

Diplomarbeit 2025

Bar-Roboter

Andreas Gabriel und Kevin Lorber



Abbildung 1: Titelblatt Bar-Roboter

Projektteam:	Andreas Gabriel und Kevin Lorber
Lehrgang:	Elektrotechniker HF
Auftraggeber:	TEKO Luzern
Höhere Fachschule:	TEKO Luzern
Ort, Datum:	Luzern, 09.11.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Management Summary	8
2	Lebenslauf	10
2.1	Lebenslauf Andreas Gabriel	11
2.2	Lebenslauf Kevin Lorber	12
3	Projektinitialisierung	13
3.1	Projektauftrag / Richtlinien	14
3.2	Bewertungsraster	16
3.3	Themenfindung	17
3.4	Themenbeschreibung	18
3.5	Namensfindung	19
3.6	Logo	20
3.6.1	Logo App	20
3.6.2	Logo komplett	21
3.7	Themeneingabe Diplomarbeit	22
3.7.1	Erster Entwurf Bar-Roboter	22
3.7.2	Themeneingabe	23
3.8	Sponsoringanfragen	24
3.8.1	Haupttext Sponsoringanfrage	25
3.8.2	Sponsoringkontrolle	28
3.8.3	Sponsoring	29
3.8.4	Sponsorentafel	29
3.9	Auftragsklärung	30
3.9.1	Frageliste	30
3.10	Analyse der Ausgangslage	32
3.10.1	Problemfelder der Projektaufgabenstellung	32
3.10.2	Anspruchs- / Interessensgruppen	33
3.10.3	Bereits ähnliche Projekte	34
3.10.4	Ursachen für das Scheitern ähnlicher Projekte	35
3.10.5	Zukünftige Entwicklungen im Problemfeld	37
3.10.6	Elektrische Normen und Vorschriften	37
3.10.7	Normen und Vorschriften im hygienischen Bereich	38
3.10.8	Fazit	40

3.11	Lastenheft.....	41
3.12	Pflichtenheft mit Projektvertrag.....	55
4	Projektplanung.....	81
4.1	Projektstrukturplanung.....	82
4.2	Projektablaufplanung.....	83
4.2.1	Gantt-Diagramm	84
4.2.2	Netzplan.....	85
4.3	Kommunikationsplanung	86
4.3.1	Kick Off-Meeting	86
4.3.2	Projekt-Status-Meeting.....	86
4.3.3	Projekt-Abschlussmeeting.....	87
4.3.4	Offene Punkte-Liste	87
4.4	Ressourcenplanung.....	89
4.4.1	Personalressourcen	89
4.4.2	Sachressourcen	89
4.4.3	Finanzressourcen	90
5	Projektrealisierung.....	91
5.1	Kreativitätsmethoden.....	91
5.1.1	Mind-Map.....	92
5.1.2	Morphologischer Kasten	93
5.2	Variantenbildung.....	94
5.2.1	Kurzbeschreibung der Variante 1 «MixMaster Lite»	94
5.2.2	Kurzbeschreibung der Variante 2 «Futuristischer Mixer».....	95
5.2.3	Kurzbeschreibung der Variante 3 «Allrounder»	96
5.3	Evaluation der geeignetsten Variante.....	97
5.3.1	Variantenbewertung Kriterien.....	97
5.3.2	Variantenbewertung.....	99
5.3.3	Sensitivitätsanalyse	100
6	Ausarbeitung der Variante «Allrounder»	102
6.1	«Allrounder» ausgearbeitet.....	102
6.1.1	Mechanischer Teil.....	102
6.1.2	Stromversorgung	106
6.1.3	Antriebstechnik	108
6.1.4	Fördertechnik Getränke	109

6.1.5	Sensorik.....	115
6.1.6	Eingabegeräte.....	116
6.1.7	Steuerung	120
6.1.8	Zusatzgeräte.....	121
6.1.9	Lieferanten	124
6.2	SWOT-Analyse.....	125
6.2.1	Entscheid mit sachlogischer Begründung	126
6.3	Risikoanalyse	127
6.3.1	Brainstorming Risiken	128
6.3.2	Einteilung Risiken	129
6.3.3	Risikotabelle.....	130
6.3.4	Risikomatrix	133
6.4	Kosten-Nutzen-Analyse.....	134
6.4.1	Kosten.....	134
6.4.2	Nutzen.....	135
6.4.3	Fazit.....	135
6.5	Schema	136
6.5.1	Übersichtsschema	136
6.5.2	Schema KiCAD	138
6.6	Komponentenwahl JLCPCB	147
6.6.1	Komponenten JLCPCB.....	147
6.7	Bestellung Platine.....	151
6.7.1	Erstellung der Schaltungsdateien	151
6.7.2	Hochladen der Dateien	151
6.7.3	Anpassung der Produktionsoptionen	151
6.7.4	Bestückungsservice	152
6.7.5	Überprüfung und Freigabe	152
6.7.6	Bezahlung und Versand.....	152
6.7.7	Produktion und Lieferung.....	152
6.8	Planung Aufbau	153
6.8.1	Startdesign.....	153
6.8.2	Planungsansatz	154
6.8.3	Planung Tisch	154
6.8.4	Aufbau Schnapsflaschenhalter	155
6.8.5	Halterung Touch-Display.....	155
6.8.6	Bedienleiste Schalter	156
6.8.7	Linearschiene.....	156

6.8.8	Transportschlitten	157
6.8.9	Antrieb X-Achse	158
6.8.10	Konstruktion Rückwand	159
6.8.11	CO ₂ -Trakt.....	160
6.8.12	Anschlussstück Mischgetränke	161
6.8.13	Antrieb Z-Achse	162
6.8.14	Endschalter X-Achse	163
6.8.15	Laufrollen	163
6.9	Komponentenwahl Bar-Roboter	164
6.9.1	Komponenten Bar-Roboter	164
6.10	Zusammenbau.....	189
6.10.1	Aufbau Tisch.....	190
6.10.2	Schnapsflaschenhalter.....	192
6.10.3	Touch-Display.....	194
6.10.4	Bedienleiste Schalter	197
6.10.5	Linearschienen.....	199
6.10.6	Transportschlitten	201
6.10.7	Antrieb X-Achse	204
6.10.8	Konstruktion Rückwand	206
6.10.9	Umbau Kühlschränke.....	208
6.10.10	Dosierung Süssgetränke.....	210
6.10.11	Unterverteilung.....	213
6.10.12	Verkabelung.....	216
6.10.13	CO ₂ -Flaschenhalterung	218
6.10.14	Montage Kühlschränke	219
6.10.15	Antrieb Z-Achse	221
6.10.16	Endschalter X-Achse	223
6.10.17	Laufrollen Tischbeine	224
6.10.18	Auskreuzplatine	225
6.10.19	Modifizierung Z-Achse	227
6.10.20	Modifizierung Platine.....	230
6.10.21	Modifizierung Alkoholdispenser	235
6.10.22	Anfertigung Anschlüsse Süssgetränke	236
6.10.23	Montage Abdeckplatten	237
6.10.24	Montage Aufkleber und Finish	240
6.10.25	Fertiger Bar-Roboter	241
6.11	Getränke.....	244

6.11.1	Auswahl Getränke.....	244
6.11.2	Rezepte.....	246
6.11.3	Bilder Cocktails	249
6.12	Programmierung.....	253
6.12.1	Anwendungsfälle.....	254
6.12.2	Systemdesign	255
6.12.3	Komponentenanforderungen	258
6.12.4	Komponentendesign	260
6.12.5	Arduino.....	266
6.12.6	Codesys.....	269
6.13	Bedienungsanleitung	278
6.14	Kostenkontrolle.....	301
6.15	Zukunft Baromat.....	303
6.15.1	Eventgrösse / Personenanzahl	303
6.15.2	Veranstaltungsart.....	303
6.15.3	Zielgruppe	303
6.15.4	Einsatzumgebung	303
6.15.5	Bedienkonzept	304
6.15.6	Getränkeangebot	304
6.15.7	Geschäftsmodell	304
7	Messungen / Funktionskontrollen / Tests.....	306
7.1	Funktionskontrollen / IBN	306
7.1.1	Inbetriebnahme Platine	307
7.1.2	Erstinbetriebnahme.....	307
7.2	Messprotokoll	321
7.2.1	Mess- und Prüfprotokoll	322
7.2.2	Fazit Messungen.....	348
7.3	Testdurchläufe mit Testpersonen	348
8	Projektabschluss	350
8.1	Projektüberwachung.....	350
8.1.1	Ablaufplanung Soll- / Ist-Überwachung.....	351
8.1.2	Zeitauswertung	353
8.1.3	Budgetauswertung.....	358
8.2	Evaluation der Zielerreichung Anforderungen Lastenheft.....	359
8.2.1	Anforderung Getränkeausgabe.....	359

8.2.2	Anforderung Hygiene und Sicherheit	359
8.2.3	Anforderung Bedienung	360
8.2.4	Anforderung Aufbau	360
8.2.5	Anforderung Dokumentation	361
8.3	Evaluation der Zielerreichung Zielscheibe	362
8.4	Lessons Learned	366
8.4.1	Team Rekapitulation	366
8.4.2	Reflexion - Andreas Gabriel	367
8.4.3	Reflexion - Kevin Lorber	368
9	Redlichkeitserklärung	369
10	Abbildungsverzeichnis	370
11	Tabellenverzeichnis	380
12	Diagrammverzeichnis	381
13	Literaturverzeichnis	382
14	Anhang	384
14.1	Projektstatusberichte	384
14.2	Protokolle	388

1 Management Summary

Im Rahmen unserer Diplomarbeit entwickelten wir einen voll funktionsfähigen Bar-Roboter, der Getränke automatisiert dosiert, mischt, kühlt und ausgibt. Das Projekt vereint Mechanik, Elektrotechnik, Sensorik, Steuerungstechnik und Software in einem praxisnahen Gesamtsystem. Unser Ziel war die Realisierung eines zuverlässigen Prototyps, der vordefinierte Rezepte reproduzierbar ausführt, lebensmitteltaugliche Komponenten verwendet und alle elektrischen sowie hygienischen Sicherheitsanforderungen erfüllt. Die Ziele und Systemgrenzen wurden zu Beginn klar definiert und in den Projektunterlagen verankert.

Ausgangslage

Die Ausgangslage der Arbeit bestand darin, ein Projekt von der Initialisierung bis zur funktionsfähigen Umsetzung selbstständig zu planen und zu realisieren. Die Wahl fiel auf einen Bar-Roboter, da dieser verschiedene technische Disziplinen sinnvoll verbindet und eine anschauliche Live-Demonstration ermöglicht. Namensfindung und Branding wurden frühzeitig vorangetrieben und der Projektname «Baromat» nach strukturiertem Auswahlverfahren festgelegt. Unterstützt durch gezielte Sponsoringanfragen konnten wichtige Sachmittel und Komponenten beschafft werden. Bereits bei der Analyse der Ausgangslage wurden typische Projektrisiken wie unklare Ziele, Ressourcenengpässe, ambitionierte Zeitplanung, Kommunikationsbedarf und technologische Unsicherheiten identifiziert. Die wichtigsten Anspruchsgruppen und alle relevanten Normen wurden einbezogen, um Sicherheit, Lebensmittelverträglichkeit und einen strukturierten Informationsfluss zu gewährleisten.

Vorgehen

Für die Umsetzung folgten wir einem klaren Projektmanagement-Rahmen mit Lasten- und Pflichtenheft, Zielscheibe, Projektvertrag sowie abgestimmter Kommunikations- und Meilensteinplanung. Die Strukturierung erfolgte mittels Projektstrukturplan, Gantt-Diagramm und Netzplan. Transparenz und Steuerbarkeit wurden durch Soll-Ist-Überwachung, Statusmeetings und Protokolle sichergestellt. Inhaltlich entwickelten wir mit einem Mind-Map und einem morphologischen Kasten mehrere Varianten und wählten den «Allrounder» als Zielvariante aus. Die technische Ausarbeitung umfasste den mechanischen Aufbau, die Dosiertechnik, die Integration von Kühlung und CO₂-Überdruck, sowie eine eigens designte Steuerplatine mit KiCAD-Schema und die Programmierung mit Arduino und Codesys. Die Qualitätssicherung erfolgte durch stufenweise Inbetriebnahme, Mess- und Prüfprotokolle sowie Testläufe mit externen Testpersonen. Ergebnisse und Abweichungen wurden dokumentiert und für die Optimierung genutzt.

Ergebnisse

Das Ergebnis ist ein funktionsfähiger Prototyp, der mehrere Flüssigkeiten exakt dosiert, Süssgetränke mittels CO₂-Überdruck fördert und Spirituosen über Dispenser präzise auschenkt. Vordefinierte Rezepte werden zuverlässig abgerufen und reproduzierbar gemischt. Die integrierte Kühlung stellt die Getränkequalität sicher. Die elektrische Sicherheit wird durch eine Unterverteilung mit sauberer und übersichtlicher Verdrahtung gewährleistet, die mechanische Sicherheit durch Endschalter und definierte Fahrwege. Sämtliche flüssigkeitsführenden Komponenten sind lebensmitteltauglich, und die hygienischen Anforderungen wurden sowohl in der Konstruktion als auch im Betrieb erfüllt. Im Projektabschluss wurden die Zielerreichung und die Einhaltung der Anforderungen systematisch überprüft. Messprotokolle und Testläufe belegen die Funktionsfähigkeit und die Lessons Learned halten zentrale Erkenntnisse für die Weiterentwicklung fest.


Ausblick

Der Ausblick zeigt, dass der Baromat nicht nur als funktionierender Prototyp überzeugt, sondern auch grosses Potenzial für den produktiven Einsatz bietet. Künftige Weiterentwicklungen könnten eine noch modularere Bauweise, zusätzliche Sensorik, intelligente Reinigungsprozesse und eine App-Anbindung umfassen. Auch wirtschaftlich eröffnen sich Möglichkeiten, etwa durch Event-, Miet- oder Servicekonzepte. Damit markiert der Baromat nicht das Ende, sondern vielmehr den Startpunkt für weitere technische und geschäftliche Innovationen. Das Projekt lädt dazu ein, tiefer einzutauchen und die Entstehung dieses Systems Schritt für Schritt nachzuvollziehen.


2 Lebenslauf


In den folgenden Unterkapiteln präsentieren wir unsere beruflichen Lebensläufe. Dabei geben wir einen Überblick über unsere Ausbildungen, bisherigen beruflichen Stationen sowie relevante Qualifikationen und Erfahrungen. So möchten wir aufzeigen, welche fachlichen Kompetenzen wir in unsere Arbeit einbringen und wie sich unser beruflicher Werdegang bis heute entwickelt hat.


2.1 Lebenslauf Andreas Gabriel





**ANDREAS
GABRIEL**








 06.06.1997

 ledig

 Kriens, Schweiz

Berufliche Erfahrungen:

2023 – heute:	Projektleiter Elektro CKW Gebäudetechnik AG, Reussbühl
2022 – 2023:	Fachplaner Elektro PZM Luzern AG, Horw
2021 – 2022:	Sachbearbeiter Elektro PZM Luzern AG, Horw
2020 – 2021:	Elektro-Bauleiter CKW Gebäudetechnik AG, Ebikon
2018 – 2020:	Elektroinstallateur CKW Gebäudetechnik AG, Ebikon

Aus- & Weiterbildungen:


2022 – heute:	Dipl. Elektrotechniker HF TEKO, Luzern
2021 – 2022:	Interne Weiterbildung Elektroplaner PZM Luzern AG, Horw
2018:	Abverdienen als Wachtmeister Schweizer Armee, Kloten
2017 – 2018:	Rekrutenschule, Unteroffiziersschule Schweizer Armee, Bülach/Kloten
2013 – 2017:	Berufslehre Elektroinstallateur EFZ CKW Gebäudetechnik AG, Ebikon
2010 – 2013:	Sekundarschule Schule Buchrain, Buchrain
2004 – 2010:	Primarschule Schule Buchrain, Buchrain

Kenntnisse & Fähigkeiten:







- schnelles Auffassungsvermögen
- sehr saubere und genaue Arbeitsweise
- gute Kenntnisse in Elektrotechnik und IT-Grundlagen
- stets motiviert und zuvorkommend
- kommunikativ und teamfähig
- sehr flexibel und belastbar
- selbstständig und verantwortungsbewusst
- Freude am Ausbilden junger Lernenden
- sehr gute Deutschkenntnisse
- gute Englischkenntnisse
- Führerausweis Kategorien B, BE, C1, C1E, D1, D1E

Abbildung 2: Lebenslauf Andreas Gabriel

2.2 Lebenslauf Kevin Lorber



**KEVIN
LORBER**

-   
-  11.06.1995
-  ledig
-  Sulz, Schweiz

Berufliche Erfahrungen:

2024 – heute:	Projektleiter Service CKW Gebäudetechnik AG, Hitzkirch
2020 – 2024:	Elektro-Serviceinstallateur CKW Gebäudetechnik AG, Hitzkirch
2017 – 2020:	Elektroinstallateur CKW Gebäudetechnik AG, Hitzkirch

Aus- & Weiterbildungen:

2022 – heute:	Dipl. Elektrotechniker HF TEKO, Luzern
2017 – 2017:	Abverdienen als Wachtmeister DD Schweizer Armee, Aarau Militärmusik
2016 – 2017:	Rekrutenschule, Unteroffiziersschule Schweizer Armee, Burgdorf, Airola
2012 – 2016:	Berufslehre Elektroinstallateur EFZ CKW Gebäudetechnik AG, Hitzkirch
2009 – 2012:	Sekundarschule Schule Hitzkirch
2002 – 2009:	Primarschule Schule Gelfingen

Kenntnisse & Fähigkeiten:

- sehr saubere und genaue Arbeitsweise
- gute Kenntnisse in Elektrotechnik und IT-Grundlagen
- stets motiviert und zuvorkommend
- kommunikativ und teamfähig
- sehr flexibel und belastbar
- selbstständig und verantwortungsbewusst
- sehr gute Deutschkenntnisse
- Führerausweis Kategorien A1, B, BE, C, CE, D1, D1E

Abbildung 3: Lebenslauf Kevin Lorber

3 Projektinitialisierung

Die Projektinitialisierung ist der Startschuss für unser Projekt und legt die Basis für einen erfolgreichen Ablauf. In diesem Kapitel definieren wir den Projektauftrag, schauen uns die Ausgangslage an und halten die wichtigsten Abmachungen im Projektvertrag fest. Auf diese Weise schaffen wir von Anfang an Klarheit über Ziele, Zuständigkeiten und Rahmenbedingungen. Das ist eine wichtige Voraussetzung, damit das Projekt später reibungslos geplant und umgesetzt werden kann.

3.1 Projektauftrag / Richtlinien



Richtlinien Diplomarbeit

alle Studienrichtungen

Ziel und Zweck

Mit der Diplomarbeit zeigst du, dass du eine Aufgabenstellung innerhalb einer vorgeschriebenen Zeitspanne selbstständig, umfassend und zweckmässig lösen sowie sauber dokumentieren und präsentieren kannst.

Daten

Orientierung Diplomarbeit	KW 18/19, 2025 durch Abteilungsvorstand
Themenabgabe	Montag, 16. Juni 2025, 16.00 Uhr
Start Diplomarbeit	Montag, 15. September 2025
Abgabe Diplomarbeit	Montag, 10. November 2025, 16.00 Uhr
Upload Onlinepublikation	7 Tage vor Präsentation
Präsentationen	KW 48/49 2025
Diplomfeier	Freitag, 12. Dezember 2025, 19.00 Uhr

Ablauf

1. Orientierung

Zu Beginn des letzten Semesters orientierst dich der Abteilungsvorstand oder die Schulleitung über die Diplomarbeit, die einzuhaltenden Termine sowie erste Vorbereitungsarbeiten.

2. Themensuche

Anschliessend an die Orientierung suchst du ein Thema, welches du in deiner Diplomarbeit behandeln willst. Geeignet sind Themen aus deinem Berufsumfeld mit direktem Bezug zur Studienrichtung. In der Regel ist die Diplomarbeit eine Einzelarbeit, umfangreiche Diplomarbeiten können auch zu zweit erarbeitet werden.

3. Themeneingabe

Du reichst dein Thema gemäss der Vorlage «Themeneingabe» via Dateupload im Extranet unter «Praktika» ein.

4. Themenabstimmung

In Absprache mit Abteilungsvorstand und Fachdozierenden wird das Thema beurteilt und wenn notwendig präzisiert bzw. abgegrenzt.

5. Start Diplomarbeit

Wir bestätigen dir dein gewähltes Diplomthema und den Namen der dich betreuenden Person vor Startdatum der Diplomarbeit. Das genaue Datum, Zeit und Ort der Diplomarbeitpräsentation teilen wir dir während der Erstellung der Diplomarbeit mit.

6. Betreuung

Vereinbare zu Beginn der Diplomarbeit mit der betreuenden Person zwei Vorzeigetermine. Den ersten Termin vereinbarst du am Anfang, damit die Zielvorgaben abgestimmt und die Aufgabenstellung besprochen werden können. Ein zweiter Vorzeigetermin nach der Hälfte der zur Verfügung stehenden Zeit dient dazu, den Stand der Arbeit zu kontrollieren und eventuelle Korrekturen anzubringen.

Besprechungspunkte:

- Standortbestimmung in Bezug auf die Zielsetzung
- Aufzeigen allfällig aufgetretener Probleme mit Lösungsvorschlägen
- Aufbau und Struktur der Dokumentation
- Fragen zur Vorbereitung der Präsentation und Onlinepublikation

7. Abgabe Diplomarbeit

- Je ein elektronisches Exemplar in einer pdf-Datei an das TEKO-Sekretariat via Upload im Extranet unter «Praktika» und – wenn verlangt – an die betreuende Person via E-Mail.
- Sofern die betreuende Person dies für die Korrektur verlangt: ein Exemplar gebunden im Format A4.

Der Dateiname des pdf-Dokuments muss wie folgt aufgebaut sein: DA_Jahr_Name_Vorname_Klasse.pdf.

8. Onlinepublikation

Zur Diplomarbeit gehört auch eine Onlinepublikation der Diplomarbeit. Diese wird auf einer von der TEKO zur Verfügung gestellten Plattform realisiert und dient dazu, deine Arbeit einem breiten Publikum nachhaltig zugänglich zu machen. Die Vorstellung der Onlinepublikation ist fester Bestandteil der Diplomarbeitpräsentation. Den Zugang zur Plattform werden wir dir 2 Wochen vor der Diplomarbeitpräsentation via Mail bekanntgeben.

Die Publikation umfasst folgende Inhalte: Kurzbeschreibung des Ergebnisses resp. des Produktes, Nutzen / Mehrwert für den Auftraggeber, Veranschaulichung mittels frei wählbarer Elemente (z.B. Fotos, Filme...).

9. Schlussbesprechung und Präsentation

Den Abschluss der Diplomarbeit bildet die Präsentation in Anwesenheit der betreuenden Person und des neutralen Experten. Du hast 15 Minuten Zeit für die Präsentation deiner Arbeit und 5 Minuten für die Beantwortung von Fragen der Experten. Der Inhalt der Präsentation richtet sich nach den in der Aufgabenstellung definierten Vorgaben bzw. nach den mit der betreuenden Person besprochenen Punkten.

Vertrauliche Daten in der Diplomarbeit

Vertrauliche Diplomarbeiten musst du durch die Schule schriftlich bewilligen lassen. Auf der Titelseite muss klar der Vermerk «vertraulich» sichtbar sein. Bei vertraulichen Arbeiten erhältst du die physischen Exemplare deiner Diplomarbeit nach der Rekursfrist zurück. Für die Onlinepublikation kannst du selbst bestimmen, welche Inhalte du zugänglich machen willst, oder ob deine Publikation offline bleiben soll. Die TEKO geht keine Vertraulichkeitsvereinbarungen irgendwelcher Art ein.

Form, Aufwand

Die Diplomarbeit verfasst du mit einem Textverarbeitungsprogramm im Format A4, einseitig beschrieben, fortlaufend nummeriert, gebunden oder in einem Ordner (wenn verlangt). Rechne mit ca. 150 – 250 Stunden Arbeitsaufwand. Die Arbeit umfasst eine schriftliche Dokumentation und je nach Aufgabenstellung bzw. Fachrichtung einen zeichnerisch-konstruktiven und/oder experimentellen Teil (z.B. Modell, Prototyp, Labor-Aufbau etc.).

Sofern Arbeitsunterlagen aus deiner Unternehmung verwendet werden, stelle sicher, dass du dazu das Einverständnis besitzt. Benützte Quellen sind lückenlos aufzuführen.

Gliederung der Diplomarbeit

Im Rahmen des Studiums hast du ein breites Grundlagenwissen im Projektmanagement aufgebaut und in Projekt- und Semesterarbeiten angewendet. Die Dokumentation der Diplomarbeit orientiert sich an genau diesen Grundsätzen. Die Arbeit soll beim Leser den Eindruck einer sinnvollen und geschlossenen Arbeit hinterlassen. Es muss ein «roter Faden» ersichtlich sein. Der chronologische Ablauf soll folgende Struktur aufweisen:

- Deckblatt: Titel der Diplomarbeit, Name der Schule, Name des Diplomanden, Ausbildung und Jahr, wenn vertraulich: Vermerk "vertraulich" auf der Titelseite
- Inhaltsverzeichnis
- Management Summary, max. 2 A4-Seiten
- Kurzer beruflicher Lebenslauf
- Aussagekräftiges Qualifikationsprofil (sofern verlangt, max. 2 A4-Seiten). Die Form ist grundsätzlich frei wählbar. Jedoch muss der Bezug zur Studienrichtung basierend auf dem Rahmenlehrplan klar erkennbar sein.
- Aufgabenstellung / Pflichtenheft / Zieldefinition
- Terminplan (soll/ist)
- Lösung der Aufgabe: Berichte / Programme / Ablaufpläne / Lösungswege / Entwürfe / Zeichnungen / Modelle / usw.
- Vollständige Quellenangaben und Literaturverzeichnis
- Reflexion Weg zum Ziel sowie "Lessons learned"
- Persönliches Schlusswort, Verdankungen und Eigenständigkeits-Erklärung

Bewertung der Diplomarbeit

Dein/e Betreuer/in bewertet deine Diplomarbeit anhand eines vorgegebenen Beurteilungsrasters (Schwierigkeitsgrad, Projektinitialisierung und -planung, Realisierung, Dokumentation, Präsentation, Onlinepublikation) in Abstimmung mit dem/der Experten/in. Bei Diplomarbeiten, welche im Auftrag eines Betriebes gemacht werden, fließt die Bewertung der betrieblichen Fachperson in angemessener Form in die Gesamtbeurteilung ein. Bei Gruppenarbeiten kann jeder Diplomand einzeln bewertet werden. Die Schlussnote wird auf eine Zehntelsnote gerundet.

Diplomierung

Die Diplomarbeit ist bestanden, wenn du mindestens die Note 4.0 erreicht hast. Zur Erlangung des Diploms musst du zudem sämtliche finanziellen Verpflichtungen gegenüber der TEKO erfüllt haben. Bei Nichtbestehen kann die Diplomarbeit einmalig mit neuem Thema wiederholt werden. Du bist selbst für die Einhaltung sämtlicher Termine verantwortlich. Massgebend ist das Datum des Uploads oder E-Mail Versands. Zu spät eintreffende Arbeiten gelten als nicht eingereicht.

Fristerstreckung

Eine Fristerstreckung des Abgabetermins der Diplomarbeit kann nur bei nachgewiesener Krankheit mit Arztzeugnis oder Militärdienst mit Marschbefehl geltend gemacht werden.

Verwertungsrecht

Diplomarbeiten, welche im Besitze der TEKO bleiben, sind für folgende Verwendungen vorgesehen: Ausstellungen, Orientierungen, Anerkennungsverfahren und als Rekursbeweise.

Beschwerden und Rekurs

Gegen promotionsrelevante Noten können Sie innert 14 Tagen seit Bekanntgabe mit schriftlicher Begründung Rekurs erheben. Erste Rekursinstanz ist die Schulleitung.

3.2 Bewertungsraster



BEURTEILUNG DIPLOMARBEIT

Name des Diplomanden: _____

Abteilung/Klasse: _____

	Bemerkungen	Abzug
1. Schwierigkeitsgrad		
Höhe des Schwierigkeitsgrades		
2. Projektinitialisierung und -planung		
2.1 Themenbeschreibung		
2.2 Pflichtenheft / Aufgabenabgrenzung / PSP		
2.3 Zielformulierung / Erfolgskriterien		
2.4 Ablaufplanung		
Mangelpunkte:		
3. Realisierung		
3.1 Analyse, Informationssammlung		
3.2 Lösungsweg / Variantenfindung		
3.3 Begründung der Varianten resp. Lösung		
3.4 Berechnungen / Wirtschaftlichkeit		
3.5 Kontrolle Zielerreichung		
3.6 Reflektion (lessons learnt)		
Mangelpunkte:		
4. Dokumentation		
4.1 Gliederung, Aufbau		
4.2 Darstellung		
4.3 Verständlichkeit		
4.4 Anhang (Quellenangaben etc.)		
4.5 Inhaltliche Vollständigkeit		
Mangelpunkte:		
5. Begleitung / Präsentation		
5.1 Arbeitsweise (Termine, etc.)		
5.2 Auftreten, Rhetorik, Verständlichkeit		
5.3 Inhalt		
5.4 Beantwortung der Fragen		
5.5 Zeitverwaltung		
Mangelpunkte:		
6. Onlinepublikation		
5.1 Inhalt		
5.2 Verständlichkeit		
5.3 Ausgestaltung		
Mangelpunkte:		
TOTAL Abzug:		
Kompetenzprofil		
Diplomnote		

Name und Unterschrift des Diplomlehrers: _____

Name und Unterschrift des Diplomexperten: _____

Ort, Datum: _____

Abbildung 5: Beurteilungsformular Diplomarbeit

3.3 Themenfindung

Die Grundidee für unseren Bar-Roboter entstand ursprünglich bei Andy, auch wenn heute nicht mehr genau nachvollziehbar ist, wie wir damals darauf gekommen sind. Von Anfang an war uns jedoch klar, dass wir für die Diplomarbeit ein Projekt wählen wollten, das Mechanik, Elektrotechnik, Sensorik, Steuerungstechnik und Software sinnvoll miteinander verbindet und ein Ergebnis liefert, das direkt erlebbar ist. Ein Bar-Roboter erfüllt all diese Anforderungen und bietet zudem einen eindrucksvollen Show-Effekt bei der Abschlusspräsentation.

