kaffee (grosse Tasse), wählen.
4. Die Bedieneinheit ist übersichtlich gestaltet, so dass höchstens drei Fragen über die Bedienung gestellt werden.
 - 4.1 Das LCD-Display macht keine Fehler und zeigt immer die Zustände an, in der sich die Steuerung auch wirklich befindet.
 - 4.2 Die Taster-Beschriftung ist verständlich, so dass jeder, der Deutsch kann, sie versteht. Die Beschriftung stimmt mit der Funktion überein, das heisst, wenn ich die Einschalttaste drücke, dann schaltet sie auch wirklich ein. Das gilt auch für alle anderen Tasten.
5. Die Steuerung erkennt in jedem Fall, wenn der Wassertank leer ist oder der Satzbehälter voll ist und dies wird im Display klar und ohne Textfehler angezeigt.
6. Die Software kostet max. 10 Fr. und jeder, der einen Laptop mit Windows 10 oder höher hat, kann sie auf dem PC installieren.
7. Im Zustandsdiagramm ist klar ersichtlich, welche Zustände die Maschine hat und wie sie in diese kommt.

2 Projektplanung

2.1 Projektstrukturplanung



2.2 Projektablaufplanung

Projektbezeichnung	Kaffeemaschine	■ Meilensteine	■ Termine
Kunde	Peter Vonlaufen	■ Planung	
Datum	20.09.2023	■ Pufferzeit	
Jahr	2023		
KW	21	38	39
	19.06	25.08	18.09
	19.09	20.09	21.09
	22.09	23.09	24.09
	25.09	26.09	27.09
	28.09	29.09	30.09
	01.10	02.10	03.10
	04.10	05.10	06.10
	07.10	08.10	09.10
	10.10	11.10	12.10
	13.10	14.10	15.10
	16.10	17.10	18.10
	19.10	20.10	21.10
	22.10	23.10	24.10
	25.10	26.10	27.10
	28.10	29.10	30.10
	31.10	01.11	02.11
	03.11	04.11	05.11
	06.11	07.11	08.11
	09.11	10.11	11.11
	12.11	13.11	14.11
	15.11	16.11	17.11
	18.11	19.11	20.11
	21.11	22.11	23.11
	24.11	25.11	26.11
	27.11	28.11	29.11
	30.11	01.12	02.12
	03.12	04.12	05.12
	06.12	07.12	08.12
	09.12	10.12	
Projektinitialisierung			
Zieldefinition			
Projektvertrag			
Auftragsklärung			
Projektplanung			
Projektstrukturplan			
Projektablaufplan			
Projektrealisierung			
Vorhandes Material prüfen			
Materialliste erstellen			
Vergleichen der Produkte			
Produkte kaufen			
Bedieneinheit erstellen			
Platine erstellt			
Steuerung programmieren			
Motoren programmieren			
Wasserkreislauf programmieren			
Mehrere Programme erstellen			
Prüfung			
Dokumentation			
Projektabschluss			
Lessons Learned			
Soll/Ist Vergleich der Endergebnisse			
Abgabe des Projektdokuments			
Präsentation			
Onlinepublikation			
Termine			
Vorzeige Termin 1			
Vorzeige Termin 2			

Abbildung 6: Projektablaufplan

3 Projektrealisierung

3.1 Material

Bevor ich eine Steuerung oder eine Platine bauen konnte, musste ich zuerst die verbauten Bauteile kontrollieren und entscheiden, welche ich wieder verwenden kann und welche nicht.

Material in Maschine	Weiterverwendung	Ersatzmaterial
Wasserpumpe	Ist in Ordnung	Nicht notwendig
Ventile	Alle sind in Ordnung	Nicht notwendig
Durchlauferhitzer	Ist in Ordnung	Nicht notwendig
Boiler	Wird für die Kaffeezubereitung nicht gebraucht	Nicht notwendig
Schläuche und Kleinmaterial	Alles in Ordnung	Nicht notwendig
Steuerplatine	Komplett ersetzen	Siehe Liste für Hauptplatine
Bedieneinheit	Die Abdeckung wird weiterverwendet	Platine selbst muss ersetzt werden. Material siehe Liste Bedieneinheit
Trafo	Ist in Ordnung	Kann weiterverwendet werden

Tabelle 1: Materialliste

Nach dieser Kontrolle wusste ich, dass ich eine Steuereinheit erstellen muss, die genau gleich gross ist wie die alte, damit ich keine neue Abdeckung erstellen muss. Das Gleiche gilt auch für die Hauptsteuerplatine, die ich nicht grösser machen darf als die alte, da sie sonst nicht in die Maschine passt. Mit diesen Informationen fing ich an Material zu suchen und zu bestellen. Ich habe mir dies in zwei Sparten aufgeteilt: einmal Hauptplatine und einmal Bedieneinheit.

3.1.1 Hauptplatine

3.1.1.1 Mikrocontroller

Zuerst suchte ich ein Mikrocontroller-Board, denn hier gibt es mehrere Varianten. Da ich mit Arduino programmieren will, habe ich nur solche rausgesucht, welche mit Arduino programmierbar sind. Als erstes wäre der Arduino selber.

Arduino UNO:



Abbildung 7: Arduino Uno

Technische Daten des Arduino UNO

Länge	68,6 mm
Breite	53,4 mm
Gewicht	25 g
Flash Speicher	32KB (von denen 0,5 KB für den Bootloader reserviert sind)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
CPU-Taktgeschwindigkeit	16 MHz
Betriebsspannung	5 V
Eingangsspannung	7 bis 12 V
minimale Eingangsspannung	6 V
maximale Eingangsspannung	20 V
max. Stromstärke pro I/O Pin	20 mA
max. Stromstärke für die 3.3 V Versorgung	50 mA
digitale Eingänge / Ausgänge	14
digitale PWM-Ausgänge	6
analoge Eingänge / Ausgänge	6
Preis	ca. 20 Fr.

Tabelle 2: Technische Daten Arduino Uno

Der nächste Mikrocontroller ist der ESP32:



Abbildung 8: ESP32-S2-Saola

Wi-Fi 802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)

Built around ESP32-S2 series of SoCs Xtensa® single-core

Integrated 4 MB SPI flash

Integrated 2 MB PSRAM

35 × programmable GPIOs

2 × 13-bit SAR ADCs, up to 20 channels

2 × 8-bit DAC

14 × touch sensing IOs

4 × SPI

1 × I2S

2 × I2C

2 × UART

RMT (TX/RX)

LED PWM controller, up to 8 channels

1 × full-speed USB OTG

1 × temperature sensor

1 × DVP 8/16 camera interface, implemented using the hardware resources of I2S

1 × LCD interface (8-bit serial RGB/8080/6800), implemented using the hardware resources of SPI2

1 × LCD interface (8/16/24-bit parallel), implemented using the hardware resources of I2S

1 × TWAI® controller (compatible with ISO 11898-1)

Abmessung: 24 × 53mm

Preis ca. 17 Fr.

Der nächste ist der Adafruit Metro 328:



Abbildung 9: Adafruit Metro 328

ATmega328 Mikrocontroller mit Optiboot (UNO) Bootloader
USB-Programmierung und Debugging über den gut unterstützten Original-CP2104
Eingangsspannung: 7-9V (eine 9VDC-Stromversorgung wird empfohlen)
Der 5-V-Regler kann Spitzenwerte ~800 mA liefern, solange die Chip-Temperatur des Reglers 150 * C nicht überschreitet
Der 3,3-V-Regler kann Spitzenwerte ~150 mA liefern, solange die Chip-Temperatur des Reglers 150 * C nicht überschreitet
5V-Logik mit 3,3V-kompatiblen Eingängen, kann in 3,3V-Logikbetrieb umgewandelt werden
20 Digital-I/O-Pins: 6 sind ebenfalls PWM-Ausgänge und 6 sind ebenfalls analoge Eingänge
6-poliger ICSP-Header zur Neuprogrammierung
32 KB Flash-Speicher - 0,5 KB für Bootloader, 31,5 KB nach Bootloading verfügbar
16MHz Taktfrequenz
Kompatibel mit "Classic"- und "R3"-Shields
Adafruit Schwarze Leiterplatte mit Goldplatte auf den Pads
53 mm x 71 mm / 2,1" x 2,8"
Höhe (mit Buchse): 13 mm / 0,5 "
Gewicht: 19g
Preis: ca. 17 Fr.

Dann gibt es noch den Tensy 4.1:



Abbildung 10: Tensy 4.1

- RM Cortex-M7 bei 600 MHz
- Gleitkomma-Mathematikeinheit, 64 und 32 Bit
- 7936K Flash, 1024K RAM (512K eng gekoppelt), 4K EEPROM (emuliert)
- QSPI-Speichererweiterung, Speicherplätze für 2 zusätzliche RAM- oder Flash-Chips
- USB-Gerät 480 Mbit/s & USB-Host 480 Mbit/s
- 55 digitale Ein-/Ausgangspins, 35 PWM-Ausgangspins
- 18 analoge Eingangspins
- 8 serielle, 3 SPI-, 3 I2C-Ports
- 2 digitale I2S/TDM- und 1 S/PDIF-Audioanschluss
- 3 CAN-Bus (1 mit CAN FD)
- 1 SDIO (4 Bit) nativer SD-Kartenanschluss
- Ethernet 10/100 Mbit mit DP83825 PHY
- 32 universelle DMA-Kanäle
- Kryptographische Beschleunigung und Zufallszahlengenerator
- RTC für Datum/Uhrzeit
- Programmierbares FlexIO
- Pixelverarbeitungs-Pipeline
- Periphere Cross-Triggerung
- Verwaltung des Ein-/Ausschaltens
- Abmessung: 60,96 x 17,78mm
- Preis ca. 35 Fr.

3.1.1.1.1 Entscheidung welcher Mikrocontroller

	a	b	c	d	e	Anzahl
A Kosten		b	a	d	e	4
B Schon verwendet			c	d	e	3
C Anzahl Ein- und Ausgänge				d	e	2
D Lieferung (in 1 Woche)					d	1
E Grösse						0
Nennungen	1	1	1	4	3	10
Rang	3	3	3	1	2	
Prozent	10%	10%	10%	40%	30%	

Tabelle 3: Auswertung Mikrocontroller

Kriterien	Gewichtung	ESP32		Arduino UNO		Tennsy 4.1		Adafruit Metro 328	
		TN	GTN	TN	GTN	TN	GTN	TN	GTN
Kosten	10	4	40	4	40	1	10	2	20
Schon verwendet	10	4	40	1	10	1	10	1	10
Anzahl Ein- und Ausgänge	10	3	30	1	10	4	40	2	20
Lieferung (in 1 Woche)	40	4	160	4	160	4	160	4	160
Grösse	30	4	120	2	60	4	120	1	30
Gesamtnutzen	100		390		280		340		240

Tabelle 4: Auswertung Mikrocontroller

Nach dieser Auswertung nehme ich den ESP32 als Mikrocontroller.

3.1.1.2 Weiteres Material

Die Steuerplatine braucht noch mehr Material als nur der Mikrocontroller.

Da wäre zuerst die Stromversorgung. Die Kaffeemaschine wird an 230 VAC (Wechselstrom) eingesteckt. Doch nicht alle Bauteile können mit 230 VAC betrieben werden.

Die Heizung ist die Einzige, die 230 VAC benötigt.

Da ist aber auch noch die Wasserpumpe, diese braucht hingegen 24 VAC.

Wie oben in der Liste zu sehen ist, hat die Kaffeemaschine schon einen Trafo drin mit Mittelanzapfung. Dieser liefert 13.5 und 27 VAC; somit brauche ich hier keine weiteren Bauteile zu kaufen. Unten im Bild sieht man ein Beispiel eines Trafo mit Mittelpunktzapfung. Mein Trafo hat allerdings nur 3 Drähte auf der Sekundärseite: 2 für beide Spulen und einer ist von der Mitte aus.



Abbildung 12: Ring-Trafo mit Mittelanzapfung

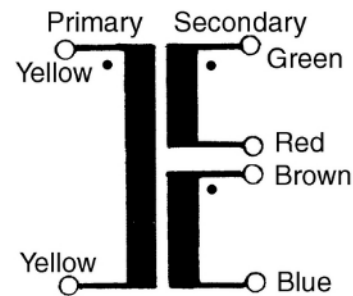


Abbildung 11: Anschlüsse Trafo

Die zwei verbauten Motoren und auch die Ventile brauchen hingegen 24 VDC. Also brauche ich hier ein Bauteil, das die 27 VAC in DC umwandelt. Dafür nehme ich einen Brückengleichrichter. Im Bild unten sieht man, was für einen ich genommen habe.

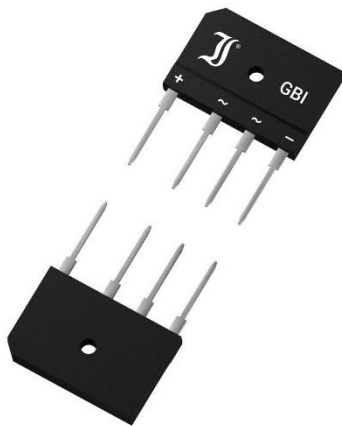


Abbildung 13: Brückengleichrichter GBI15A

Damit die Gleichspannung nach dem Brückengleichrichter geglättet wird, brauche ich auch noch einen Kondensator. Für die Entscheidung habe ich geschaut, was für Kondensatoren auf der alten Platine vorhanden waren. Ich habe mich dann für folgenden Kondensator entschieden:



Abbildung 14: Kondensator 50V

Jetzt habe ich zwar die ganze Stromversorgung für Motoren, Heizung, Ventile und Wasserpumpe sichergestellt. Aber ich muss den Mikrocontroller auch noch einspeisen. Dieser wird über USB eingespeist, das heisst, ich benötige ein weiteres Bauteil, das mir die DC-Spannung konvertiert und am besten gleich auf USB ausgibt. Da habe ich folgendes Bauteil gefunden und verwendet:



Abbildung 15: Konverter 12V/24V auf 5V USB

So, die Spannungsversorgung habe ich gemacht. Jetzt benötige ich noch Bauteile, damit ich die Motoren, Heizung, Ventile und Wasserpumpe mit dem Mikrocontroller schalten kann.

Für die Brüheinheit brauche ich ein DC-Motortreiber, damit ich die Drehrichtung ändern kann. Da habe ich mich für Folgenden entschieden:



Abbildung 16: Motortreiber DRV8871

Bei der Mühle muss ich nur eine Drehrichtung haben, darum steuere ich ihn mit einem N-Channel MOSFET an.