Im Rückblick finden wir es selbst ein wenig lustig, dass wir uns ausgerechnet für ein solches Thema entschieden haben. Wir trinken beide gerne mal ein Bier oder einen Longdrink, sind aber eigentlich weniger in der grossen Party-Szene unterwegs. Gerade deshalb hat uns die technische Herausforderung und der besondere Praxisbezug besonders gereizt.

In Gesprächen mit unserem Umfeld wurde uns schnell deutlich, dass ein solches Projekt grosses Interesse weckt. Viele fanden die Idee spannend, weil sie technisch herausfordernd ist und zugleich einen klaren Praxisbezug hat. Gleichzeitig gab es auch vereinzelt skeptische Rückmeldungen, ob es tatsächlich gelingen kann, ein so komplexes System auf die Beine zu stellen. Diese Zweifel haben uns jedoch eher angespornt.

Ein entscheidender Grund, warum wir uns dieser Aufgabe gewachsen fühlten, war unsere positive Erfahrung aus dem Plotterprojekt. Dort konnten wir bereits zeigen, dass wir gemeinsam anspruchsvolle Aufgaben systematisch angehen und erfolgreich umsetzen können. Die Erfahrungen in Planung, Aufbau und Inbetriebnahme gaben uns die nötige Zuversicht, auch ein Projekt wie den Bar-Roboter zu meistern.

Uns war ausserdem wichtig, die Diplomarbeit bewusst als Team umzusetzen. Wir sind beide sehr zuverlässig und arbeiten gewissenhaft sowie strukturiert, sodass wir uns in jeder Situation aufeinander verlassen können. Der regelmässige Austausch, das gemeinsame Abwägen von Ideen und Entscheidungen sowie das Vier-Augen-Prinzip geben uns zusätzliche Sicherheit, sowohl fachlich als auch organisatorisch. So können wir Risiken frühzeitig erkennen, Missverständnisse vermeiden und die Qualität unseres Projekts konsequent hochhalten. Aus einer anfänglichen Idee ist so eine klare gemeinsame Vision entstanden, hinter der wir beide stehen.

3.4 Themenbeschreibung

Für unsere Diplomarbeit entwickeln wir einen Bar-Roboter, der verschiedene Getränke automatisiert mischen und ausschenken kann. Das Projekt vereint Herausforderungen aus den Bereichen Mechanik, Steuerungstechnik, Sensorik und Software und bietet uns die Gelegenheit, unsere im Studium erworbenen Kenntnisse praxisnah umzusetzen.

Im Mittelpunkt steht die Integration verschiedener Teilsysteme: CO₂ und Ventile zur präzisen Dosierung, ein Drucksystem für die Förderung der Flüssigkeiten, Kühlung für die Getränkevorräte, eine Eiswürfelmaschine sowie eine benutzerfreundliche Bedienoberfläche. Die alkoholischen Getränke werden aus kopfüber montierten Flaschen über einen Druckmechanismus ausgeschenkt. Die koordinierte Zusammenarbeit all dieser Komponenten macht den besonderen Reiz und Lernwert unseres Projekts aus.

Das Ziel ist die Realisierung eines funktionalen Prototyps, der mehrere Flüssigkeiten aus unterschiedlichen Behältern exakt dosiert und über das Drucksystem ins Glas fördert. Der Roboter soll vordefinierte Rezepte zuverlässig abrufen, korrekt mischen und die Ergebnisse reproduzierbar liefern. Sämtliche flüssigkeitsführenden Komponenten werden lebensmitteltauglich ausgeführt und alle elektrischen Sicherheitsanforderungen konsequent eingehalten.

3.5 Namensfindung

Damit unser Projekt schon früh personalisiert wird, wollten wir, wenn möglich, bereits bei der Themeneingabe unseren spezifischen Projektnamen festlegen. Um den passenden Namen für unser Projekt zu finden, haben wir zunächst eine Liste mit verschiedenen Namensvorschlägen erstellt. Dabei war es uns wichtig, einen kreativen, einprägsamen und thematisch passenden Namen zu wählen, der den Charakter unseres Bar-Roboters widerspiegelt und gleichzeitig keinen negativen Eindruck hinterlässt. Die Vorschläge wurden in einer gemeinsamen Brainstorming-Session gesammelt und anschliessend bewertet.

Für die Bewertung haben wir Kriterien wie Wiedererkennungswert, Verständlichkeit, Bezug zum Projekt und Originalität herangezogen. Die Bewertung wurde von Chantal, der Freundin von Andreas, sowie von Andreas und Kevin jeweils separat ausgefüllt. Jeder Vorschlag wurde einzeln geprüft und mit einem «x» markiert, wenn er als potenzieller Favorit angesehen wurde.

Zu den favorisierten Namen zählten unter anderem Baromat, MixBot und BarBot, da diese Begriffe sowohl den technischen Aspekt als auch den Bezug zur Getränkezubereitung gut widerspiegeln. Einige Vorschläge wie Schnapsidee oder Schluckspecht 3000 wurden zwar als kreativ empfunden, aber aufgrund ihres humorvollen und weniger professionellen Charakters nicht weiterverfolgt.

Nach der Bewertung der Vorschläge haben wir uns auf eine engere Auswahl konzentriert und die Namen nochmals hinsichtlich ihrer Eignung und Zielgruppenwirkung diskutiert. Als finalen Namen haben wir uns schliesslich für Baromat entschieden, welcher sowohl den Begriff Bar als auch den Begriff Automat miteinander verbindet.

potenzielle Projektnamen:	Chantal:	Andy:	Kevin:	gemeinsam:	Favorit:
Baromat	x	x	x	x	x
MixBot	x	x	x	x	
AutoBar					
ServoSip					
RoboBar	x				
MixMaster	x	x	x		
Schnapsidee	x	x			
Drinkify					
Schluckspecht 3000					
Robar					
Schankomat					
Trinkwerk		x			
BarButler		x	x		
CocktailCommander		x			
Alkomat					
Schnapsomat					
Mixomat		x			
Cocktailmaster	x				
Schnapsschleuder					
Misch-Maschine					
Shot-Schütze					
BarBot	x	x	x	x	

Tabelle 1: Auswertung Projektnamen

3.6 Logo

Da wir neben dem eigenen Namen auch gerne ein passendes Logo für unseren Bar-Roboter haben wollten, haben wir uns informiert, wie wir am besten Logos oder sogenannte Brandings erstellen können. Da wir beide technisch sehr versiert sind, gestalterisch aber noch Verbesserungspotenzial sehen, haben wir nach einem Programm gesucht, mit dem wir mithilfe von Texteingaben Bilder und Schriftzüge generieren können. Durch ein Video auf YouTube sind wir auf die Website «www.looka.com» aufmerksam geworden. Dies ist eine KI-gestützte Plattform, auf der wir den Projektnamen und den Projekttyp angeben konnten. Anschliessend wurden uns verschiedene Vorschläge für Logoarten präsentiert. Wir konnten uns für einen Stil entscheiden und danach die gewünschten Farbtöne auswählen. Zudem war es möglich, einen Slogan einzufügen, worauf wir jedoch verzichtet haben, da dies nicht zu unserem Konzept passt.

Im nächsten Schritt konnten wir festlegen, welche Art von Bildern auf dem Logo enthalten sein sollen. Die Vorschläge wurden entsprechend unseren Angaben angepasst und passten gut zum Thema Bar und alkoholische Getränke. Danach wurden uns zahlreiche Logo-vorschläge angezeigt, aus denen wir wählen konnten. Farben, Schriftarten und Symbole liessen sich individuell anpassen. Wir haben uns für eine edle Variante entschieden, die durch einen modernen Schriftzug ergänzt wird. Die goldene Schrift auf schwarzem Hintergrund wirkt sehr hochwertig und wird durch den Schriftzug, der einen leicht «robotischen» Charakter hat, aufgelockert. Die fertigen Bilder konnten wir im Anschluss herunterladen. Wir haben uns sowohl für einen vollständigen Schriftzug als auch für ein mögliches App-Symbol entschieden.

Beim Hauptlogo haben wir uns für die folgende Farbpalette entschieden



Abbildung 6: Farbpalette Logo

3.6.1 Logo App

Für eine mögliche spätere App-Integration oder als Startsymbol auf dem Display haben wir zusätzlich ein kompaktes Logo im App-Format erstellt. Dieses Symbol ist klar und wiedererkennbar gestaltet und greift die Farben und Designelemente unseres Hauptlogos auf. So bleibt der Wiedererkennungswert erhalten und das Branding ist auch auf digitalen Endgeräten durchgängig präsent. Das App-Logo kann flexibel eingesetzt werden, beispielsweise als Icon auf dem Display, in Menüs oder für zukünftige Anwendungen.



Abbildung 7: Logo App

3.6.2 Logo komplett

Das grosse Hauptlogo lag uns in der Gratisversion von «www.looka.com» leider nur in einer geringeren Auflösung vor, wodurch es zunächst etwas unscharf war. Um die Qualität zu verbessern, haben wir das Logo mit Bildbearbeitungsprogrammen nachträglich optimiert und die Auflösung auf das Vierfache erhöht. Dadurch ist das Logo nun ausreichend scharf und flexibel einsetzbar. So besteht später auch die Möglichkeit, das Logo in hoher Qualität auf unserem fertigen Bar-Roboter zu drucken oder per Lasergravur anzubringen.



Abbildung 8: Logo komplett

3.7 Themeneingabe Diplomarbeit

Am Pfingstmontag, dem 09.06.2025, haben wir uns gemeinsam getroffen, um die Themeneingabe für unser Projekt gemäss den Vorgaben des Onlineformulars der TEKO zu erstellen. Neben der Themeneingabe haben wir auch eine Skizze mit dem ersten zeichnerischen Entwurf unseres Bar-Roboters erstellt und beigefügt. Nach Abschluss der Bearbeitung wurden die Dokumente über das Extranet mittels Dropbox an die zuständige Stelle übermittelt. Bereits am 10.06.2025 erhielten wir von Michèle Kölbener die Bestätigung, dass alle erforderlichen Unterlagen erfolgreich eingegangen sind.

3.7.1 Erster Entwurf Bar-Roboter

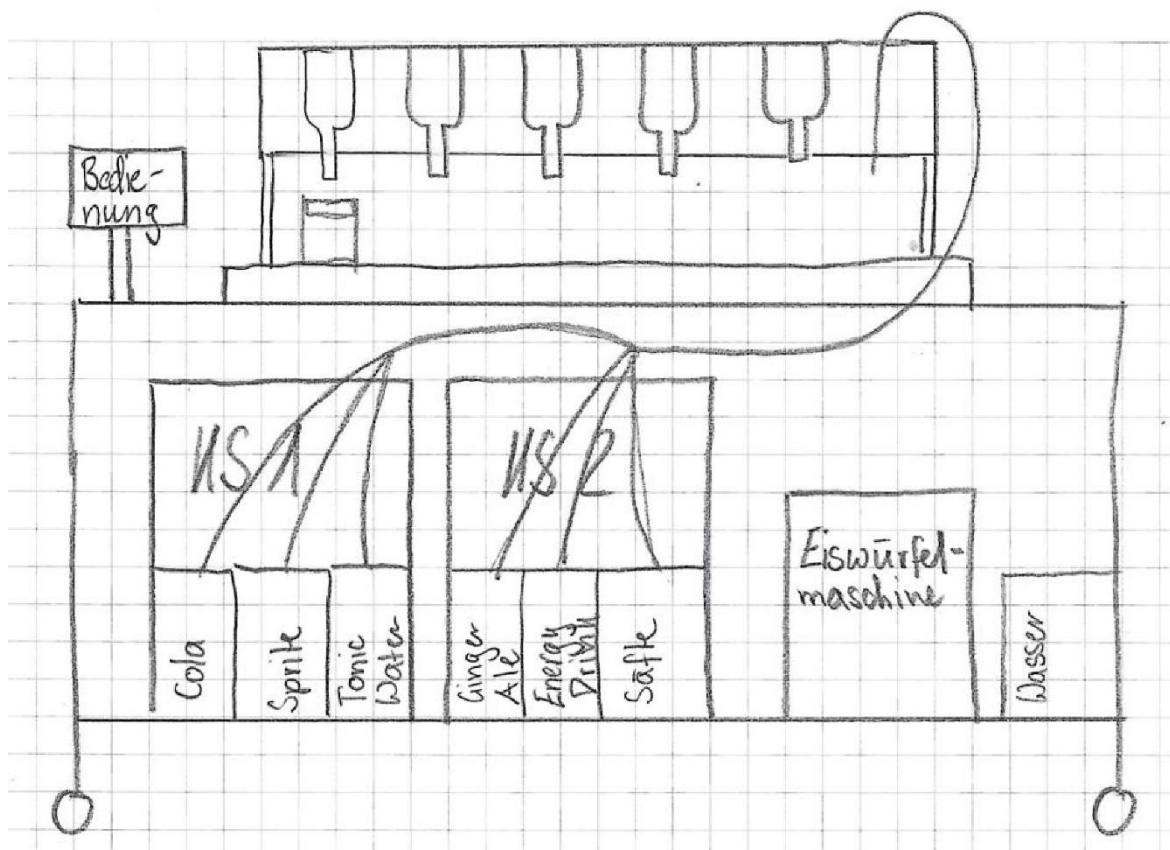


Abbildung 9: Erster Entwurf Bar-Roboter

3.7.2 Themeneingabe



Die Themeneingabe kann als Word-Formular im Extranet unter „Praktika“ heruntergeladen werden.

Themeneingabe Diplomarbeit

Name	Gabriel / Lorber
Vorname	Andreas / Kevin
Adresse, Ort	
Tel: P, G	
E-Mail	andreas.gabriel@edu.teko.ch / kevin.lorber@edu.teko.ch
Klasse	L-TEL-22-Do-a / L-TEL-22-Do-a
Fachgebiet	Elektrotechniker HF / Elektrotechniker HF
Auftraggeber	TEKO Luzern / Gewünschter Betreuer: Andreas Holzer

Thema Bar-Roboter (BAROMAT)

Kurzbeschreibung

Für unsere Diplomarbeit möchten wir einen Bar-Roboter entwickeln, der verschiedene Getränke automatisiert mischen und ausschenken kann. Die Idee verbindet technische Herausforderungen aus den Bereichen Mechanik, Steuerung, Sensorik und Software und erlaubt es uns, unser im Studium erworbenes Wissen praxisnah umzusetzen.

Besonders fasziniert uns dabei die Komplexität des Gesamtsystems, also das Zusammenspiel verschiedenster Technologien wie Pumpen, Ventile, Kühlung, Bedienoberfläche und Drucksysteme. Genau diese technische Vielfalt und die Notwendigkeit, unterschiedliche Teilsysteme miteinander zu koordinieren, machen das Projekt für uns besonders spannend und lehrreich.

Unser Ziel ist ein funktionierender Prototyp, der mehrere Flüssigkeiten aus verschiedenen Behältern dosieren und über ein Drucksystem in ein Glas füllen kann. Ergänzt wird das System durch eine Eiswürfelmaschine und eine Kühlung der Getränke. Die alkoholischen Getränke werden über verkehrt aufgehängte Flaschen mit einem Druckmechanismus ausgeschenkt. Die Bedienung erfolgt über eine benutzerfreundliche Oberfläche.

Am Ende der Diplomarbeit liegt Folgendes vor:

- ein funktionstüchtiger Prototyp des Bar-Roboters
- eine vollständige technische Dokumentation (inkl. Schaltplänen, CAD-Zeichnungen, Software)
- eine schriftliche Ausarbeitung mit Theorie, Umsetzung und Tests
- eine Präsentation inkl. Live-Demonstration

Erfolgskriterien

In unserer Diplomarbeit haben wir die wichtigsten Anforderungen Schritt für Schritt umgesetzt und dabei klar nach dem bekannten 4-Phasenmodell gearbeitet. Es gab keine nennenswerten Abweichungen, und es mussten nur wenige Verständnisfragen geklärt werden. Die Analyse des Bar-Roboters hat uns klare Daten und Erkenntnisse geliefert, die wir gut für weitere Entscheidungen und Verbesserungen nutzen können. Auch die Planung der Arbeitspakete, also wie detailliert sie waren und wie logisch sie aufeinander folgten, wurde von den Experten als sinnvoll beurteilt.

Im Konzeptteil haben wir drei unterschiedliche Varianten erarbeitet, die sich jeweils deutlich voneinander unterscheiden. Die Bewertung wurde durch den Experten als sinnvoll eingestuft.

Wir haben eine Budgettabelle erstellt, in der die geplanten und die tatsächlichen Kosten gegenübergestellt wurden. Die Abweichung liegt dabei innerhalb der Toleranzen, alle Belege und Sponsoring-Beiträge wurden dokumentiert. Technisch funktioniert unser Prototyp wie geplant. Er kann mindestens zehn vordefinierte Rezepte abrufen, die richtigen Mengen dosieren und die Getränke zuverlässig mischen. Alle Rezepte sind dokumentiert und wurden in Tests überprüft.

Beim Bau haben wir darauf geachtet, dass alle flüssigkeitsführenden Teile lebensmitteltauglich sind. Ausserdem gibt es keine elektrischen Gefahrenstellen, die ein Risiko für Personen darstellen könnten. In unseren Berichten haben wir pro Student mindestens zwei wichtige Erkenntnisse festgehalten, die auch für zukünftige Projekte hilfreich sein können. Für die Präsentation wurden alle inhaltlichen Vorgaben vollständig berücksichtigt und der Roboter live demonstriert.

Abbildung 10: Themeneingabe

3.8 Sponsoringanfragen

Um die Umsetzung unseres Bar-Roboters im Rahmen der Diplomarbeit erfolgreich realisieren zu können, haben wir verschiedene Sponsoringanfragen an Unternehmen gestellt. Ziel war es, Unterstützung in Form von Sachspenden, Material oder Komponenten zu erhalten, die wichtig für den Bau und die Funktionalität unseres Projekts sind.

In diesem Unterkapitel dokumentieren wir die versendeten Anfragen, die Art der gewünschten Unterstützung sowie die Rückmeldungen der angefragten Firmen. Wir möchten damit nicht nur die Bedeutung der externen Unterstützung hervorheben, sondern auch die Zusammenarbeit mit potenziellen Sponsoren transparent darstellen.

Für alle Sponsoringanfragen haben wir denselben Text als Grundlage verwendet. Den jeweiligen Abschnitt, den wir grün beschriftet haben, wurden durch die Inhalte ersetzt, die in den entsprechenden Unterkapiteln beschrieben sind. Zusätzlich haben wir den ersten Entwurf unseres Bar-Roboters mitgesendet.

3.8.1 Haupttext Sponsoringanfrage

Sehr geehrte Damen und Herren

Mein Name ist Andreas Gabriel, ich studiere Elektrotechnik HF an der TEKO Luzern und befinde mich mit meinem Mitstudenten Kevin Lorber im sechsten und letzten Semester. Im Rahmen unserer Diplomarbeit entwickeln wir einen Bar-Roboter, der automatisiert verschiedene Getränke mischen und ausschenken kann.

Ein erster Entwurf unseres Konzepts ist als Skizze im Anhang ersichtlich. Wie Sie sehen, handelt es sich um ein technisch wie auch gestalterisch anspruchsvolles Projekt, das verschiedene Komponenten wie Pumpen, Schläuche, Sensorik, Steuerungstechnik, Kühltechnik, Mechanik, Rahmenmaterial und vieles mehr umfasst.

Damit wir unsere Idee möglichst praxisnah umsetzen können, sind wir auf die Unterstützung von Fachfirmen wie Ihrer angewiesen. Wir wären Ihnen daher sehr dankbar, wenn Sie uns durch eine Materialspende oder das Zurverfügungstellen von Komponenten unterstützen könnten, die wir in den Bau unseres Bar-Roboters integrieren dürfen.

Eingefügter Teil gemäss unteren Kapiteln.

Die Abgabe unserer Diplomarbeit ist Anfang November 2025. Natürlich werden wir alle Unterstützer in unserer offiziellen Dokumentation sowie an der Präsentation entsprechend erwähnen. Falls möglich machen wir dies gerne auch mit Ihrem Firmenlogo.

Bei Fragen oder für genauere Informationen stehen wir jederzeit gerne zur Verfügung. Wir danken Ihnen im Voraus herzlich für jede Form der Unterstützung und würden uns sehr freuen, wenn Sie Teil unseres Projekts werden.

Mit freundlichen Grüssen

Andreas Gabriel und Kevin Lorber

3.8.1.1 Aldi

Konkret würden wir uns sehr über zwei KIBERNETIK Getränke Kühlschränke 48L mit der Artikelnummer 749248 freuen, die wir zur Kühlung unserer Getränke und Flüssigkeiten im Bar-Roboter einsetzen können. Auch Gebrauchtgeräte oder Modelle mit optischen Mängeln wären für uns absolut ausreichend. Wichtig ist lediglich die Funktionstüchtigkeit.

3.8.1.2 Brack / Mediamarkt

Konkret würden wir uns sehr über einen kleinen Kühlschrank ohne Eisfach freuen, den wir zur Kühlung unserer Getränke und Flüssigkeiten im Bar-Roboter einsetzen können. Ebenfalls wären wir sehr interessiert an einer Eiswürfelmaschine, die rund 15-20 Kilogramm Eiswürfel innerhalb von 24 Stunden produzieren kann. In beiden Fällen wären auch Gebrauchtgeräte oder Modelle mit optischen Mängeln für uns absolut ausreichend. Wichtig ist lediglich die Funktionstüchtigkeit.

3.8.1.3 CKW Gebäudetechnik

Konkret wünschen wir uns eine finanzielle Unterstützung oder Mithilfe bei der Kostenübernahme einzelner Elektrokomponenten. Da sowohl Kevin als auch ich seit über 10 Jahren bei Ihnen arbeiten, würden wir uns sehr über Ihre Unterstützung freuen, um unser Projekt erfolgreich umzusetzen. Ihre Hilfe würde uns sehr viel bedeuten.

3.8.1.4 Conforama / Fust / LIPO

Konkret würden wir uns sehr über einen kleinen Kühlschrank freuen, idealerweise ohne Eisfach, den wir zur Kühlung unserer Getränke und Flüssigkeiten im Bar-Roboter einsetzen können. Auch ein Gebrauchtgerät oder ein Modell mit optischen Mängeln wäre für uns absolut ausreichend. Wichtig ist lediglich die Funktionstüchtigkeit.

3.8.1.5 Conrad

Konkret würden wir uns sehr über eine Max Hauri 137369 Wandkabeltrommel freuen. Diese benötigen wir zur Einspeisung unseres gesamten Bar-Roboters und sie dient als Hauptzuleitung zwischen der festen Gebäudeinstallation und dem mobilen Bar-Roboter. Auch eine gebrauchte oder leicht beschädigte, aber funktionstüchtige Ausführung wäre für uns vollkommen ausreichend.

3.8.1.6 Elektromaterial

Konkret würden wir uns sehr über ein Apparategehäuse mit ungefähr den Massen 300*400mm freuen, um unsere selbst designte Steuerplatine und die restlichen Elektronikkomponenten sauber verstauen zu können. Auch ein Modell mit optischen Mängeln wäre für uns absolut ausreichend. Wichtig ist lediglich die Funktionstüchtigkeit der Verschlüsse.

3.8.1.7 Frankenspalter

Konkret würden wir uns sehr über zwei Kibernetik FSP Getränke Kühlschränke 48 Liter mit der Artikelnummer 105330 freuen, die wir zur Kühlung unserer Getränke und Flüssigkeiten im Bar-Roboter einsetzen können. Auch Gebrauchtgeräte oder Modelle mit optischen Mängeln wären für uns absolut ausreichend. Wichtig ist lediglich die Funktionstüchtigkeit.

3.8.1.8 Galaxus

Konkret würden wir uns sehr über den Relaxdays Barbutler freuen, um unsere alkoholischen Getränke gut dosieren zu können. Auch ein Gebrauchtgerät oder ein Modell mit optischen Mängeln wäre für uns absolut ausreichend. Wichtig ist lediglich die Funktionstüchtigkeit.

3.8.1.9 Gonser

Konkret würden wir uns sehr über eine Eiswürfelmaschine freuen, die etwa 20kg Eiswürfel innerhalb von 24 Stunden produzieren kann. Diese darf auch gerne eine Retourenware oder ein Gerät mit leichten optischen Mängeln sein. Wichtig ist lediglich die Funktionstüchtigkeit.

3.8.1.10 Hager / Legrand

Konkret würden wir uns sehr über ein Apparategehäuse mit ungefähr den Massen 300x400mm freuen, um unsere selbst designte Steuerplatine und die restlichen Elektronikkomponenten sauber verstauen zu können. Auch Modelle mit optischen Mängeln wären für uns absolut ausreichend. Wichtig ist lediglich die Funktionstüchtigkeit der Verschlüsse. Alternativ oder zusätzlich wären auch ein Schütz zur Ansteuerung oder ein Transformator für unsere Spannungsversorgung eine wertvolle Unterstützung.

3.8.1.11 Linde Gas

Konkret würden wir uns sehr über eine CO₂-Kartusche mit einem Inhalt von 10 Litern freuen, die wir für das Erzeugen eines leichten Überdrucks in unseren Süssgetränkebehältern benötigen. Dieser Überdruck sorgt dafür, die Süssgetränke durch die Schläuche in unser Glas zu befördern. Die hierfür anfallende Depotgebühr für die Gasflasche übernehmen wir selbstverständlich gerne.

3.8.2 Sponsoringkontrolle

Die Liste der Sponsoringanfragen wurde erstellt, um während des Prozesses den Überblick über alle angefragten Unternehmen und deren Rückmeldungen zu behalten. Sie half uns dabei, den Status jeder Anfrage klar zu verfolgen und gezielt nachzuhaken, wenn eine Rückmeldung ausblieb.

In der Tabelle waren wichtige Informationen wie das Versanddatum der Anfrage, der Eingang der Rückmeldung und die Zu- oder Absage übersichtlich festgehalten. Dadurch konnten wir strukturiert arbeiten und sicherstellen, dass keine Anfrage übersehen wurde.

Ein Beispiel dafür ist Linde Gas, die uns eine Zusage gegeben haben, während andere wie Brack oder Elektromaterial leider abgesagt haben. Allerdings blieb ein grosser Teil der Unternehmen auch nach einer Nachfrage ohne Rückmeldung, was den Prozess teilweise erschwerte. Insgesamt sorgte die Liste dennoch dafür, dass der gesamte Ablauf effizient und nachvollziehbar ablief.

Firma:	Anfrage versendet:	Rückmeldung erhalten:	Zusage / Absage:	Beitrag:
Conforama	24.05.2025		-	
Conrad	24.05.2025		-	
Fust	24.05.2025	14.06.2025	nein	
Gonser	24.05.2025	02.06.2025	nein	
Linde Gas	24.05.2025	07.06.2025	ja	CO ₂ -Flasche
LIPO	24.05.2025		-	
Elektromaterial	30.05.2025	03.06.2025	nein	
Galaxus	30.05.2025	02.06.2025	nein	
Brack	14.06.2025	20.06.2025	nein	
Hager	14.06.2025	16.06.2025	nein	
Mediamarkt	14.06.2025		-	
Legrand	17.06.2025		-	
CKW Gebäudetechnik AG	07.07.2025	14.07.2025	ja	200.-
Aldi	21.07.2025	21.07.2025	nein	
Frankenspalter	21.07.2025	31.07.2025	ja	Kühlschrank
Paul Gabriel	16.08.2025	17.08.2025	ja	300.-
Bernadette Gabriel / Stefan Gabriel	26.08.2025	26.08.2025	ja	200.-

Tabelle 2: Sponsoringkontrolle

3.8.3 Sponsoring

Wir freuen uns sehr über die Unterstützung, die wir von den in der Sponsoringtabelle aufgeführten Unternehmen und Privatpersonen erhalten haben. Das ist für uns keineswegs selbstverständlich, und wir wissen diese Beiträge, sei es materiell, finanziell oder in Form von Komponenten, ausserordentlich zu schätzen.

Ein besonderer Dank gilt unseren Zusagenden Linde Gas, Frankenspalter, Paul Gabriel, Bernadette Gabriel und Stefan Gabriel sowie unserem Arbeitgeber CKW Gebäudetechnik AG. Ihre Beiträge, von der CO₂-Flasche über den Kühlschrank bis hin zu den finanziellen Unterstützungen, hatten einen direkten und spürbaren Einfluss auf die erfolgreiche Umsetzung unseres Bar-Roboters. Ebenso danken wir allen angefragten Firmen für ihre Rückmeldungen, auch dort, wo es nicht zu einer Zusage gekommen ist.

Als Ausdruck unserer Wertschätzung stellen wir allen Sponsoren nach Abschluss gerne die vollständige Dokumentation zur Verfügung. Zudem werden wir die Unterstützenden sowohl in der Arbeit als auch auf unserem Bar-Roboter namentlich erwähnen und beschriften. Ohne diese Hilfe wäre das Projekt in dieser Qualität und innerhalb des vorgegebenen Budgets nicht möglich gewesen. Herzlichen Dank!

3.8.4 Sponsorentafel

Wir haben, wie oben erwähnt, eine Sponsorentafel erstellt, die alle Unterstützenden aufführt. Diese werden wir als Kleber ausführen lassen und gut sichtbar auf unserem Bar-Roboter anbringen, damit die Beiträge der Unternehmen und Privatpersonen jederzeit erkennbar sind. So zeigen wir unsere Wertschätzung direkt am fertigen Projekt.

Sponsoring:



Bernadette & Stefan Gabriel

Paul Gabriel

Abbildung 11: Sponsorentafel

3.9 Auftragsklärung

Im Verlauf unseres Vorprojekts haben wir immer wieder offene Fragen direkt mit unserem Betreuer Andreas Holzer geklärt. Diese laufende Abstimmung war wichtig, um Unsicherheiten frühzeitig auszuräumen und sicherzustellen, dass alle Anforderungen und Erwartungen erfüllt werden. Die letzten offenen Punkte konnten wir am 11.09.2025 im Rahmen der Unterzeichnung des Pflichtenhefts besprechen und abschliessen. Damit ist die Auftragsklärung für unser Projekt vollständig erfolgt und es sollten alle Unklarheiten vor dem Projektstart aus dem Weg geräumt sein.

3.9.1 Frageliste

1. Werden verschiedene Konzepte/Varianten benötigt oder reicht ein ausgearbeiteter Vorschlag?
Es wird gewünscht, dass die Ideenfindung bis zur definitiven Ausführung dokumentiert wird. Bewertete Varianten sind deshalb gern gesehen.
2. Gibt es Einschränkungen hinsichtlich der Materialien oder Technologien, welche verwendet werden dürfen?
Nein, am Schluss sollte ein funktionstüchtiger Roboter erstellt sein. Die Materialien sollten, wenn möglich, den Lebensmittelnormen entsprechen, je nach späterem Einsatzgebiet.
3. Gibt es bestimmte Anforderungen an den Umfang der schriftlichen Arbeit?
Die Dokumentation muss alle Inhalte des Leitfadens enthalten. Es soll ein roter Faden durch die Arbeit erkennbar sein.
4. Gibt es Meilensteingespräche und wenn ja, wie häufig werden diese durchgeführt?
Ja, diese Gespräche finden statt. Sie werden gemäss den Angaben aus dem Pflichtenheft durchgeführt.
5. Welche Unterstützung können wir bei technischen Fragen erwarten?
Die Möglichkeit, mich zu fragen, besteht immer. Ich bin jedoch vom 23.10. bis 31.10.2025 sowie jeweils freitags abwesend.
6. Wie viel Feedback dürfen wir während der Umsetzung einholen (zwischen den zwei offiziellen Vorzeigeterminen)? Gibt es eine Obergrenze oder bevorzugte Kanäle (E-Mail, Teams, vor Ort)?
So viel wie nötig, so wenig wie möglich. Am besten über WhatsApp schreiben.
7. Ist eine Analyse erforderlich? Wenn ja, in welchem Umfang?
Ja, eine Analyse ist erforderlich, sofern sie einen Mehrwert bietet. Grundsätzlich ist dies aber bei jeder Arbeit der Fall.
8. Wie wird die Zieldefinition genau festgelegt? Gibt es ein offizielles Pflichtenheft, das gemeinsam mit der betreuenden Person erarbeitet wird?
Es wird ein Lasten- und ein Pflichtenheft erstellt. Die Zielscheibe und der Projektvertrag sind im Pflichtenheft enthalten. Das Pflichtenheft wird von den Diplomanden und dem Betreuer unterzeichnet. Am Ende wird die Arbeit mit den Zielen aus dem Pflichtenheft verglichen.
9. Welche Anforderungen gelten an sicherheitsrelevante Aspekte (z. B. Strom, Flüssigkeiten, mechanische Bauteile)? Müssen bestimmte Normen oder Schutzkonzepte beachtet werden?
Es darf kein Risiko für die Endnutzer bestehen. Nach Möglichkeit sind die Komponenten lebensmitteltauglich auszuführen, je nach Einsatzgebiet.

10. Wie sollen Tests und Fehlerbehebungen dokumentiert werden? Gibt es konkrete Prüfprotokolle oder Testszenarien, welche die Schaltung bestehen muss?
Diese müssen von den Studenten selbst erstellt werden. Eine Checkliste für die Abnahmekontrolle ist zu erstellen und bei der Abgabe an den Kunden mitzugeben. Die Tests sollten in Gruppen unterteilt werden, z. B. Fahrwege, Flüssigkeitsspender etc. Es sollen auch Fehlerszenarien getestet werden, die im Betrieb auftreten können, wie z. B. leere Flaschen oder Getränke ohne Kohlensäure.
11. Welche Testmethoden stehen uns zur Verfügung? Gibt es eine bevorzugte Methode?
Siehe Punkt 9.
12. Wo muss die offene Punkteliste / Pendenzenliste abgelegt werden, damit von dir jederzeit darauf zugegriffen werden kann?
Diese ist im für euch erstellten Teams-Kanal abzulegen.
13. Gibt es noch ein genaueres Pflichtenheft oder wird der Auftrag aus dem Dokument «Leitfaden Semesterarbeit» entnommen?
Das Pflichtenheft ist von euch zu erstellen.
14. Wie detailliert muss der Terminplan (Soll/Ist) geführt werden? Reicht ein einfacher Gantt-Plan oder werden regelmässig aktualisierte Statusberichte erwartet?
Dies ist gemäss der Kommunikationsplanung und dem Pflichtenheft auszuführen. Der Plan muss nicht zu detailliert sein.
15. Müssen Statusberichte abgegeben werden und wenn ja, in welchen zeitlichen Abständen?
Dies ist gemäss der Kommunikationsplanung und dem Pflichtenheft auszuführen.
16. Wie konkret müssen wir den Fortschritt bei den Vorzeigeterminen nachweisen? Werden bestimmte Zwischenergebnisse vorausgesetzt?
Die Vorzeigetermine entsprechen den jeweiligen Meilensteinen aus dem Pflichtenheft. Die Arbeiten sind deshalb immer entsprechend den Meilensteinen fertigzustellen.
17. Welche Inhalte müssen zwingend in die Onlinepublikation aufgenommen werden? Gibt es gestalterische oder inhaltliche Vorgaben?
Gemäss den Richtlinien für die Diplomarbeit.
18. Wird an der Präsentation ein Handout gewünscht?
Die Arbeit muss mir als PDF zugesendet werden. Peter Lischer sollte gefragt werden, ob er zur Präsentation eine gebundene Arbeit wünscht.
19. Welche Präsentationsmethoden und Hilfsmittel sollen verwendet werden?
Normalerweise wird eine PowerPoint-Präsentation genutzt. Grundsätzlich müssen alle Themen abgedeckt werden, die im Vortrag enthalten sein müssen. Die Präsentationstechnik ist frei wählbar. Bei euch wäre eine Live-Demonstration des Bar-Roboters sicherlich sinnvoll.

3.10 Analyse der Ausgangslage

Bei der Analyse der Ausgangslage haben wir uns mit der aktuellen Situation rund um automatisierte Getränkesysteme befasst. Dabei haben wir geschaut, welche Lösungen es bereits gibt, welche Technologien für unseren Bar-Roboter in Frage kommen und wo mögliche Herausforderungen liegen könnten. Auch die Rahmenbedingungen und unsere Zielsetzung haben wir dabei genauer unter die Lupe genommen. Diese Analyse hilft uns, eine klare Richtung für das Projekt zu finden und die nächsten Schritte gezielt zu planen.

3.10.1 Problemfelder der Projektaufgabenstellung

Bei der Planung und Realisierung eines Projekts wie dem Bar-Roboter ergeben sich verschiedene Herausforderungen. Diese lassen sich in folgende zentrale Problemfelder gliedern:

2.4.1.1 Unklare Zieldefinition

Fehlende oder unterschiedlich interpretierte Projektziele führen zu Missverständnissen, Unklarheiten und einem uneinheitlichen Vorgehen. Dies kann den Projektfortschritt erheblich behindern und den Fokus auf wesentliche Aufgaben erschweren.

2.4.1.2 Ungenaue Aufgaben- und Rollenverteilung

Eine unklare Zuordnung von Aufgaben, Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten kann zu Überschneidungen, Ineffizienz und Verzögerungen führen. Klare Rollen sind wichtig für eine strukturierte Zusammenarbeit.

3.10.1.1 Begrenzte Ressourcen

Engpässe bei Zeit, Personal, Budget oder technischem Equipment wirken sich direkt auf die Projektrealisierung aus. Gerade bei Hardwareprojekten wie dem Bar-Roboter ist eine präzise Planung und Reservierung der benötigten Ressourcen unerlässlich.

3.10.1.2 Unrealistische Zeitplanung

Ein zu knapp kalkulierter Zeitplan kann zu unnötigem Druck, Fehlern und Qualitätsverlust führen. Pufferzeiten für Testphasen, Beschaffungsprobleme oder technische Schwierigkeiten müssen frühzeitig eingeplant werden.

3.10.1.3 Unzureichende Kommunikation

Unregelmässiger oder ineffektiver Informationsaustausch führt zu Verzögerungen, Fehlentscheidungen und Frustration im Team. Ein abgestimmter Kommunikationsplan, etwa über regelmässige Meetings und zentrale Projekttools, ist erforderlich.

3.10.1.4 Fehlende Erfolgskriterien

Ohne klare, messbare Erfolgskriterien z. B. Anzahl funktionierender Rezepte und Zuverlässigkeit der Flüssigkeitsförderung bleibt die Bewertung des Projektfortschritts subjektiv. Dies erschwert die Steuerung und Motivation im Projektverlauf.

3.10.1.5 Interner Widerstand oder Desinteresse

Fehlendes Engagement einzelner Teammitglieder oder Widerstand gegen bestimmte Entscheidungen kann den Projektfortschritt bremsen. Frühzeitige Einbindung und transparente Kommunikation helfen, solche Probleme zu vermeiden.

3.10.1.6 Unklare Prioritätensetzung

Wenn nicht klar definiert ist, welche Aufgaben Vorrang haben z. B. funktionaler Prototyp vs. Design, besteht die Gefahr, dass Ressourcen ineffizient eingesetzt werden. Ein priorisierter Umsetzungsplan schafft hier Klarheit.

3.10.1.7 Technologische Unsicherheiten

Die Arbeit mit unbekanntem oder wenig genutzten Tools, wie z. B. KiCAD zur Schemaerstellung, birgt das Risiko unerwarteter Schwierigkeiten. Fehlende Erfahrung kann zu Verzögerungen führen, insbesondere wenn die Einarbeitung unterschätzt wird. Eine strukturierte Testphase ist hier essenziell.

3.10.2 Anspruchs- / Interessensgruppen

Bei der Entwicklung des Bar-Roboters ist es entscheidend, die Ansprüche und Interessen der verschiedenen Anspruchs- und Interessensgruppen zu berücksichtigen. Diese lassen sich in folgende Kategorien unterteilen:

3.10.2.1 Projektteam

Das Projektteam steht im Zentrum der Umsetzung. Es erwartet eine klare Aufgabenverteilung, verlässliche Kommunikation sowie realistische Zielvorgaben. Motivation und Engagement hängen stark von einem funktionierenden Miteinander und gegenseitiger Unterstützung ab.

3.10.2.2 Betreuende Dozierende

Lehrpersonen und Experten dienen als Begleiter und Kontrolleure des Projektfortschritts. Sie erwarten eine regelmässige, transparente Berichterstattung, die Einhaltung technischer und methodischer Standards sowie eine nachvollziehbare Dokumentation aller Entscheidungen.

3.10.2.3 Auftraggeber

Der Auftraggeber erwartet ein funktionierendes, innovatives Endprodukt im definierten Zeit- und Budgetrahmen. Funktionalität, Zuverlässigkeit und gegebenenfalls ein vorzeigbares Design stehen im Fokus. Änderungen in den Anforderungen müssen frühzeitig kommuniziert werden.

3.10.2.4 Endnutzer

Als Zielgruppe sollen potenzielle Nutzer den Bar-Roboter intuitiv, sicher und mit einem gewissen Erlebnisfaktor bedienen können. Erwartungen sind einfache Bedienbarkeit, Zuverlässigkeit und eine ansprechende Präsentation.

3.10.2.5 Unterstützer und Sponsoren

Diese Gruppen stellen Ressourcen oder Know-how zur Verfügung. Ihre Motivation hängt häufig von klaren Absprachen, Termintreue und gegenseitiger Wertschätzung ab. Unkoordiniertes Vorgehen kann hier schnell zu Zeitverlusten führen.

3.10.2.6 Öffentlichkeit

Da der Bar-Roboter potenziell öffentlich präsentiert wird, beeinflusst er auch das Image der Ausbildungsstätte. Aspekte wie Sicherheit, Innovationsgrad und Präsentationsqualität spielen eine wichtige Rolle für die Aussenwirkung.

3.10.3 Bereits ähnliche Projekte

Automatisierte Bar-Systeme wurden bereits in verschiedenen Hochschul- und Forschungsprojekten umgesetzt. Die nachfolgende Übersicht zeigt ausgewählte Beispiele aus der Schweiz und dem Ausland und dient als Orientierung und Inspiration für unser eigenes Projekt.

3.10.3.1 OST Ostschweizer Fachhochschule

Im Rahmen des Systemtechnik-Projekts entwickelten Mechatronik-Studierende der OST Roboter, die gemeinsam eine Aufgabe lösen mussten. In einer der letzten Durchführungen dieses Projekts präsentierten die Studierenden Roboter, die als Barkeeper fungierten.

3.10.3.2 Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Am Schweizer Digitaltag präsentierte die ZHAW eine Roboterbar als eines von fünf Projekten zum Thema künstliche Intelligenz. Die Veranstaltung fand in der neuen Eventlocation «Nüü» statt und demonstrierte den Einsatz von KI im Bereich der Getränkezubereitung.

3.10.3.3 ZHAW Nacht der Technik

Bereits 2014 entwickelten drei Systemtechnik-Absolventen der ZHAW im Rahmen ihrer Bachelorarbeit eine Roboterbar, die an der «Nacht der Technik» vorgestellt wurde. Die Bar wurde von Industrierobotern betrieben, die Bier, Softdrinks und Cocktails servierten.

3.10.3.4 Hochschule Offenburg

«O'Barro» ist ein studentisches Projekt der Hochschule Offenburg aus Deutschland, das einen vollautomatischen Bar-Roboter umfasst. Der Roboter kann verschiedene alkoholische und nicht-alkoholische Getränke mixen. Das Design kombiniert Elemente eines Irish Pubs mit einer Schwarzwaldstube und legt Wert auf Nachhaltigkeit und Präzision.

3.10.3.5 HTL Pinkafeld

Elektronik-Maturanten der HTL Pinkafeld in Österreich entwickelten im Rahmen ihrer Diplomarbeit eine vollautomatische Roboterbar. Das System wurde als typisches «Industrie 4.0»-Projekt realisiert und umfasst einen mobilen, autonomen Roboter, der Getränke zubereiten kann.

3.10.3.6 Twist & Tender

«Twist & Tender» ist die erste Roboterbar «Made in Austria». Der Roboter-Barkeeper mixt präzise jeden gewünschten Drink und nutzt dabei speziell entwickelte Bild- und Situationserkennung, um komplexe Tätigkeiten wie das Mixen von Drinks und das Schneiden von Obst auszuführen.

3.10.3.7 Hochschule Aalen

In Zusammenarbeit mit der Hochschule Aalen aus Deutschland und Spezialisten aus der Getränkebranche entwickelte die BAIER Engineering GmbH den «Schank-Robot». Dieser Roboter mixt Cocktails, zapft Getränke, serviert und kassiert. Die vollautomatische Schank- und Mix-Anlage kann bis zu 20 Gläser Bier pro Minute zapfen.

3.10.3.8 Bionic Bar

Die Bionic Bars auf den Schiffen von Royal Caribbean waren das erste Projekt, mit dem die Roboter von Makr Shkr an die Öffentlichkeit gingen. Mittlerweile gibt es auch einen mobilen Roboter-Mixer, der vor allem auf IT-relevanten Messen und Veranstaltungen eingesetzt wird. Dieser kann aus bis zu 173 Flaschen die richtige auswählen.

3.10.4 Ursachen für das Scheitern ähnlicher Projekte

Auch bei technisch ähnlichen Bar-Roboter-Projekten zeigen sich wiederkehrende Gründe für Verzögerungen, Abbrüche oder unbefriedigende Ergebnisse. Diese Ursachen lassen sich in mehrere Hauptbereiche einteilen:

3.10.4.1 Unterschätzter Integrationsaufwand

Die Verknüpfung von Mechanik, Elektronik und Software erfordert eine präzise Abstimmung. Häufig werden Schnittstellenprobleme oder die Komplexität der Gesamtsystemintegration zu spät erkannt.

3.10.4.2 Fehlendes Risikomanagement

Unvorhergesehene technische oder logistische Schwierigkeiten wie defekte Bauteile, verspätete Lieferungen oder fehlerhafte Softwaremodule sind in Entwicklungsprojekten keine Ausnahme. Fehlt ein vorausschauendes Risikomanagement, fehlen häufig auch Alternativen oder Puffer, um solche Probleme aufzufangen. Dies kann zu erheblichen Verzögerungen oder dem kompletten Stillstand des Projekts führen.

3.10.4.3 Mangelhafte Prototypentests

Wird zu wenig Zeit für Testläufe, Fehlersuche und Optimierung eingeplant, bleiben potenzielle Schwachstellen unentdeckt. Oft werden Prototypen nur kurz oder unvollständig getestet, was im späteren Betrieb zu Funktionsausfällen führt.

3.10.4.4 Überambitionierte Zielsetzungen

Ein häufiger Fehler besteht darin, zu viele Funktionen in einem begrenzten Zeitraum realisieren zu wollen. Dies führt zu überladener Planung und erhöhtem Druck im Team. Statt einen stabilen Grundbetrieb zu sichern, wird versucht, möglichst viele Features gleichzeitig zu implementieren, was oft zulasten der Zuverlässigkeit und Bedienbarkeit geht.

3.10.4.5 Ungenügende Teamkoordination

Ein Projekt steht und fällt mit der Kommunikation und Organisation im Team. Fehlende Abstimmungen, unklare Verantwortlichkeiten oder persönliche Konflikte können schnell zu Missverständnissen, Frust und ineffizientem Arbeiten führen. Besonders bei Projekten ist eine offene, regelmässige Kommunikation essenziell, um den Fortschritt zu sichern.

3.10.4.6 Schlechte Dokumentation

Unzureichende oder fehlende Dokumentation während der Entwicklungsphase führt dazu, dass Probleme schwer nachvollziehbar sind. Dies erschwert die Fehlersuche, Wartung und Weiterentwicklung erheblich.

3.10.4.7 Mangelnde Berücksichtigung von Kosten-Nutzen-Aspekten

Einige Projekte scheitern, weil der Kostenaufwand nicht im Verhältnis zum Nutzen steht. Wenn der Bar-Roboter zu teuer oder zu kompliziert ist, wird er vom Markt oder den Nutzern nicht akzeptiert.

3.10.4.8 Vernachlässigung von Sicherheitsaspekten

Einige Projekte scheitern daran, dass Sicherheitsanforderungen wie Hygienevorschriften, elektrische Sicherheit oder mechanische Stabilität nicht ausreichend berücksichtigt werden. Dies führt zu Problemen bei der Zulassung oder Nutzung.

3.10.5 Zukünftige Entwicklungen im Problemfeld

Die Frage, ob Bar-Roboter eine nachhaltige Zukunft haben, hängt von mehreren Faktoren ab. Während technologische Fortschritte und gesellschaftliche Trends Potenziale eröffnen, gibt es auch Herausforderungen, die ihre breite Akzeptanz und Verbreitung beeinflussen könnten:

3.10.5.1 Technologische Fortschritte als Treiber

Die kontinuierliche Entwicklung in den Bereichen Robotik, künstliche Intelligenz und Sensorik spricht für eine positive Zukunft von Bar-Robotern. Verbesserte Präzision, Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit könnten sie attraktiver machen und ihre Einsatzmöglichkeiten erweitern.

3.10.5.2 Wirtschaftliche Aspekte

Bar-Roboter könnten durch sinkende Produktionskosten und höhere Effizienz langfristig eine wirtschaftliche Alternative für Gastronomiebetriebe werden. Allerdings bleibt fraglich, ob die Investitionskosten für kleinere Betriebe tragbar sind.

3.10.5.3 Gesellschaftliche Akzeptanz

Die Akzeptanz von Bar-Robotern hängt stark von der Zielgruppe ab. Während technikaffine Menschen und jüngere Generationen sie als innovativ empfinden könnten, bevorzugen andere weiterhin die soziale Interaktion mit menschlichen Barkeepern.

3.10.5.4 Nachhaltigkeitsanforderungen

Die Zukunft von Bar-Robotern könnte positiv beeinflusst werden, wenn sie ressourcenschonend und energieeffizient gestaltet werden. Nachhaltigkeit ist ein wachsender Faktor für die Akzeptanz technologischer Lösungen.

3.10.5.5 Konkurrenz durch menschliche Barkeeper

Trotz technologischer Fortschritte bleibt die soziale Komponente ein entscheidender Vorteil menschlicher Barkeeper. Bar-Roboter könnten daher eher als Ergänzung dienen, welche gerade in hochfrequentierten oder spezialisierten Bereichen eingesetzt werden.

3.10.6 Elektrische Normen und Vorschriften

In der Schweiz unterliegen Elektronikprodukte und -installationen einer Vielzahl von Normen und gesetzlichen Vorgaben, um die Sicherheit, Qualität und Kompatibilität zu gewährleisten. Diese Regelwerke stammen von nationalen wie internationalen Organisationen und betreffen unterschiedliche Bereiche der Elektrotechnik und Elektronik.

3.10.6.1 Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV)

Die SNV ist die zentrale Instanz für Normungsfragen in der Schweiz. Sie vertritt nationale Interessen in internationalen Gremien und koordiniert die Entwicklung sowie Veröffentlichung von Normen in zahlreichen Fachbereichen.

3.10.6.2 Comité Électrotechnique Suisse (CES)

Das CES ist das nationale Fachgremium für elektrotechnische Normung. Es vertritt die Schweiz auf europäischer Ebene (CENELEC) und im internationalen Umfeld (IEC) und koordiniert die Ausarbeitung und Anpassung elektrotechnischer Normen auf nationaler Ebene.

3.10.6.3 Niederspannungs-Installations-Norm (NIN)

Die NIN (SN 411000) ist die wichtigste technische Vorschrift für Elektroinstallationen in der Schweiz. Sie regelt die Planung, Ausführung und Prüfung elektrischer Anlagen mit Bemessungsspannungen bis 1000VAC bzw. 1500VDC. Ihr Ziel ist der Schutz von Personen, Tieren und Sachwerten.

3.10.6.4 Internationale Normen

Neben den nationalen Vorgaben spielen auch internationale Normen eine bedeutende Rolle, insbesondere jene der IEC (International Electrotechnical Commission) und des CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization). Sie betreffen unter anderem Produktsicherheit, elektromagnetische Verträglichkeit und Umweltauflagen.

3.10.6.5 Gesetzliche Vorgaben

Zusätzlich zu den technischen Normen müssen elektronische Geräte und Anlagen den gesetzlichen Anforderungen entsprechen. Dazu zählen das Elektrizitätsgesetz (EleG), die Starkstromverordnung (StV), die Niederspannungs-Erzeugnisverordnung (NEV) sowie die Niederspannungs-Installationsverordnung (NIV). Diese Vorschriften definieren grundlegende Sicherheitsstandards und Prüfpflichten.

3.10.7 Normen und Vorschriften im hygienischen Bereich

Bar-Roboter, die mit Lebensmitteln und Getränken arbeiten, unterliegen strengen hygienischen Anforderungen, um die Sicherheit und Qualität der Produkte zu gewährleisten. Diese Vorschriften betreffen insbesondere die Lebensmittelechtheit der verwendeten Materialien sowie die Reinigung und Wartung der Systeme.

3.10.7.1 Lebensmittelrecht der Komponenten

Alle Materialien, die mit Lebensmitteln oder Getränken in Kontakt kommen, müssen lebensmittelecht sein. In der EU regelt dies die Verordnung (EG) Nr. 1935/2004, die sicherstellt, dass keine schädlichen Stoffe auf Lebensmittel übergehen. In der Schweiz gelten ähnliche Vorgaben, die durch die Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV) und die Verordnung über Bedarfsgegenstände (VBV) ergänzt werden. Zulässige Werkstoffe sind z.B. Edelstahl, lebensmittelechte Kunststoffe und Silikone mit entsprechender Konformitätserklärung.

3.10.7.2 Reinigung und Desinfektion

Bar-Roboter müssen so konstruiert sein, dass sie leicht gereinigt und desinfiziert werden können. Dies betrifft insbesondere Komponenten wie Schläuche, Ventile und Pumpen, die direkt mit Getränken in Berührung kommen. Internationale Standards wie die ISO 22000 für Lebensmittelsicherheitsmanagement können hier als Leitlinie dienen. Die Reinigung muss dokumentiert und nachvollziehbar sein, um hygienische Standards dauerhaft sicherzustellen.

3.10.7.3 Vermeidung von Kreuzkontamination

Die Konstruktion des Bar-Roboters muss sicherstellen, dass keine Kreuzkontamination zwischen verschiedenen Getränken oder Zutaten stattfindet. Dies erfordert klare Trennungen in den Leitungssystemen und gegebenenfalls automatische Spülvorgänge zwischen den Zubereitungen.

3.10.7.4 Einsatzumfeld und behördliche Kontrolle

Soll der Bar-Roboter öffentlich oder im Gastronomiebereich eingesetzt werden, müssen zusätzlich örtliche Vorgaben des Lebensmittelinspektorats beachtet werden. Diese betreffen etwa Aufstellbedingungen, Zugänglichkeit zur Reinigung, Schutz vor Fremdkörpern und die Rückverfolgbarkeit von Materialien und Reinigungsprozessen.

3.10.7.5 Gesetzliche Vorgaben

Neben den Normen müssen Bar-Roboter auch gesetzlichen Anforderungen entsprechen. In der Schweiz regelt das Lebensmittelgesetz (LMG) die Sicherheit und Hygiene von Geräten, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen.

3.10.8 Fazit

Die Analyse hat verdeutlicht, dass unser Projekt rund um den Bar-Roboter sowohl spannende Möglichkeiten als auch anspruchsvolle Herausforderungen bietet. Wir haben wertvolle Einblicke gewonnen, welche Probleme bei ähnlichen Projekten aufgetreten sind, welche Anforderungen uns erwarten und welche Aspekte wie Technik, Hygiene oder die Erfüllung der Erwartungen von Nutzern und Betreuenden besondere Aufmerksamkeit erfordern.

Gleichzeitig erkennen wir ein grosses Potenzial. Mit einer sorgfältigen Planung, klar definierten Zielen und einem gezielten Einsatz der richtigen Technologien können wir ein funktionales und überzeugendes System realisieren. Die Analyse liefert uns eine klare Orientierung und bildet die Grundlage, um die nächsten Schritte strukturiert und gut vorbereitet in Angriff zu nehmen.

3.11 Lastenheft

Lastenheft Diplomarbeit Bar-Roboter

TEKO Schweizerische
Fachschule

Diplomarbeit 2025

Lastenheft Bar-Roboter

Andreas Gabriel und Kevin Lorber

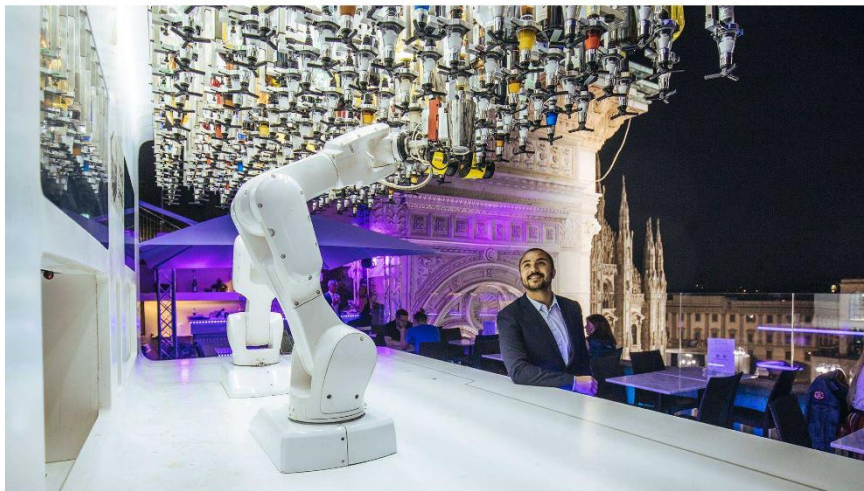


Abbildung 1: Bar-Roboter
<https://www.kuka.com/de-at/branchen/loesungsdatenbank/2019/11/makr-shakr-roboter-barkeeper>

Projektteam:	Andreas Gabriel und Kevin Lorber
Lehrgang:	Elektrotechniker HF
Auftraggeber:	TEKO Luzern
Höhere Fachschule:	TEKO Luzern
Ort, Datum:	Luzern, 06.09.2025
Version:	V01.01

Dokumentversionen

Versionsnr.:	Datum:	Autor:	Bemerkung
V01.00	30.08.2025	Gala / Lork	Startversion
V01.01	06.09.2025	Gala / Lork	Angepasst gem. Besp. 04.09.2025

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung5

1.1 Allgemeines.....5

1.1.1 Ziel und Zweck dieses Dokuments5

1.1.2 Projektbezug.....5

1.1.3 Abkürzungen.....5

1.1.4 Ablage und Gültigkeit.....5

1.2 Verteiler und Freigabe.....5

1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft5

1.3 Termine und Meeting-Protokolle6

1.3.1 Termine / Daten6

1.3.2 Meilensteine.....6

1.3.3 Meeting-Protokolle.....6

1.3.4 Projektstatusberichte6

2 Konzept und Rahmenbedingungen.....7

2.1 Benutzer / Zielgruppe7

2.2 Ziele des Anbieters.....7

2.3 Ziele und Nutzen des Anwenders7

2.4 Systemvoraussetzungen7

2.5 Ressourcen8

3 Anforderungsbeschreibung.....9

3.1 Anforderung Getränkeausgabe9

3.1.1 Beschreibung.....9

3.1.2 Vorgaben9

3.1.3 Schätzung des Aufwands9

3.2 Anforderung Hygiene und Sicherheit.....10

3.2.1 Beschreibung.....10

3.2.2 Vorgaben10

3.2.3 Schätzung des Aufwands10

3.3 Anforderung Bedienung11

3.3.1 Beschreibung.....11

3.3.2 Vorgaben11

3.3.3 Schätzung des Aufwands11

Lastenheft Diplomarbeit Bar-Roboter

3.4	Anforderung Aufbau	12
3.4.1	Beschreibung.....	12
3.4.2	Vorgaben	12
3.4.3	Schätzung des Aufwands	12
3.5	Anforderung Dokumentation	13
3.5.1	Beschreibung.....	13
3.5.2	Vorgaben	13
3.5.3	Schätzung des Aufwands	13
4	Genehmigung.....	14

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

1.1.1 Ziel und Zweck dieses Dokuments

Dieses Lastenheft beschreibt die Anforderungen und Rahmenbedingungen für die Entwicklung eines automatisierten Bar-Roboters (Baromat), welcher im Rahmen der Diplomarbeit an der TEKO Luzern realisiert wird. Ziel dieses Dokumentes ist es, eine klare und nachvollziehbare Basis für die weitere Planung und Umsetzung unseres Projekts zu realisieren.