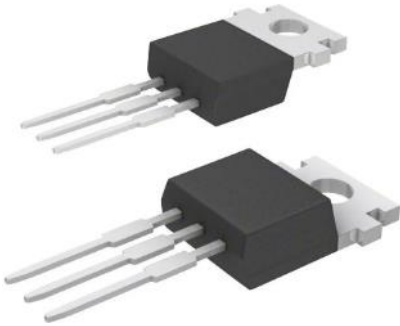


Abbildung 17: MOSFET 60V 32A

Die Ventile, Heizung und Wasserpumpe steuere ich über Relais an. Ich habe mich entschieden, Relais zu kaufen, die schon so vorbereitet sind, dass sie direkt mit einem Mikrocontroller angesteuert werden können. Ich habe mich für folgendes Produkt entschieden:

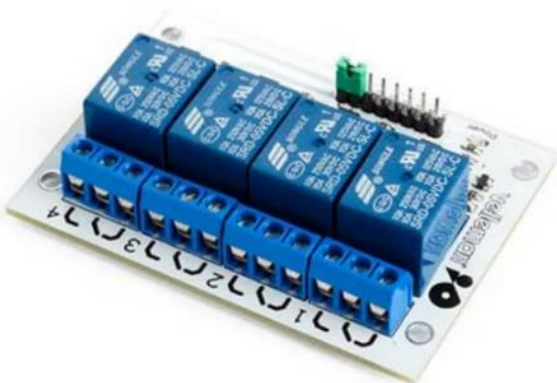


Abbildung 18: Arduino Relais Modul

3.1.2 Bedieneinheit

Für die Bedieneinheit brauche ich ein LCD-Display, das dorthin passt, wo das alte Display war und das ich über die I2C Schnittstelle ansteuern kann. Leider fand ich kein LCD-Display, das von der Grösse oder von der Ansteuerung her passt. Aber ich fand OLED-Displays. Also entschied ich mich, ein OLED-Display zu nehmen, da diese kleiner sind und in die Lücke des alten Displays passen. Zudem kann ich diese auch per I2C Schnittstelle mit dem Mikrokontroller verbinden. Ich habe mich für folgendes OLED-Display entschieden:



Abbildung 19: OLED-Display

Für die Auswahl der Kaffee-Zubereitung sowie auch um die Kaffeemaschine ein- und auszuschalten benötige ich Tasten in zwei verschiedenen Grössen. Ich habe mich hierbei für folgende Taster entschieden; diese sehen genau gleich aus, einfach eine Art ist grösser und die andere kleiner:



Abbildung 20: Taster

Weiter brauche ich für die Anzeige noch LEDs in rot und grün. Ich habe folgende LEDs genommen:



Abbildung 22: LED rot 3mm



Abbildung 21: LED grün 3mm

3.1.3 Allgemeines Material

Oben habe ich aufgeschrieben, was für Material ich für die Bedieneinheit und für die Hauptplatine benötige. Natürlich brauche ich noch weiteres Material. Für die Verbindung von der Bedieneinheit zur Hauptplatine benötige ich Stecker Sets. Ich habe mich für folgende Stecker Sets entschieden:



Abbildung 24: Stecker Set



Abbildung 23: Stecker Set 2

Zudem brauche ich noch Löt-Platinen in verschiedenen Grössen. Ich habe mich für Löt-Platinen entschieden, die ein Rastermass von 2.54 mm haben. Ich bestellte verschiedene Grössen. Zusätzlich habe ich noch eine Platine mit grösserem Rastermass bestellt. Alle sehen gleich aus wie auf dem nachfolgenden Bild:

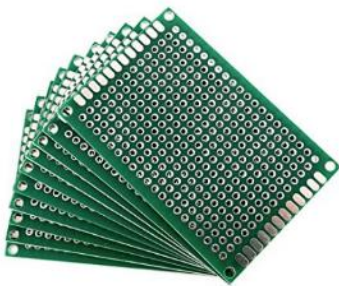


Abbildung 25: Löt-Platine

Zusätzlich zu den Stecker Sets bestellte ich noch verschiedene Klemmen für die Platine zum drauf löten; für beide Rastermass. Unten sieht man die Art der verwendeten Klemmen. Ich habe auch hier verschiedene Grössen bestellt: 2er, 3er, 4er, 5er..., schraubbar und mit Federzug.



Abbildung 27: 4er Schraubklemmen



Abbildung 26: 2er Federzugklemmen

Zum Verdrahten brauche ich noch Litzen und natürlieh zum Lötlen auch noch Lötzinn. Hier einige Beispiele von Litzen und vom Lötzinn, die ich verwende:



Abbildung 30: Litzen Set



Abbildung 29: Litzen Set



Abbildung 28: Litze 1mm



Abbildung 31: Litze mit Stecker

3.1.4 Lieferanten

Bei diesen Lieferanten habe ich das oben aufgelistete Material bestellt:

Distrelec

[Distrelec Schweiz - Distributor für technische Komponenten](#)

Brack

[BRACK.CH](#)

Conrad

[Conrad Electronic – Alle Teile des Erfolgs](#)

Bastelgarage

[Bastelgarage Elektronik Online Shop](#)

3.2 Herstellung Bedieneinheit

Nachdem ich das ganze Material zusammen hatte, fing ich mit der Herstellung der Bedieneinheit an. Die alte Bedieneinheit ist, wie im Bild unten ersichtlich, eingeklickt gewesen. Von vorne hat es dann, wie im Bild unten rechts, so ausgesehen:



Abbildung 33: Alte Bedieneinheit von hinten



Abbildung 32: Alte Bedieneinheit von vorne

Ich möchte die Front der Bedieneinheit weiterverwenden. Die Steuerung (grün), die oben links im Bild ist, möchte ich komplett ersetzen. Als ich die Steuerung ausklickte, sah ich, dass die 10 Tasten zum Auswählen, was die Kaffeemaschine machen kann, eine einzige Gummimatte ist, wie man in Abbildung 36 und 34 sehen kann. In Abbildung 36 sieht man, wie es aussieht, wenn die Gummimatte eingelegt ist. Dies wird von der Steuerung am Platz gehalten. Also muss ich meine neue Bedieneinheit genau gleich gross und in gleicher Form wie in Abbildung 33 herstellen. Ich überlegte sehr lange, wie ich dies machen kann, denn ich konnte keine so grosse Löt-Platine bestellen, die ich dann zuschneiden kann.



Abbildung 36: Bedienung von hinten ohne Steuerung

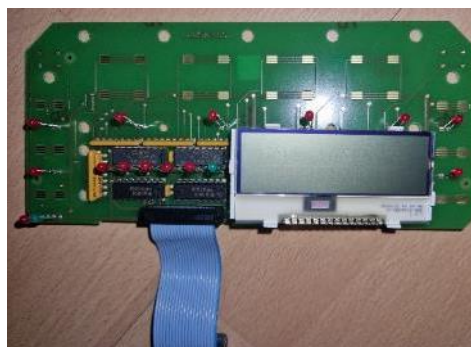


Abbildung 35: Bedieneinheit Steuerung

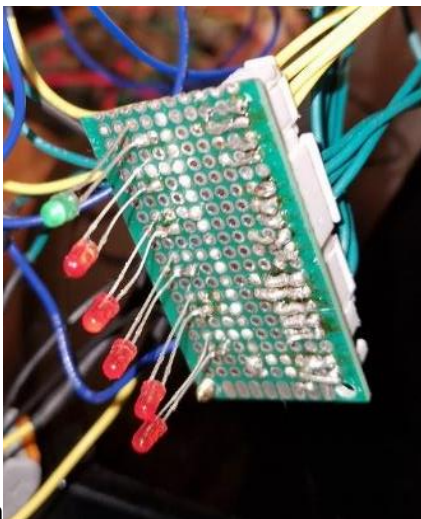


Abbildung 34: Bediensteuerung mit aufgelegtem Taster

Dann kam mir die Idee, dass ich dies mit einer Plexiglas-Scheibe machen könnte. Also ging ich in den Jumbo und kaufte eine Plexiglas-Scheibe. Zuhause angekommen, legte ich die alte Bedieneinheit-Steuerung drauf und schnitt dann diese aus. Auch die 7 Löcher, die sich am Rand der Steuerung befinden, (siehe oben im mittleren Foto) bohrte ich aus. Als ich dies hatte, legte ich die Gummimatte an ihre Position ein (wie im Foto oben links) und klemmte meine ausgeschnittene Plexiglas-Scheibe drauf. Dies ging perfekt und die Tasten konnten weiter gedrückt werden. Jetzt kam aber die Frage auf, wie ich die Taster und LEDs auflöten kann. Ich kann zwar Löcher in die Plexiglas-Scheibe bohren. Aber Löten direkt auf der Scheibe geht nicht, da diese schmelzen würde. Also klebte ich die Löt-Platinen auf die Plexiglas-Scheibe und bohrte durch diese mit der Bohrmaschine Löcher in die Plexiglas-Scheibe. Durch diese Löcher konnte ich dann die Beine der LEDs, wie auch die Beine der Taster durchdrücken und an die Platinen anlöten. Dies funktionierte nur bedingt, da ich trotzdem ja mit grosser Hitze am Löten bin und dies bekam der Scheibe gar nicht gut. Das nächste Problem ist, die Verbindungen zu löten, dies müsste ich auf der Seite machen, wo die Platine auf das Plexiglas geklebt ist.

Also fing ich nochmals von vorne an, die ersten Schritte machte ich genau gleich. Dieses Mal klebte ich aber die Löt-Platinen nicht drauf. Sondern ich schnitt bei der Plexiglas-Scheibe die Löcher so gross aus, dass die ganzen Taster und LEDs hindurch passten. Ich arbeitete mit drei kleinen Löt-Platinen. Eine für die Taster Kaffee und Espresso. Eine für den Taster zum Einschalten und Ausschalten mit den LEDs, die den Status anzeigen. Bei dieser Platine machte ich auch noch einen Taster mehr rein, den ich später für weitere Optionen brauchen kann. Die dritte Platine machte ich mit den Anzeige-LEDs für Wasser leer, Satzbehälter voll, dort lötete ich auch die Stecker drauf, wo ich dann die Bedieneinheit mit der Hauptsteuerplatine verbinden kann (siehe unteres mittleres Bild). Da ich die 3 Platinen nicht aufgeklebt habe, konnte ich so von beiden Seiten löten. Damit ich diese miteinander verbinden kann, arbeitete ich mit Litzen. Als alle Löt-Arbeiten beendet waren, schraubte ich die 3 Teil-Platinen auf dem Plexiglas fest. Ich baute die Bedieneinheit wieder zusammen und probierte aus, ob ich alle Tasten drücken kann, ohne dass sie sich verklemmen – dies ging. Jetzt verband ich die 3 Platinen, so dass ich später nur noch die Bedieneinheit mit Stecker auf die Hauptplatine verbinden kann.

Hier noch Fotos von der Bedieneinheit:



a

Abbildung 39: Kleine Teileinheit Bedieneinheit

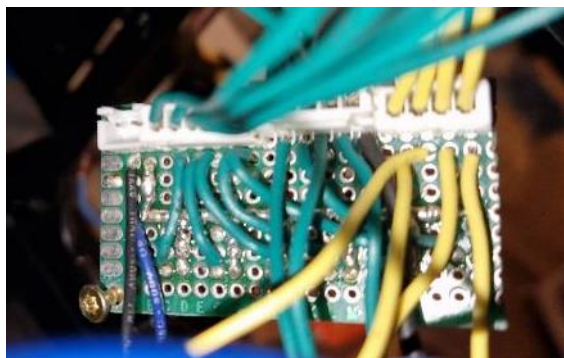


Abbildung 38: Gleiche, wie im Bild links, von anderer Seite



Abbildung 37: Ganze Bedieneinheit

Das OLED-Display ist mit Klettband so befestigt, dass man von vorne das Display sieht. Dieses hat separate Stecker dran, um es mit der Hauptplatine zu verbinden.

Damit war ich mit der Bedieneinheit fertig. Als nächstes kommt die Hauptplatine dran.

3.3 Herstellung Hauptplatine

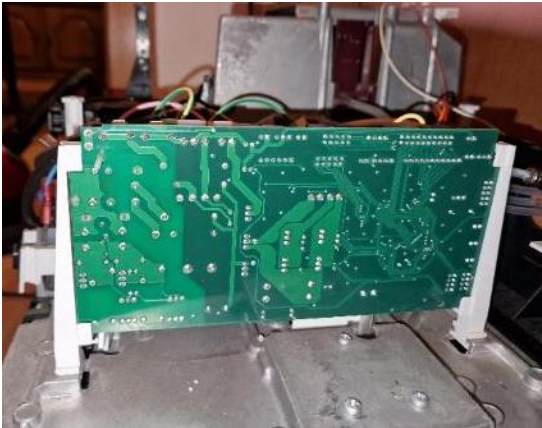


Abbildung 41: Alte Hauptplatine eingebaut



Abbildung 40: Alte Hauptplatine

Wie man oben in den Bildern sieht, ist es mit der Hauptplatine genau das Gleiche wie mit der Bedieneinheit. Auch sie ist so gefertigt, dass man sie einhängen kann. Somit muss ich die Hauptplatine auch so hineinbauen können, da sonst kein Platz vorhanden ist. So legte ich auch diese Platine auf Plexiglas, zeichnete sie ab und schnitt sie dann aus. Ich probierte sofort aus, ob ich sie in die Vorrichtung einhängen kann. Dies war möglich. Auch hier entschloss ich mich, die Platine auf mehrere kleinen Löt-Platinen aufzuteilen. Da wie oben beim Material zu sehen ist, sind die Relais schon auf einer Löt-Platine drauf. Also fing ich mit der Mikrocontroller-Platine an.

3.3.1 Mikrocontroller-Platine

Bevor ich anfang, schrieb ich eine Liste mit den Ein- und Ausgängen, um zu definieren: Welche analog oder digital, PWM-fähig und so weiter sein müssen. Diese glich ich dann mit dem Mikrocontroller ab, um die PIN-Nummern aufschreiben zu können.

Eingang Art	WAS	PIN Tensy 4.1	PIN ESP32
Digital In	In 1 Brüheinheit	2	12
Digital In	In 2 Brüheinheit	3	13
Digital In	Mühle	5	14
Digital In	Reserve Mühle	6	
Digital Out	In 1 Wasserpumpe	7	6
Digital Out	In 2 Entlastungsventil	8	7
Digital Out	In 3 Wasserventil	9	10
Digital Out	In 4 Heizung	10	11
Digital In	Schalter Satzbehälter	11	5
Digital In	Wasserstand-Status	12	2
Digital Out	LED Taste Kaffee	13	41
Digital Out	LED rot Start-Knopf	14	42
Digital Out	LED Temperatur i.O	15	43
Digital Out	LED grün Start-Knopf	16	44
Analog In	Temperatur Durchlauferhitzer	17	17
Digital Out	LED kein Wasser	18	35
Digital Out	LED keine Bohnen	19	36
Digital Out	LED Satzbehälter	20	37
Digital Out	LED Störung	21	38
Digital Out	LED Reinigung	22	39
Analog In	Temperatur Boiler	23	
SCL	OLED-Display	24	9
SDA	OLED-Display	25	8
Digital In	Strömungsmessung	26	

Analog In	Strommessung	27	
Digital In	Taster Espresso	33	21
Digital In	Taster Kaffee	34	26
Digital In	Taster Reserve (Reinigung)	35	33
Digital In	Taster Einschalten	36	34
Digital In	Schalter Kaffee Bohnendeckel	37	4
Digital In	Schalter Position Brüheinheit	38	18
Digital In	Sicherheits Schalter Brüheinheit	39	19
Digital In	Schalter Dampf/Warmwasser	40	20
Digital Out	LED Taster Espresso	41	40

Tabelle 5: PIN Ein- und Ausgänge Mikrocontroller

Als ich die Liste erstellt hatte, merkte ich, dass es doch sehr viele Ein- und Ausgänge sind, die ich brauche. Der ESP32 kommt so an seine Grenze und wenn später noch etwas mehr dazu kommt, habe ich keine Reserve mehr. Also habe ich mich entschieden den Tensy 4.1 zu nehmen, da dieser mehr Anschlüsse hat. Wie oben in der Tabelle zu sehen ist, sind die PIN-Nummern wie folgt verteilt. Unten im Bild sieht man den Anschlussplan vom Tensy 4.1.

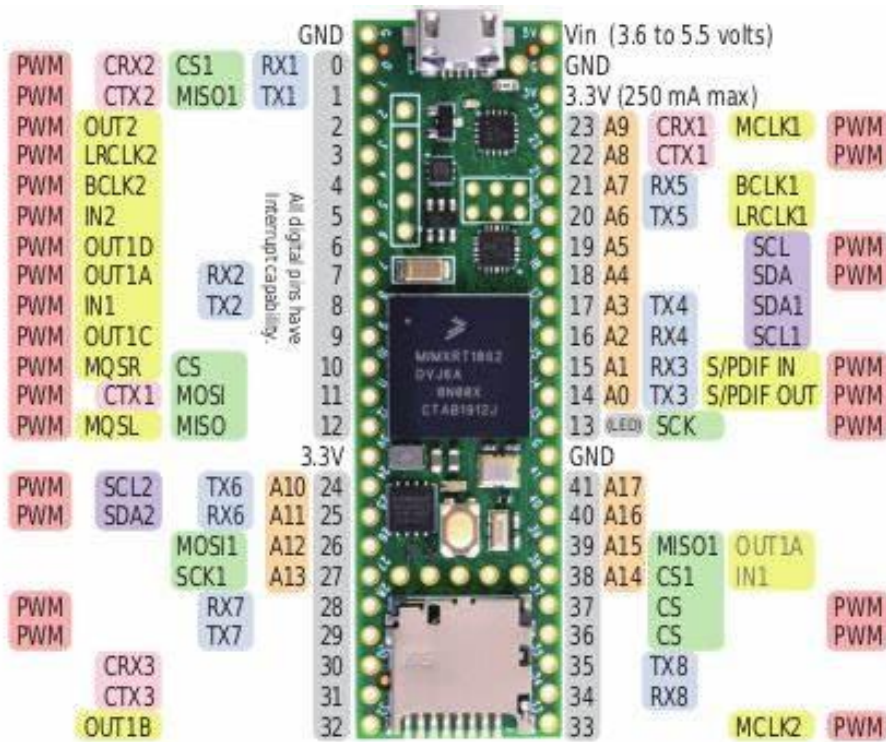


Abbildung 42: Tensy 4.1 Anschlussplan

Wie man hier im Bild sieht, kommt die PIN-Nummer von den grauen Zahlen, diese sind die digitalen IN und Out. Die orangen sind die analogen Eingänge.

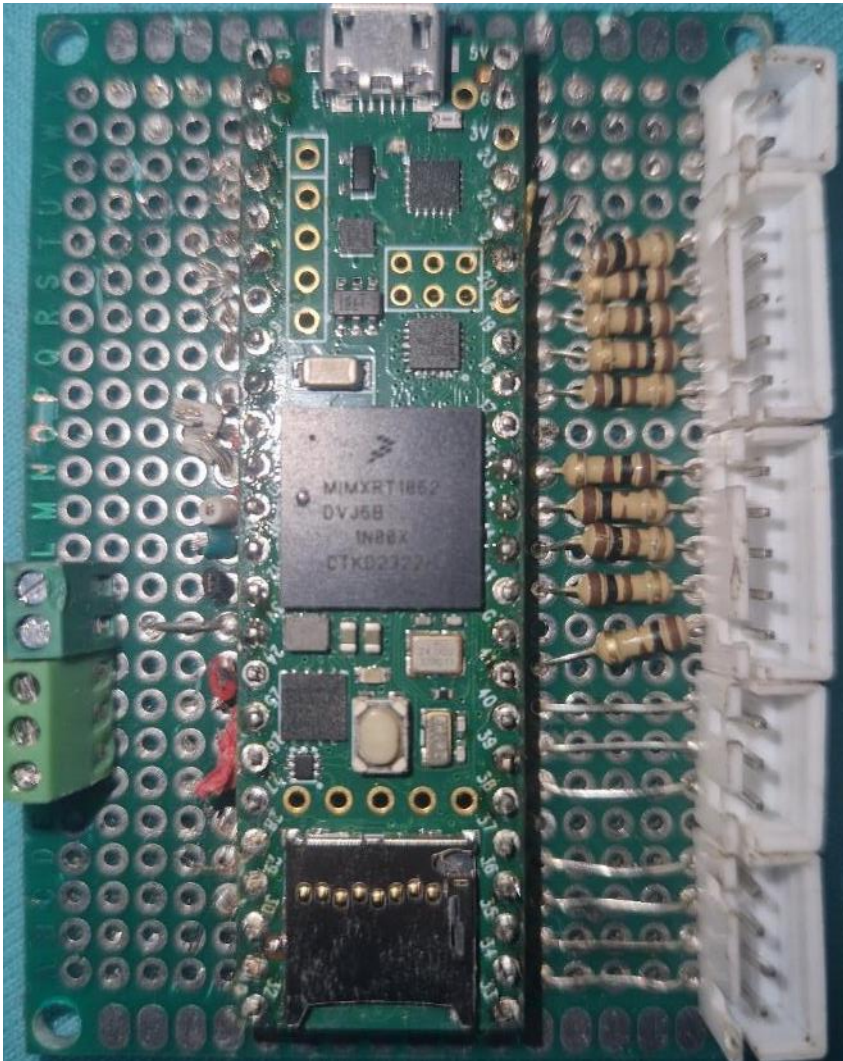


Abbildung 43: Tenncy 4.1 aufgelötet

Hier oben im Bild sieht man die Mikrocontroller-Platine. Rechts sind die Stecker drauf für die Verbindung zur Bedieneinheit. Links sind die verschiedenen Ein- und Ausgänge. Auf der linken Seite sieht man, dass ich auf die einzelnen PINs Litzendrähte aufgelötet habe. Diese sind hier abgeschnitten. Ich komme zu einem späteren Zeitpunkt ([3.5.3.1](#)) wieder darauf zurück, wieso hier die Litzendrähte abgeschnitten sind. So weit bin ich fertig mit der Mikrocontroller-Platine. Als nächstes komme ich zur Stromversorgung.

3.3.2 Stromversorgung

Wie schon in der Materialliste erwähnt habe, braucht die Kaffeemaschine mehrere Arten von Spannungen. Da wären zuerst die 230 VAC für den Durchlauferhitzer und für den Trafo. Diese nehme ich mit WAGO-Klemmen direkt nach dem Hauptschalter ab. Hier ein Bild davon:

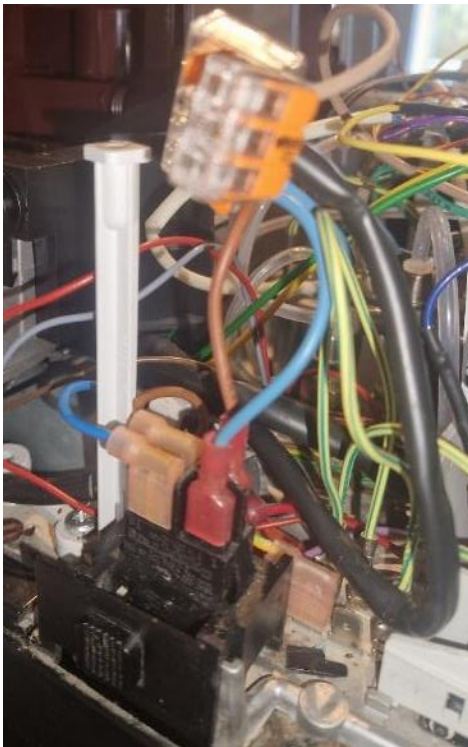


Abbildung 44: 230 VAC-Einspeisung

Vom Trafo bekomme ich dann die 27 VAC und die 13.5 VAC. Die Pumpe braucht 24 VAC. Vom Trafo kommen drei Drähte nach oben: 2-mal beige und 1-mal schwarz. In der Materialliste habe ich erwähnt, dass ich ein Trafo habe mit Mittelanzapfung. Also der schwarze Draht ist die Mittelanzapfung und die zwei beige Drähte sind die äusseren Drähte. Das heisst, zwischen den beige Drähten habe ich 27 VAC und zwischen Schwarz und Beige habe ich 13.5 VAC. Ich arbeitete auch hier mit WAGOs, ich nahm einmal die 27 VAC für die Wasserpumpe und einmal führte ich sie auf den Brückengleichrichter.

Somit kommen wir zur Platine für die 24 VDC, hier ein Bild davon:

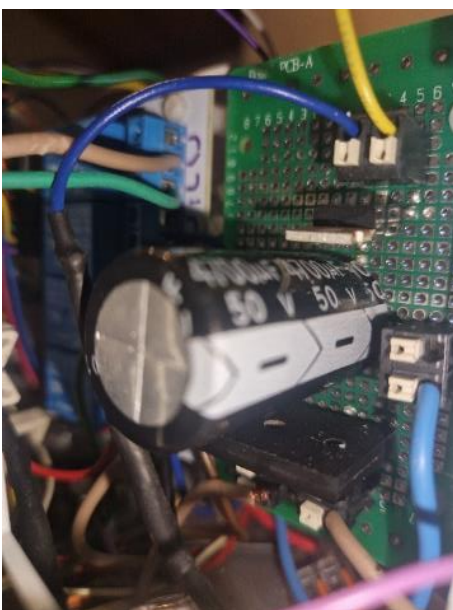


Abbildung 46: 24 VDC-Platine

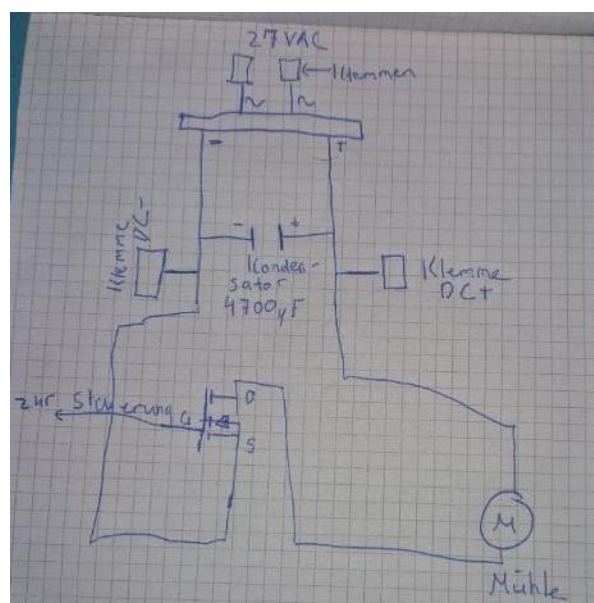


Abbildung 45: Skizze 24 VDC

Oben in der Skizze sieht man, dass ich mit den 27 VAC auf den Brückengleichrichter gehe. Dann habe ich nach dem Brückengleichrichter parallel ein Kondensator verdrahtet, um die gleichgerichtete Spannung zu glätten. Nach dem Kondensator habe ich Klemmen eingelötet: einmal für + und einmal für -. Auf der Skizze sieht man auch, dass ein MOSFET drauf ist, dieser ist für die Mühle der Kaffeemaschine und ist genauso verdrahtet wie auf der Skizze. Somit ist die 24 VDC-Spannung auch hergestellt. Jetzt brauche ich aber noch 5 V für den Mikrocontroller. Dafür brauchte ich, wie unten im Bild links zu sehen ist, diesen DCDC-Konverter:



Abbildung 48: Mikrocontroller Spannungsversorgung

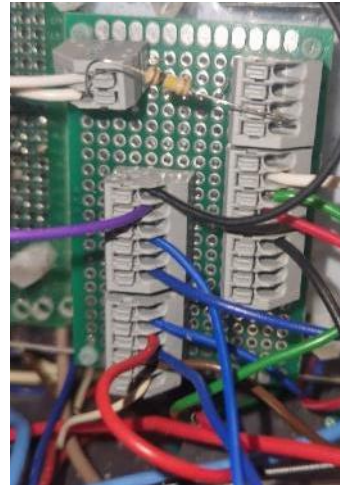


Abbildung 47: 3.3 V Spannungsversorgung

Den roten Draht klemmte ich auf die +24 VDC nach dem Brückengleichrichter. Den schwarzen Draht klemmte ich jedoch mit dem schwarzen Draht des Trafo zusammen. Somit habe ich nur 12 VDC. Jetzt kann ich mit dem gleichen Kabel, mit dem ich den Mikrocontroller programmiere, auch diesen mit Spannung versorgen, wenn ich fertig mit dem Programmieren bin. Jetzt gibt es aber noch eine Spannungsversorgungs-Gruppe, und zwar alle Schalter, Taster und LEDs bekommen ihren Strom ab dem Mikrocontroller. Für diese Stromversorgung machte ich noch eine kleine Platine mit Klemmen drauf, einmal für 3.3 V und für GND, dies sieht man oben rechts im Bild.