1.1.2 Projektbezug

Das Projekt ist Teil der Diplomarbeit im Lehrgang Elektrotechniker HF und dient als Nachweis der erworbenen fachlichen und organisatorischen Kompetenzen.

1.1.3 Abkürzungen

- HF: Höhere Fachschule
- TEKO: Höhere Fachschule für Technik

1.1.4 Ablage und Gültigkeit

- Ablage: Digital auf dem Projektlaufwerk im Microsoft Teams, Backup auf einer externen Festplatte / Computer
- Gültigkeit: Bis Abschluss und Abgabe der Diplomarbeit am 10. November 2025

1.2 Verteiler und Freigabe

1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft

Rolle:	Name:	Telefon:	E-Mail:
Projektleiter	Andreas Gabriel		andreas.gabriel@edu.teko.ch
Projektleiter	Kevin Lorber		kevin.lorber@edu.teko.ch
Betreuer	Andreas Holzer		andreas.holzer@edu.teko.ch
Experte	Peter Lischer		peter.lischer@edu.teko.ch

1.3 Termine und Meeting-Protokolle

1.3.1 Termine / Daten

- **Orientierung Diplomarbeit:** KW 18/19, 2025 durch Abteilungsvorstand
- **Themenabgabe:** Montag, 16. Juni 2025, 16.00 Uhr
- **Start Diplomarbeit:** Montag, 15. September 2025
- **Abgabe Diplomarbeit:** Montag, 10. November 2025, 16.00 Uhr
- **Upload Onlinepublikation:** 7 Tage vor Präsentation
- **Präsentationen:** KW 48/49 2025
- **Diplomfeier:** Freitag, 12. Dezember 2025, 19.00 Uhr

1.3.2 Meilensteine

Meilensteine werden nach jedem grösseren Arbeitsschritt gemeinsam mit dem betreuenden Dozenten durchgeführt und dokumentiert. Dabei werden die erreichten Zwischenergebnisse präsentiert, offene Punkte besprochen und das weitere Vorgehen abgestimmt. Dies stellt sicher, dass das Projekt kontinuierlich überwacht und die Zielerreichung laufend überprüft wird.

1.3.3 Meeting-Protokolle

Pro Meeting wird ein Protokoll erstellt, das der Betreuungsperson sowie allen anwesenden Personen zur Kontrolle zugesandt oder in der Ordnerstruktur in Microsoft Teams abgelegt wird. Die Protokolle dienen der Nachverfolgung von Entscheidungen, Aufgaben und offenen Punkten und werden während der gesamten Projektdauer archiviert. So ist sichergestellt, dass der Projektverlauf jederzeit nachvollziehbar bleibt und alle Beteiligten auf dem aktuellen Stand sind.

1.3.4 Projektstatusberichte

Der Projektstatusbericht wird einmal wöchentlich, jeweils am Sonntagabend bis spätestens 23:00 Uhr, an die Betreuungsperson zugesendet oder in der Ordnerstruktur in Microsoft Teams abgelegt. So ist sichergestellt, dass alle Beteiligten stets zeitnah informiert sind und der Projektfortschritt lückenlos dokumentiert wird.

2 Konzept und Rahmenbedingungen

2.1 Benutzer / Zielgruppe

Die Zielgruppe sind Personen, die an privaten Events wie Hochzeiten im Familien- oder Freundeskreis, kleineren Familienfeiern oder Geburtstagsfeiern teilnehmen und dabei Getränke automatisiert beziehen möchten. Dazu zählen sowohl Gastgeberinnen und Gastgeber, die ihren Gästen ein besonderes Erlebnis bieten wollen, als auch Gäste, die Wert auf Komfort, Schnelligkeit und eine unkomplizierte Getränkeauswahl legen.

2.2 Ziele des Anbieters

- Entwicklung eines innovativen, zuverlässigen und sicheren Bar-Roboters im Rahmen der Diplomarbeit.
- Nachweis der Fähigkeit, komplexe technische Projekte eigenständig und praxisorientiert zu planen, zu entwickeln und erfolgreich umzusetzen.
- Anwendung und Vertiefung der im Studium erworbenen Fachkenntnisse in den Bereichen Elektrotechnik, Automatisierung und Projektmanagement.
- Dokumentation des gesamten Entwicklungsprozesses zur Sicherstellung der Nachvollziehbarkeit und als Referenz für zukünftige Projekte.

2.3 Ziele und Nutzen des Anwenders

- Schnelle, hygienische und individuelle Getränkeausgabe für verschiedene Geschmäcker und Anforderungen
- Hoher Bedienkomfort durch eine intuitive Benutzeroberfläche
- Zuverlässiger Betrieb mit minimalen Ausfallzeiten
- Einfache Reinigung und Wartung des Systems
- Steigerung des Event-Erlebnisses durch innovative Technik

2.4 Systemvoraussetzungen

- Netzanschluss 230 V AC
- Standfläche von ca. 1 m² erforderlich
- Zugang zu einem Fahrstuhl mit einer Mindestlänge von 1,8 m
- Ebener und tragfähiger Untergrund am Aufstellort
- Transportmöglichkeit für das System mit Mindestabmessungen von 1600 × 1500 × 700 mm

2.5 Ressourcen

- Budget: maximal 3'000 CHF
- Zeitrahmen: Abschluss der Diplomarbeit bis spätestens 10. November 2025
- Verfügbarkeit aller benötigten Komponenten bis spätestens Mitte Oktober 2025
- Zugang zu einer gut eingerichteten Werkstatt für Montage, Tests und Anpassungen
- Sicherstellung von technischem und fachlichem Know-how im Projektteam, insbesondere in den Bereichen Elektrotechnik, Mechanik, Programmierung und Projektmanagement
- Unterstützung durch externe Fachpersonen oder Lieferanten bei spezifischen Fragestellungen (z. B. Hygiene, Normen, Spezialkomponenten)

3 Anforderungsbeschreibung

3.1 Anforderung Getränkeausgabe

Nr. / ID:	01	Thema:	Automatisierte Getränkeausgabe		
Quelle:	Projektauftrag Kunde	Verweise:	Pflichtenheft	Priorität:	Hoch

3.1.1 Beschreibung

Der Baromat soll in der Lage sein, verschiedene Getränke, sowohl alkoholische als auch nicht alkoholische, automatisiert zu mischen und auszugeben. Die Auswahl der gewünschten Getränke sowie die Menge erfolgt über ein benutzerfreundliches Bedienoberfläche. Die einzelnen Zutaten werden automatisch und präzise dosiert und in ein Glas gefüllt. Die Ausgabe erfolgt hygienisch und ohne Tropfen.

3.1.2 Vorgaben

Optimales Zusammenspiel zwischen Pumpen, Sensorik, Steuerung und Kühlung ist erforderlich, um einen reibungslosen und zuverlässigen Betrieb des Baromaten sicherzustellen. Die einzelnen Komponenten müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass die Dosierung der Getränke exakt erfolgt, die Temperatur konstant gehalten wird und der gesamte Prozess überwacht werden kann.

3.1.3 Schätzung des Aufwands

Ca. 120 Stunden Entwicklungs- und Bauzeit

3.2 Anforderung Hygiene und Sicherheit

Nr. / ID:	02	Thema:	Hygiene und Sicherheit		
Quelle:	Normen	Verweise:	Pflichtenheft	Priorität:	Hoch

3.2.1 Beschreibung

Alle Komponenten, die mit Getränken in Kontakt kommen, müssen lebensmittelecht, korrosionsbeständig und leicht zu reinigen sein. Die Konstruktion soll so gestaltet werden, dass keine Rückstände oder Toträume entstehen, in denen sich Verunreinigungen ablagern können. Elektrische Sicherheit ist durch geeignete Schutzmassnahmen wie Not-Aus, Schutzleiter, Absicherungen und Berührungsschutz zu gewährleisten.

3.2.2 Vorgaben

Schnittstellen zwischen Mechanik und Elektrik sowie die Planung und Dokumentation von Reinigungszyklen sind besonders zu beachten. Die Übergänge zwischen den Systemen müssen so gestaltet sein, dass Wartungs- und Reinigungsarbeiten einfach und sicher durchgeführt werden können. Alle elektrischen Komponenten im Bereich der Flüssigkeitsführung müssen gegen Feuchtigkeit geschützt und entsprechend abgedichtet sein.

3.2.3 Schätzung des Aufwands

Ca. 40 Stunden Planung und Umsetzung

3.3 Anforderung Bedienung

Nr. / ID:	03	Thema:	Benutzerfreundliche Bedienung		
Quelle:	Projektauftrag / Erfahrung	Verweise:	Pflichtenheft	Priorität:	Hoch

3.3.1 Beschreibung

Die Bedienoberfläche, sei es ein Touchdisplay oder ein Tastenfeld, muss intuitiv und selbst-erklärend gestaltet sein. Fehlermeldungen und Statusanzeigen müssen klar verständlich und gut sichtbar dargestellt werden, damit der Benutzer jederzeit über den aktuellen Betriebszustand informiert ist. Zusätzlich soll die Benutzerführung logisch aufgebaut sein, um eine breite Nutzergruppe anzusprechen.

3.3.2 Vorgaben

Eine enge Zusammenarbeit zwischen Steuerung, Sensorik und Ausgabeeinheit ist erforderlich, um einen reibungslosen und sicheren Betrieb des Baromaten zu gewährleisten. Die Steuerung muss die Signale der Sensorik zuverlässig auswerten und die entsprechenden Ausgabemechanismen präzise ansteuern. Alle Komponenten sollen so aufeinander abgestimmt sein, dass die Getränkeausgabe exakt erfolgt, Fehlfunktionen frühzeitig erkannt und dem Benutzer klar angezeigt werden. Bei Störungen muss das System geeignete Gegenmassnahmen einleiten, wie zum Beispiel das Stoppen des Betriebs oder das Ausgeben einer Warnmeldung.

3.3.3 Schätzung des Aufwands

Ca. 60 Stunden für die Implementierung

3.4 Anforderung Aufbau

Nr. / ID:	04	Thema:	Modularer Aufbau		
Quelle:	Projektteam	Verweise:	Pflichtenheft	Priorität:	Mittel

3.4.1 Beschreibung

Das System soll so konstruiert werden, dass einzelne Baugruppen, wie zum Beispiel Pumpen, Steuerung oder Kühlung, leicht ausgetauscht, gewartet oder erweitert werden können. Eine modulare Bauweise erleichtert die Wartung, Reparatur und spätere Erweiterungen oder Anpassungen an neue Anforderungen. Schnittstellen und Verbindungen zwischen den Modulen sollen standardisiert und klar dokumentiert sein, damit auch ein Austausch durch technisch versierte Dritte problemlos möglich ist.

3.4.2 Vorgaben

Die mechanische Konstruktion, die Verdrahtung und das Gehäuse müssen so gestaltet sein, dass sie eine einfache Montage, Demontage und Wartung der einzelnen Baugruppen ermöglichen. Alle Komponenten sollen gut zugänglich und eindeutig gekennzeichnet sein, um Fehler bei der Installation oder beim Austausch zu vermeiden. Das Gehäuse muss ausreichend Platz für alle Baugruppen bieten und gleichzeitig Schutz vor äusseren Einflüssen wie Staub, Feuchtigkeit und mechanischer Beschädigung gewährleisten. Die Verdrahtung ist übersichtlich zu verlegen.

3.4.3 Schätzung des Aufwands

Ca. 20 Stunden für Planung und Umsetzung

3.5 Anforderung Dokumentation

Nr. / ID:	05	Thema:	Dokumentation		
Quelle:	Projektteam	Verweise:	Pflichtenheft	Priorität:	Mittel

3.5.1 Beschreibung

Alle Entwicklungsschritte, Schaltpläne, Stücklisten, Software und die Bedienungsanleitung müssen sauber dokumentiert und nachvollziehbar abgelegt werden. Die Dokumentation muss den Anforderungen der TEKO Luzern entsprechen und so gestaltet sein, dass sie eine lückenlose Nachvollziehbarkeit des gesamten Entwicklungsprozesses ermöglicht. Änderungen und Versionen sind eindeutig zu kennzeichnen. Die Unterlagen sind zentral und strukturiert abzulegen, sodass sie für alle Projektbeteiligten jederzeit zugänglich sind.

3.5.2 Vorgaben

Effizientes Projektmanagement ist erforderlich, um einen reibungslosen Ablauf und die fristgerechte Fertigstellung des Projekts sicherzustellen. Der Abgabetermin muss während des gesamten Projektverlaufs im Blick behalten werden. Dazu gehören die laufende Planung, Überwachung und Steuerung von Aufgaben, Terminen, Ressourcen und Risiken. Regelmässige Statusmeetings, Protokolle und eine transparente Kommunikation zwischen allen Beteiligten tragen dazu bei, Verzögerungen frühzeitig zu erkennen und geeignete Gegenmassnahmen einzuleiten. Die Einhaltung des Abgabetermins ist für den erfolgreichen Abschluss der Diplomarbeit entscheidend.

3.5.3 Schätzung des Aufwands

Ca. 80 Stunden für laufende Dokumentation

4 Genehmigung

Die Genehmigung des Lastenhefts erfolgt nach Abschluss der Startbesprechung durch die Projektleitung und den Betreuer.

Datum:	Samstag, 06.09.2025
Unterschrift Projektleiter Andreas Gabriel:	
Unterschrift Projektleiter Kevin Lorber:	
Unterschrift Betreuer Andreas Holzer:	

Abbildung 12: Lastenheft

3.12 Pflichtenheft mit Projektvertrag

Pflichtenheft Diplomarbeit Bar-Roboter

TEKO Schweizerische
Fachschule

Diplomarbeit 2025

Pflichtenheft Bar-Roboter

Andreas Gabriel und Kevin Lorber



Abbildung 1: Bar-Roboter
<https://www.kuka.com/de-at/branchen/loesungsdatenbank/2019/11/makr-shakr-roboter-barkeeper>

Projektteam:	Andreas Gabriel und Kevin Lorber
Lehrgang:	Elektrotechniker HF
Auftraggeber:	TEKO Luzern
Höhere Fachschule:	TEKO Luzern
Ort, Datum:	Luzern, 06.09.2025
Version:	V01.01

Dokumentversionen

Versionsnr.:	Datum:	Autor:	Bemerkung
V01.00	30.08.2025	Gala / Lork	Startversion
V01.01	06.09.2025	Gala / Lork	Angepasst gem. Besp. 04.09.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Allgemeines.....	5
1.1.1	Ziel und Zweck dieses Dokuments	5
1.1.2	Bezug zum Lastenheft	5
1.1.3	Ablage und Gültigkeit.....	5
1.2	Verteiler und Freigabe.....	5
1.2.1	Verteiler für dieses Lastenheft	5
1.3	Termine und Qualitätssicherung	6
1.3.1	Termine / Daten	6
1.3.2	Meilensteine.....	6
1.3.3	Meeting-Protokolle.....	6
1.3.4	Projektstatusberichte	6
1.3.5	Endabnahme	7
1.3.6	Präsentation Diplomarbeit	7
2	Konzept und Rahmenbedingungen aus Lastenheft	8
2.1	Benutzer / Zielgruppe.....	8
2.2	Ziele des Anbieters.....	8
2.3	Ziele und Nutzen des Anwenders	8
2.4	Systemvoraussetzungen	8
2.5	Ressourcen	9
2.6	Blockschaltbild Konzept	10
3	Umsetzung der Anforderungen aus Lastenheft.....	11
3.1	Anforderung Getränkeausgabe	11
3.1.1	Anforderung aus Lastenheft	11
3.1.2	Umsetzung	11
3.1.3	Risiken.....	12
3.1.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen.....	12
3.1.5	Schätzung des Aufwands	12
3.2	Anforderung Hygiene und Sicherheit.....	13
3.2.1	Anforderung aus Lastenheft	13
3.2.2	Umsetzung	13
3.2.3	Risiken.....	13

Pflichtenheft Diplomarbeit Bar-Roboter

3.2.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen.....	14
3.2.5	Schätzung des Aufwands	14
3.3	Anforderung Bedienung	15
3.3.1	Anforderung aus Lastenheft	15
3.3.2	Umsetzung	15
3.3.3	Risiken.....	15
3.3.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen.....	16
3.3.5	Schätzung des Aufwands	16
3.4	Anforderung Aufbau	17
3.4.1	Anforderung aus Lastenheft	17
3.4.2	Umsetzung	17
3.4.3	Risiken.....	17
3.4.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen.....	18
3.4.5	Schätzung des Aufwands	18
3.5	Anforderung Dokumentation	19
3.5.1	Anforderung aus Lastenheft	19
3.5.2	Umsetzung	19
3.5.3	Risiken.....	20
3.5.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen.....	20
3.5.5	Schätzung des Aufwands	20
4	Projektvertrag	21
4.1.1	Zielscheibe	25
5	Genehmigung.....	26

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

1.1.1 Ziel und Zweck dieses Dokuments

Dieses Pflichtenheft beschreibt die konkrete Umsetzung der im Lastenheft festgelegten Anforderungen für die Entwicklung des automatisierten Bar-Roboters (Baromat). Es dient als verbindliche Grundlage für die Planung, Realisierung und Prüfung des Projekts.

1.1.2 Bezug zum Lastenheft

Das vorliegende Dokument bezieht sich auf das Lastenheft vom 06.09.2025 für die Diplomarbeit Bar-Roboter, Version V01.01.

1.1.3 Ablage und Gültigkeit

- Ablage: Digital auf dem Projektlaufwerk im Microsoft Teams, Backup auf einer externen Festplatte / Computer
- Gültigkeit: Bis Abschluss und Abgabe der Diplomarbeit am 10. November 2025

1.2 Verteiler und Freigabe

1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft

Rolle:	Name:	Telefon:	E-Mail:
Projektleiter	Andreas Gabriel		andreas.gabriel@edu.teko.ch
Projektleiter	Kevin Lorber		kevin.lorber@edu.teko.ch
Betreuer	Andreas Holzer		andreas.holzer@edu.teko.ch
Experte	Peter Lischer		peter.lischer@edu.teko.ch

1.3 Termine und Qualitätssicherung

1.3.1 Termine / Daten

- **Orientierung Diplomarbeit:** KW 18/19, 2025 durch Abteilungsvorstand
- **Themenabgabe:** Montag, 16. Juni 2025, 16.00 Uhr
- **Start Diplomarbeit:** Montag, 15. September 2025
- **Abgabe Diplomarbeit:** Montag, 10. November 2025, 16.00 Uhr
- **Upload Onlinepublikation:** 7 Tage vor Präsentation
- **Präsentationen:** KW 48/49 2025
- **Diplomfeier:** Freitag, 12. Dezember 2025, 19.00 Uhr

1.3.2 Meilensteine

Meilensteine werden nach jedem grösseren Arbeitsschritt gemeinsam mit dem betreuenden Dozenten durchgeführt und dokumentiert. Dabei werden die erreichten Zwischenergebnisse präsentiert, offene Punkte besprochen und das weitere Vorgehen abgestimmt. Dies stellt sicher, dass das Projekt kontinuierlich überwacht und die Zielerreichung laufend überprüft wird. Folgende Meilensteine werden mit dem Auftraggeber besprochen:

- Projektinitialisierung
 - MS1: Pflichtenheft / Projektvertrag unterschrieben
- Projektplanung
 - MS2: Projektablaufplanung abgeschlossen
- Projektrealisierung
 - MS3: Schema Platine
 - MS4: Fertigstellung Aufbau Roboter
 - MS5: Fertigstellung Programmierung
- Projektabschluss
 - MS6: Abnahme inkl. Abnahmetests durch Kunden

1.3.3 Meeting-Protokolle

Pro Meeting wird ein Protokoll erstellt, das der Betreuungsperson sowie allen anwesenden Personen zur Kontrolle zugesandt oder in der Ordnerstruktur in Microsoft Teams abgelegt wird. Die Protokolle dienen der Nachverfolgung von Entscheidungen, Aufgaben und offenen Punkten und werden während der gesamten Projektdauer archiviert. So ist sichergestellt, dass der Projektverlauf jederzeit nachvollziehbar bleibt und alle Beteiligten auf dem aktuellen Stand sind.

1.3.4 Projektstatusberichte

Der Projektstatusbericht wird einmal wöchentlich, jeweils am Sonntagabend bis spätestens 23:00 Uhr, an die Betreuungsperson zugesendet oder in der Ordnerstruktur in Microsoft

Pflichtenheft Diplomarbeit Bar-Roboter

Teams abgelegt. So ist sichergestellt, dass alle Beteiligten stets zeitnah informiert sind und der Projektfortschritt lückenlos dokumentiert wird. Ebenfalls ist damit das Risikomanagement gewährleistet.

1.3.5 Endabnahme

Die Endabnahme des Baromaten erfolgt zunächst durch das Projektteam anhand einer detaillierten Prüfliste, bei der alle definierten Anforderungen und Funktionen überprüft werden. Anschliessend wird der Baromat im Rahmen der Abschlusspräsentation von der Betreuungsperson und dem Experten begutachtet und beurteilt. Die finale Bewertung basiert auf der Funktionsfähigkeit, der Einhaltung der Anforderungen aus dem Lasten- und Pflichtenheft sowie auf der Qualität der Dokumentation und der Präsentation.

1.3.6 Präsentation Diplomarbeit

Die mündliche Präsentation inklusive Live-Demonstration des Bar-Roboters findet in den Räumlichkeiten der CKW Gebäudetechnik an der Täschmattstrasse 4 in Reussbühl statt. Dafür wird ein geeignetes Sitzungszimmer reserviert, das ausreichend Platz für den Bar-Roboter, den Betreuer und den Experten bietet. Diese Massnahme ist notwendig, da der Bar-Roboter nicht in den Lift des Schulgebäudes der TEKO Luzern passt und vor der Inbetriebnahme eine gewisse Vorbereitungszeit benötigt. Eine Präsentation in den Korridoren im Erdgeschoss ist daher nicht möglich.

2 Konzept und Rahmenbedingungen aus Lastenheft

2.1 Benutzer / Zielgruppe

Die Zielgruppe sind Personen, die an privaten Events wie Hochzeiten im Familien- oder Freundeskreis, kleineren Familienfeiern oder Geburtstagsfeiern teilnehmen und dabei Getränke automatisiert beziehen möchten. Dazu zählen sowohl Gastgeberinnen und Gastgeber, die ihren Gästen ein besonderes Erlebnis bieten wollen, als auch Gäste, die Wert auf Komfort, Schnelligkeit und eine unkomplizierte Getränkeauswahl legen.

2.2 Ziele des Anbieters

- Entwicklung eines innovativen, zuverlässigen und sicheren Bar-Roboters im Rahmen der Diplomarbeit.
- Nachweis der Fähigkeit, komplexe technische Projekte eigenständig und praxisorientiert zu planen, zu entwickeln und erfolgreich umzusetzen.
- Anwendung und Vertiefung der im Studium erworbenen Fachkenntnisse in den Bereichen Elektrotechnik, Automatisierung und Projektmanagement.
- Dokumentation des gesamten Entwicklungsprozesses zur Sicherstellung der Nachvollziehbarkeit und als Referenz für zukünftige Projekte.

2.3 Ziele und Nutzen des Anwenders

- Schnelle, hygienische und individuelle Getränkeausgabe für verschiedene Geschmäcker und Anforderungen
- Hoher Bedienkomfort durch eine intuitive Benutzeroberfläche
- Zuverlässiger Betrieb mit minimalen Ausfallzeiten
- Einfache Reinigung und Wartung des Systems
- Steigerung des Event-Erlebnisses durch innovative Technik

2.4 Systemvoraussetzungen

- Netzanschluss 230 V AC
- Standfläche von ca. 1 m² erforderlich
- Zugang zu einem Fahrstuhl mit einer Mindestlänge von 1,8 m
- Ebener und tragfähiger Untergrund am Aufstellort
- Transportmöglichkeit für das System mit Mindestabmessungen von 1600 × 1500 × 700 mm

2.5 Ressourcen

- Budget: Maximal 3'000 CHF, laufende Kostenkontrolle durch Führung einer Ausgabenliste.
- Zeitaufwand: 150 bis 250 Stunden pro Studenten
- Zeitrahmen: Abschluss der Diplomarbeit bis spätestens 10. November 2025
- Verfügbarkeit aller benötigten Komponenten bis spätestens Mitte Oktober 2025
- Nutzung einer gut ausgestatteten Werkstatt, Zugang zu Werkzeugen und Messgeräten.
- Sicherstellung von technischem und fachlichem Know-how im Projektteam, insbesondere in den Bereichen Elektrotechnik, Mechanik, Programmierung und Projektmanagement
- Unterstützung durch externe Fachpersonen oder Lieferanten bei spezifischen Fragestellungen (z. B. Hygiene, Normen, Spezialkomponenten)

2.6 Blockschaftbild Konzept

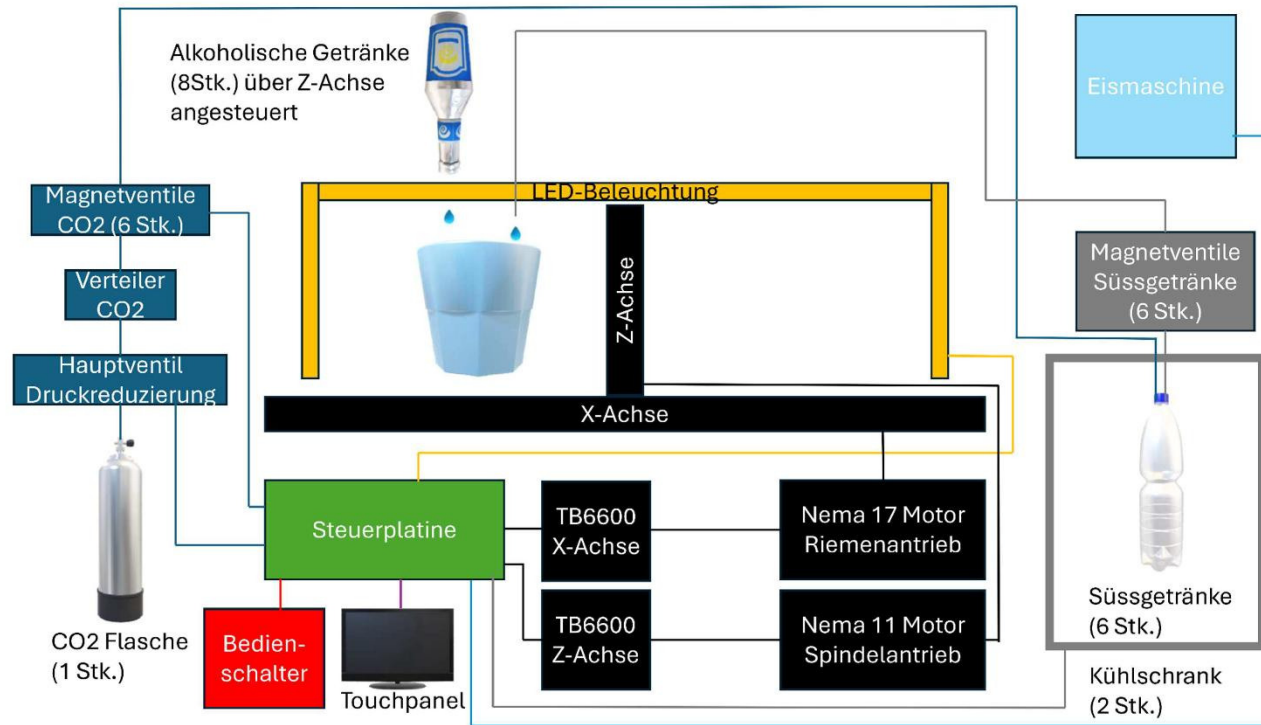


Abbildung 2: Blockschaftbild

3 Umsetzung der Anforderungen aus Lastenheft

3.1 Anforderung Getränkeausgabe

Nr. / ID:	01	Thema:	Automatisierte Getränkeausgabe		
Quelle:	Projektauftrag Kunde	Verweise:	Lastenheft	Priorität:	Hoch

3.1.1 Anforderung aus Lastenheft

Der Baromat soll in der Lage sein, verschiedene Getränke, sowohl alkoholische als auch nicht alkoholische, automatisiert zu mischen und auszugeben. Die Auswahl der gewünschten Getränke sowie die Menge erfolgt über ein benutzerfreundliches Bedienoberfläche. Die einzelnen Zutaten werden automatisch und präzise dosiert und in ein Glas gefüllt. Die Ausgabe erfolgt hygienisch und ohne Tropfen.