3.3.3 Alles zusammengefügt

Als ich alles fertig gelötet hatte, schraubte ich alle Einheiten auf die Plexiglas-Scheibe und das Gesamte sieht so aus:



Abbildung 49: Hauptplatine von oben

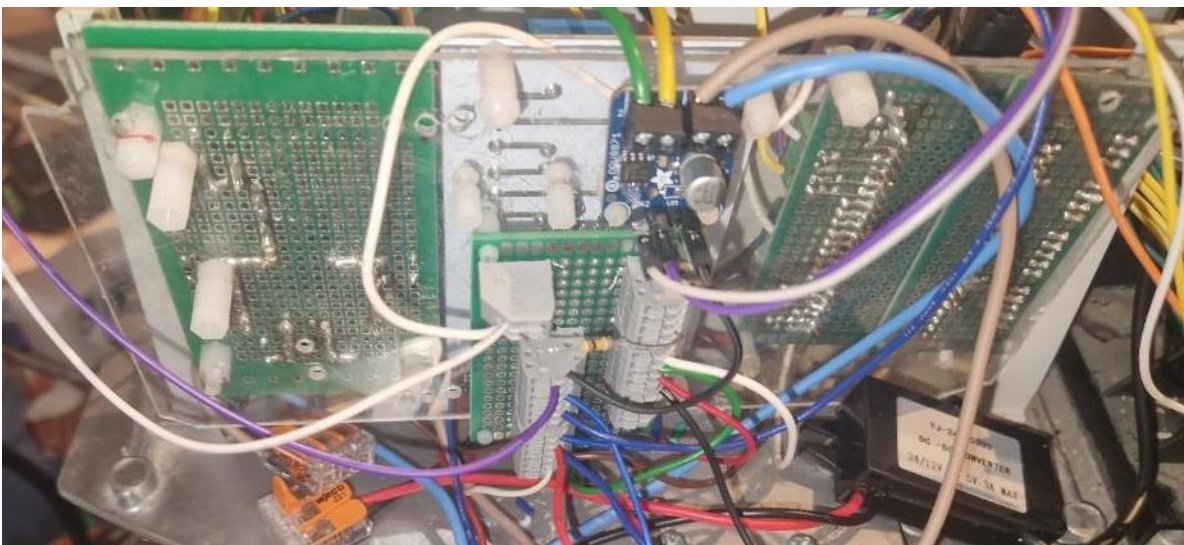


Abbildung 50: Hauptplatine mit 24 VDC, Relais, Mikrocontroller sowie in der Mitte Motorentreiber-Brüheinheit

Am Schluss verdrahtete ich alle Bauteile. Alle Schalter und Taster sind immer auf GND geführt, hier eine Skizze:

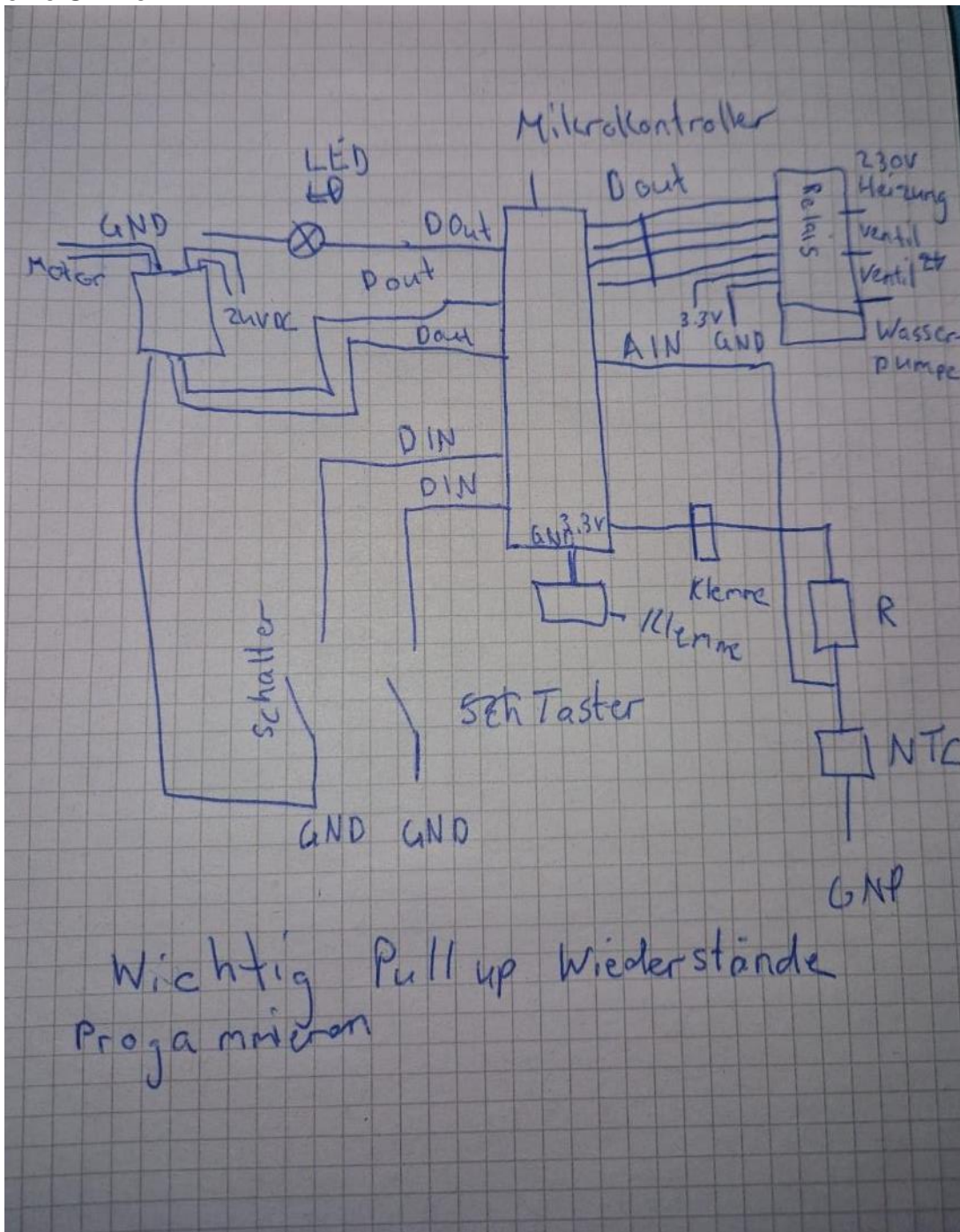


Abbildung 51: Skizze Verdrahtung Hauptplatine

3.4 Programmieren

3.4.1 Zustandsdiagramm

Nachdem ich die Bedieneinheit und die Hauptplatine soweit hergestellt hatte, begann ich mit dem Programmieren. Als allererstes machte ich ein Zustandsdiagramm:

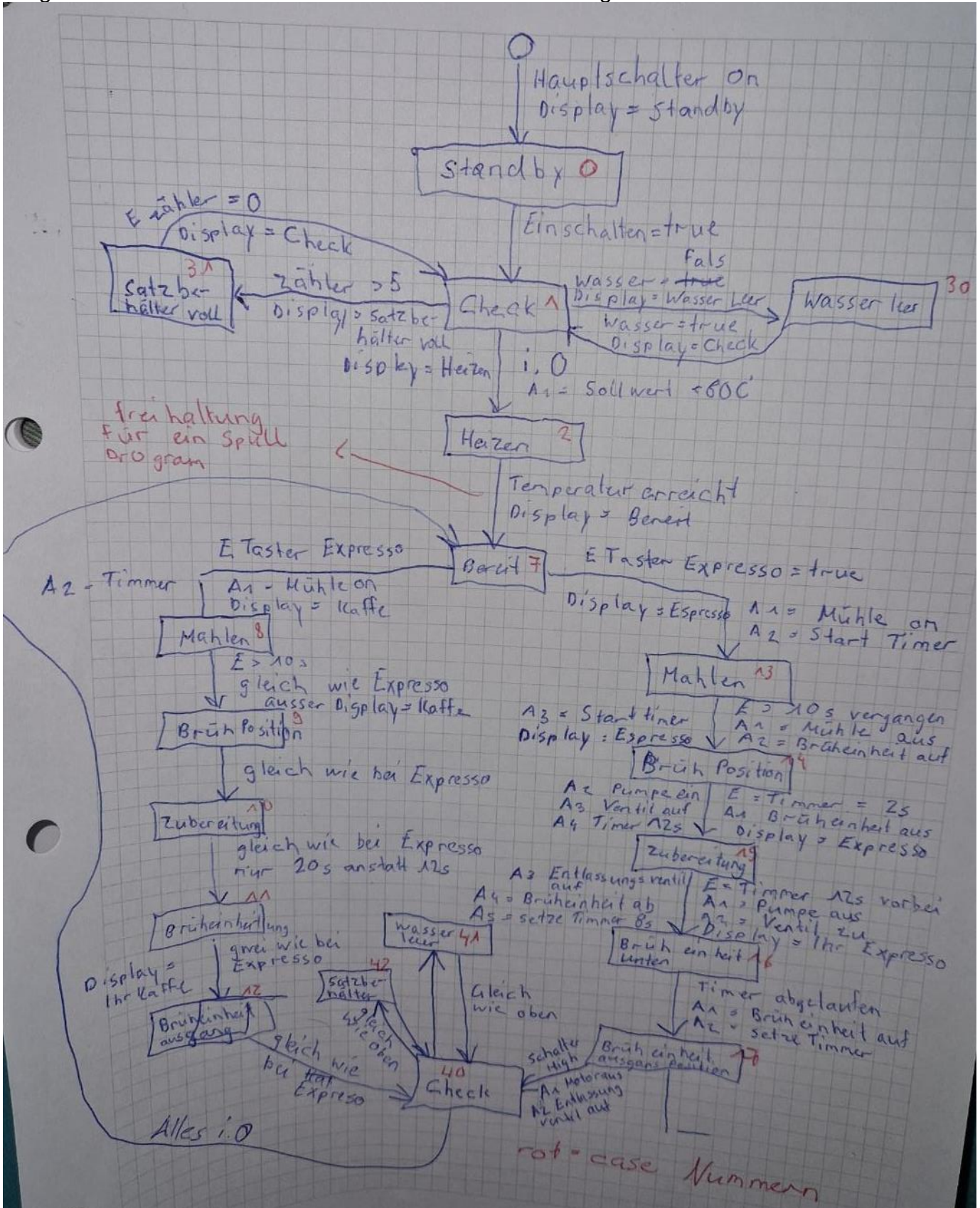


Abbildung 52: Zustandsdiagramm

Oben sieht man mein erstes Zustandsdiagramm. Nach diesem fing ich an zu programmieren.

Während des Programmierens wurden immer wieder Sachen angepasst. Auch die PIN-Bezeichnungen passte ich an. Somit stimmen die PIN-Bezeichnungen nicht immer mit der [Tabelle 5](#) überein.

Unten ist der Final-Programmcode.

3.4.2 Programmcode

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

//Inputs
#define Schalter_Satzbehaelter_PIN 5
#define Wasser_Voll_PIN 2
#define Temperatur_Durchlauferhitzer_PIN 17

#define Taster_Expresso_PIN 21
#define Taster_Kaffee_PIN 26
#define Taster_Reinigung_PIN 33
#define Einschalten_PIN 34
#define Bohnendeckel_PIN 4
#define Schalter_Kaffe_PIN 18
#define Schalter_rechts_PIN 19
#define Schalter_Dampf_Warmwasser_PIN 20

//Outputs

#define Brueheinheit_IN3_PIN 12
#define Brueheinheit_IN4_PIN 13

#define Muehle_IN2_PIN 14
#define Heizung_PIN 11
#define Wasserpumpe_PIN 6
#define Entlassungsventil_PIN 7
#define Wasserventil_PIN 10
#define Led_Kaffee_PIN 41
#define Led_rot_Start_PIN 42
#define Led_Temperatur_PIN 43
#define Led_gruen_Start_PIN 44
#define Led_kein_Wasser_PIN 35
#define Led_keine_Bohnen_PIN 36
#define Led_Satzbehaelter_PIN 37
#define Led_Stoerung_PIN 38
#define Led_Reinigung_PIN 39
#define Led_Expresso_PIN 40
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 32
#define OLED_RESET -1
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C
```

```
//Variablen
//Output
bool Brueheinheit_IN3 = false;
bool Brueheinheit_IN4 = false;
bool Muehle_IN1 = false;
bool Muehle_IN2 = false;
bool Wasserpumpe = false;
bool Entlassungsventil = false;
bool Wasserventil = false;
bool Led_Kaffee = false;
bool Led_rot_Start = false;
bool Led_Temperatur = false;
bool Led_gruen_Start = false;
bool Led_kein_Wasser = false;
bool Led_keine_Bohnen = false;
bool Led_Satzbehaelter = false;
bool Led_Stoerung = false;
bool Led_Reinigung = false;
bool Led_Expresso = false;

// KLASSEN UND VARIABLEN

// Regler
uint Ist_ADW = 0;
float Ist_Temperatur = 20.0;
float Soll_Temperatur = 0;
float H = 3.00; // Hysterese
float E = 0.0; // Regeldifferenz
bool Heizung_ein = false;
bool Temperatur_erreicht = false;

class R_TRIG {
public:
    bool Out = false;
    void Run(bool In) {
        if (In > InOld) Out = true;
        else Out = false;
        InOld = In;
    };
private:
    bool InOld = false;
    unsigned long Startzeit;
};

// Objekte
R_TRIG Taster_Expresso_RT;
R_TRIG Taster_Kaffee_RT;
R_TRIG Taster_Reinigung_RT;
R_TRIG Einschalten_RT;
R_TRIG Schalter_Kaffe_RT;
// Ablaufsteuerung
bool Taster_Expresso = false;
bool Taster_Kaffee = false;
```

```
bool Taster_Reinigung = false;
bool Einschalten = false;
bool Bohrendeckel = false;
bool Schalter_Kaffe = false;
bool Schalter_rechts = false;
bool Schalter_Dampf_Warmwasser = false;
bool Schalter_Satzbehaelter = false;
bool Wasser_Voll = false;
bool Pumpe_ein = false;
int Status = 0;
String Statustext = "";
#define STANDBYZEIT 30000000
#define Spuehlung 15000
#define ZUBEREITUNGSZEIT_Kaffe 22000
#define ZUBEREITUNGSZEIT_Expresso 15000
#define MUEHLE_Kaffee 4000
#define MUEHLE_Expresso 5000
#define fahrenheit1 2000
#define fahrenheit2 4000
#define fahrenheit3 1000
#define Warten 1500
#define Warten2 3000
#define Heizungwarten 5000
int zaehler = 0;

float inMax = 4095.0;
float input=0;
float R0=11000;
float RV=100000;
float B=5400;
float temp;
float RT=0;
float Tabs=273.15;

// Diverse
unsigned long Startzeit;
unsigned long Heizung;
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  //OUTPUT
  pinMode(Brueheinheit_IN3_PIN, OUTPUT);
  pinMode(Brueheinheit_IN4_PIN, OUTPUT);

  pinMode(Muehle_IN2_PIN, OUTPUT);
  pinMode(Heizung_PIN, OUTPUT);
  pinMode(Wasserpumpe_PIN, OUTPUT);
  pinMode(Entlassungsventil_PIN, OUTPUT);
  pinMode(Wasserventil_PIN, OUTPUT);
```

```
pinMode(Led_Kaffee_PIN, OUTPUT);
pinMode(Led_rot_Start_PIN, OUTPUT);
pinMode(Led_Temperatur_PIN, OUTPUT);
pinMode(Led_gruen_Start_PIN, OUTPUT);
pinMode(Led_kein_Wasser_PIN, OUTPUT);
pinMode(Led_keine_Bohnen_PIN, OUTPUT);
pinMode(Led_Satzbehaelter_PIN, OUTPUT);
pinMode(Led_Stoerung_PIN, OUTPUT);
pinMode(Led_Reinigung_PIN, OUTPUT);
pinMode(Led_Expresso_PIN, OUTPUT);

//INPUT
pinMode(Schalter_Satzbehaelter, INPUT_PULLUP);
pinMode(Wasser_Voll_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(Temperatur_Durchlauferhitzer_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(Taster_Expresso_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(Taster_Kaffee_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(Taster_Reinigung, INPUT_PULLUP);
pinMode(Einschalten_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(Bohnendeckel_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(Schalter_Kaffe_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(Schalter_rechts_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(Schalter_Dampf_Warmwasser_PIN, INPUT_PULLUP);

if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, SCREEN_ADDRESS)) {
  Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
  for (;;)
    ;
}
display.display();
delay(2000); // Pause for 2 seconds
  Heizung=millis();
}

void loop() {

  Taster_Expresso = not digitalRead(Taster_Expresso_PIN); // Taste einlesen
  Taster_Expresso_RT.Run(Taster_Expresso);

  Taster_Kaffee = not digitalRead(Taster_Kaffee_PIN); // Taste einlesen
  Taster_Kaffee_RT.Run(Taster_Kaffee);

  Taster_Reinigung = not digitalRead(Taster_Reinigung_PIN); // Taste einlesen
  Taster_Reinigung_RT.Run(Taster_Reinigung);

  Einschalten = not digitalRead(Einschalten_PIN); // Taste einlesen
  Einschalten_RT.Run(Einschalten);

  Bohnendeckel = digitalRead(Bohnendeckel_PIN); // Taste einlesen

  Schalter_Kaffe = not digitalRead(Schalter_Kaffe_PIN); // Taste einlesen

  Schalter_rechts = not digitalRead(Schalter_rechts_PIN); // Taste einlesen
```

```

Schalter_Dampf_Warmwasser = not digitalRead(Schalter_Dampf_Warmwasser_PIN); // Taste
einlesen

Schalter_Satzbehaelter = not digitalRead(Schalter_Satzbehaelter); // Taste einlesen

Wasser_Voll = not digitalRead(Wasser_Voll_PIN); // Taste einle-
sen

if (Heizung+Heizungwarten< millis()){
  float T=30;
  input=analogRead(Temperatur_Durchlauferhitzer_PIN);
  RT=RV *(input/inMax)/(1-(input/inMax));
  T+=Tabs;
  temp=T*B/(B+T*log (RT/RO))-Tabs;
  Heizung=millis();
}
Ist_Temperatur=temp;
display.print(temp);

// Regelfehler
E = Soll_Temperatur - Ist_Temperatur;
// Temperatur erreicht?
if (E < 2) Temperatur_erreicht = true;
else Temperatur_erreicht = false;

// 2-Punkte-Regler
if (E > H) Heizung_ein = true;
if (E < -H) Heizung_ein = false;

if (Taster_Expresso || Taster_Kaffee) {
  zaehler = (zaehler + 1);
}

switch (Status) {
  case 0: // AUS
    if (Einschalten) { // positive Flanke der Taste erkannt
      Status = 1; // next State
      Led_gruen_Start = true;
      Led_rot_Start = false;
    } else {
      Status = 0; // next State
      Led_gruen_Start = false;
      Statustext = "Standby";
      Led_rot_Start = true;
    }
    break;
}

```

```
case 1: // CHECK

    if (Wasser_Voll == false) {
        Status = 30;
        Statustext = "Wasser Leer";
        Led_kein_Wasser = true;
    } else if (zaehler > 10) {
        Status = 31;
        Statustext = "Satzbaehliter Voll";
        Led_Satzbehaelter = true;

    } else {
        Status = 2;
        Soll_Temperatur = 68.0;
        Statustext = "Heizen";
        Entlassungsventil = true;
    }
    break;
case 2: // Auf Heizen

    if (Temperatur_erreicht == true) { // positive Flanke der Taste erkannt
        Status = 7;
        Entlassungsventil = false;
        //Brueheinheit_IN3 = true;
        // Brueheinheit_IN4 = false;
        Startzeit = millis();
        Statustext = "Bereit";
    }

    break;

case 7:
if (Heizung_ein ==true)    {
    Status=7;
    Entlassungsventil = true;
} else {
    Status=7;

    Entlassungsventil = false;
}
if (Taster_Kaffee) {
    Status = 8;
    Muehle_IN1 = false;
    Muehle_IN2 = true;
    Statustext = "Kaffee";
    Startzeit = millis();
}
if (Startzeit + STANDBYZEIT < millis()) {
    Status = 0;
    Soll_Temperatur = 0.0;
    Statustext = "Standby";
}
if (Taster_Expresso) {
```

```

    Status = 14;
    Muehle_IN1 = false;
    Muehle_IN2 = true;
    Statustext = "Espresso";
    Startzeit = millis();
}
if (Einschalten) {
    Status = 0;
    Led_gruen_Start = false;
    Statustext = "Standby";
    Led_rot_Start = true;
}
if (Schalter_Dampf_Warmwasser) {
    Status = 20;
    Wasserventil = true;
    Wasserpumpe = true;
}
/**
if (Taster_Reinigung) {
    Status = 3;
    Brueheinheit_IN3 = true;
    Brueheinheit_IN4 = false;
    Startzeit = millis();
    Statustext = "Spuelung";
}**/
break;

case 8:                                     //Mahlen Kaffee
    if (Startzeit + MUEHLE_Kaffee < millis()) { //Zubereitungszeit Abgelaufen

        Muehle_IN1 = false;
        Muehle_IN2 = false;
        Statustext = "Kaffee";

    }
    if (Startzeit + MUEHLE_Kaffee+Warten < millis()) { //Zubereitungszeit Abgelaufen
        Status=9;

        Statustext = "Kaffee";
        Brueheinheit_IN3 = true;
        Brueheinheit_IN4 = false;
        Startzeit = millis();
    }
    break;

case 9:                                     //Brühen
    if (Startzeit + fahren1 < millis()) { //Zubereitungszeit Abgelaufen

        Statustext = "Kaffee";
        Brueheinheit_IN3 = false;
        Brueheinheit_IN4 = false;

    }
}

```

```

    if (Startzeit + fahren1+Warten < millis()) { //Zubereitungszeit Abgelaufen
        Status = 10;
        Statustext = "Kaffee";
        Wasserventil = true;
        Wasserpumpe = true;
        Startzeit = millis();
    }
    break;
case 10: //Brühen
    if (Startzeit + ZUBEREITUNGSZEIT_Kaffe < millis()) { //Zubereitungszeit Abgelaufen
        Status = 11;
        Statustext = "Kaffee";
        Brueheinheit_IN3 = true;
        Brueheinheit_IN4 = false;
        Wasserpumpe = false;
        Wasserventil = true;
        Entlassungsventil = true;
        Startzeit = millis();
    }
    break;

case 11:
    if (Startzeit + fahren3 < millis()) {

        Entlassungsventil = true;
        Wasserventil = true;
        Brueheinheit_IN3 = false;
        Brueheinheit_IN4 = false;

        Statustext = "Kaffee";
    }
    if (Startzeit + fahren3+Warten < millis()) {

        Entlassungsventil = true;
        Wasserventil = false;
        Brueheinheit_IN3 = false;
        Brueheinheit_IN4 = false;
        Statustext = "Kaffee";

    }if (Startzeit + fahren3+Warten+Warten < millis()) {
        Status = 12;
        Entlassungsventil = true;
        Wasserventil = false;
        Brueheinheit_IN3 = false;
        Brueheinheit_IN4 = true;
        Startzeit = millis();
        Statustext = "Ihr Kaffee";
    }

    break;

case 12:
    if (Startzeit + fahren2 < millis()) {

```

```
    Status = 13;
    Brueheinheit_IN3 = true;
    Brueheinheit_IN4 = false;
    Entlassungsventil = true;
    Wasserventil = false;
    Statustext = "Ihr Kaffee";
}
break;
case 13:
    if (Schalter_Kaffe) {
        Status = 40;
        Statustext = "Ihr Kaffee";
        Brueheinheit_IN3 = false;
        Brueheinheit_IN4 = false;
        Entlassungsventil = false;
        Startzeit = millis();
    }
    break;

case 14:                                     //Mahlen Espresso
    if (Startzeit + MUEHLE_Expresso < millis()) {

        Muehle_IN1 = false;
        Muehle_IN2 = false;
        Statustext = "Espresso";

    }
    if (Startzeit + MUEHLE_Expresso+Warten < millis()) { //Zubereitungszeit Abgelaufen
        Status=15;

        Statustext = "Espresso";
        Brueheinheit_IN3 = true;
        Brueheinheit_IN4 = false;
        Startzeit = millis();
    }
    break;

case 15:                                     //Brühen
    if (Startzeit + fahren1 < millis()) { //Zubereitungszeit Abgelaufen

        Statustext = "Espresso";
        Brueheinheit_IN3 = false;
        Brueheinheit_IN4 = false;

    }
    if (Startzeit + fahren1+Warten < millis()) { //Zubereitungszeit Abgelaufen
        Status = 16;
        Statustext = "Espresso";
        Wasserventil = true;
        Wasserpumpe = true;
        Startzeit = millis();
    }
}
```

```
break;

case 16:
  if (Startzeit + ZUBEREITUNGSZEIT_Expresso < millis()) {
    Status = 17;
    Statustext = "Espresso";
    Brueheinheit_IN3 = false;
    Brueheinheit_IN4 = true;
    Wasserpumpe = false;
    Wasserventil = false;
    Entlassungsventil = true;
    Startzeit = millis();
  }
  break;
case 17:
  if (Startzeit + fahren3 < millis()) {

    Entlassungsventil = true;
    Wasserventil = true;
    Brueheinheit_IN3 = false;
    Brueheinheit_IN4 = false;

    Statustext = "Espresso";
  }
  if (Startzeit + fahren3+Warten < millis()) {

    Entlassungsventil = true;
    Wasserventil = false;
    Brueheinheit_IN3 = false;
    Brueheinheit_IN4 = false;
    Statustext = "Espresso";
  }
  if (Startzeit + fahren3+Warten+Warten < millis()) {
    Status = 18;
    Entlassungsventil = true;
    Wasserventil = false;
    Brueheinheit_IN3 = false;
    Brueheinheit_IN4 = true;
    Startzeit = millis();
    Statustext = "Ihr Espresso";
  }
  break;
case 18:
  if (Startzeit + fahren2 < millis()) {
    Status = 19;
    Brueheinheit_IN3 = true;
    Brueheinheit_IN4 = false;
    Entlassungsventil = true;
    Statustext = "Ihr Espresso";
  }
  break;
```

```
case 19:
    if (Schalter_Kaffe) {
        Status = 40;
        Statustext = "Ihr Espresso";
        Brueheinheit_IN3 = false;
        Brueheinheit_IN4 = false;
        Entlassungsventil = true;
        Startzeit = millis();
    }
    break;

case 20:
if (Schalter_Dampf_Warmwasser) {
    Status = 20;
    Wasserventil = true;
    Wasserpumpe = true;
}
else {
    Status = 40;
    Wasserventil = false;
    Wasserpumpe = false;
}
if (Wasser_Voll == false) {
    Status = 41;
    Led_kein_Wasser = true;
    Wasserventil = false;
    Wasserpumpe = false;
}
break;

case 30: // Wasser
if (Wasser_Voll == false) {
    Status = 30;
    Statustext = "Wasser Leer";
    Led_kein_Wasser = true;
} else {
    Status = 1;
    Led_kein_Wasser = true;
}
if (Heizung_ein ==true) {
    Entlassungsventil = true;
} else {
    Entlassungsventil = false;
}
break;

case 31: // Satzbehälter
if (Schalter_Satzbehaelter) {
    Status = 31;
    Led_Satzbehaelter = true;
}
```

```
    } else {
        Status = 1;
        Led_Satzbehaelter = false;
        zaehler = 0;
    }
    if (Heizung_ein ==true) {
        Entlassungsventil = true;
    } else {

        Entlassungsventil = false;
    }
    break;

case 40: // CHECK

    if (Wasser_Voll == false) {
        Status = 41;
        Statustext = "Wasser Leer";
        Led_kein_Wasser = true;
    } else if (zaehler > 10) {
        Status = 42;
        Statustext = "Satzbeahlter Voll";
        Led_Satzbehaelter = true;
    } else {
        Status = 7;
        Statustext = "Bereit";
    }

    if (Heizung_ein ==true) {
        Entlassungsventil = true;
    } else {

        Entlassungsventil = false;
    }
    break;

case 41: // Wasser

    if (Wasser_Voll == false) {
        Status = 41;
        Led_kein_Wasser = true;
    } else {
        Status = 40;
        Led_kein_Wasser = false;
    }

    if (Heizung_ein ==true) {
        Entlassungsventil = true;
    } else {
        Entlassungsventil = false;
    }
    break;
case 42: // Satzbehälter
```

```
    if (Schalter_Satzbehaelter) {
        Status = 42;
        Led_Satzbehaelter = true;

    } else {
        Status = 40;
        Led_Satzbehaelter = false;
        zaehler = 0;
    }
    if (Heizung_ein ==true) {
        Entlassungsventil = true;
    } else {
        Entlassungsventil = false;
    }
    break;

default: // Fehler
    Status = 0;
    Soll_Temperatur = 0;
    Wasserpumpe = false;

    Statustext = "Standby"; // Action
    break;
};