3.1.2 Umsetzung

Für alle Süssgetränk wird eine gemeinsame CO₂-Flasche verwendet, welche die verschiedenen Süssgetränkeflaschen einspeisen. Die Ansteuerung erfolgt pro Süssgetränk jeweils über zwei separate Magnetventile, eines im CO₂-Trakt und eines im Getränketrakt. Dadurch wird eine präzise und hygienische Getränkeausgabe ermöglicht. Die Steuerung der Ventile übernimmt ein zentrales Mikrocontrollersystem, wobei ein Raspberry Pi 4B als SPS fungiert und ein Raspberry Pico 2W als ausführender Controller eingesetzt wird. Die Bedienoberfläche wird als Touchdisplay mit mindestens 7 Zoll realisiert und zeigt eine grafische Benutzeroberfläche, die mit Codesys programmiert ist. Die Getränkeauswahl erfolgt möglichst über Bildsymbole, um die Bedienung intuitiv zu gestalten. Die Ausgabe der Getränke erfolgt tropffrei über lebensmittelechte Ventile. Die Füllstandsüberwachung wird entweder durch den Bediener manuell durchgeführt oder, sofern technisch umsetzbar, durch einen in der SPS hinterlegten Zähler unterstützt. Der Antrieb des Ausgabekopfes auf dem Schienensystem erfolgt mittels eines Linearantriebs und ermöglicht die präzise Positionierung für die Getränkeausgabe. Insgesamt werden acht Alkoholflaschen und mindestens fünf verschiedene Süssgetränke verwendet, um eine breite Auswahl an Mischgetränken anbieten zu können.

3.1.3 Risiken

- Fehlfunktionen bei der Dosierung
- Verunreinigung der Leitungen
- Verkleben oder Blockieren der Ventile
- Ausfall von Komponenten (z. B. Pumpen, Sensoren, Steuerung)
- Fehlfunktionen oder Abstürze der Steuerungssoftware
- Übermässige Geräuschbildung im Antriebssystem
- Undichte Stellen im Schlauchsystem oder an Verbindungen
- Kommunikationsprobleme zwischen den einzelnen Systemkomponenten

3.1.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

Bestehende Lösungen sind häufig teuer, wenig flexibel oder nicht für Events geeignet, da sie meist stationär aufgebaut sind. Zudem sind sie oft schwer zu transportieren, benötigen aufwendige Installationen und bieten nur eingeschränkte Anpassungsmöglichkeiten.

3.1.5 Schätzung des Aufwands

Ca. 120 Stunden Entwicklungs- und Bauzeit

3.2 Anforderung Hygiene und Sicherheit

Nr. / ID:	02	Thema:	Hygiene und Sicherheit		
Quelle:	Normen	Verweise:	Lastenheft	Priorität:	Hoch

3.2.1 Anforderung aus Lastenheft

Alle Komponenten, die mit Getränken in Kontakt kommen, müssen lebensmittelecht, korrosionsbeständig und leicht zu reinigen sein. Die Konstruktion soll so gestaltet werden, dass keine Rückstände oder Toträume entstehen, in denen sich Verunreinigungen ablagern können. Elektrische Sicherheit ist durch geeignete Schutzmassnahmen wie Not-Aus, Schutzleiter, Absicherungen und Berührungsschutz zu gewährleisten.

3.2.2 Umsetzung

Alle flüssigkeitsführenden Teile wie Schläuche, Ventile und Behälter bestehen aus lebensmittelechtem Kunststoff oder Edelstahl, um höchste Hygiene und Sicherheit zu gewährleisten. Die gesamte Konstruktion ist so ausgeführt, dass keine Toträume entstehen, in denen sich Rückstände oder Verunreinigungen ablagern könnten. Sämtliche Leitungen sind abnehmbar und können für die Reinigung einfach ausgebaut und gespült werden. Nach jedem Betriebsende wird ein automatisches Reinigungsprogramm gestartet, das die Leitungen mit Wasser und einer geeigneten Reinigungslösung spült, um eine dauerhaft hygienische Nutzung sicherzustellen. Alle elektrischen Komponenten sind nach den geltenden Normen ausgeführt. Es werden ein Not-Aus-Schalter, ein Schutzleiter sowie eine Eingangssicherung integriert, um die elektrische Sicherheit des Systems zu gewährleisten.

3.2.3 Risiken

- Verletzungen durch scharfe Kanten an Gehäuse oder Bauteilen
- Elektrischer Schlag bei Missachtung von Normen oder unsachgemässer Installation
- Lebensmittelvergiftungen durch unzureichende oder fehlerhafte Reinigung der Getränkeleitungen und -behälter
- Allergische Reaktionen durch Rückstände verschiedener Getränke
- Verunreinigung der Getränke durch nicht lebensmittelechte Materialien

3.2.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

Oft sind selbstgebaute Lösungen schwer zu reinigen oder erfüllen die geltenden Normen und Vorschriften nicht. Häufig werden ungeeignete Materialien verwendet, was zu hygienischen Problemen und gesundheitlichen Risiken führen kann. Zudem fehlt es diesen Systemen oft an einer durchdachten Konstruktion für eine einfache Wartung und an dokumentierten Reinigungsprozessen. Auch die elektrische Sicherheit ist bei solchen Eigenkonstruktionen meist nicht ausreichend gewährleistet.

3.2.5 Schätzung des Aufwands

Ca. 40 Stunden Planung und Umsetzung

3.3 Anforderung Bedienung

Nr. / ID:	03	Thema:	Benutzerfreundliche Bedienung		
Quelle:	Projektauftrag / Erfahrung	Verweise:	Lastenheft	Priorität:	Hoch

3.3.1 Anforderung aus Lastenheft

Die Bedienoberfläche, sei es ein Touchdisplay oder ein Tastenfeld, muss intuitiv und selbst-erklärend gestaltet sein. Fehlermeldungen und Statusanzeigen müssen klar verständlich und gut sichtbar dargestellt werden, damit der Benutzer jederzeit über den aktuellen Betriebszustand informiert ist. Zusätzlich soll die Benutzerführung logisch aufgebaut sein, um eine breite Nutzergruppe anzusprechen.

3.3.2 Umsetzung

Die Bedienoberfläche wird ansprechend gestaltet und enthält klare Symbole, grosse Buttons sowie nach Möglichkeit Bilder der verschiedenen Mischgetränke, um die Auswahl zu erleichtern. Alle Statusanzeigen wie Betriebsbereitschaft, Fehler, notwendige Wartung oder niedriger Füllstand werden gut sichtbar und eindeutig auf dem Display dargestellt. Fehlermeldungen werden mit klaren Hinweisen zur Fehlerursache angezeigt. Das Touch-Display ist angeschrägt angebracht, um eine optimale Sichtbarkeit und eine komfortable Bedienung zu gewährleisten. Die Bedienflächen sind so gestaltet, dass sie intuitiv verständlich sind und keine zusätzliche Bedienung benötigt wird. Das Display wird stossicher in einem Gehäuse verbaut, was eine ansprechende Optik hat.

3.3.3 Risiken

- Fehlbedienung durch unklare oder unlogische Menüführung
- Frustration bei Anwendern durch komplizierte Bedienung
- Eingeschränkte Bedienbarkeit des Displays oder der Tasten, zum Beispiel bei schlechten Lichtverhältnissen oder mit nassen Händen
- Unklare oder missverständliche Fehlermeldungen, die nicht eindeutig auf die Ursache oder Lösung hinweisen
- Verzögerte Reaktion des Systems auf Benutzereingaben
- Zu kleine oder schlecht lesbare Schrift und Symbole auf der Bedienoberfläche

3.3.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

Viele Automaten sind zu komplex oder unübersichtlich in der Bedienung. Häufig sind die Menüs verschachtelt, die Symbole nicht selbsterklärend und die Bedienungsanleitung schwer verständlich. Dies führt zu Unsicherheiten bei den Nutzern, erhöht die Fehleranfälligkeit und verlängert die Einarbeitungszeit. Zudem werden wichtige Informationen wie Fehlermeldungen oder Statusanzeigen oft nicht klar oder ausreichend dargestellt, was die Nutzerfreundlichkeit weiter einschränkt.

3.3.5 Schätzung des Aufwands

Ca. 60 Stunden für die Implementierung

3.4 Anforderung Aufbau

Nr. / ID:	04	Thema:	Modularer Aufbau		
Quelle:	Projektteam	Verweise:	Lastenheft	Priorität:	Mittel

3.4.1 Anforderung aus Lastenheft

Das System soll so konstruiert werden, dass einzelne Baugruppen, wie zum Beispiel Pumpen, Steuerung oder Kühlung, leicht ausgetauscht, gewartet oder erweitert werden können. Eine modulare Bauweise erleichtert die Wartung, Reparatur und spätere Erweiterungen oder Anpassungen an neue Anforderungen. Schnittstellen und Verbindungen zwischen den Modulen sollen standardisiert und klar dokumentiert sein, damit auch ein Austausch durch technisch versierte Dritte problemlos möglich ist.

3.4.2 Umsetzung

Alle Hauptkomponenten wie die CO₂-Einheit, Steuerung, Kühlung, Getränkehalter und Steuerventile sind so konstruiert, dass sie einfach demontiert werden können. Dies erleichtert den Austausch im Fehlerfall sowie die regelmässige Reinigung und Wartung. Die Steckverbindungen sind entweder farblich oder schriftlich eindeutig gekennzeichnet, um Verwechslungen beim Anschluss auszuschliessen. Mechanische Komponenten werden durch einfache Schraubsysteme befestigt, sodass für die Montage und Demontage keine Spezialwerkzeuge erforderlich sind. Der Zugang zu allen wartungsintensiven Komponenten ist durch eine clevere Platzierung jederzeit gewährleistet, wodurch Servicearbeiten schnell und unkompliziert durchgeführt werden können. Durch die Montage von Laufrollen an allen vier Tischbeinen ist ein Transport des Baromaten jederzeit problemlos möglich. Die Süssgetränke und Alkoholflaschen können jederzeit durch neue, originale Flaschen ersetzt werden, was ein mühsames Umfüllen überflüssig macht und die Hygiene zusätzlich verbessert.

3.4.3 Risiken

- Zu kompakte Bauweise erschwert Wartungs- und Reparaturarbeiten
- Unübersichtliche oder schlecht dokumentierte Verkabelung erhöht das Fehlerrisiko und erschwert den Austausch von Komponenten
- Schlechte mechanische Konstruktion kann zu Instabilität, Vibrationen oder Beschädigungen während des Betriebs führen
- Fehlende Zugänglichkeit zu wichtigen Baugruppen verzögert Störungsbehebungen
- Mangelhafte Beschriftung von Leitungen und Anschlüssen erschwert die Fehlersuche
- Unzureichende Befestigung oder Sicherung der Komponenten kann zu Ausfällen oder Schäden beim Transport oder Betrieb führen

3.4.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

Industrieroboter sind meist modular aufgebaut, sodass einzelne Baugruppen einfach ausgetauscht oder erweitert werden können. Dies erleichtert Wartung, Reparatur und Anpassungen an neue Anforderungen erheblich. Selbstgebaute Lösungen hingegen sind oft nicht durchdacht angeordnet, was zu Platzproblemen, schwer zugänglichen Komponenten und einer erschwerten Fehlersuche führt.

3.4.5 Schätzung des Aufwands

Ca. 20 Stunden für Planung und Umsetzung

3.5 Anforderung Dokumentation

Nr. / ID:	05	Thema:	Dokumentation		
Quelle:	Projektteam	Verweise:	Lastenheft	Priorität:	Mittel

3.5.1 Anforderung aus Lastenheft

Alle Entwicklungsschritte, Schaltpläne, Stücklisten, Software und die Bedienungsanleitung müssen sauber dokumentiert und nachvollziehbar abgelegt werden. Die Dokumentation muss den Anforderungen der TEKO Luzern entsprechen und so gestaltet sein, dass sie eine lückenlose Nachvollziehbarkeit des gesamten Entwicklungsprozesses ermöglicht. Änderungen und Versionen sind eindeutig zu kennzeichnen. Die Unterlagen sind zentral und strukturiert abzulegen, sodass sie für alle Projektbeteiligten jederzeit zugänglich sind.

3.5.2 Umsetzung

Während des gesamten Projekts wird eine laufende Dokumentation aller Entwicklungsschritte erstellt, um den Fortschritt und alle Entscheidungen nachvollziehbar festzuhalten. Sämtliche Schaltpläne, Softwarestände und Stücklisten werden versioniert, sodass Änderungen jederzeit transparent nachvollzogen werden können. Zur Veranschaulichung werden Fotos von den einzelnen Montageschritten und den durchgeführten Tests gemacht und der Dokumentation beigelegt. Für die Endnutzer wird eine verständliche und ausführliche Bedienungsanleitung erstellt, die alle relevanten Funktionen und Wartungshinweise enthält. Darüber hinaus werden wöchentliche Statusberichte und Protokolle zentral abgelegt und ebenfalls versioniert, um einen lückenlosen Überblick über den Projektverlauf zu gewährleisten und die Zusammenarbeit im Team sowie mit der Betreuungsperson optimal zu unterstützen.

3.5.3 Risiken

- Fehlende oder unvollständige Dokumentationen erschweren die Nachvollziehbarkeit und Übergabe des Projekts
- Nicht Einhalten des Abgabetermins führt zu Verzögerungen und möglichen Punktabzügen
- Zeitdruck kann die Qualität der Arbeit und die Sorgfalt bei der Umsetzung negativ beeinflussen
- Datenverlust durch unzureichende Archivierung oder fehlerhafte Formatierung digitaler Unterlagen
- Unsaubere oder unübersichtliche Ordnerstruktur erschwert das Auffinden wichtiger Dokumente
- Fehlende Versionsverläufe können zu Verwechslungen und dem Arbeiten mit veralteten Dateien führen
- Unklare Zuständigkeiten bei der Dokumentation erhöhen das Risiko von Lücken im Projektverlauf

3.5.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

Oft fehlt bei selbstgebauten Projekten eine saubere und strukturierte Dokumentation, was die Nachvollziehbarkeit der Entwicklung und der getroffenen Entscheidungen stark erschwert. Ohne klare Aufzeichnungen zu Schaltplänen, Stücklisten, Softwareständen und Änderungen ist es schwierig, Fehlerquellen zu identifizieren, Wartungsarbeiten durchzuführen oder das Projekt an Dritte zu übergeben.

3.5.5 Schätzung des Aufwands

Ca. 80 Stunden für laufende Dokumentation

4 Projektvertrag

Projekttitle:	Bar-Roboter (Baromat)		
Projektauftraggeber:	TEKO Luzern		
Projektleiter:	Andreas Gabriel / Kevin Lorber		
Projektdate			
Start:	15.09.2025 08:00 Uhr	Ende:	10.11.2025 16:00 Uhr
Projektbeschreibung			
Ausgangslage / Projektbegründung:	Bei privaten Feiern und kleinen Events fehlt es oft an praktischen, bezahlbaren Lösungen für die automatische Getränkeausgabe. Die meisten bestehenden Systeme sind teuer, unhandlich oder nur für die Gastronomie gedacht. Mit dem Baromat wollen wir eine einfache, hygienische und flexible Möglichkeit schaffen, um Getränke auf Knopfdruck auszuschenken. So sollen Gastgeber und Gäste von mehr Komfort profitieren und das Event-Erlebnis verbessert werden.		
Sinn und Zweck / Nutzen:	<ul style="list-style-type: none"> - Förderung des Wissens über Robotik, Maschinenbau und Programmierung. - Erstellen einer Schnittstelle zwischen dem theoretischen Wissen und der praktischen Ausführung. - Förderung von Projektmanagement-Kompetenzen und Problemlösungsfähigkeiten. - Erarbeiten eines innovativen, praxisnahen Prototyps mit eigenständiger und verantwortungsvoller Arbeitsweise. 		
Projektziele:	Entwicklung und Herstellung eines funktionstüchtigen Bar-Roboters zur automatisierten Zubereitung von Mischgetränken.		

Pflichtenheft Diplomarbeit Bar-Roboter



Endergebnisse	Erfolgskriterien
1. Es liegt eine vollständige Projektdokumentation im Format A4 vor.	1. Es können keine Abweichungen zum 4-Phasenmodell festgestellt werden und es müssen max. 10 Verständnisfragen geklärt werden.
2. Eine Analyse der Ausgangslage ist durchgeführt und beschrieben.	2. Die Analyse der Funktion des Bar-Roboters liefert belegbare Daten und Erkenntnisse, die als Grundlage für weitere Entscheidungen und Massnahmen dienen.
3. Die Projektstruktur- sowie Projektablaufplanung ist erstellt.	3. Der Detaillierungsgrad sowie die logische Abfolge der Arbeitspakete wird durch den Experten als sinnvoll und zweckmässig beurteilt.
4. Es liegen drei Grobvarianten vor.	4. Es sind drei verschiedene Varianten im Dokument vorhanden, die sich min. 30% voneinander unterscheiden.
5. Die Varianten sind bewertet	5. Für die Experten sind min. 50% der Kriterien sinnvoll gewählt und bewertet.
6. Die favorisierte Variante ist korrekt ausgearbeitet	6. In Bezug auf Verständlichkeit und Konkretisierung müssen max. 5 Verständnisfragen geklärt werden.
7. Der Bau des Bar-Roboters bleibt innerhalb des festgelegten Budgets.	7. Die geplanten Kosten von 3'000 CHF wurden in einer Budgettabelle mit den Ist-Kosten gegenübergestellt. Die Abweichung liegt bei max. +10 % des ursprünglichen Budgets. Belege und Sponsoring-Anteile sind dokumentiert.
8. Mit dem Roboter können mindestens 10 verschiedenen Mischgetränke erstellt werden.	8. Der Roboter kann min. 10 vordefinierte Rezepte aufrufen, korrekt dosieren und reproduzierbar mischen. Die Rezepte sind dokumentiert und wurden im Rahmen von Tests überprüft.
9. Der Bar-Roboter kann mindestens fünf verschiedene Schnapsflaschen aufnehmen.	9. Mindestens fünf Schnapsflaschen werden sicher und funktionsfähig gehalten und können einfach ersetzt werden.
10. Der Getränke-roboter ist für handelsübliche Alkohol- und Süssgetränkeflaschen geeignet.	10. Handelsübliche Flaschen lassen sich problemlos einsetzen und betreiben.
11. Eine CO ₂ -Flasche reicht für die Zubereitung von mindestens 20 Getränken.	11. Mit einer CO ₂ -Füllung können ohne Unterbruch mindestens 20 Getränke ausgegeben werden.
12. Der autonome Betrieb des Bar-Roboters ist bei Anschluss an eine funktionierende 230V-Steckdose möglich.	12. Der Roboter arbeitet selbstständig und zuverlässig, sobald er an eine 230V-Steckdose angeschlossen ist und kann so autonom betrieben werden.
13. Für den Bar-Roboter liegt eine vollständige Betriebsanleitung vor.	13. Die Betriebsanleitung ermöglicht eine sichere und eigenständige Inbetriebnahme und Bedienung durch Dritte.
14. In den Kühlschränken können mindestens vier verschiedene Süssgetränkeflaschen untergebracht werden.	14. Mindestens vier Süssgetränkeflaschen passen gleichzeitig in die Kühlschränke und sind für den Betrieb verfügbar.
15. Die hygienischen und sicherheitstechnischen Anforderungen sind eingehalten.	15. Alle flüssigkeitsführenden Teile sind lebensmitteltauglich. Es bestehen keine elektrischen Gefahrenstellen, wodurch Personen elektrifiziert werden können.
16. Es ist ein lessons learnt Bericht pro Studenten verfasst und in der Dokumentation berücksichtigt.	16. Die Berichte zeigen mind. 2 Erkenntnisse auf, die in zukünftigen Projekten besonderer Beachtung benötigen.
17. Die Projektarbeit ist anlässlich eines Vortrages dem Betreuer und Experten präsentiert.	17. Sämtliche Vorgaben zu den Inhalten der Präsentation wurden berücksichtigt.

Zielgenehmigung:	Die Ziele werden bewilligt.
	Datum: 11.9.2025
	Unterschrift Betreuer:



Pflichtenheft Diplomarbeit Bar-Roboter


Projekttyp:	
<input type="checkbox"/> Routineprojekt <input checked="" type="checkbox"/> komplexes Standardprojekt <input type="checkbox"/> Potenzial- / Innovationsprojekt <input type="checkbox"/> Pionierprojekt	Begründung: Es ist ein komplexes Standardprojekt, da vorhandene technische Lösungen weiterentwickelt und kombiniert werden, um ein funktionierendes Gesamtsystem im bekannten Rahmen zu schaffen.

Projektorganisation:
Organisationstyp: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Andreas Gabriel Projektleiter </div> <div style="text-align: center;">  Kevin Lorber Projektleiter </div> </div>

Formel 1 Organigramm von Projektorganisation

Projektmitarbeiter:	Name / Vorname / OE	Stellenprozent für Projekt
	Andreas Gabriel / HF Elektrotechnik	20%
	Kevin Lober / HF Elektrotechnik	20%
Steering Committee: <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein		
Sonstige Beteiligte:	Andreas Holzer (Betreuer) / Peter Lischer (Experte)	

Pflichtenheft Diplomarbeit Bar-Roboter

Projektplanung	
Projektphasen/ Meilensteine:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Projektinitialisierung <ul style="list-style-type: none"> ◆ MS1: Pflichtenheft / Projektvertrag unterschrieben 2. Projektplanung <ul style="list-style-type: none"> ◆ MS2: Projektablaufplanung abgeschlossen 3. Projektrealisierung <ul style="list-style-type: none"> ◆ MS3: Schema Platine ◆ MS4: Fertigstellung Aufbau Roboter ◆ MS5: Fertigstellung Programmierung 4. Projektabschluss <ul style="list-style-type: none"> ◆ MS6: Abnahme inkl. Abnahmetests durch Kunden
Projektentscheid:	<p><input checked="" type="checkbox"/> Das Projekt wird bewilligt. <input type="checkbox"/> Das Projekt wird abgelehnt.</p> <p>Datum: 11.9.2025 Unterschrift Betreuer:</p> 

4.1.1 Zielscheibe

Richtziel:

Entwicklung und Herstellung eines funktionstüchtigen Bar-Roboters zur automatisierten Zubereitung von Mischgetränken.

1. Es liegt eine vollständige Projektdokumentation im Format A4 vor.
2. Eine Analyse der Ausgangslage ist durchgeführt und beschrieben.
3. Die Projektstruktur- sowie Projektablaufplanung ist erstellt.
4. Es liegen drei Grobvarianten vor.
5. Die Varianten sind bewertet.
6. Die favorisierte Variante ist korrekt ausgearbeitet.
7. Der Bau des Bar-Roboters bleibt innerhalb des festgelegten Budgets.
8. Mit dem Roboter können mindestens 10 verschiedenen Mischgetränke erstellt werden.
9. Der Bar-Roboter kann mindestens fünf verschiedene Schnapsflaschen aufnehmen.
10. Der Getränkeroboter ist für handelsübliche Alkohol- und Süssgetränkeflaschen geeignet.
11. Eine CO₂-Flasche reicht für die Zubereitung von mindestens 20 Getränken.
12. Der autonome Betrieb des Bar-Roboters ist bei Anschluss an eine funktionierende 230V-Steckdose möglich.
13. Für den Bar-Roboter liegt eine vollständige Betriebsanleitung vor.
14. In den Kühlschränken können mindestens vier verschiedene Süssgetränkeflaschen untergebracht werden.
15. Die hygienischen und sicherheitstechnischen Anforderungen sind eingehalten.
16. Es ist ein lessons learnt Bericht pro Student verfasst und in der Dokumentation berücksichtigt.
17. Die Projektarbeit ist anlässlich eines Vortrages dem Betreuer und Experten präsentiert.

TEKO Luzern

Endergebnisse

Kunde

Sinn und Zweck

- Förderung des Wissens über Robotik, Maschinenbau und Programmierung.
- Erstellen einer Schnittstelle zwischen dem theoretischen Wissen und der praktischen Ausführung.
- Förderung von Projektmanagement-Kompetenzen und Problemlösungsfähigkeiten.
- Erarbeiten eines innovativen, praxisnahen Prototyps mit eigenständiger und verantwortungsvoller Arbeitsweise.

Erfolgskriterien

1. Es können keine Abweichungen zum 4-Phasenmodell festgestellt werden und es müssen max. 10 Verständnisfragen geklärt werden.
2. Die Analyse der Funktion des Bar-Roboters liefert belegbare Daten und Erkenntnisse, die als Grundlage für weitere Entscheidungen und Massnahmen dienen.
3. Der Detaillierungsgrad sowie die logische Abfolge der Arbeitspakete wird durch den Experten als sinnvoll und zweckmässig beurteilt.
4. Es sind drei verschiedene Varianten im Dokument vorhanden, die sich min. 30% voneinander unterscheiden.
5. Für die Experten sind min. 50% der Kriterien sinnvoll gewählt und bewertet.
6. In Bezug auf Verständlichkeit und Konkretisierung müssen max. 5 Verständnisfragen geklärt werden.
7. Die geplanten Kosten von 3'000 CHF wurden in einer Budgettabelle mit den Ist-Kosten gegenübergestellt. Die Abweichung liegt bei max. +10 % des ursprünglichen Budgets. Belege und Sponsoring-Anteile sind dokumentiert.
8. Der Roboter kann min. 10 vordefinierte Rezepte aufrufen, korrekt dosieren und reproduzierbar mischen. Die Rezepte sind dokumentiert und wurden im Rahmen von Tests überprüft.
9. Mindestens fünf Schnapsflaschen werden sicher und funktionsfähig gehalten und können einfach ersetzt werden.
10. Handelsübliche Flaschen lassen sich problemlos einsetzen und betreiben.
11. Mit einer CO₂-Füllung können ohne Unterbruch mindestens 20 Getränke ausgegeben werden.
12. Der Roboter arbeitet selbstständig und zuverlässig, sobald er an eine 230V-Steckdose angeschlossen ist und kann so autonom betrieben werden.
13. Die Betriebsanleitung ermöglicht eine sichere und eigenständige Inbetriebnahme und Bedienung durch Dritte.
14. Mindestens vier Süssgetränkeflaschen passen gleichzeitig in die Kühlschränke und sind für den Betrieb verfügbar.
15. Alle flüssigkeitsführenden Teile sind lebensmitteltauglich. Es bestehen keine elektrischen Gefahrenstellen, wodurch Personen elektrifiziert werden können.
16. Die Berichte zeigen mind. 2 Erkenntnisse auf, die in zukünftigen Projekten besonderer Beachtung benötigen.
17. Sämtliche Vorgaben zu den Inhalten der Präsentation wurden berücksichtigt.

Abbildung 3: Zielscheibe

5 Genehmigung

Die Genehmigung des Pflichtenhefts und des Projektvertrags erfolgt nach Abschluss der Startbesprechung durch die Projektleitung und den Betreuer.

Datum:	Samstag, 06.09.2025
Unterschrift Projektleiter Andreas Gabriel:	
Unterschrift Projektleiter Kevin Lorber:	
Unterschrift Betreuer Andreas Holzer:	

Abbildung 13: Pflichtenheft

4 Projektplanung

Die Projektplanung bildet das Fundament für die erfolgreiche Umsetzung unserer Diplomarbeit am Bar-Roboter. In diesem Kapitel werden die zentralen Planungsinstrumente vorgestellt, die uns helfen, den Projektverlauf strukturiert, transparent und zielgerichtet zu gestalten.

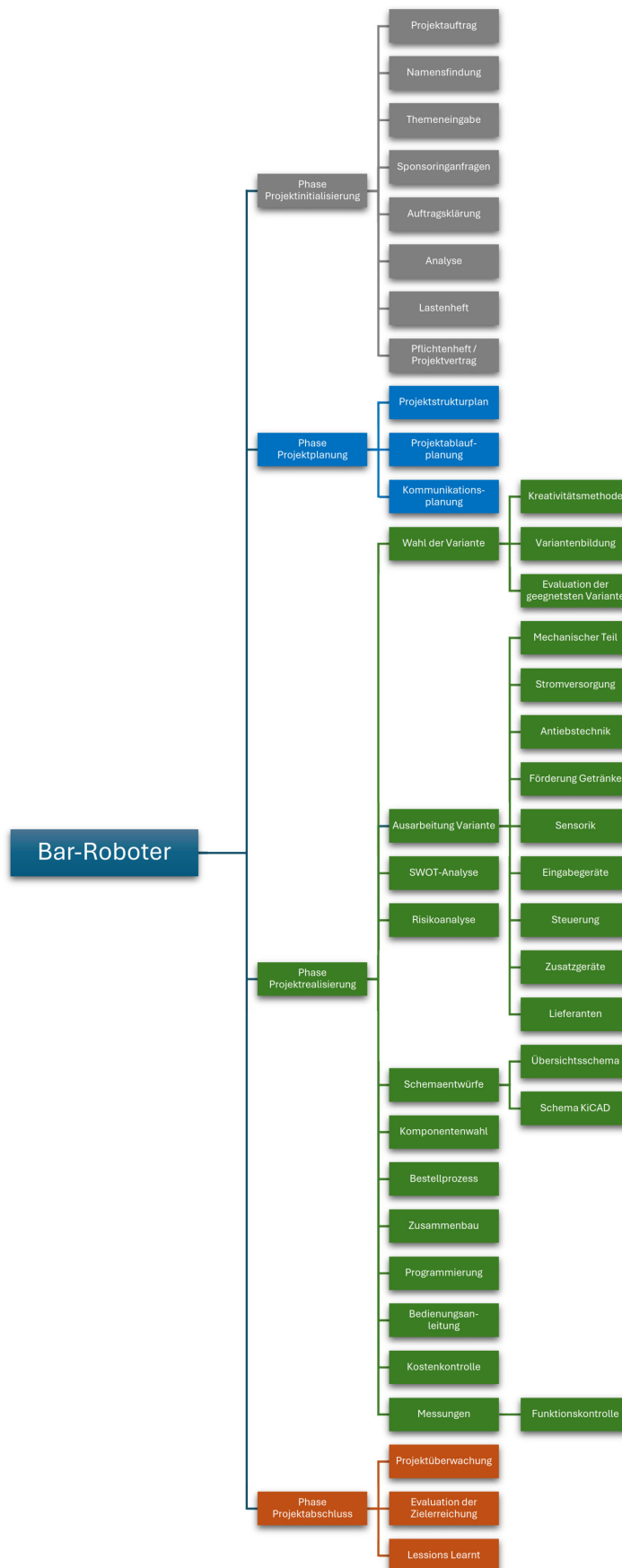
Zunächst gliedern wir im Rahmen der Projektstrukturplanung das Gesamtprojekt in überschaubare Teilprojekte und Arbeitspakete. Diese Strukturierung erleichtert die Zuweisung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten und schafft eine klare Übersicht über die anstehenden Arbeiten.