// AUSGABE

digitalWrite(Brueheinheit_IN3_PIN, Brueheinheit_IN3);
digitalWrite(Brueheinheit_IN4_PIN, Brueheinheit_IN4);
// digitalWrite(PWM1_PIN, );

digitalWrite(Muehle_IN2_PIN, Muehle_IN2);
digitalWrite(Heizung_PIN, Heizung_ein);
digitalWrite(Wasserpumpe_PIN, Wasserpumpe);
digitalWrite(Entlassungsventil_PIN, Entlassungsventil);
digitalWrite(Wasserventil_PIN, Wasserventil);
digitalWrite(Led_Kaffee_PIN, Led_Kaffee);
digitalWrite(Led_rot_Start_PIN, Led_rot_Start);
digitalWrite(Led_Temperatur_PIN, Led_Temperatur);
digitalWrite(Led_Temperatur_PIN, Led_Temperatur);
digitalWrite(Led_kein_Wasser_PIN, Led_kein_Wasser);
digitalWrite(Led_keine_Bohnen_PIN, Led_keine_Bohnen);
digitalWrite(Led_Satzbehaelter_PIN, Led_Satzbehaelter);
digitalWrite(Led_Stoerung_PIN, Led_Stoerung);
digitalWrite(Led_Reinigung_PIN, Led_Reinigung);
digitalWrite(Led_Expresso_PIN, Led_Expresso);
digitalWrite(Led_gruen_Start_PIN, Led_gruen_Start);

display.display();
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
```

```
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);  
display.setCursor(10, 0);  
display.println(Statustext);  
display.display();  
}
```

Anmerkung:

Schalter_Kaffe ist der Schalter für die Brüheinheit-Position

Schalter_rechts ist der Sicherheits-Schalter Brüheinheit

Den Programmcode für den NTC habe ich aus einem YouTube Video.

Ich habe auch Programm-Code-Zeilen, die ich schon in anderen Programmen erstellt habe, hineinkopiert.

Wie man das OLED-Display ansteuert, habe ich ebenfalls im Internet nachgeschaut.

Die Bibliotheken, die ich verwendete, habe ich direkt auf meiner Programmier-Software heruntergeladen.

3.5 Test und Inbetriebnahme

3.5.1 Erster Testlauf

Ich bereitete alles vor, um alles in Betrieb zunehehen. Ich schaltete die Kaffeemaschine ein und dann war es auch schon vorbei mit dem Testen. Denn es kam eine Rauchwolke aus der Steuerung. Der Tenny 4.1 war kaputt gegangen. Ich schaltete alles wieder aus und ging meiner Verdrahtung nach. Ich fand den Fehler: Ich habe den Motorentreiber falsch verdrahtet (unten im Bild sieht man den Motorentreiber). Ich habe ihn wie folgt verdrahtet: Auf Motor 1, 2 habe ich meinen Motor angeschlossen. Auf Power habe ich die 24 VDC angeschlossen. Mit PIN 2 vom Mikrocontroller bin ich auf IN1 und mit PIN 3 auf IN2. Dann habe ich den GND PIN noch auf GND angeschlossen. Auf dem PIN VM bin ich mit 3.3V. Genau das war das Problem, der PIN VM ist mit PIN Power + direkt verbunden. Das ist so gemacht, damit man die Mikrocontroller-Spannung verwenden kann, wenn ein kleiner Motor angeschlossen ist. Sobald man aber die Power-Kontakte braucht, darf man den VM PIN nicht anschliessen. Denn sonst passiert das, was ich hatte. Ich habe so 24 VDC auf den Mikrocontroller gegeben und das hat dieser nicht gerne. Ich lötete den kaputten Tenny ab und lötete einen neuen drauf. Ich entfernte auch den Anschluss auf VM.



Abbildung 53: Motorentreiber

3.5.2 Zweiter Testlauf

Ich hatte ein wenig Angst beim zweiten Versuch, als ich die Maschine einschaltete. Aber dieses Mal kam kein Rauch raus. Schon mal ein gutes Zeichen, dachte ich. Aber von irgendwo kam Wasser. Die Maschine war nicht dicht. Nach langem Suchen fand ich die undichte Stelle. Diese war direkt nach dem Wassertank. Im Bild unten sieht man das Bauteil. Mein Vater hatte zum Glück noch ein Ersatzteil. Ich baute es ein und begann dann mit meinem dritten Versuch.



Abbildung 54: Defektes Bauteil

3.5.3 Dritter Testlauf

No.	Was wird getestet	Was wird erwartet	Was ist passiert	Status	Ursache; Massnahme(n)
1	Hauptschalter einschalten	Display zeigt <i>Standby</i> an, rote LED leuchtet	dito	i.O	
2	Einschalt-Taste wird gedrückt	Die rote LED erlischt und die grüne LED fängt an zu leuchten	dito	i.O	
3	Start mit: Wasserbehälter ist voll und Satzbehälter ist leer	Die Maschine geht in den Heiz-Modus, Display zeigt <i>Heizen</i> an, Entlastungsventil ist offen	dito	i.O	
4	Start mit: Wasserbehälter ist leer oder Satzbehälter ist voll	Auf dem Display wird <i>Wasser leer</i> oder <i>Satzbehälter voll</i> angezeigt	dito	i.O	
5	Temperatur ist erreicht	Display zeigt <i>Bereit</i> an, Entlastungsventil ist zu	dito	i.O	
6	Taste Espresso oder Kaffee wird gedrückt	Mühle fängt an zu mahlen	dito	i.O	
7	Mahlen fertig	Mühle hört auf zu drehen, danach fährt die Brüheinheit nach oben, um die Brühkammer zu schliessen	dito	i.O	
8	Brüheinheit ist in Position oben	Wasserventil und Entlastungsventil sind offen, Wasserpumpe ist an	Brüheinheit war oben und fuhr aber direkt wieder nach unten. Wasserpumpe und Ventile machten nichts.	korrigiert	Programmfehler; diesen korrigiert und nochmals getestet. Jetzt funktioniert es, wie es sollte.
9	Zubereitung Kaffee oder Espresso	Bei Kaffee muss die Wasserpumpe länger laufen als beim Espresso	dito	i.O	
10	Zubereitung Kaffee oder Espresso ist fertig	Wasserpumpe hört auf, Wasserventil geht zu, Brüheinheit fährt nach unten	dito	i.O	
11	Brüheinheit ist in Position unten	Brüheinheit fährt nach oben	Dies macht sie nicht immer	i.O	Wackelkontakt beim Mikrocontroller, siehe bei 3.5.3.1

12	Brüheinheit Ausgangsposition ca. in der Mitte, beim Endschalter	Motor hört auf zu drehen, Entlassungsventil schliesst. Bei Wasser voll und Satzbehälter leer, Display zeigt <i>Bereit</i> an	dito	i.O	
13	Nach Zubereitung von Kaffee oder Espresso ist Wasserbehälter leer oder Satzbehälter voll	Display zeigt an <i>Wasser leer</i> oder <i>Satzbehälter voll</i>	Anzeige <i>Wasser leer</i> funktioniert. Anzeige <i>Satzbehälter voll</i> sollte erst nach 5 zubereiteten Kaffees erscheinen, aber dies funktioniert nicht immer. Anzeige erscheint manchmal früher schon nach 1 oder 2 Kaffees.	Teilweise i.O	Liest im Programm die Taster von Kaffee und Espresso zu viel ein. Programm ein wenig angepasst. Funktioniert jetzt besser.
14	Heizung	Bei Ist-Temperatur unter Soll-Temperatur schaltet die Heizung ein und Entlassungsventil öffnet. Bei Ist-Temperatur höher als Soll-Temperatur schaltet die Heizung aus und Entlassungsventil schliesst.	dito	i.O	

Tabelle 6: Testbericht

3.5.3.1 Wackelkontakt

Wie oben bei No. 11 aufgeführt, habe ich festgestellt, dass die Kaffeemaschine einen Wackelkontakt hat. Nach weiteren Kontrollen wusste ich auch, wieso. Ich habe die Drähte direkt an den Mikrocontroller gelötet und diese Drähte verursachen die Störung. Ich beschloss, die ganze Mikrocontroller-Platine neu zu machen. Leider konnte ich den Tensy 4.1 nicht ablöten. So entschied ich, eine komplett neue kleine Platine mit dem Mikrocontroller zu machen. Da ich zu diesem Zeitpunkt wusste, es braucht nicht so viele PINs, und ich nicht nochmals einen Tensy 4.1 bestellen möchte, beschloss ich, den ESP32, den ich noch zu Hause hatte, zu nehmen. Ich lötete rechts und links des ESP32 Klemmen an, anstatt direkt Drähte anzulöten. Als ich mit allem fertig war, schloss ich ihn an. Im Programm musste ich alle PIN-Nummern ändern, ansonsten konnte ich aber mein Programm so belassen. Ein weiteres Problem, das ich noch hatte, nachdem ich den ESP32 verwendete, war, dass der NTC nicht mehr richtig eingelesen wurde. Ich musste dort Programm-Anpassungen machen. Danach funktionierte das Einlesen des NTC wieder. Im Bild unten sieht man den ESP32 eingebaut.

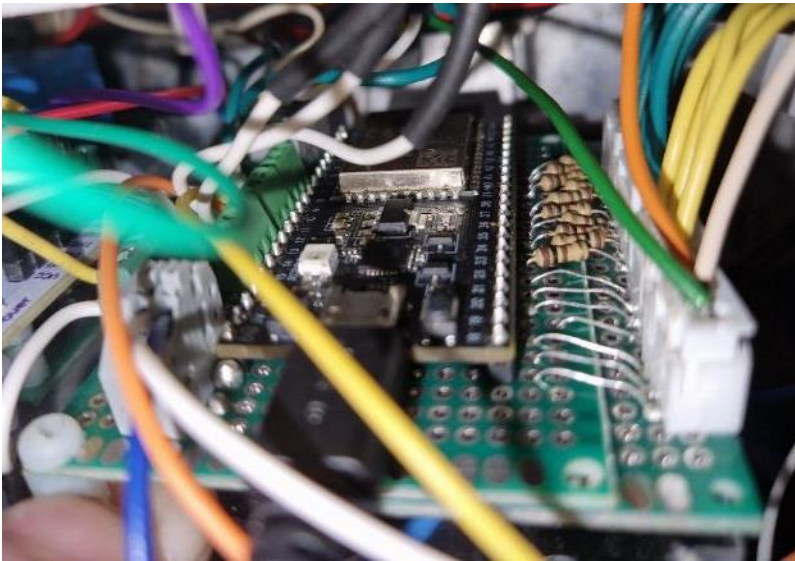


Abbildung 55: ESP32 Platine

3.5.4 Weitere Anpassungen im Programm

Als die Kaffeemaschine soweit die wichtigsten Abläufe richtig machte, entschied ich mich noch für ein paar Optimierungen im Programm.

- 1.. Nach dem Mahlen soll die Brüheinheit nicht direkt nach oben fahren, sondern noch einen Augenblick warten.
- 2.. Nach dem Brühen soll die Brüheinheit nicht direkt nach unten fahren, sondern zuerst nach oben, um das Wasser noch heraus zu drücken.
- 3.. Damit man auch warmes Wasser (für Tee) beziehen kann, habe ich dies auch noch einprogrammiert. Ist noch ungetestet.

Hier ist noch das angepasste Zustandsdiagramm:

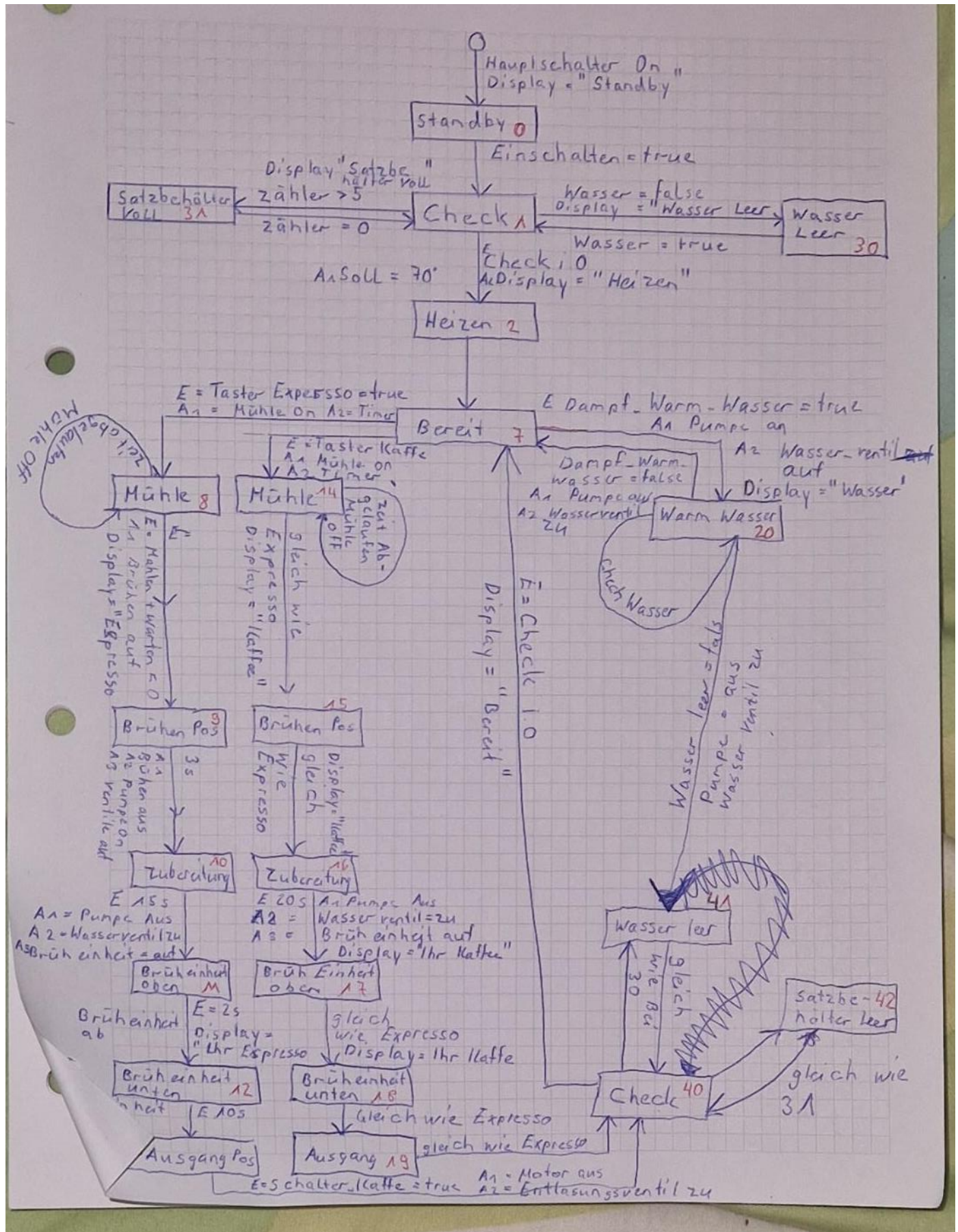


Abbildung 56: Überarbeitetes Zustandsdiagramm

Projektabschluss

4 Projektabschluss

4.1 Ablaufplanung – Soll/Ist-Überwachung

Projektbezeichnung	Kaffeemaschine		Meilensteine		Termine	
Kunde	Peter Vonlaufen		Planung	Früher fertig		
Datum	20.09.2023		Pufferzeit	Später fertig		
Jahr	2023					
KW	38		39		40	
	19.08	25.08	01.09	07.09	13.09	19.09
	25.08	31.08	07.09	13.09	19.09	25.09
	31.08	06.09	13.09	19.09	25.09	01.10
	06.09	12.09	18.09	24.09	30.09	06.10
	12.09	18.09	24.09	30.09	06.10	12.10
	18.09	24.09	30.09	06.10	12.10	18.10
	24.09	30.09	06.10	12.10	18.10	24.10
	30.09	06.10	12.10	18.10	24.10	30.10
	06.10	12.10	18.10	24.10	30.10	05.11
	12.10	18.10	24.10	30.10	05.11	11.11
	18.10	24.10	30.10	05.11	11.11	17.11
	24.10	30.10	05.11	11.11	17.11	23.11
	30.10	05.11	11.11	17.11	23.11	29.11
	05.11	11.11	17.11	23.11	29.11	05.12
	11.11	17.11	23.11	29.11	05.12	11.12
	17.11	23.11	29.11	05.12	11.12	17.12
	23.11	29.11	05.12	11.12	17.12	23.12
	29.11	05.12	11.12	17.12	23.12	29.12
	05.12	11.12	17.12	23.12	29.12	01.01
	11.12	17.12	23.12	29.12	01.01	07.01
	17.12	23.12	29.12	01.01	07.01	13.01
	23.12	29.12	01.01	07.01	13.01	19.01
	29.12	01.01	07.01	13.01	19.01	25.01
	01.01	07.01	13.01	19.01	25.01	31.01
	07.01	13.01	19.01	25.01	31.01	06.02
	13.01	19.01	25.01	31.01	06.02	12.02
	19.01	25.01	31.01	06.02	12.02	18.02
	25.01	31.01	06.02	12.02	18.02	24.02
	31.01	06.02	12.02	18.02	24.02	01.03
	06.02	12.02	18.02	24.02	01.03	07.03
	12.02	18.02	24.02	01.03	07.03	13.03
	18.02	24.02	01.03	07.03	13.03	19.03
	24.02	01.03	07.03	13.03	19.03	25.03
	01.03	07.03	13.03	19.03	25.03	31.03
	07.03	13.03	19.03	25.03	31.03	06.04
	13.03	19.03	25.03	31.03	06.04	12.04
	19.03	25.03	31.03	06.04	12.04	18.04
	25.03	31.03	06.04	12.04	18.04	24.04
	31.03	06.04	12.04	18.04	24.04	30.04
	06.04	12.04	18.04	24.04	30.04	05.05
	12.04	18.04	24.04	30.04	05.05	11.05
	18.04	24.04	30.04	05.05	11.05	17.05
	24.04	30.04	05.05	11.05	17.05	23.05
	30.04	05.05	11.05	17.05	23.05	29.05
	05.05	11.05	17.05	23.05	29.05	04.06
	11.05	17.05	23.05	29.05	04.06	10.06
	17.05	23.05	29.05	04.06	10.06	16.06
	23.05	29.05	04.06	10.06	16.06	22.06
	29.05	04.06	10.06	16.06	22.06	28.06
	04.06	10.06	16.06	22.06	28.06	03.07
	10.06	16.06	22.06	28.06	03.07	09.07
	16.06	22.06	28.06	03.07	09.07	15.07
	22.06	28.06	03.07	09.07	15.07	21.07
	28.06	03.07	09.07	15.07	21.07	27.07
	03.07	09.07	15.07	21.07	27.07	02.08
	09.07	15.07	21.07	27.07	02.08	08.08
	15.07	21.07	27.07	02.08	08.08	14.08
	21.07	27.07	02.08	08.08	14.08	20.08
	27.07	02.08	08.08	14.08	20.08	26.08
	02.08	08.08	14.08	20.08	26.08	01.09
	08.08	14.08	20.08	26.08	01.09	07.09
	14.08	20.08	26.08	01.09	07.09	13.09
	20.08	26.08	01.09	07.09	13.09	19.09
	26.08	01.09	07.09	13.09	19.09	25.09
	01.09	07.09	13.09	19.09	25.09	01.10
	07.09	13.09	19.09	25.09	01.10	07.10
	13.09	19.09	25.09	01.10	07.10	13.10
	19.09	25.09	01.10	07.10	13.10	19.10
	25.09	01.10	07.10	13.10	19.10	25.10
	01.10	07.10	13.10	19.10	25.10	31.10
	07.10	13.10	19.10	25.10	31.10	06.11
	13.10	19.10	25.10	31.10	06.11	12.11
	19.10	25.10	31.10	06.11	12.11	18.11
	25.10	31.10	06.11	12.11	18.11	24.11
	31.10	06.11	12.11	18.11	24.11	30.11
	06.11	12.11	18.11	24.11	30.11	06.12
	12.11	18.11	24.11	30.11	06.12	12.12
	18.11	24.11	30.11	06.12	12.12	18.12
	24.11	30.11	06.12	12.12	18.12	24.12
	30.11	06.12	12.12	18.12	24.12	30.12
	06.12	12.12	18.12	24.12	30.12	01.01
	12.12	18.12	24.12	30.12	01.01	07.01
	18.12	24.12	30.12	01.01	07.01	13.01
	24.12	30.12	01.01	07.01	13.01	19.01
	30.12	01.01	07.01	13.01	19.01	25.01
	01.01	07.01	13.01	19.01	25.01	31.01
	07.01	13.01	19.01	25.01	31.01	06.02
	13.01	19.01	25.01	31.01	06.02	12.02
	19.01	25.01	31.01	06.02	12.02	18.02
	25.01	31.01	06.02	12.02	18.02	24.02
	31.01	06.02	12.02	18.02	24.02	30.02
	06.02	12.02	18.02	24.02	30.02	05.03
	12.02	18.02	24.02	30.02	05.03	11.03
	18.02	24.02	30.02	05.03	11.03	17.03
	24.02	30.02	05.03	11.03	17.03	23.03
	30.02	05.03	11.03	17.03	23.03	29.03
	05.03	11.03	17.03	23.03	29.03	04.04
	11.03	17.03	23.03	29.03	04.04	10.04
	17.03	23.03	29.03	04.04	10.04	16.04
	23.03	29.03	04.04	10.04	16.04	22.04
	29.03	04.04	10.04	16.04	22.04	28.04
	04.04	10.04	16.04	22.04	28.04	03.05
	10.04	16.04	22.04	28.04	03.05	09.05
	16.04	22.04	28.04	03.05	09.05	15.05
	22.04	28.04	03.05	09.05	15.05	21.05
	28.04	03.05	09.05	15.05	21.05	27.05
	03.05	09.05	15.05	21.05	27.05	02.06
	09.05	15.05	21.05	27.05	02.06	08.06
	15.05	21.05	27.05	02.06	08.06	14.06
	21.05	27.05	02.06	08.06	14.06	20.06
	27.05	02.06	08.06	14.06	20.06	26.06
	02.06	08.06	14.06	20.06	26.06	01.07
	08.06	14.06	20.06	26.06	01.07	07.07
	14.06	20.06	26.06	01.07	07.07	13.07
	20.06	26.06	01.07	07.07	13.07	19.07
	26.06	01.07	07.07	13.07	19.07	25.07
	01.07	07.07	13.07	19.07	25.07	31.07
	07.07	13.07	19.07	25.07	31.07	06.08
	13.07	19.07	25.07	31.07	06.08	12.08
	19.07	25.07	31.07	06.08	12.08	18.08
	25.07	31.07	06.08	12.08	18.08	24.08
	31.07	06.08	12.08	18.08	24.08	30.08
	06.08	12.08	18.08	24.08	30.08	05.09
	12.08	18.08	24.08	30.08	05.09	11.09
	18.08	24.08	30.08	05.09	11.09	17.09
	24.08	30.08	05.09	11.09	17.09	23.09
	30.08	05.09	11.09	17.09	23.09	29.09
	05.09	11.09	17.09	23.09	29.09	04.10
	11.09	17.09	23.09	29.09	04.10	10.10
	17.09	23.09	29.09	04.10	10.10	16.10
	23.09	29.09	04.10	10.10	16.10	22.10
	29.09	04.10	10.10	16.10	22.10	28.10
	04.10	10.10	16.10	22.10	28.10	03.11
	10.10	16.10	22.10	28.10	03.11	09.11
	16.10	22.10	28.10	03.11	09.11	15.11
	22.10	28.10	03.11	09.11	15.11	21.11
	28.10	03.11	09.11	15.11	21.11	27.11
	03.11	09.11	15.11	21.11	27.11	02.12
	09.11	15.11	21.11	27.11	02.12	08.12
	15.11	21.11	27.11	02.12	08.12	14.12
	21.11	27.11	02.12	08.12	14.12	20.12
	27.11	02.12	08.12	14.12	20.12	26.12
	02.12	08.12	14.12	20.12	26.12	01.01
	08.12	14.12	20.12	26.12	01.01	07.01
	14.12	20.12	26.12	01.01	07.01	13.01
	20.12	26.12	01.01	07.01	13.01	19.01
	26.12	01.01	07.01	13.01	19.01	25.01
	01.01	07.01	13.01	19.01	25.01	31.01
	07.01	13.01	19.01	25.01	31.01	06.02
	13.01	19.01	25.01	31.01	06.02	12.02
	19.01	25.01	31.01	06.02	12.02	18.02
	25.01	31.01	06.02	12.02	18.02	24.02
	31.01	06.02	12.02	1		

Die Platine habe ich schneller herstellen können als geplant.

Dafür habe ich für das Programmieren der Steuerung viel mehr Zeit gebraucht als geplant. Da ich beim Programmieren im Allgemeinen länger hatte, habe ich auch bei den Motoren, Wasserkreislauf und mehrere Programme länger.

Gründe, wieso ich mehr Zeit brauchte:

- 1.. Beim ersten Testlauf hatte ich noch Verdrahtungs-Fehler drin. Um dies zu lösen, brauchte ich mehr Zeit.
- 2.. Dann hatte ich noch Probleme, da die Maschine nicht dicht war aufgrund von einem defekten Bauteil.
- 3.. Dann war da auch noch das Problem mit dem Wackelkontakt.
- 4.. Sehr knappe Zeit-Berechnung beim Programmieren

Durch die oben genannten Umstände ging es sehr lange, bis ich das Programm wirklich testen konnte. Es war gut, dass ich bei der Prüf-Phase mir Reserve-Zeit geplant habe, diese brauchte ich auch.

Durch die ganzen Probleme bei der Herstellung der Steuerung brauchte ich auch mehr Zeit, um die Dokumentation zu erstellen. Auch hier brauchte ich die Pufferzeit, die ich mir eingeplant hatte.

Da ich, wie oben schon geschrieben, länger brauchte, konnte ich den Soll/Ist-Vergleich wie auch die Lessons Learned sehr viel später machen und brauchte auch hier mehr Zeit.

4.2 Evaluation der Zielerreichung

4.2.1 Erhebung des Erfüllungsgrades

1. Es gibt eine schriftliche Projektdokumentation über das Thema Steuerung Kaffeemaschine, gebunden im A4 Format und als PDF; diese liegt bis am 13.11.2023 um 16.00 Uhr vor. Eine Drittperson darf beim Durchlesen der Dokumentation maximal fünf Verständnisfragen haben.

100% =>

2. Die Dokumentation beinhaltet: Titelblatt, Inhaltsverzeichnis, Projektablaufplan, Management-Summary, Dokumentation der Erstellung der Steuerung, sowie Lessons Learned. Die Dokumentation der Erstellung der Steuerung wird mehr als fünf Bilder enthalten und Lessons Learned beinhaltet mindestens drei Punkte.

100% => Die Dokumentation hat viel mehr als fünf Bilder und Lessons Learned hat auch 3 Punkte

3. Am Ende liegt eine funktionsfähige Steuerung für eine Kaffeemaschine vor, die von jeder Person bedient werden kann. Mit der Steuerung kann man mindestens zwei Kaffee-Arten, z.B. Espresso (kleine Tasse) und Kaffee (grosse Tasse), wählen.

100% => Kaffee und Espresso können mit der Maschine zubereitet werden und die Kaffeemaschine kann von jedem bedient werden.

4. Es existiert eine Bedieneinheit mit folgenden Sachen:
- 4.1 Ein LCD-Display, das alle Zustände anzeigt wie Standby, Bereit, Kaffee...
 - 4.2 Die Kaffeemaschinenbedienung folgt über verschiedene Tasten. Die Tasten sind beschriftet mit ihrer Funktion, wie Kaffee, Espresso usw.
4. Die Bedieneinheit ist übersichtlich gestaltet, so dass höchstens drei Fragen über die Bedienung gestellt werden.
- 4.1 Das LCD-Display macht keine Fehler und zeigt immer die Zustände an, in der sich die Steuerung auch wirklich befindet.