Im Abschnitt Projektablaufplanung ordnen wir alle Aufgaben und Meilensteine in einen logischen und zeitlichen Ablauf ein. Neben einem detaillierten Zeitplan werden ein Gantt-Diagramm und ein Netzplan erstellt, um die Abhängigkeiten der einzelnen Arbeitsschritte zu visualisieren und Engpässe frühzeitig zu erkennen. Diese umfassende Ablaufplanung ermöglicht es uns, Ressourcen optimal einzusetzen und die Einhaltung wichtiger Termine sicherzustellen.

Ein weiterer zentraler Bestandteil ist die Kommunikationsplanung. Sie regelt, wie der Informationsaustausch im Projektteam sowie mit dem Betreuer und weiteren Anspruchsgruppen organisiert wird. Hierzu zählen die Planung und Durchführung von Kick-Off- und Status-Meetings, die Dokumentation von Ergebnissen und die Pflege einer offenen Punkte-Liste. Die Kommunikationsplanung sorgt dafür, dass alle Beteiligten stets über den aktuellen Stand informiert sind und offene Fragen oder Probleme zeitnah gelöst werden können.

Abschliessend wird in der offenen Punkte-Liste festgehalten, welche Aufgaben und Fragen noch zu klären sind. Diese Liste dient als wichtiges Kontrollinstrument und unterstützt uns dabei, den Überblick über den Projektfortschritt zu behalten und die Qualität der Arbeit kontinuierlich zu sichern.

4.1 Projektstrukturplanung



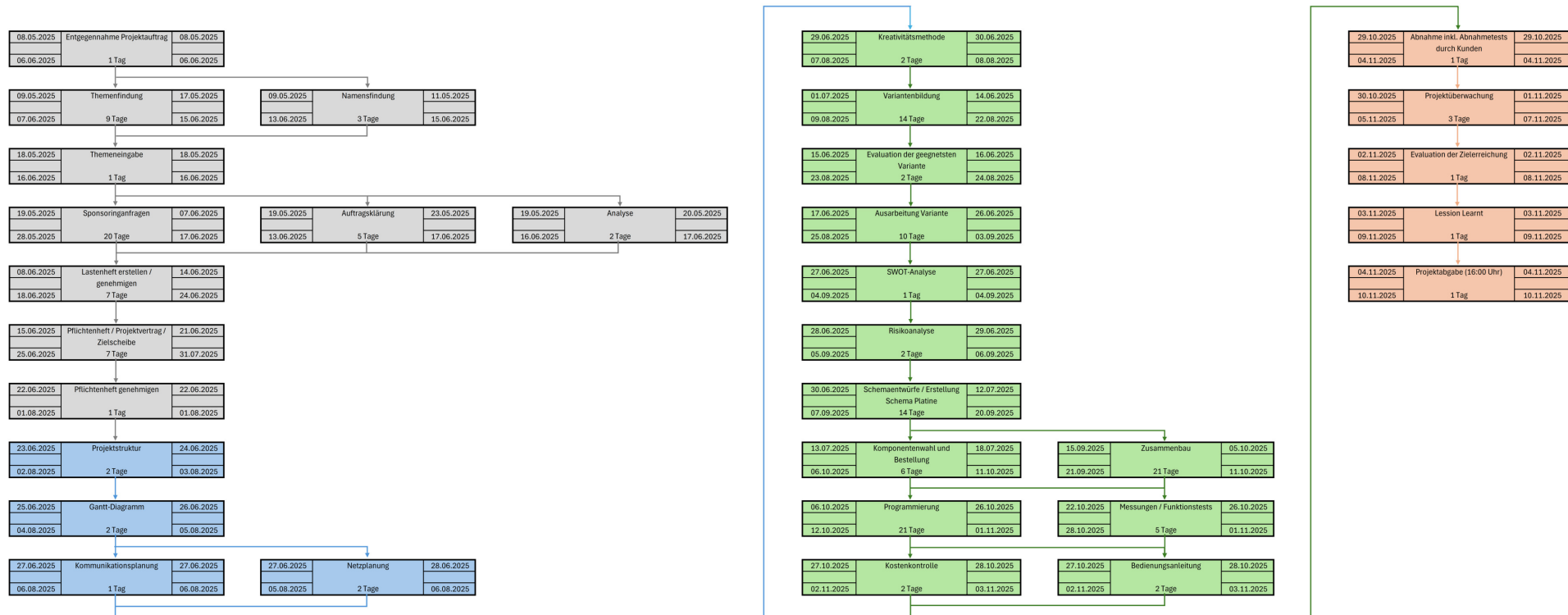
Formel 1: Projektstrukturplan

4.2 Projektablaufplanung

Die Projektablaufplanung bildet das organisatorische Rückgrat unserer Diplomarbeit am Bar-Roboter. In diesem Abschnitt strukturieren wir alle anstehenden Aufgaben und Meilensteine in einen klaren zeitlichen Ablauf. Ziel ist es, den gesamten Projektverlauf übersichtlich darzustellen, Abhängigkeiten zu erkennen und die einzelnen Arbeitsschritte optimal zu koordinieren. Neben einem detaillierten Zeitplan erstellen wir auch einen Netzplan, der die logischen Abhängigkeiten und die Reihenfolge der einzelnen Projektaktivitäten grafisch veranschaulicht. Durch diese umfassende Ablaufplanung können wir Engpässe und Risiken frühzeitig erkennen, Ressourcen gezielt einsetzen und sicherstellen, dass alle wichtigen Termine eingehalten werden.

Projektplanung

4.2.2 Netzplan



Formel 3: Netzplan

Frühster Beginn	Tätigkeit	Frühstes Ende
Spätester Beginn		Spätestes Ende
Dauer in Tagen		

Abbildung 14: Beschreibung Netzplan

4.3 Kommunikationsplanung

Die Kommunikationsplanung ist ein entscheidender Bestandteil des Projekts, da sie sicherstellt, dass alle Beteiligten über relevante Informationen verfügen und effektiv miteinander kommunizieren. In diesem Überkapitel werden die Kommunikationsstrategien und -methoden vorgestellt, die im Rahmen des Bar-Roboter-Projekts eingesetzt werden, um einen reibungslosen Informationsfluss zu gewährleisten. Ziel ist es, Missverständnisse zu vermeiden, die Zusammenarbeit zu fördern und die Projektziele effizient zu erreichen. Durch eine klare und strukturierte Kommunikationsplanung möchten wir sicherstellen, dass alle Teammitglieder sowie unser Betreuer stets auf dem neuesten Stand sind und aktiv in den Projektverlauf eingebunden werden.

4.3.1 Kick Off-Meeting

Nach dem Unterricht am 04.09.2025 haben wir uns gemeinsam in der Schule getroffen, um unser Kick-Off-Meeting für die Projektarbeit am Bar-Roboter durchzuführen. Für uns war dieses Treffen der offizielle Startschuss für das Projekt. Zusammen mit unserem betreuenden Dozenten Andreas Holzer haben wir die Ziele, Erwartungen und den Zeitrahmen des Projekts besprochen. Dabei haben wir auch gleich das Lastenheft und das Pflichtenheft gemeinsam angeschaut und erste Rückmeldungen dazu erhalten. Beide Dokumente sind weiter oben in dieser Arbeit ersichtlich. Wir haben die Aufgabenverteilung geklärt, wichtige Meilensteine festgelegt und die Kommunikationswege definiert. Das Meeting gab uns die Möglichkeit, erste Ideen und Ansätze direkt zu diskutieren und offene Fragen zu klären. Durch die offene und konstruktive Atmosphäre konnten wir sicherstellen, dass wir alle auf dem gleichen Wissensstand sind und gut vorbereitet in die Projektarbeit starten. Das Protokoll zu diesem Meeting ist im Anhang dieser Arbeit ersichtlich.

4.3.2 Projekt-Status-Meeting

In diesem Unterkapitel präsentieren wir die Kommunikationsplanung für das Bar-Roboter-Projekt in tabellarischer Form. Die Tabelle bietet einen klaren Überblick über die verschiedenen Anspruchsgruppen, die relevanten Themen und Inhalte sowie die jeweiligen Kommunikationskanäle und Verantwortlichkeiten. Durch diese strukturierte Darstellung wird sichergestellt, dass alle Beteiligten über den aktuellen Stand des Projekts informiert sind und die notwendigen Informationen rechtzeitig erhalten. Die regelmässigen Status-Meetings und Informationsweitergaben sind entscheidend, um den Fortschritt zu überwachen und die Zusammenarbeit zu optimieren. Im Folgenden finden Sie die detaillierte Übersicht der Kommunikationsplanung, die als Leitfaden für die effektive Kommunikation innerhalb des Projekts dient. Die jeweiligen Protokolle aus den Meetings sind im Anhang ersichtlich. Sämtliche noch zu bearbeitenden Pendenzen werden in die offene Punkte-Liste übernommen.

Projekttitel:	Bar-Roboter			
Projektleiter:	Andreas Gabriel, Kevin Lorber			
Anspruchsgruppe:	Themen / Inhalte:	Periodizität / Termine:	Kanal / Gefäss:	Verantwortung:
Auftraggeber / Betreuender Dozent	Ideenskizzen, Varianten, Entscheide, Ressourcen	wöchentlich	Meeting / Projektstatusbericht	Projektleiter (Andy)
Projektteam / Projektleiter	Entwicklung, Probleme, Lösungen, Pendenzen	jeden Donnerstag nach dem Unterricht	Status-Meeting	Projektleiter (Andy, Kevin)
Angehörige / Freunde	Einladung Testversuch	KW 42	WhatsApp	Projektleiter (Andy, Kevin)
Sponsoren	Dank und Anerkennung für die Unterstützung	Projektende	E-Mail	Projektleiter (Andy)

Tabelle 3: Kommunikationsplanung

4.3.3 Projekt-Abschlussmeeting

Das Projekt-Abschlussmeeting bildet den feierlichen Abschluss unserer Projektarbeit am Bar-Roboter und findet im Rahmen unserer Präsentation am 01.12.2025 statt. In diesem finalen Treffen werden wir die Ergebnisse und Erkenntnisse des Projekts zusammenfassen und reflektieren. Wir werden die erreichten Ziele präsentieren, Herausforderungen besprechen und die Lernerfahrungen, die wir während des gesamten Prozesses gesammelt haben, hervorheben. Zudem bietet das Meeting die Gelegenheit, Feedback von unserem betreuenden Dozenten und dem externen Experten zu erhalten und offene Fragen zu klären. Durch diese strukturierte Präsentation möchten wir sicherstellen, dass alle Beteiligten einen klaren Überblick über den Projektverlauf und die erzielten Ergebnisse erhalten. Ebenfalls möchten wir an diesem Meeting unseren Bar-Roboter vor Ort demonstrieren und mit dem Betreuer nach Möglichkeit einen letzten «Abschluss-Drink» nehmen, welcher durch den Roboter zusammengemixt wird.

4.3.4 Offene Punkte-Liste

In diesem Unterkapitel wird die offene Punkte-Liste vorgestellt, die vor allem zur Vorbereitung auf die Besprechungen mit Andreas Holzer diente. Sie half dabei, wichtige Fragen und Themen strukturiert zu sammeln und gezielt anzusprechen. Als klassische To-Do-Liste wurde sie hingegen selten genutzt, da wir Aufgaben lieber direkt auf einzelne Blöcke notiert und nach Erledigung abgehakt haben.

Die Liste basiert auf dem Skript aus dem Fach Projektmanagement und enthält Angaben wie Status, Priorität, Kategorie und Verantwortlichkeit. Dadurch war jederzeit ersichtlich, welche Themen noch offen sind und welche speziell mit dem betreuenden Dozenten besprochen werden sollten. Regelmässige Aktualisierungen sorgten für einen guten Überblick und unterstützten die effiziente Vorbereitung der Besprechungen.

Die jeweiligen Spalten der offenen Punkte-Liste haben wir anhand der folgenden Kriterien ausgefüllt:

Projektplanung

- **Nr.:** Eine fortlaufende Nummer, die jedem Eintrag eine eindeutige Identifikation verleiht.
- **Status:** Gibt an, in welchem Zustand sich der jeweilige Punkt befindet (offen, in Arbeit, erledigt).
- **Datum:** Das Datum, an dem der Punkt erfasst wurde.
- **Priorität:** Eine Einstufung in die Kategorien hoch, mittel oder niedrig, die bei Bedarf angepasst werden kann.
- **Kategorie:** Zuordnung zu einer der folgenden Gruppen:
 - **Information:** Informationen, die von einzelnen Projektmitarbeitern ins Projekt eingebracht werden.
 - **Problem:** Schwierigkeiten, die während des Projektverlaufs aufgetreten sind.
 - **Beschluss:** Entscheidungen, die von Entscheidungsträgern getroffen wurden und die von allen Beteiligten berücksichtigt werden müssen.
 - **Frage:** Fragen, die aufgetreten sind und nicht sofort beantwortet werden können.
 - **Idee:** Vorschläge, die von den Beteiligten ins Projekt eingebracht werden.
- **Beschreibung:** Eine kurze und prägnante Beschreibung, die klar macht, worum es bei diesem Punkt geht.
- **Massnahmen:** Ein Hinweis darauf, welche Massnahmen beschlossen wurden.
- **Verantwortung:** Der Name der Person, die für die Umsetzung der jeweiligen Massnahme zuständig ist.
- **Externe Hilfe:** Informationen darüber, ob Unterstützung von einer externen Person angefordert wird oder nicht.
- **Erledigt:** Das Datum, an dem der Punkt vollständig abgeschlossen wurde.

Nr.:	Status:	Datum:	Priorität:	Kategorie:	Beschreibung:	Massnahme:	Verantwortlich:	externe Hilfe:	erledigt:
1	erledigt	30.07.2025	mittel	Problem	Test von Näherungssensor	Tesprogramm schreiben	Andy	Nein	02.08.2025
2	erledigt	30.07.2025	mittel	Frage	Endschalter Öffner oder Schliesser?	öffner	Andy	Ja (A.Holzer)	02.08.2025
3	erledigt	30.07.2025	mittel	Problem	Widerstände vor LTV kontrollieren	Besprechung	Andy	Nein	02.08.2025
4	erledigt	30.07.2025	mittel	Problem	Belegung GPIO bei MCP ?	Besprechung	Andy	Ja (A.Holzer)	02.08.2025
5	erledigt	30.07.2025	mittel	Problem	Netzteil kontrollieren und anpassen	Besprechung	Andy	Nein	02.08.2025
6	erledigt	30.07.2025	mittel	Problem	DC-DC-Wandler (Speisung)	Besprechung	Andy	Ja (A.Holzer)	02.08.2025
7	erledigt	30.07.2025	mittel	Problem	GPIO Reserve oder wohin?	Besprechung	Kevin	Ja (A.Holzer)	02.08.2025
8	erledigt	05.10.2025	hoch	Aufgabe	Flaschenanschlüsse vorbereiten	löten	Kevin	Nein	25.10.2025
9	erledigt	05.10.2025	hoch	Aufgabe	Material Amazon bestellen	bestellen	Andy	Nein	07.10.2025
10	erledigt	05.10.2025	hoch	Aufgabe	Material AliExpress bestellen	bestellen	Andy	Nein	07.10.2025
11	erledigt	05.10.2025	mittel	Aufgabe	Fugen Räder ziehen	kleben	Andy / Kevin	Nein	09.10.2025
12	erledigt	09.10.2025	hoch	Aufgabe	Ferien eingeben	Termine suchen	Andy / Kevin	Nein	11.10.2025
13	erledigt	09.10.2025	hoch	Aufgabe	Termin mit Andi abmachen (Themen suchen)	WhatsApp schreiben	Andy / Kevin	Nein	11.10.2025
14	erledigt	09.10.2025	mittel	Aufgabe	Ablaufsteuerung SPS	dokumentieren	Andy / Kevin	Nein	01.11.2025
15	erledigt	09.10.2025	hoch	Aufgabe	Programmierung Arduino	programmieren	Andy	Nein	11.10.2025
16	erledigt	09.10.2025	hoch	Aufgabe	Getränkliste vervollständigen	dokumentieren	Andy	Nein	12.10.2025
17	erledigt	09.10.2025	mittel	Aufgabe	Erstinbetriebnahmeprotokoll besprechen	gemeinsame Besprechung	Andy / Kevin	Nein	12.10.2025
18	erledigt	09.10.2025	mittel	Aufgabe	Dispenser anpassen	Stöpsel entfernen	Andy / Kevin	Nein	25.10.2025
19	erledigt	09.10.2025	niedrig	Aufgabe	Abdeckung Süssgetränke	Platte anfertigen	Kevin	Nein	12.10.2025
20	erledigt	09.10.2025	mittel	Aufgabe	Skizzen und Planung in Dokumentation	dokumentieren	Andy	Nein	25.10.2025
21	erledigt	11.10.2025	hoch	Frage	Kontrolle von angepasstem Arduino	Besprechung	Andy / Kevin	Ja (A.Holzer)	15.10.2025
22	erledigt	11.10.2025	hoch	Frage	Schnittstelle zwischen Arduino und Codesys	Besprechung	Andy / Kevin	Ja (A.Holzer)	01.12.2025
23	erledigt	11.10.2025	hoch	Frage	UART RX / TX implementieren	Besprechung	Andy / Kevin	Ja (A.Holzer)	15.10.2025
24	erledigt	11.10.2025	hoch	Frage	Visu auf Touch-Display abbilden	Besprechung	Andy / Kevin	Ja (A.Holzer)	15.10.2025
25	erledigt	11.10.2025	hoch	Frage	Was von Codesys weiterverwenden (Was entfernen, Wie Relais ansteuern, Einlesen von Komponenten)	Besprechung	Andy / Kevin	Ja (A.Holzer)	15.10.2025
26	erledigt	11.10.2025	hoch	Frage	Meilenstein Aufbau besprechen	Besprechung	Andy / Kevin	Ja (A.Holzer)	15.10.2025
27	erledigt	11.10.2025	hoch	Frage	Termin Präsentation	Besprechung	Andy / Kevin	Ja (A.Holzer)	01.12.2025
28	erledigt	11.10.2025	hoch	Frage	Fertige Version Kaffeemaschine (Counter)	Besprechung	Andy / Kevin	Ja (A.Holzer)	15.10.2025
29	erledigt	11.10.2025	hoch	Frage	Dokumentation von Codierung	Besprechung	Andy / Kevin	Ja (A.Holzer)	15.10.2025
30	erledigt	19.10.2025	hoch	Frage	Motor immer in Nothalt	Besprechung	Andy / Kevin	Ja (A.Holzer)	21.10.2025

Tabelle 4: Offene Punkte-Liste

4.4 Ressourcenplanung

Die erfolgreiche Durchführung eines Projekts hängt massgeblich von einer ausgewogenen Planung und Bereitstellung der zentralen Ressourcen ab. Im Projektmanagement spricht man hierbei oft vom sogenannten «magischen Dreieck» des Projektleiters, das aus den drei Dimensionen Personalressourcen, Sachressourcen und Finanzressourcen besteht. Diese drei Bereiche stehen in einem engen Zusammenhang und beeinflussen sich gegenseitig. Veränderte Verfügbarkeiten bei Personal, Material oder Budget wirken sich direkt auf den Projekterfolg aus.

4.4.1 Personalressourcen

Im Bereich der Personalressourcen besteht das Kernteam aus uns beiden Projektleitern Andreas Gabriel und Kevin Lorber. Begleitet werden wir von unserem Betreuer Andreas Holzer, der uns bei wichtigen Entscheidungen und fachlichen Fragen unterstützt. Bei Bedarf ziehen wir zudem externe Experten oder Sponsoren hinzu, beispielsweise für Themen wie Lebensmittelhygiene oder spezialisierte Elektronik. Wir arbeiten in der Regel abends und an den Wochenenden am Projekt. In den letzten sechs Wochen vor der Abgabe nutzen wir zusätzlich die Donnerstage, da in dieser Zeit kein Unterricht mehr stattfindet. Falls nötig, nehmen wir uns an Freitagen frei oder legen eine Woche Ferien ein, um intensiv an der Arbeit weiterzuarbeiten und den Endspurt optimal zu gestalten. Die persönliche Arbeitszeit umfasst neben der eigentlichen Entwicklung auch Planung, Dokumentation, Montage, Integration, Test, Präsentation sowie die Abstimmung im Team und mit dem Betreuer.

4.4.2 Sachressourcen

Die Sachressourcen setzen sich aus einer Vielzahl von Materialien, Werkzeugen und technischer Infrastruktur zusammen. Dazu zählen mechanische Komponenten wie Aluminiumprofile, der Arbeitstisch, Gehäuseteile und Befestigungsmaterialien. Im Bereich Elektronik werden Motoren, Sensoren, Steuerungen wie Raspberry Pi und Mikrocontroller, Platinen und Netzteile benötigt. Für die Getränketechnik sind Ventile, lebensmitteltaugliche Schläuche, CO₂-Flaschen, Kühlschränke und eine Eiswürfelmaschine vorgesehen. Ergänzend kommen Spezialwerkzeuge, Kabel, Steckverbinder, Displays, Taster sowie Branding-Material für das Logo hinzu.

Für die praktischen Arbeiten stehen uns zahlreiche Maschinen, Messgeräte und eine gut ausgestattete Werkstatt zur Verfügung. Diese können wir überwiegend bei Kevin zuhause nutzen. Die meisten Maschinen stammen aus unserem privaten Besitz. Ergänzend verwenden wir, wo nötig, auch Maschinen und Geräte von unserem Arbeitgeber. Für die Softwareentwicklung und Dokumentation verwenden wir eigene Rechner, spezialisierte Software und digitale Kommunikationsmittel wie Teams, E-Mail und WhatsApp.

4.4.3 Finanzressourcen

Die Finanzressourcen sind durch ein maximales Budget von 3'000 CHF begrenzt, welches sämtliche Material-, Werkzeug-, Versand- und Betriebskosten abdeckt. Zur Entlastung des Budgets bemühen wir uns um Sponsoring und Sachspenden durch Partnerfirmen. Die Kosten werden laufend kontrolliert und bei Abweichungen entsprechend angepasst. Für unvorhergesehene Ausgaben und Ersatzteile halten wir finanzielle Reserven bereit, um die Projektumsetzung nicht zu gefährden.

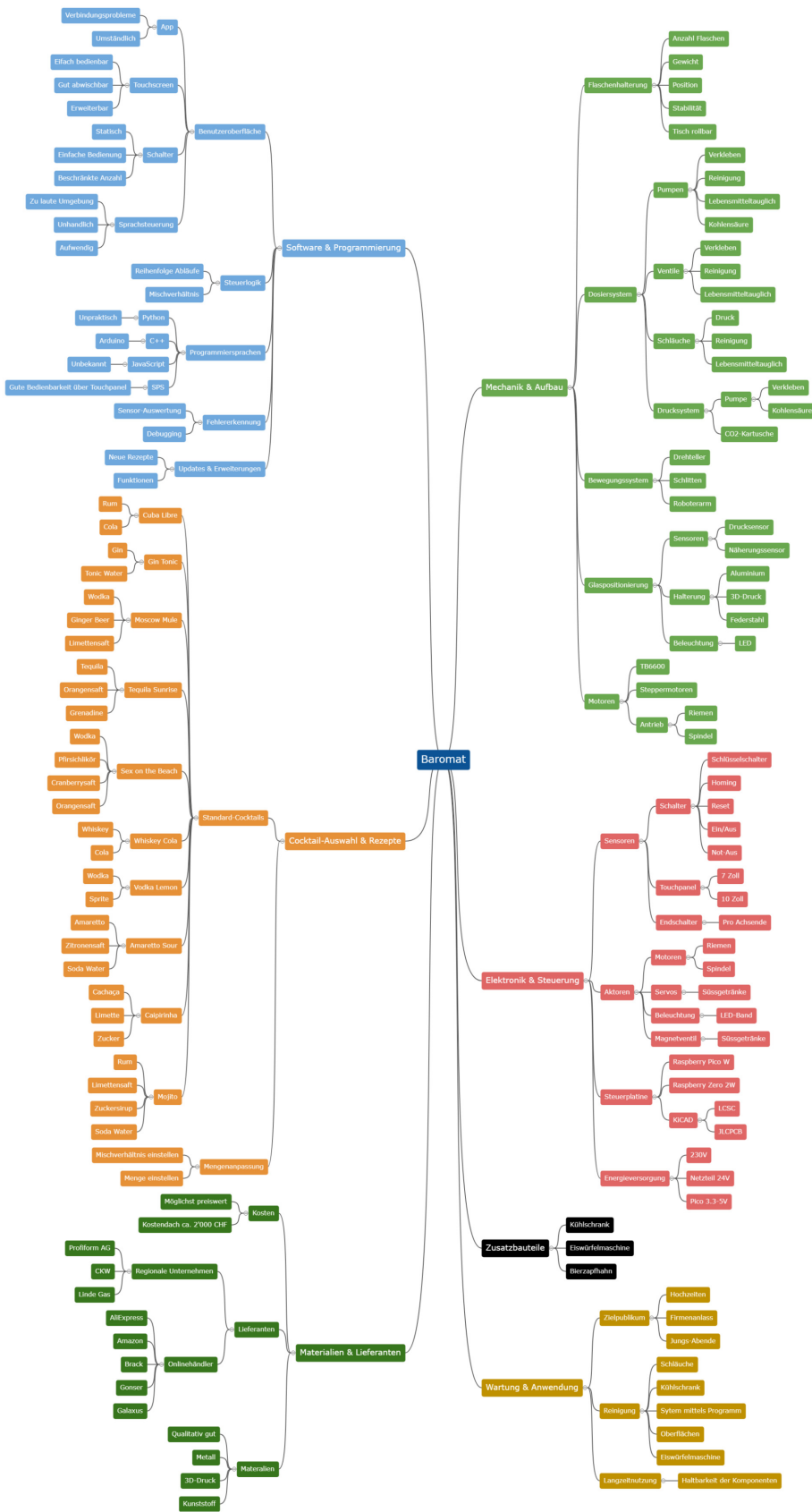
5 Projektrealisierung

In diesem Kapitel haben wir zunächst ein Mind-Map erstellt, um unsere Ideen für den Bar-Roboter zu sammeln und zu strukturieren. Anschliessend haben wir einen morphologischen Kasten entwickelt, um aus den gesammelten Ideen drei konkrete Varianten zu erarbeiten. Die Kriterien zur Bewertung der Varianten wurden durch den Einsatz einer Kreativitätstechnik definiert und mit der Präferenzmatrix gewichtet. Um die optimale Lösung für unseren Bar-Roboter zu finden, haben wir die Varianten mithilfe einer Nutzwertanalyse bewertet. Abschliessend wurden die Kriteriengewichtung und die Auswahl der besten Variante durch Sensitivitätsanalysen nochmals überprüft.

5.1 Kreativitätsmethoden

Um innovative Lösungen für unser Projekt zu entwickeln, haben wir verschiedene Kreativitätsmethoden eingesetzt. Zunächst haben wir ein Mind-Map erstellt, um unsere Ideen und Anforderungen strukturiert zu sammeln und erste Zusammenhänge sichtbar zu machen. Im Anschluss daran kam ein morphologischer Kasten zum Einsatz, mit dem wir unterschiedliche Lösungsansätze systematisch kombinieren und bewerten konnten. Diese Methoden haben uns geholfen, kreative Ansätze zu entwickeln und die besten Konzepte für unseren Bar-Roboter auszuwählen.

5.1.1 Mind-Map




Formel 4: Mind-Map


5.1.2 Morphologischer Kasten

Der morphologische Kasten hat uns geholfen, die verschiedenen Funktionen und Eigenschaften unseres Bar-Roboters übersichtlich darzustellen und mögliche Varianten zu entwickeln. Dafür haben wir die Hauptfunktionen, wie zum Beispiel das Bewegungssystem, die Dosiertechnik oder die Visualisierung, in einzelne Teilaspekte unterteilt. Zu jedem Aspekt haben wir mehrere Optionen ausgearbeitet, die wir dann zu verschiedenen Kombinationen zusammengefügt haben.

Um dies möglichst effizient umzusetzen, haben wir den morphologischen Kasten in Excel erstellt. Dadurch konnten wir die unterschiedlichen Kombinationen klar strukturieren und visuell hervorheben. Am Ende haben wir drei konkrete Varianten definiert, die wir farblich in Orange, Blau und Grün unterteilt haben. Diese Varianten unterscheiden sich in ihrer Funktionalität, ihrem Design und ihrer Technik.

Funktion:	Option 1:	Option 2:	Option 3:	Option 4:
Bewegungssystem	Roboterarm	Drehteller	Linearschlitten	Keine Bewegung (fest)
Dosiersystem	Peristaltikpumpen	Schwerkraft mit Ventilen	Aquariumpumpe	CO2-Kartusche
Steuerung	Touchscreen	Smartphone-App	Sprachsteuerung	Mechanische Knöpfe
Visualisierung	Bild	Schrift	Nummerierung	Keine
Cocktail-Auswahl	Vorprogrammierte Rezepte	Mengenanpassung	Stärkeanpassung	Zufallsgenerator
Design	Modern (minimalistisch)	Retro (Holz und Metall)	Futuristisch (LEDs, Glas)	Kompakt und funktional
Materialien	Kunststoff (3D-Druck)	Edelstahl	Holz	Aluminium
Reinigung	Automatisches Spülsystem	Abnehmbare Teile	Manuelle Reinigung	Spülmaschinetauglich
Glaserkennung	Mechanischer Schalter	Infrarot	Näherungsschalter	Waage
Zutatenanzahl	5 Flaschen	8 Flaschen	10 Flaschen	12 Flaschen
Mischtechnik	Direkt im Glas (keine)	Shaker-System	Rührmechanismus	Externe Mischstation
Eiswürfelerzeugung	Automatischer Eiswürfelspender	Manueller Eisbehälter	Keine Eisfunktion	Crushed-Eis-System
Beleuchtung	Statische LEDs	Farbwechselnde LEDs	Beleuchtung pro Zutat	Keine Beleuchtung
Zutatenkühlung	Keine Kühlung	Kühltaschen	Kühlschrank	Separate Kühlmodule
Transportfähigkeit	Steckbar	Stationär	Klappbar	Rollbar








Tabelle 5: Morphologischer Kasten

5.2 Variantenbildung

In den folgenden Unterkapiteln stellen wir unsere drei entwickelten Varianten vor, die wir basierend auf den Ergebnissen aus dem morphologischen Kasten definiert haben. Jede der drei Varianten hat dazu einen passenden Titel erhalten.