 - 4.2 Die Taster-Beschriftung ist verständlich, so dass jeder, der Deutsch kann, sie versteht. Die Beschriftung stimmt mit der Funktion überein, das heisst, wenn ich die Einschalttaste drücke, dann schaltet sie auch wirklich ein. Das gilt auch für alle anderen Tasten.

100% => Da ich die Bedieneinheit-Tasten mit den Symbolen drauf von der alten Maschine nehmen konnte, ist es klar, was für was ist. Bei jeder Taste macht die Maschine auch, was sie muss. Das LCD-Display wurde durch ein OLED ersetzt, dieses zeigt alles korrekt an. Ich hatte bis jetzt nur zwei Fragen über die Bedienung beantworten müssen.

5. Wenn der Wassertank leer ist oder der Satzbehälter voll ist, erkennt das die Kaffeemaschine und es wird auf dem Display mit dem entsprechenden Text darauf hingewiesen. Die Steuerung erkennt in jedem Fall, wenn der Wassertank leer ist oder der Satzbehälter voll ist und dies wird im Display klar und ohne Textfehler angezeigt

100% => Wenn der Wassertank leer ist, wird dies immer angezeigt. Wenn der Satzbehälter voll ist, wird auch dies angezeigt.

6. Die Software zum Programmieren muss zugänglich sein für alle und Windows fähig. Die Software kostet max. 10 Fr. und jeder, der einen Laptop mit Windows 10 oder höher hat, kann sie auf dem PC installieren.

100% => Die Software Arduino kann kostenlos vom Internet auf den PC geladen werden. Ich habe selbst Windows 10 und ich weiss von Kollegen, die Windows 11 haben, dass sie die Software auch herunterladen konnten.

7. Ein Zustandsdiagramm der Steuerung ist erstellt
Im Zustandsdiagramm ist klar ersichtlich, welche Zustände die Maschine hat und wie sie in diese kommt.

100% =>

4.2.2 Ausblicke

Die Kaffeemaschine funktioniert im Grossen und Ganzen gut. Aber man kann noch kleine Anpassungen machen, das Ganze optimieren. Zum Beispiel: Ventile noch ein bisschen länger offenlassen oder zu, Temperatur, Zeit für die Zubereitungen länger oder kürzer.....

Ich habe auch noch die Warmwasser Variante programmiert für Tee, dies muss man noch testen.

Die Maschine könnte auch Dampf erzeugen, dies müsste man noch programmieren und den Boiler in Betrieb nehmen.

Auch ein Spül- und Reinigungs-Programm kann man noch programmieren.

Die Bedieneinheit hat noch genug weitere Tasten. Man müsste diese jedoch noch an die Steuerung anschliessen und programmieren.

Ein Handbuch für den Anwender erstellen.

4.3 Lessons Learned

Ende September 2023 fing ich mit meiner Diplomarbeit an. Ich startete mit vollem Elan. Ich merkte schnell, dass es doch nicht so einfach ist eine Steuerung für eine Kaffeemaschine herzustellen. Am Anfang dachte ich, das kann nicht so schwer sein, man drückt eine Taste und dann kommt Kaffee. Was kann daran so schwer sein, dies zu programmieren. Aber umso weiter ich in die Materie eintauchte, umso komplexer wurde es. Denn es braucht doch ein paar Schritte vom Tastendruck bis hin zu einem Kaffee. Ich konnte viel lernen, wie man so ein Automat programmieren kann.

Auch die Herstellung vom Ganzen hatte ich komplett unterschätzt. Zum Beispiel ist es nicht clever, Drähte direkt an einen Mikrocontroller zu löten, wie ich es anfangs gemacht habe. Besser ist es, Klemmen anzulöten, um dort dann die Drähte anzuschliessen, dies verursacht auch weniger Störungen. Ich würde nächstes Mal auch keine fertigen Relais verwenden, sondern mir selbst das Ganze zusammenlöten. Dann kann man es viel kompakter machen und braucht auch weniger Platz. Ausserdem habe ich so auch weniger Litzen-Verbindungen, da alles direkt mit dem Mikrocontroller verlötet wird. Ich habe im Projekt Lötplatinen mit einem Rastermass von 2.54 mm verwendet. Ich würde nächstes Mal ein grösseres Raster verwenden. Da dies auch das Löten vereinfacht.

Ich habe vor dieser Arbeit praktisch noch nie gelötet. Ich musste viele Lern-Videos schauen, um richtige Lötverbindungen hinzukriegen. Mir hat das Lernen vom Löten aber richtig Spass gemacht und ich möchte in Zukunft weiter Löten. In diesem Projekt habe ich viel über elektronische Bauteile gelernt und wie man sie verwendet.

Was ich auch mitnehme aus diesem Projekt ist, die Anleitungen über Bauteile genauer durchzulesen, damit ich nicht beim ersten Einschalten schon Rauchwolken habe und Bauelemente defekt gehen.

Wir hatten in der Schule in dem Fach Elektronik das meiste nur theoretisch angeschaut. Aber es ist etwas anderes, dies dann auch praktisch anzuwenden. Ich habe in diesem Projekt vieles über Elektronik gelernt. Aber ich bin immer noch in der Anfangsphase und möchte in Zukunft noch weiter dazu lernen.

Ich bin sehr stolz auf mein fertiges Produkt und mir hat es viel Freude bereitet, das Ganze herzustellen, auch wenn es sehr stressig war.

4.4 Schlusswort

Auch wenn die Ausbildung nicht immer leicht war und viel gefordert wurde, ich würde sie jederzeit wieder machen. Ich konnte mich fachlich wie auch persönlich weiterentwickeln.

Damit ich die Ausbildung machen konnte, brauchte ich natürlich auch Unterstützung, dafür danke ich herzlich:

- Meinem Arbeitgeber für die Unterstützung und Ermöglichung meiner Weiterbildung
- Der TEKO-Luzern für die Begleitung während meiner Ausbildung
- Meinem privaten Umfeld für jegliche Unterstützung während der gesamten Ausbildung

5 Redlichkeitserklärung

Der Verfasser bestätigt mit seiner Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als die angegebenen Hilfsmittel erstellt wurde.

Die aus fremden Quellen (einschliesslich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht vorgelegt worden.

Unterschriften:



Datum/Ort:

13.11.2023, Sursee

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projekt Aufgabestellung, Seite 1	6
Abbildung 2: Projekt Aufgabestellung, Seite 2	7
Abbildung 3: Pflichtenheft, Seite 1	8
Abbildung 4: Pflichtenheft, Seite 2	9
Abbildung 5: Pflichtenheft, Seite 3	10
Abbildung 6: Projektablaufplan	17
Abbildung 7: Arduino Uno	19
Abbildung 8: ESP32-S2-Saola	20
Abbildung 9: Adafruit Metro 328	21
Abbildung 10: Tensy 4.1	22
Abbildung 11: Anschlüsse Trafo	24
Abbildung 12: Ring-Trafo mit Mittelanzapfung	24
Abbildung 13: Brückengleichrichter GB15A	24
Abbildung 14: Kondensator 50V	25
Abbildung 15: Konverter 12V/24V auf 5V USB	25
Abbildung 16: Motortreiber DRV8871	26
Abbildung 17: MOSFET 60V 32A	26
Abbildung 18: Arduino Relais Modul	26
Abbildung 19: OLED-Display	27
Abbildung 20: Taster	27
Abbildung 21: LED grün 3mm	27
Abbildung 22: LED rot 3mm	27
Abbildung 23: Stecker Set 2	28
Abbildung 24: Stecker Set	28
Abbildung 25: Löt-Platine	28
Abbildung 26: 2er Federzugklemmen	28
Abbildung 27: 4er Schraubklemmen	28
Abbildung 28: Litze 1mm	29
Abbildung 29: Litzen Set	29
Abbildung 30: Litzen Set	29
Abbildung 31: Litze mit Stecker	29
Abbildung 33: Alte Bedieneinheit von hinten	30
Abbildung 32: Alte Bedieneinheit von vorne	30
Abbildung 34: Bediensteuerung mit aufgelegtem Taster	30
Abbildung 35: Bedieneinheit Steuerung	30
Abbildung 36: Bedienung von hinten ohne Steuerung	30
Abbildung 37: Ganze Bedieneinheit	31
Abbildung 38: Gleiche, wie im Bild links, von anderer Seite	31
Abbildung 39: Kleine Teileinheit Bedieneinheit	31
Abbildung 40: Alte Hauptplatine	32
Abbildung 41: Alte Hauptplatine eingebaut	32
Abbildung 42: Tensy 4.1 Anschlussplan	33
Abbildung 43: Tensy 4.1 aufgelötet	34
Abbildung 44: 230 VAC-Einspeisung	35
Abbildung 45: Skizze 24 VDC	35
Abbildung 46: 24 VDC-Platine	35
Abbildung 47: 3.3 V Spannungsversorgung	36
Abbildung 48: Mikrocontroller Spannungsversorgung	36
Abbildung 49: Hauptplatine von oben	37
Abbildung 50: Hauptplatine mit 24 VDC, Relais, Mikrocontroller sowie in der Mitte Motorentreiber- Brüheinheit	37
Abbildung 51: Skizze Verdrahtung Hauptplatine	38

Abbildung 52: Zustandsdiagramm	39
Abbildung 53: Motorentreiber	54
Abbildung 54: Defektes Bauteil	54
Abbildung 55: ESP32 Platine	57
Abbildung 56: Überarbeitetes Zustandsdiagramm	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Materialliste	18
Tabelle 2: Technische Daten Arduino Uno	19
Tabelle 3: Auswertung Mikrocontroller	23
Tabelle 4: Auswertung Mikrocontroller	23
Tabelle 5: PIN Ein- und Ausgänge Mikrocontroller	33
Tabelle 6: Testbericht	56

Literatur- und Quellenverzeichnis

<https://draeger-it.blog/meine-top-5-microcontroller-der-arduino-familie/>

[Play-Zone.CH Adafruit Metro 328 without Headers](#)

[Bastelgarage Elektronik Online Shop](#)

[Arduino Tutorial - NTC Sensor - YouTube](#)

[Anleitung für I2C-OLED-Display mit Arduino | Zufällige Nerd-Tutorials \(randomnerdtutorials.com\)](#)

6 Anhang

6.1 Projektstatusberichte

Vom 24.09.2023

Projektleiter Jan Vonlaufen	Projektziele Eine Steuerung mit Bedienelement für eine Kaffeemaschine ist bis am 13.11.2023 16:00 Uhr ausgearbeitet, getestet und dokumentiert.	Verteiler
Gesamtbeurteilung		
Projektverlauf 	Projektklima 	Termine
Risiken 	Ressourcen 	
Tendenz		
Aktueller Projektstand Projektstrukturplan und Ablaufplan sind erstellt. Dokumentation ist ebenfalls formatiert und bereit.	Was Läuft gut? Die Dokumentation zu erstellen, ging sehr gut, auch die Motivation ist immer noch sehr hoch	
	Was läuft nicht gut? Ich liege im Zeitplan zurück. Da ich zu wenig intensiv dran bin.	
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Kaffeemaschine auseinandernehmen und Teile kontrollieren. Dan noch zu Benötigte Teile bestellen und Anfangen zu Programmieren.		

Vom 01.10.2023

Projektleiter Jan Vonlaufen	Projektziele Eine Steuerung mit Bedienelement für eine Kaffeemaschine ist bis am 13.11.2023 16:00 Uhr ausgearbeitet, getestet und dokumentiert.	Verteiler
Gesamtbeurteilung		
Projektverlauf 	Projektklima 	Termine
Risiken 	Ressourcen 	
Tendenz		
Aktueller Projektstand Kaffeemaschine auseinandergenommen, teile kontrolliert und bestellt	Was Läuft gut? Ich konnte mir eine klare Übersicht über die teile verschaffen und sie dann auch bestellen	
	Was läuft nicht gut? Ich liege im Zeitplan zurück, da ich diese Woche noch 2 Tage im Militär war.	
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Kaffeemaschine anfangen zu Programmieren.		

Vom 08.10.2023

Projektleiter Jan Vonlaufen	Projektziele Eine Steuerung mit Bedienelement für eine Kaffeemaschine ist bis am 13.11.2023 16:00 Uhr ausgearbeitet, getestet und dokumentiert.	Verteiler
Gesamtbeurteilung		
Projektverlauf 	Projektklima 	Termine
Risiken 	Ressourcen 	
Tendenz		
Aktueller Projektstand Bedieneinheit wurde angefangen zu erstellen, wie auch die Steuerplatine. Angefangen zu programmieren	Was Läuft gut? Ich konnte die Bedieneinheit, so erstellen das ich sie so einklicken kann das ich die alte Knopf Abdeckungen nachbrauchen kann. Auch konnte ich die Steuerplatine so erstellen das ich sie genau am gleichen Ort wie die alte einklicken kann Was läuft nicht gut? Das LCD-Display, dass ich noch zuhause habe, ist leider defekt Ich habe Mühe mit dem Löten	
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Bedieneinheit fertig stellen, weiter an der Steuerplatine, wie auch am Programm arbeiten. Neues LCD-Display bestellt. Wegen dem Löten Lernvideos schauen und Übung machen den Meister.		

Vom 15.10.2023

Projektleiter Jan Vonlaufen	Projektziele Eine Steuerung mit Bedienelement für eine Kaffeemaschine ist bis am 13.11.2023 16:00 Uhr ausgearbeitet, getestet und dokumentiert.	Verteiler
Gesamtbeurteilung		
Projektverlauf 	Projektklima 	Termine
Risiken 	Ressourcen 	
Tendenz		
Aktueller Projektstand Bedieneinheit wurde fertig erstellt. Die Steuerplatine ist noch in Arbeit. Auch das Programm ist noch in Arbeit.	Was Läuft gut? Letzte Woche hatte ich noch sehr mühe mit dem Löten, ich benutze jetzt andere Lötplatinen und habe viele lern Videos geschaut und jetzt funktioniert es sehr gut. Was läuft nicht gut? Beim Erstellen des Programmes habe ich gemerkt das viele Anschlüsse zusammenkommen und der ESP32 hat gar nicht so viele Anschlüsse	
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Weiter an der Steuerplatine, wie auch am Programm arbeiten. Wegen des ESP32 habe ich mir Informiert, es gibt keiner der mehrere Anschlüsse hat, aber es gibt ein anderes Board. Ich habe mich entschieden den Teensy 4.1 zu nehmen. Dieser kann ich auch mit der Arduino Software programmieren und hat mehr Anschlüsse als der ESP32.		




Vom 22.10.2023

Projektleiter Jan Vonlaufen	Projektziele Eine Steuerung mit Bedienelement für eine Kaffeemaschine ist bis am 13.11.2023 16:00 Uhr ausgearbeitet, getestet und dokumentiert.	Verteiler
Gesamtbeurteilung		
Projektverlauf 	Projektklima 	Termine
Risiken 	Ressourcen 	
Tendenz		
Aktueller Projektstand Die Steuerplatine ist fertig. Das Programm ist noch in Arbeit. Der Wasserkreislauf, wie auch die Motoren sind noch nicht fertig programmiert	Was Läuft gut? Steuerplatine ist früher als geplant fertig erstellt. Die Motoren Messung funktioniert, ausser dem kann ich die Motoren schon ansteuern Was läuft nicht gut? Ich bin im Zeitplan gemäss Motoren und Wasser Kreislauf nicht im Zeitplan. Ich habe bis jetzt noch nicht viel an der Dokumentation geschrieben.	
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Ich habe bei meinem Zeitplan den Fehler gemacht das ganze mit Motoren und Wasser auseinanderzunehmen, doch es ist sehr abhängig voneinander. Da ich für die Steuerung im allgemeine mehr Zeit eingeplant ist es nicht schlimm das ich dort nicht im Zeitplan bin. Dafür bin ich mit der Steuerplatine voraus. Die nächsten schritte sind die Steuerung fertig zu Programmieren und zu Testen.		

Vom 30.10.2023

Projektleiter Jan Vonlaufen	Projektziele Eine Steuerung mit Bedienelement für eine Kaffeemaschine ist bis am 13.11.2023 16:00 Uhr ausgearbeitet, getestet und dokumentiert.	Verteiler
Gesamtbeurteilung		
Projektverlauf 	Projektklima 	Termine
Risiken 	Ressourcen 	
Tendenz		
Aktueller Projektstand Bei der Steuerung den Ablauf zu Programmieren und an der Dokumentation am schreiben	Was Läuft gut? Alle Bauteile kann ich einzeln ansteuern und sie Funktionieren Alle Bauteile, die ich geschrottet habe, konnte ich ersetzen die ganze Steuer Platine verhält jetzt ich kann alles immer einschalten. Was läuft nicht gut? -Verdrahtungs Fehler durch das ist der Mikrokontroller in Rauch aufgegangen ist. -Die Ablaufsteuerung funktioniert immer noch nicht so wie ich will. - Noch fasst nichts an der Dokumentation geschrieben	
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Nächste Woche werde ich am Freitag vielleicht auch sogar am Donnerstag frei haben, um den Zeitplan aufzuholen. Die Defekte Bauteile konnte ich alle ersetzen. Fehlt nur noch die Steuerung fertig zu Programmieren		

Vom 06.11.2023

Projektleiter Jan Vonlaufen	Projektziele Eine Steuerung mit Bedienelement für eine Kaffeemaschine ist bis am 13.11.2023 16:00 Uhr ausgearbeitet, getestet und dokumentiert.	Verteiler
Gesamtbeurteilung <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> Projektverlauf  </div> <div style="text-align: center;"> Projektklima  </div> <div style="text-align: center;"> Termine  </div> <div style="text-align: center;"> Risiken  </div> <div style="text-align: center;"> Ressourcen  </div> </div>		
Tendenz		
Aktueller Projektstand Steuerung Kaffee Maschine fertig. Dokumentation am erstellen	Was Läuft gut? Steuerung der Kaffeemaschine ist endlich fertig und sie produziert Kaffee. Der Tensy 4.1 der defekt ging konnte ich durch den vorhandenen ESP32 ersetzen, da ich weniger Pins als Anfangs geplant brauche. Die ganze Stromversorgung konnte ich ohne grosse Probleme selbst herstellen. Was läuft nicht gut? Viele Mechanische Probleme gehabt und die Kaffeemaschine war nicht dicht, dies kostete viel Zeit. Dan hat die Steuerung auch noch wackel Kontakte, die ganze Steuerung musste ich neu herstellen. Dabei ging der Tensy 4.1 Kaput. Noch viel Arbeit an der Dokumentation. Durch die ganzen anderen Probleme, die noch aufgetaucht sind, ging viel Zeit verloren.	
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Da Ich mehr Zeit als geplant gebraucht habe, konnte ich jetzt mit dem Arbeitgeber schauen das ich noch einen Tag mehr frei bekommen. Da ich von Anfang an schon eine Woche Reserve eingeplant habe, schaffe ich es trotz dem fertig zu werden. Als nächstes wird die Dokumentation noch beendet. Diese wird jetzt zeitgleich durchgelesen.		