5.2.1 Kurzbeschreibung der Variante 1 «MixMaster Lite»

Die Variante «MixMaster Lite» vereint Funktionalität, Zuverlässigkeit und ein platzsparendes Design in einer durchdachten Lösung. Dieser Bar-Roboter wurde speziell für kleinere Anwendungsbereiche entwickelt, ohne dabei auf die wichtigsten Features zu verzichten. Das Herzstück des Systems ist der Drehteller, der die Zutaten effizient positioniert, während Peristaltikpumpen eine präzise Dosierung gewährleisten. Die Steuerung erfolgt über robuste mechanische Knöpfe, die eine intuitive und zuverlässige Bedienung ermöglichen. Unterstützt wird dies durch übersichtliche Beschriftungsfelder, die den Benutzer sicher durch den Zubereitungsprozess führen. Dank vorprogrammierter Rezepte können Cocktails schnell und mühelos gemischt werden, was ideal für Einsteiger und Profis gleichermaßen ist.

Das Design des «MixMaster Lite» ist bewusst schlicht und funktional gehalten, was ihn sowohl optisch ansprechend als auch praktisch in der Handhabung macht. Die Verwendung von hochwertigem Edelstahl sorgt nicht nur für eine moderne Optik, sondern auch für eine hohe Langlebigkeit und Hygiene. Besonders praktisch ist, dass alle relevanten Teile spülmaschinen-tauglich sind, was die Reinigung schnell und unkompliziert macht. Die Glaserkennung erfolgt über einen mechanischen Schalter, welcher direkt unter dem Glashalter platziert ist. Mit Platz für fünf Flaschen bietet der «MixMaster Lite» eine gute Auswahl an Zutaten, ohne dabei überladen zu wirken.

Ein integrierter Rührmechanismus sorgt dafür, dass die Zutaten gleichmässig vermischt werden, was die Qualität der Cocktails garantiert. Auf eine Eisfunktion und aktive Kühlung wurde bewusst verzichtet, um den Energieverbrauch zu minimieren und die Handhabung zu vereinfachen. Dennoch sorgt die statische LED-Beleuchtung für eine dezente und angenehme Atmosphäre, die den praktischen Charakter des Geräts unterstreicht.

Ein weiteres Highlight des «MixMaster Lite» ist seine steckbare Bauweise, die ihn besonders flexibel macht. Ob zu Hause, bei einer Veranstaltung oder in einer kleinen Bar, der Bar-Roboter lässt sich mühelos transportieren und an verschiedenen Orten einsetzen. Mit seiner Kombination aus einfacher Bedienung, robuster Bauweise und energieeffizientem Betrieb ist der «MixMaster Lite» die perfekte Wahl für alle, die eine zuverlässige und platzsparende Lösung für die Cocktailzubereitung suchen.

5.2.2 Kurzbeschreibung der Variante 2 «Futuristischer Mixer»

Die Variante «Futuristischer Mixer» steht für ein innovatives und visionäres Konzept, das durch modernste Technologie und ein einzigartiges Design begeistert. Dieser Bar-Roboter setzt auf einen präzisen Roboterarm als Bewegungssystem, der in Kombination mit einer Aquariumpumpe eine exakte Dosierung der Zutaten garantiert. Die Steuerung erfolgt bequem und intuitiv über eine Smartphone-App, die dem Nutzer volle Kontrolle über die Zubereitung bietet. Unterstützt wird dies durch eine klare Visualisierung in Form von Bildern der Getränke, die den Bedienprozess noch einfacher machen. Dank der Möglichkeit zur Mengenanpassung können Drinks individuell auf die Wünsche der Gäste abgestimmt werden, was diese Variante besonders flexibel macht.

Das Design des «Futuristischen Mixers» ist ein echter Hingucker. Geprägt von hochwertigen Glas- und LED-Elementen strahlt der Bar-Roboter eine futuristische Eleganz aus, die ihn in jeder Umgebung zum Mittelpunkt macht. Der Einsatz von Kunststoff aus dem 3D-Druck ermöglicht eine wirtschaftliche und flexible Produktion, ohne dabei Kompromisse bei der Qualität einzugehen. Mit Platz für zwölf Flaschen bietet der «Futuristische Mixer» eine beeindruckende Auswahl an Zutaten, die durch separate Kühlmodule stets frisch gehalten werden.

Auch in technischer Hinsicht lässt der «Futuristische Mixer» keine Wünsche offen. Ein automatisches Spülsystem sorgt für eine mühelose Reinigung, während eine integrierte Waage die Gläser präzise erkennt und so für perfekte Ergebnisse und Mischverhältnisse sorgt. Das Shaker-System garantiert optimal gemischte Cocktails, während der automatische Eiswürfelpender die Zubereitung noch komfortabler macht. Die Beleuchtung pro Zutat setzt nicht nur optische Highlights, sondern schafft auch ein beeindruckendes Erlebnis, das jeden Drink zu etwas Besonderem macht.

Dank seiner stationären Bauweise ist der «Futuristische Mixer» ideal für den Einsatz an festen Standorten geeignet, sei es in einer Bar, einem Restaurant oder bei exklusiven Veranstaltungen. Mit seiner Kombination aus technologischem Fortschritt, edlem Design und Benutzerfreundlichkeit setzt diese Variante neue Maßstäbe in der Welt der automatisierten Cocktailzubereitung.

5.2.3 Kurzbeschreibung der Variante 3 «Allrounder»

Die Variante «Allrounder» vereint modernes Design, Mobilität und Benutzerfreundlichkeit in einer durchdachten Lösung. Dieser Bar-Roboter wurde speziell entwickelt, um sich flexibel an unterschiedliche Einsatzorte anzupassen und dabei die Funktionalität zu bewahren. Das Herzstück bildet ein Linearschlitten, der für präzise Bewegungen sorgt. Die Dosierung der Getränke erfolgt effizient und genau mithilfe einer CO₂-Kartusche. Die Steuerung wird über einen intuitiven Touchscreen mit klaren Bilddarstellungen ermöglicht. Vorprogrammierte Rezepte erlauben es, Cocktails schnell und ohne Vorkenntnisse zuzubereiten, was den «Allrounder» zu einer idealen Wahl für jede Gelegenheit macht.

Das Design des «Allrounders» ist minimalistisch und modern gehalten. Aluminium als Hauptmaterial verleiht dem Gerät nicht nur eine elegante Optik, sondern sorgt auch für Robustheit und ein geringes Gewicht. Die Reinigung erfolgt manuell und ist dank der einfachen sowie durchdachten Bauweise schnell und unkompliziert. Die Glaserkennung erfolgt über einen Näherungsschalter, welcher einen Betrieb ohne Glas verhindert. Mit Platz für acht Flaschen bietet diese Variante eine breite Auswahl an Zutaten, die direkt im Glas gemischt werden. Zusätzliche Mechanismen entfallen, was den Prozess besonders effizient macht.

Ein manueller Eisbehälter ergänzt die Funktionalität und ermöglicht die einfache Bereitstellung von Eiswürfeln. Farbwechselnde LEDs schaffen eine stimmungsvolle Beleuchtung, die den Zubereitungsprozess optisch aufwertet. Der integrierte Kühlschrank sorgt dafür, dass die Zutaten stets frisch und einsatzbereit bleiben.

Ein besonderes Highlight des «Allrounders» ist seine rollbare Bauweise, die ihn extrem flexibel macht. Egal ob in einer Bar, bei Veranstaltungen oder im privaten Bereich, der Bar-Roboter lässt sich mühelos an verschiedenen Orten einsetzen. Mit seiner Kombination aus Mobilität, modernem Design und fortschrittlicher Technik ist der «Allrounder» die perfekte Lösung für alle, die eine vielseitige und stilvolle Option für die Cocktailzubereitung suchen.

5.3 Evaluation der geeignetsten Variante

Damit die passendste Variante unseres Bar-Roboters präsentiert und weiterentwickelt werden kann, ist eine gründliche Evaluierung erforderlich. Um sicherzustellen, dass diese Evaluierung so objektiv wie möglich erfolgt, werden die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt, um die optimale Variante unseres Bar-Roboters zu identifizieren.

5.3.1 Variantenbewertung Kriterien

- a) Mobilität / Flexibilität
- b) Benutzerfreundlichkeit
- c) Design
- d) Kosten
- e) Zuverlässigkeit
- f) Entwicklungsaufwand
- g) Technische Machbarkeit
- h) Vorhandene Ressourcen
- i) Effizienz
- j) Reinigung / Hygiene

5.3.1.1 Begründung der Kriterien

a) Mobilität / Flexibilität:

Mobilität und Flexibilität sind entscheidend, um ein Produkt vielseitig einsetzbar zu machen. Dies ermöglicht eine Anwendung an unterschiedlichen Einsatzorten und erweitert das Zielpublikum.

b) Benutzerfreundlichkeit:

Benutzerfreundlichkeit sorgt dafür, dass ein Produkt intuitiv und einfach bedient werden kann. Dies reduziert die Einarbeitungszeit, minimiert Fehler und erhöht die Zufriedenheit der Nutzer.

c) Design:

Ein ansprechendes und funktionales Design ist wichtig, um sowohl die ästhetischen Ansprüche der Nutzer zu erfüllen als auch die Bedienung und Handhabung zu erleichtern.

d) Kosten:

Die Kosten spielen eine zentrale Rolle bei der Entscheidungsfindung, da sie die Wirtschaftlichkeit eines Produkts bestimmen. Eine gute Balance zwischen Qualität und Preis ist entscheidend, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

e) Zuverlässigkeit:

Zuverlässigkeit gewährleistet, dass ein Produkt über einen längeren Zeitraum hinweg stabil und fehlerfrei funktioniert. Dies ist essenziell, um das Vertrauen der Nutzer zu gewinnen und langfristige Nutzung sicherzustellen.

f) Entwicklungsaufwand:

Der Entwicklungsaufwand beeinflusst die Umsetzbarkeit eines Projekts. Ein realistischer Aufwand sorgt dafür, dass Ressourcen effizient genutzt werden und das Projekt in einem angemessenen Zeitrahmen abgeschlossen werden kann.

g) Technische Machbarkeit:

Die technische Machbarkeit ist ein Grundpfeiler jeder Produktentwicklung. Sie stellt sicher, dass die geplanten Funktionen und Anforderungen mit den verfügbaren Technologien umgesetzt werden können.

h) Vorhandene Ressourcen:

Die Berücksichtigung vorhandener Ressourcen, wie Materialien, Technologien und Know-how, ermöglicht eine effiziente Umsetzung und vermeidet unnötige zusätzliche Investitionen.

i) Effizienz:

Effizienz ist ein zentrales Kriterium, um die Leistung eines Produkts zu maximieren und den Ressourcenverbrauch zu minimieren. Dies trägt zur Nachhaltigkeit und Benutzerfreundlichkeit bei.

j) Reinigung / Hygiene:

Reinigung und Hygiene sind essenziell, um die Funktionalität und Sicherheit eines Produkts langfristig zu gewährleisten. Eine einfache Reinigung erhöht die Benutzerzufriedenheit und die Langlebigkeit des Produkts.

5.3.2 Variantenbewertung

5.3.2.1 Präferenzmatrix

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	Anzahl
a		b	a	d	e	a	g	h	a	j	9
b			b	d	e	b	g	h	b	j	8
c				d	e	c	g	h	i	j	7
d					e	d	g	h	d	j	6
e						e	e	e	e	j	5
f							g	h	i	j	4
g								g	g	j	3
h									h	h	2
i										j	1
j											0
Nennungen:	3	4	1	5	8	0	7	7	2	8	45
Rang:	7	6	9	5	1	10	3	3	8	1	
Prozent:	6.67%	8.89%	2.22%	11.11%	17.78%	0.00%	15.56%	15.56%	4.44%	17.78%	100.00%

- a) Mobilität / Flexibilität
- b) Benutzerfreundlichkeit
- c) Design
- d) Kosten
- e) Zuverlässigkeit
- f) Entwicklungsaufwand
- g) Technische Machbarkeit
- h) Vorhandene Ressourcen
- i) Effizienz
- j) Reinigung / Hygiene

Tabelle 6: Präferenzmatrix

5.3.2.2 Nutzwertanalyse

Kriterien	Gewichtung	Variante 1 MixMaster Lite		Variante 2 Futuristischer Mixer		Variante 3 Allrounder	
		TN	GTN	TN	GTN	TN	GTN
a) Mobilität / Flexibilität	6.67%	3	20.00	1	6.67	2	13.33
b) Benutzerfreundlichkeit	8.89%	2	17.78	1	8.89	3	26.67
c) Design	2.22%	1	2.22	3	6.67	2	4.44
d) Kosten	11.11%	3	33.33	1	11.11	2	22.22
e) Zuverlässigkeit	17.78%	2	35.56	1	17.78	3	53.33
f) Entwicklungsaufwand	0.00%	2	0.00	1	0.00	3	0.00
g) Technische Machbarkeit	15.56%	2	31.11	1	15.56	3	46.67
h) Vorhandene Ressourcen	15.56%	2	31.11	1	15.56	3	46.67
i) Effizienz	4.44%	2	8.89	3	13.33	1	4.44
j) Reinigung / Hygiene	17.78%	1	17.78	3	53.33	2	35.56
Gesamtnutzen	100.00%		197.78		148.89		253.33

Tabelle 7: Nutzwertanalyse

5.3.2.3 Ergebnis aus Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse

Gemäss der Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse sind wir zum Entschluss gekommen, dass die Variante 3 «Allrounder» die beste Wahl ist. Diese Variante überzeugt durch ihre hohe Zuverlässigkeit, technische Machbarkeit und effiziente Nutzung vorhandener Ressourcen. Sie bietet eine ausgewogene Lösung, die ohne grosse Hindernisse umgesetzt werden kann und dabei alle wichtigen Kriterien hervorragend erfüllt.

Im Vergleich zu den anderen Varianten zeigt die Variante 3 die höchste Benutzerfreundlichkeit, während sie gleichzeitig durch einfache Reinigung und hohe Hygiene punktet. Das Risiko bei der Umsetzung ist kalkulierbar, und die Vielseitigkeit dieser Variante ermöglicht eine breite Einsatzfähigkeit.

5.3.3 Sensitivitätsanalyse

5.3.3.1 Präferenzmatrix Sensitivitätsanalyse

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	Anzahl
a		b	a	a	e	a	g	h	a	j	9
b			b	b	e	b	g	h	b	j	8
c				d	e	c	g	h	i	j	7
d					e	d	g	h	i	j	6
e						e	e	e	e	j	5
f							g	h	i	j	4
g								g	g	j	3
h									h	j	2
i										j	1
j											0
Nennungen:	4	5	1	2	8	0	7	6	3	9	45
Rang:	6	5	9	8	2	10	3	4	7	1	
Prozent:	8.89%	11.11%	2.22%	4.44%	17.78%	0.00%	15.56%	13.33%	6.67%	20.00%	100.00%

- a) Mobilität / Flexibilität
- b) Benutzerfreundlichkeit
- c) Design
- d) Kosten
- e) Zuverlässigkeit
- f) Entwicklungsaufwand
- g) Technische Machbarkeit
- h) Vorhandene Ressourcen
- i) Effizienz
- j) Reinigung / Hygiene

Tabelle 8: Präferenzmatrix Sensitivitätsanalyse

5.3.3.2 Nutzwertanalyse Sensitivitätsanalyse

Kriterien	Gewichtung	Variante 1 MixMaster Lite		Variante 2 Futuristischer Mixer		Variante 3 Allrounder	
		TN	GTN	TN	GTN	TN	GTN
a) Mobilität / Flexibilität	8.89%	3	26.67	1	8.89	2	17.78
b) Benutzerfreundlichkeit	11.11%	2	22.22	1	11.11	3	33.33
c) Design	2.22%	1	2.22	3	6.67	2	4.44
d) Kosten	4.44%	3	13.33	1	4.44	2	8.89
e) Zuverlässigkeit	17.78%	2	35.56	1	17.78	3	53.33
f) Entwicklungsaufwand	0.00%	2	0.00	1	0.00	3	0.00
g) Technische Machbarkeit	15.56%	2	31.11	1	15.56	3	46.67
h) Vorhandene Ressourcen	13.33%	2	26.67	1	13.33	3	40.00
i) Effizienz	6.67%	2	13.33	3	20.00	1	6.67
j) Reinigung / Hygiene	20.00%	1	20.00	3	60.00	2	40.00
Gesamtnutzen	100.00%		191.11		157.78		251.11

Tabelle 9: Nutzwertanalyse Sensitivitätsanalyse

5.3.3.3 Ergebnis aus Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse hat das Ergebnis bestärkt. Die Variante 3 «Allrounder» bleibt nach wie vor mit Abstand der Favorit, obwohl sie Punkte liegen gelassen hat. Die Lücke zwischen Variante 3 und dem Verfolger Variante 1 wurde grösser, was die Ergebnisse der Nutzwertanalyse weiter bestärkt.

6 Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

Im folgenden Kapitel haben wir die finale Variante «Allrounder» detailliert ausgearbeitet und unsere Ideen sowie Lösungsansätze umfassend beschrieben. Dabei lag der Fokus darauf, die technischen und mechanischen Aspekte der Umsetzung zu analysieren und mögliche Herausforderungen zu identifizieren.

Ein zentraler Bestandteil dieses Kapitels ist die strukturierte Betrachtung der einzelnen Bereiche, von der Mechanik über die Antriebstechnik bis hin zur Fördertechnik und Steuerung. Ergänzend dazu haben wir uns mit der Auswahl geeigneter Sensorik, Zusatzgeräte und Lieferanten beschäftigt, um ein vollständiges Konzept zu entwickeln.

Dieses Kapitel bildet die Grundlage für die weitere Planung und Umsetzung der Variante «Allrounder» und zeigt, wie wir die einzelnen Elemente durchdacht und aufeinander abgestimmt haben.

6.1 «Allrounder» ausgearbeitet

In diesem Kapitel haben wir uns intensiv mit der Variante «Allrounder» auseinandergesetzt und unsere Ideen sowie Überlegungen zu jedem einzelnen Unterkapitel festgehalten. Dabei lag der Fokus darauf, die verschiedenen Aspekte der Umsetzung detailliert zu durchdenken und mögliche Herausforderungen zu erkennen.

Zu jedem Bereich, sei es der mechanische Teil, die Antriebstechnik oder die Fördertechnik für Getränke, haben wir unsere Ansätze beschrieben und die identifizierten Probleme analysiert. Diese wurden schrittweise ausgearbeitet, um praktikable Lösungen zu entwickeln. Auch Themen wie Sensorik, Steuerung und Zusatzgeräte wurden sorgfältig betrachtet, um sicherzustellen, dass alle Anforderungen an die Variante erfüllt werden können.

Zudem haben wir uns mit der Auswahl geeigneter Lieferanten beschäftigt, um die Verfügbarkeit der benötigten Komponenten sicherzustellen. Dieses Kapitel bietet somit eine umfassende Grundlage, die unsere Herangehensweise an die Planung und Umsetzung der Variante «Allrounder» nachvollziehbar macht.

6.1.1 Mechanischer Teil

Im mechanischen Teil geht es um die grundlegenden Bauteile, die für den reibungslosen Betrieb unseres Bar-Roboters sorgen. Wir beschreiben hier, wie die Riemenführung, das Schienensystem und der Edeltahltisch aufgebaut sind und warum wir uns für diese Lösungen entschieden haben. Dabei zeigen wir, wie diese Komponenten zusammenarbeiten und welche Vorteile sie für unseren Roboter bieten.

6.1.1.1 Edeltahltisch

Für unseren Bar-Roboter benötigten wir eine stabile und hygienische Arbeitsgrundlage, die sowohl genügend Platz für alle Komponenten bietet als auch langlebig ist. Nach kurzer Recherche fiel unsere Wahl auf einen Edeltahltisch mit den Massen 1.5x0.6 Meter, den wir bei Gonser bestellt haben. Das Modell überzeugte uns nicht nur durch den attraktiven Preis, sondern auch durch die robuste Verarbeitung und die praktischen Eigenschaften, die Edelstahl mit sich bringt.



Abbildung 15: Edeltahltisch

Die Oberfläche des Tisches ist glatt und lässt sich einfach reinigen, was im Umgang mit Getränken und bei häufigem Kontakt mit Flüssigkeiten ein grosser Vorteil ist. Edelstahl ist zudem unempfindlich gegenüber Korrosion und mechanischen Belastungen, sodass wir uns keine Sorgen um Rost oder Abnutzung machen müssen.

Ein entscheidendes Detail für unser Projekt ist der Aufbau auf der Rückseite des Tisches. Dieser Bereich ist für uns besonders wichtig, da wir dort die gesamte Flaschenhalterungs-konstruktion befestigen müssen. Dadurch haben wir uns eine aufwändige Eigenkonstruktion erspart.

Mit einer Länge von 1.5 Metern haben wir ausreichend Platz, um zwei Kühlschränke unter dem Tisch unterzubringen und trotzdem noch genügend Raum für die Elektroverteilung und die Druckkomponenten zu haben. Die Breite von 60cm bietet genug Fläche für den Aufbau, ohne dass der Tisch zu viel Platz einnimmt oder im Weg steht. Die zusätzliche Ablage unter der Tischplatte war ebenfalls wichtig, damit Zusatzgeräte darauf deponiert und befestigt werden können.

Etwas schade ist, dass der Tisch keine Schwerlastrollen im Lieferumfang hat. Gerade für spätere Umbauten oder einen Standortwechsel wären solche Rollen sehr praktisch gewesen. Für den Anfang ist das aber kein grosses Problem und kann bei Bedarf später problemlos nachgerüstet werden.

6.1.1.2 Schienensystem

Beim Schienensystem haben wir uns bewusst für eine Lösung entschieden, die sowohl robust als auch alltagstauglich ist. Unsere bisherigen Erfahrungen mit Linearführungsschienen des Typs SBR aus dem Robotikprojekt waren durchweg positiv. Die Schienen liefen zuverlässig und haben sich auch unter Belastung als sehr langlebig erwiesen. Diese Praxiserfahrung hat unsere Entscheidung stark beeinflusst, sodass wir erneut auf den SBR-Typ gesetzt haben.



Abbildung 16: Schiene

Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

Allerdings stiessen wir bei der Beschaffung in der Schweiz schnell auf ein Problem: Die Preise für diese Schienen sind hierzulande überraschend hoch. Nach einigen Recherchen und Vergleichen haben wir uns deshalb entschieden, die Schienen direkt aus dem Ausland zu importieren. Dieser Schritt war zwar mit etwas mehr Aufwand verbunden, hat uns aber letztlich eine deutliche Kostenersparnis gebracht.

Beim Durchmesser der Schienen gibt es eine grosse Auswahl von filigranen 12mm bis zu massiven 25mm. Wir wollten eine Lösung, die ausreichend Stabilität bietet, ohne den Aufbau unnötig klobig wirken zu lassen. Nach einigem Abwägen haben wir uns für die 16mm Variante entschieden. Diese Grösse ist aus unserer Sicht ideal und sorgt für einen guten Kompromiss zwischen Stabilität und einem schlanken Erscheinungsbild.

Ein grosser Vorteil dieser Schiene ist, dass sie erhöht fährt. Dadurch gewinnen wir etwas Abstand zum Tisch, was die Konstruktion des Schlittens deutlich vereinfacht. So bleibt unter der Schiene genügend Platz, um beispielsweise einen Sensor oder ein Kabel problemlos hindurchzuführen. Das eröffnet uns zusätzliche Möglichkeiten für die spätere Erweiterung oder Anpassung des Systems.

Auch die Länge der Schiene musste gut überlegt sein. Da wir den Edeltahltisch bereits in einer Länge von 1.5m bestellt hatten, wollten wir das Schienensystem optimal darauf abstimmen. Gleichzeitig war uns wichtig, genug Spielraum für spätere Erweiterungen zu lassen, ohne jetzt schon Platz zu verschenken. Deshalb haben wir die Schiene ebenfalls in der gleich langen Variante gewählt. Praktischerweise waren die passenden Gleitblöcke beim Lieferumfang direkt dabei, sodass wir sofort mit dem Aufbau starten konnten.

6.1.1.3 Riemenführung

Für die Riemenführung unseres Bar-Roboters streben wir eine Lösung an, die sowohl präzise arbeitet als auch möglichst wartungsarm ist. Nach unseren guten Erfahrungen im Plotterprojekt planen wir, auf jeder Aussenseite der Laufschiene einen eigenen Zahnriemen zu installieren. Damit möchten wir eine gleichmässige und zuverlässige Bewegung des Schlittens über die gesamte Länge des Systems erreichen.

Als Riemen haben wir den Typ GT2 vorgesehen, da dieser sich durch seine feine Zahnteilung besonders für Anwendungen eignet, bei denen es auf Genauigkeit und Laufruhe ankommt. Zudem ist der GT2 weit verbreitet und die passenden Komponenten wie Zahnräder, Umlenkrollen und Riemenspanner sind einfach erhältlich. Um eine einheitliche und problemlose Montage zu ermöglichen, haben wir alle Bauteile gezielt nach diesem Typ ausgewählt und beschafft.



Abbildung 17: Zahnriemen

Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

Die Spannung der Riemen ist ein entscheidender Faktor für die Funktion und Langlebigkeit des Systems. Deshalb planen wir, auf einer Seite sogenannte Riemenspanner zu integrieren. Diese Umlenkrollen lassen sich individuell über eine Stellschraube einstellen und sollen dafür sorgen, dass der Zahnriemen immer optimal gespannt ist. Das verhindert nicht nur ein Durchrutschen, sondern reduziert auch Abnutzung und Verschleiss der Komponenten. Die Montage der Riemenspanner soll so ausgelegt sein, dass wir die Spannung jederzeit nachjustieren können, ohne die gesamte Konstruktion zerlegen zu müssen.



Abbildung 18: Riemenspanner

Auf der gegenüberliegenden Seite wird sich der Antrieb des Systems befinden. Um die Kraft vom Motor effizient und materialschonend auf das Gestänge zu übertragen, möchten wir Wellenkupplungen verbauen. Diese Kupplungen sind speziell dafür ausgelegt, keine radialen Kräfte auf den Motor zu übertragen, was wichtig ist, um den Motor vor unnötiger Belastung zu schützen und seine Lebensdauer zu erhöhen. Die Wellenkupplungen sorgen für eine spielfreie Verbindung zwischen Motor und Gestänge und gleichen kleine Montagefehler aus.



Abbildung 19: Wellenkupplung

Das Gestänge, das die Bewegung überträgt, soll auf jeder Seite mit zwei Lagerböcken abgestützt werden. Diese Lager nehmen die Zug- und Druckkräfte auf und verhindern, dass Belastungen auf den Motor wirken. So wird die Kraft sauber und zuverlässig auf den Zahnriemen übertragen. Die Lagerböcke sollen so positioniert werden, dass das Gestänge stabil läuft und keine unerwünschten Bewegungen oder Vibrationen entstehen.



Abbildung 20: Lagerböcke

Zwischen den beiden Gestängen ist vorgesehen, ein Zahnrad zu befestigen, über das die Kraft des Motors direkt auf den Zahnriemen übertragen wird. Dieses Zahnrad soll ebenfalls vom Typ GT2 sein und exakt zum verwendeten Riemen passen. Die Kombination aus Zahnrad und Zahnriemen soll für eine präzise und verlustarme Kraftübertragung sorgen, sodass der Schlitten gleichmässig und kontrolliert bewegt werden kann.



Abbildung 21: Zahnrad

6.1.1.4 Aufbauprofile Rückwand

Für die Konstruktion der Rückwand, auf der die Flaschenkonstruktion montiert wird, haben wir uns bewusst für Aluminiumprofile entschieden. Solche Profile werden häufig im Maschinenbau und insbesondere beim Bau von 3D-Druckern eingesetzt, da sie flexibel, stabil und einfach zu verarbeiten sind. Nach sorgfältiger Abwägung verschiedener Profiltypen fiel die Wahl auf das 2233-Profil. Dieses Profil bietet ein gutes Verhältnis zwischen Stabilität und Kompaktheit. Es ist ausreichend robust, um das Gewicht der Flaschen sicher zu tragen, bleibt aber dennoch platzsparend und wirkt nicht zu massiv.

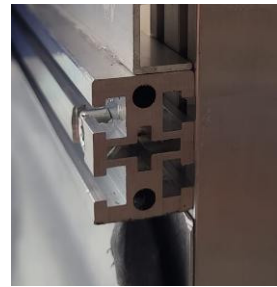


Abbildung 22: Aluprofil

Ein weiterer entscheidender Vorteil dieser Profile liegt in ihrer Bearbeitungsfreundlichkeit. Sie lassen sich problemlos mittig bohren, sodass wir bei der Montage und beim Anbringen weiterer Bauteile maximale Flexibilität behalten. Dadurch können wir Anpassungen und Erweiterungen auch noch im späteren Projektverlauf vornehmen, ohne uns bereits zu Beginn auf eine endgültige Ausführung festlegen zu müssen.

Optisch haben wir uns für die Hochglanzvariante der Profile entschieden. Diese passt sehr gut zum verwendeten Chromstahl und sorgt für ein stimmiges, hochwertiges Erscheinungsbild der gesamten Konstruktion. Die Kombination aus Funktionalität, Flexibilität und ansprechender Optik macht die Aluminiumprofile zur idealen Wahl für dieses Projekt.

6.1.2 Stromversorgung

Die Planung der Stromversorgung für unseren Bar-Roboter war ein wichtiger Punkt, da wir eine möglichst flexible und universell einsetzbare Lösung anstreben. Unser Ziel ist es, dass der Roboter an möglichst vielen Orten betrieben werden kann, ohne dass spezielle Stromanschlüsse oder aufwändige Installationen notwendig sind. Aus diesem Grund haben wir uns bewusst für einen einpoligen Anschluss mit 230V entschieden, der an jeder gängigen Haushaltssteckdose verwendet werden kann. Hätten wir stattdessen einen dreipoligen Anschluss mit 400V gewählt, wäre die Auswahl der möglichen Standorte deutlich eingeschränkt worden, da entsprechende Anschlüsse längst nicht überall verfügbar sind. Da die benötigte Leistung des Roboters nicht so gross ist, reicht der kleine Stecker auch komplett aus.

Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

Die Einspeisung erfolgt über ein Kabel mit einem Stecker T12 auf der einen Seite und einem C14-Stecker auf der anderen Seite. Letzterer wird in eine Buchse geführt, die zusätzlich mit einem Wippschalter ausgestattet ist. Ein wesentliches Sicherheitsmerkmal dieser Steckbuchse ist die integrierte 10A Feinsicherung, welche die gesamte Installation zuverlässig absichert und im Fehlerfall den Stromkreis unterbricht. Dadurch wird das Risiko von Schäden an den Komponenten oder gar gefährlichen Situationen deutlich reduziert. Die Stromzufuhr lässt sich zudem komfortabel und sicher über den Wippschalter ein- und ausschalten.



Abbildung 23: Steckbuchse

Alle Verbraucher, die 230V benötigen, werden intern über die Platine geschaltet und gezielt zu den jeweiligen Endgeräten geführt. Dazu zählen beispielsweise der Kühlschrank, das Magnetventil sowie die Eiswürfelmaschine. Um auch die Versorgung der Niedervolt-Komponenten sicherzustellen, verbauen wir einen Transformator, der die Netzspannung von 230VAC auf 24VDC umwandelt. So können auch alle elektronischen Bauteile und Steuerungen zuverlässig betrieben werden.



Abbildung 24: Trafo

Ein wichtiger Aspekt ist dabei der Gleichrichter, den wir direkt auf der Platine verwenden. Durch den Einsatz des Gleichrichters ist die Stromversorgung verpolungssicher, da Plus- und Minuspol immer korrekt zugeordnet werden, unabhängig davon, wie das Kabel angeschlossen wird. So vermeiden wir potenzielle Fehlerquellen durch eine falsche Polung und erhöhen die Betriebssicherheit des gesamten Systems.

Für die gezielte Steuerung der Stromzufuhr haben wir ein Multifunktionsrelais bestellt, das sowohl als Öffner wie auch als Schliesser betrieben werden kann. Dieses Relais kann flexibel entweder mit 230V oder mit 24V angesteuert werden. Dadurch sind wir bei der Auslegung der Steuerung besonders flexibel und können das Relais je nach Bedarf in unterschiedlichen Schaltungen einsetzen. Das Relais sorgt zudem dafür, dass beim Einstecken des Netzkabels nicht sofort alle Geräte gleichzeitig hochfahren, sondern die Einschaltreihenfolge gezielt und sicher gesteuert werden kann.



Abbildung 25: Relais

6.1.3 Antriebstechnik

6.1.3.1 Motorentreiber

Wir haben uns für den TB6600-Treiber entschieden, weil er die Ansteuerung der Schrittmotoren über Optokoppler realisiert. Dies sorgt für eine zuverlässige galvanische Trennung zwischen Steuerung und Leistungsteil und minimiert Störungen im System. Besonders praktisch ist, dass sich der TB6600 über Kippschalter direkt am Gehäuse schnell und unkompliziert regulieren lässt, etwa bei der Einstellung des Motorstroms oder der Schrittauflösung. Im Plotter-Projekt haben wir mit diesem Treiber bereits sehr gute Erfahrungen gemacht, sowohl hinsichtlich der einfachen Integration als auch der stabilen und präzisen Motoransteuerung. Für den Baromaten verwenden wir ausschliesslich Nema17-Schrittmotoren, dennoch ist es ein Vorteil, dass der TB6600 auch für leistungsstärkere Nema23-Motoren eingesetzt werden könnte. Die Kombination aus Optokoppler-Technik, einfacher Bedienung und flexibler Kompatibilität macht den TB6600 zur optimalen Wahl für unser Projekt.



Abbildung 26: TB6600

6.1.3.2 Motor X-Achse

Beim Motor haben wir uns erneut für das Modell entschieden, das wir bereits beim Plotter-Projekt erfolgreich eingesetzt haben. Es handelt sich um einen Schrittmotor der Marke Cloudray, Typ 17CS04A-170DE, bei dem die Achse beidseitig aus dem Motor geführt wird. Dadurch können wir zwei Riemen mit nur einem Motor antreiben, ohne eine aufwendige Zusatzkonstruktion bauen zu müssen, was sowohl Platz spart als auch die Montage vereinfacht. Der Motor bietet ein Haltemoment von bis zu 0.42Nm, was für die Anforderungen unseres Projekts vollkommen ausreicht. Das Gehäuse besteht aus sehr robustem Metall, wodurch der Motor auch bei längerem Betrieb und unter Belastung zuverlässig arbeitet. Die hohe Verarbeitungsqualität und die positiven Erfahrungen aus dem Plotter-Projekt haben unsere Entscheidung zusätzlich bestärkt, dieses Modell wieder einzusetzen. Dank des detaillierten Anschlussschemas und der guten Dokumentation wissen wir genau, wie der Stepper-Motor anzusteuern ist, was die Inbetriebnahme deutlich erleichtert. Zudem ist der Cloudray-Motor preislich attraktiv und weltweit gut verfügbar.



Abbildung 27: Motor Riemenantrieb

6.1.3.3 Motor Z-Achse

Für die Z-Achse haben wir das gleiche Produkt gewählt wie bei der Stifführung unseres Plotters. Hierbei handelt es sich um einen Nema11-Schrittmotor mit integriertem Spindeltrieb. Wir haben uns bewusst für die Variante mit einer 4-mm-Steigung entschieden. Das bedeutet, dass der Motor bei einer Umdrehung 4mm an Höhe gewinnt. Diese Übersetzung war uns wichtig, damit die Hubbewegung ausreichend schnell erfolgt und die Produktionszeit pro Getränk möglichst kurz bleibt. Zusätzlich haben wir die Version mit einem maximalen Fahrweg von 5cm gewählt, da der Bügel des Barbutlers nicht weiter bewegt werden muss und ein grösserer Hubweg unnötig wäre, sowie die kompakte Bauweise verunmöglichen würde. Ein grosser Vorteil des Spindeltriebs liegt darin, dass er selbsthemmend ist. Dadurch muss der Motor nicht permanent bestromt werden, um die Position zu halten, was Energie spart und die Erwärmung reduziert. Laut Datenblatt kann der Motor horizontal bis zu 5kg und vertikal maximal 1kg bewegen. Da wir aktuell nicht genau wissen, wie viel Kraft für das Betätigen des Barbutler-Ventils tatsächlich erforderlich ist, hoffen wir, dass diese Auslegung ausreichend dimensioniert ist. Sollte sich im Praxistest herausstellen, dass mehr Kraft benötigt wird, können wir dank des modularen Aufbaus problemlos auf eine stärkere Variante wechseln.



Abbildung 28: Spindelmotor

6.1.4 Fördertechnik Getränke

In diesem Kapitel widmen wir uns der Fördertechnik für Getränke, einem entscheidenden Aspekt des Bar-Roboter-Projekts. Die effiziente und zuverlässige Förderung von Flüssigkeiten ist wichtig, um eine reibungslose Bedienung und die Qualität der servierten Getränke sicherzustellen. Dadurch wird auch die Dosierung und das Mischverhältnis der Getränke optimiert. Wir gliedern dieses Kapitel in zwei Unterkategorien: Zunächst betrachten wir die Fördertechnik für alkoholische Getränke, gefolgt von der Technik für Süssgetränke. In den jeweiligen Unterkapiteln werden die spezifischen Anforderungen, Technologien und Lösungsansätze für die Förderung dieser unterschiedlichen Getränkekategorien detailliert erläutert.

6.1.4.1 Alkohol

Beim Thema Alkoholspender war uns relativ schnell klar, dass wir einen gewissen Showeffekt erzielen wollten. Da dies am besten mit aufgehängten, verkehrt herum platzierten Flaschen funktioniert, haben wir durch Internetrecherche rasch ein passendes System gefunden, das uns das beste Ergebnis verspricht. Angesichts der bereits gut funktionierenden Systeme und der Tatsache, dass die Ausschensventile ohnehin eingekauft werden mussten, haben wir uns entschieden, kein eigenes System nachzubauen, sondern direkt auf bewährte Lösungen zurückzugreifen. Diese Ventile sind in mehreren verschiedenen Grössen erhältlich, was uns die Flexibilität gibt, die für unsere Anforderungen passende Auswahl zu treffen.



Abbildung 29: Barbutler

Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Frage, welche Menge Alkohol für die Drinks am häufigsten benötigt wird. Nach der Recherche im Internet und in einem Longdrinkbuch sind wir zu dem Schluss gekommen, dass wir mit 3cl starten sollten. Im schlimmsten Fall können wir die Menge auf 6cl erhöhen, indem wir die Flasche einfach zweimal anfahren.

Zusätzlich haben wir uns für dieses System entschieden, weil es nicht nur die Benutzerfreundlichkeit und Effizienz erhöht, sondern auch die Möglichkeit bietet, verschiedene Getränke schnell und präzise auszuschenken. Der visuelle Effekt der aufgehängten Flaschen trägt zur Attraktivität des Bar-Roboters bei und sorgt für ein ansprechendes Erlebnis für die Gäste.

Ein weiterer Vorteil ist die einfache Reinigung des Systems. Die Konstruktion ermöglicht einen schnellen Zugang zu den Flaschen und Ventilen, wodurch der Reinigungsaufwand minimiert wird. Im Falle eines Defekts kann das Ausschensventil problemlos ausgetauscht werden, ohne dass das gesamte System demontiert oder entleert werden muss. Dies erhöht die Wartungsfreundlichkeit und reduziert Ausfallzeiten.

Darüber hinaus haben wir festgestellt, dass die Verwendung von bewährten Komponenten nicht nur die Sicherheit erhöht, sondern auch die Zuverlässigkeit des Systems gewährleistet. Diese Überlegungen haben uns letztendlich überzeugt, dass die gewählte Lösung die beste für unser Projekt ist.

Im Bild oben kann man sehr schön das ausgewählte Modell mit den acht Flaschenhaltungen erkennen. Die Flaschenhalterungen sind ebenfalls in verschiedenen Varianten erhältlich, auf dem Markt kann man zwischen einer und zehn Flaschen wählen. Wir haben uns an der ausgearbeiteten Variante orientiert und deshalb die Option mit acht Flaschen verwendet. Diese Auswahl ermöglicht es uns, eine angemessene Menge an Getränken für unseren Bar-Roboter bereitzustellen, ohne dass der Platzbedarf zu gross wird.

6.1.4.2 Süssgetränke

Beim Süssgetränk stellte sich die gesamte Konstruktion als schwieriger heraus als gedacht. Anfangs hatten wir die Idee, die Süssgetränke mittels einer normalen Pumpe aus den Flaschen im Kühlschrank zu fördern. Schnell wurde uns jedoch klar, dass diese Variante nicht in Frage kommt, da die Pumpe mit der Kohlensäure Probleme hat, indem sie Luft ansaugt und dadurch leerläuft. Zudem wäre die Reinigung bei dieser Lösung sehr mühsam oder teils sogar unmöglich. Lebensmitteltaugliche Pumpen sind zudem schwer erhältlich und, wenn sie verfügbar sind, oft zu teuer.

Unsere nächste Idee war, eine Pumpe aus dem medizinischen Bereich zu verwenden, ähnlich wie bei Dialysegeräten. Eine sogenannte peristaltische Pumpe wäre einfacher zu reinigen, da der Schlauch darin problemlos ausgetauscht werden kann. Allerdings blieb das Problem mit der Kohlensäure auch hier bestehen, und preislich lagen diese Pumpen in einer anderen Liga. Diese Idee wurde somit schnell verworfen.

Daraufhin überlegten wir, die Süssgetränkeflaschen nach dem gleichen Prinzip wie die Alkoholflaschen aufzuhängen. Hierbei stellte sich jedoch heraus, dass auch dies mit der Kohlensäure nicht wie gewünscht funktionierte und der Durchfluss selbst mit den grössten Ausschlenkventilen zu klein wäre. Es musste also eine Lösung gefunden werden, die es uns ermöglicht, die Flasche unter Druck zu setzen, sodass die Flüssigkeit mittels Überdruckes aus den Flaschen nach oben gedrückt wird.

Zunächst dachten wir an eine Luftpumpe, wie sie häufig für Aquarien verwendet wird. Diese Pumpen sind jedoch relativ laut und bringen nicht genügend Leistung, um konstant ausreichend Druck im System aufrechtzuerhalten. Zudem besteht das Problem, dass sie durchgängig laufen müssen. Wenn beispielsweise eine halbe Stunde lang keine Getränke aus dem Roboter konsumiert werden, könnte ein massiver Überdruck entstehen, der die Flaschen zum Bersten bringen könnte.

Um dieses Risiko zu vermeiden, zogen wir die Idee eines Kompressors in Betracht. Dieser könnte bei einem bestimmten Druck automatisch abgeschaltet werden und ausreichend Druck liefern. Allerdings muss der Kompressor unbedingt ölfrei arbeiten, da es sich um Lebensmittel handelt. Schnell wurde uns klar, dass solche Geräte unser Budget überschreiten würden. Auch ölfreie Kompressoren sind auf Plattformen wie Ricardo kaum erhältlich, und wenn doch, sind sie oft stark abgenutzt.

Ein Arbeitskollege von Andy, der selbst Bier braut, brachte uns schliesslich auf die Idee, es mit einer CO₂-Kartusche zu versuchen. Diese funktioniert nach einem ähnlichen Prinzip wie ein Kompressor, schaltet bei Überdruck automatisch ab und ermöglicht eine variable Druckeinstellung. Der grosse Vorteil besteht darin, dass sie gleichzeitig Kohlensäure produziert, wodurch die Qualität der Süssgetränke erhalten bleibt. Diese Lösung erschien uns als die vielversprechendste Option für unser Projekt.

6.1.4.2.1 Kohlendioxid

Bei der Lieferantensuche sind wir schnell auf die Firma Linde Gas gestossen, von der wir dank des Sponsorings eine Flasche BIOGON, also eine Flasche Kohlendioxid für Lebensmittel und Getränke, erhalten haben. Diese Unterstützung ist für unser Projekt von grosser Bedeutung, da sie uns ermöglicht, die Süssgetränke optimal mit Kohlensäure zu versorgen. Wir sind dankbar für die Zusammenarbeit mit Linde Gas, die uns nicht nur die benötigten Materialien bereitstellten, sondern auch unser Projekt aktiv unterstützt. Die Flasche werden wir mit einem Druckreduzierventil ausstatten, damit der Druck auf dem System geregelt werden kann. Als Halterung dafür haben wir eine Flaschenhalterung aus dem Campingbereich gekauft.



Abbildung 30: BIOGON

6.1.4.2.2 Luftverteiler

Nun blieb uns nur noch die Frage, wie wir das Gas aus der Gasflasche in unsere Süssgetränkeflaschen leiten können. Im Internet wurden wir schnell fündig und entdeckten einen Mehrfachverteiler, der über einzelne Kippschalter ein- und ausschaltbar ist. Dieser Ansatz bietet den Vorteil, dass beim Wechseln der Flasche der entsprechende Schalter umgelegt werden kann, wodurch kein Gas verschwendet wird, da es in die Umgebung geleitet wird. Damit wir sicherlich genügend Anschlüsse zur Verfügung haben, entschieden wir uns für einen 10-fach-Verteiler.



Abbildung 31: Luftverteiler

6.1.4.2.3 Flaschenübergang

Eine der grössten Herausforderungen war für uns, wie wir das Kohlendioxid in unsere Süssgetränke bringen und die Flüssigkeit anschliessend wieder aus der Flasche entnehmen können. Uns war wichtig, dass wir die originalen Flaschen verwenden können, damit kein Umfüllen nötig ist und dadurch keine hygienischen Nachteile entstehen. Wir sind deshalb zum Entschluss gekommen, dass wir ein Produkt benötigen, das entweder direkt auf die Flasche geschraubt



Abbildung 32: Anschlussnippel

werden kann oder in den originalen Flaschendeckel eingebaut wird. Da wir kein Produkt fanden, das für alle Flaschen geeignet ist, mussten wir auf die Variante des Direkteinbaus in einen originalen Deckel zurückgreifen. Hierzu verwendeten wir einen Regentonnenanschluss aus Messing mit einer passenden Gegenmutter. Der Plan war, Messingrohre in den Anschluss einzulöten, eines sehr kurz, für den CO₂-Anschluss, und eines bis auf den Flaschenboden, um das Getränk nach oben zu führen. Diese Konstruktion wird durch ein Loch im Deckel geführt und mit einem Dichtring zwischen Deckel und Messinganschluss zuverlässig abgedichtet. So konnten wir eine flexible und stabile Lösung realisieren, die den Einsatz der originalen Getränkeflaschen ermöglicht.

6.1.4.2.4 Ventil Luft

Das Luftventil musste mit 24VDC angesteuert werden können und absolut luftdicht sein. Wir haben uns deshalb für ein Magnetventil entschieden, das diese Anforderungen erfüllt. Das Ventil ist im Ruhezustand normalerweise geschlossen und wird nur während des Betriebs bestromt. Dies hat den Vorteil, dass wir lediglich dann ein Signal anlegen müssen, wenn das Süssgetränk fließen soll, wodurch Energie gespart und die Sicherheit erhöht wird. Das Ventilgehäuse besteht aus Aluminium, was Langlebigkeit und Hygiene gewährleistet. Zusätzlich verfügt das Ventil über einen IP-Schutzgrad von IP65, wodurch es auch für den Einsatz im nassen Bereich geeignet ist und nicht nur für Luft, sondern prinzipiell auch für Flüssigkeiten verwendet werden könnte. Am Ein- und Ausgang werden jeweils Messinghülsen mit Rohrschnellverschlüssen eingeschraubt, sodass die Luftschläuche schnell und einfach montiert oder demontiert werden können. Die Stromaufnahme des Ventils ist sehr gering, wodurch unser System kaum zusätzlich belastet wird. Dank der durchdachten Bauweise kann der elektrische Anschluss mit nur einer Schraube entfernt werden, sodass das Ventil bei Bedarf rasch ausgebaut und gereinigt werden kann. So bleibt das System dauerhaft sauber und hygienisch und ist gleichzeitig wartungsfreundlich.



Abbildung 33: Ventil Luft

6.1.4.2.5 Ventil Süssgetränke

Die Auswahl eines geeigneten Magnetventils stellte für uns eine grosse Herausforderung dar, da es nur sehr wenige Modelle gibt, die sowohl für den Kontakt mit Lebensmitteln geeignet als auch preislich erschwinglich sind. Nach langer Recherche haben wir uns für ein elektrisches Magnetventil von MAGT entschieden, das mit einer Versorgungsspannung von 24VDC arbeitet und im Normalzustand geschlossen ist, sodass es nur bei Bestromung öffnet.

Das Gehäuse besteht aus hochwertigem, lebensmitteltauglichem Kunststoff und ist mit einem Edelstahlbolzen für das Magnetventil ausgestattet. Das Ventil ist speziell für den Einsatz im Bereich der Trinkwasseraufbereitung und Lebensmitteltechnik ausgelegt. Mit seinem IP65-Schutzgrad ist es auch für den Einsatz in feuchten oder nassen Umgebungen bestens geeignet und kann daher problemlos in unser System integriert werden. Es ist für einen Wasserdruck bis 0.8MPa ausgelegt, was für unsere Anwendung mehr als ausreichend ist. Die Stromaufnahme ist sehr gering, wodurch die Belastung für unser Gesamtsystem minimal bleibt.



Abbildung 34: Magnetventil Süssgetränk

Der elektrische Anschluss erfolgt einfach über die beiden Anschlusslaschen am Ventil. Dank der kompakten Bauweise und der einfachen Anschlussmöglichkeiten lässt sich das Ventil schnell montieren und bei Bedarf auch leicht reinigen. Insgesamt erfüllt dieses Magnetventil alle technischen und hygienischen Anforderungen unseres Projekts und bietet zudem ein sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis, was bei lebensmitteltauglichen Komponenten keinesfalls selbstverständlich ist.

6.1.4.2.6 Luftschläuche

Wir wollten für den Lufttrakt einen möglichst robusten Schlauch verwenden, weshalb wir uns für einen Kompressorschlauch aus Polyurethan entschieden haben. Dieser wurde in der Farbe Blau bestellt, um eine klare und eindeutige Zuordnung zwischen dem CO₂-trakt und dem Flüssigkeitstrakt zu gewährleisten und Verwechslungen auszuschliessen. Der Luftschlauch hat einen Innendurchmesser von 4mm und einen Aussendurchmesser von 6mm, zeichnet sich durch eine hohe Zug- und Reissfestigkeit aus und ist für einen breiten Temperaturbereich von -40°C bis +80°C geeignet. Zudem ist der Schlauch für einen Betriebsdruck von knapp 10 Bar ausgelegt, was für unser System mehr als ausreichend ist. Die Wahl dieses Schlauchs sorgt für eine zuverlässige und langlebige Luftführung im System. Grundsätzlich wäre der Schlauch auch für den Transport von Flüssigkeiten geeignet, wir haben jedoch für die Getränkeleitungen bewusst einen anderen, speziell geeigneten Schlauch verwendet, wie in den weiteren Unterkapiteln beschrieben.



Abbildung 35: Luftschlauch

6.1.4.2.7 Schläuche Getränke

Die Suche nach einem geeigneten Schlauch für den Getränketrakt erwies sich als sehr schwierig. Einerseits mussten wir die Anschlussmasse der Ventile für die Süssgetränke einhalten, andererseits sollte der Schlauch dem Druck im System standhalten und gleichzeitig lebensmitteltauglich sein. Nach intensiver Recherche im Internet kamen wir auf die Idee, dass solche Anforderungen auch bei Schläuchen für Bierzapfanlagen gestellt werden. Diese Schläuche sind speziell für den Kontakt mit Getränken ausgelegt, für Kohlensäure geeignet und für den Einsatz unter Druck zertifiziert. Allerdings stellten wir fest, dass Bierzapfschläuche im Handel relativ teuer sind.



Abbildung 36: Getränkeschlauch

Andreas hat deshalb nochmals bei einem Arbeitskollegen nachgefragt, der als Hobbybierbrauer viel Erfahrung auf diesem Gebiet hat. Durch seinen Tipp wurden wir auf den Brau- und Rauchshop aufmerksam, bei dem er selbst seine Schläuche bestellt. Dank seiner Erfahrung und weil es sich um einen Schweizer Anbieter handelt, der auch grosse Brauereien beliefert, konnten wir sicher sein, dass dort zertifizierte Bierschläuche und passende Komponenten angeboten werden. So haben wir schliesslich die passenden, lebensmitteltauglichen Schläuche für unser Projekt gefunden, die allen Anforderungen an Hygiene, Druckbeständigkeit und Passgenauigkeit entsprechen.

6.1.5 Sensorik

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Sensoren unseres Systems vorgestellt, die eine präzise Steuerung und Überwachung ermöglichen. Zunächst betrachten wir die Endschalter, die für die sichere Positionierung des Schlittens verantwortlich sind, gefolgt von den Näherungsschaltern, die sicherstellen, dass ein Glas auf dem Schlitten vorhanden ist, bevor die Produktion des Mischgetränks gestartet wird. Abschliessend erläutern wir unsere Entscheidung gegen einen Füllstandssensor für die Süssgetränke.

6.1.5.1 Endschalter

Bei der Sensorik war für uns entscheidend, dass wir pro Achse je zwei Endschalter haben. Der eine Endschalter dient als Homingschalter und der andere Schalter ist der Endschalter, welcher dafür sorgt, dass der Schlitten stromlos geschaltet wird. Dieser Endschalter sollte grundsätzlich nie angesprochen werden, da der im Programm hinterlegte Endschalter immer zuerst ansprechen sollte. Er dient somit mehr als Sicherheit, damit der Schlitten nicht in den Prellbock am Ende der Schiene hineinfährt. Der Homingschalter wiederum ist dazu da, dass der Schlitten sich beim Neustart oder nach einem Reset wieder frisch positionieren kann.

Wir haben uns bei den Endschaltern wieder für die für uns bereits bekannten Produkte entschieden, welche wir aus dem Robotik-Projekt bereits kannten. Diese Schalter sind sehr klein, machen einen robusten Eindruck und können sowohl als Öffner (NC) als auch als Schliesser (NO) betrieben werden. Sie haben eine Lötflanke, wodurch wir unsere Drähte direkt daran anlöten können. Die Rolle am Sensor dient dazu, dass der Schlitten diese herunterdrücken kann und trotzdem einfach daran vorbeigleitet. Wie wir bereits gelernt haben, wurden die Endschalter nicht in den direkten Fahrbereich der Schlitten hineingeführt, damit diese nicht den vollen Schlag abbekommen, sondern ganz einfach und sanft zur Seite gedrückt werden. Gesamthaft werden wir somit vier von diesen Endschaltern verbauen, da wir nur eine X-Achse und eine Z-Achse besitzen.



Abbildung 37: Endschalter

6.1.5.2 Näherungsschalter

Da uns wichtig war, dass unser Roboter die Produktion des Mischgetränks nicht starten kann, sofern kein Glas auf unserem Schlitten steht, müssen wir diese ebenfalls registrieren. Anfangs wollten wir mit einem gefedert gelagerten Schlitten starten, der zusätzlich auf einen normalen Endschalter wie für die X-Achse und Z-Achse setzen sollte. Schnell wurde uns jedoch klar, dass es schwierig ist, eine solche Halterung zu konstruieren, die mit Federdruck reagiert, aber trotzdem genügend seitliche Stabilität bietet, damit der Schlitten nicht mit dem Glas seitlich wackelt. Daher haben wir diese Idee verworfen und uns für einen induktiven Näherungsschalter entschieden, der Glas erkennen kann und einen ausreichend hohen IP-Schutzgrad bietet.



Abbildung 38: Näherungsschalter

Mit dem Sensor, der den Schutzgrad IP67 aufweist, haben wir den idealen Sensor gefunden. Leider ist er mit einem Durchmesser von 3cm etwas grösser geraten, aber da der Aufbau ausreichend Platz bietet, spielte dies keine so grosse Rolle. Wir haben uns für einen NPN-Sensor entschieden, der als Schliesser ausgeführt ist und mit drei Drähten angeschlossen wird. Dieser sollte im Vergleich zur zwei-Draht-Variante etwas besser sein, da er eine dauerhafte Stromversorgung ermöglicht.

6.1.5.3 Füllstandssensor

Wir haben uns bewusst gegen einen Sensor für die Füllstandsüberwachung der Süssgetränke entschieden. Der Grund dafür ist, dass wir die Füllmengen in den Flaschen durch unsere Rezepturen und die genaue Steuerung beim Abfüllen gut im Griff haben. Ausserdem könnte ein Füllstandssensor in diesem Fall Probleme machen, da die verschiedenen Eigenschaften der Süssgetränke, wie Fliessverhalten und Schaum, die Messungen beeinflussen könnten. Zudem waren wir der Meinung, dass die Programmierung für einen solchen Sensor schwierig umzusetzen wäre, was unser Projekt etwas gesprengt hätte.

Da unsere Kühlschränke durchsichtige Türen haben, ist sehr schnell ersichtlich, ob das Süssgetränk leer ist. Zudem könnte man eventuell durch die Anzahl der ausgeschenkten Drinks erkennen, ob die Flaschen leer sind oder ob es noch für einen Drink reicht.

6.1.6 Eingabegeräte

In diesem Abschnitt werden die zentralen Eingabe- und Steuerungselemente unseres Systems vorgestellt. Zunächst betrachten wir das Touch-Panel, das eine flexible und benutzerfreundliche Steuerung ermöglicht. Anschliessend erläutern wir den Not-Aus-Schalter für schnelle Reaktionen in kritischen Situationen sowie die Funktionen des Homingtasters, Reset-Tasters, Ein- / Ausschalters und Schlüsselschalters, die für die Sicherheit und Effizienz des Systems entscheidend sind.

6.1.6.1 Touch-Panel

Die Grundidee war ursprünglich, dass wir die verschiedenen Drinks über einzelne Knöpfe anwählen können, die mit einer Alu-Plakette beschriftet werden. Allerdings sind wir mit dieser Lösung sehr eingeschränkt in den Auswahlmöglichkeiten der Drinks. Da wir mit acht Flaschen Alkohol viele weitere Möglichkeiten für Drinks produzieren können, mussten wir von dieser Idee Abstand nehmen.

Im Unterricht bei Andreas Holzer haben wir dann gelernt, dass wir mit dem Raspberry Zero 2W und über Codesys auch Visualisierungen auf einem Bildschirm laufen lassen können. Dadurch wird auch eine Eingabe über ein Touch-Panel möglich. Unser Haupteingabegerät ist deshalb ein Touch-Panel geworden, auf dem die verschiedenen Drinks ausgewählt werden können. Die Schaltflächen werden mit Bildern der einzelnen Drinks hinterlegt und beschriftet.



Abbildung 39: Touch-Panel

Ein Touch-Panel bietet uns zahlreiche Vorteile: Zum einen können wir die Benutzeroberfläche flexibel gestalten und die Auswahlmöglichkeiten erweitern, ohne dass wir physisch neue Knöpfe anbringen müssen. Das ermöglicht eine ansprechende und benutzerfreundliche Gestaltung, die sich leicht anpassen lässt. Zudem können wir durch die Verwendung von Bildern und Symbolen die Bedienung intuitiver gestalten, was gerade für Nutzer, die mit dem System nicht vertraut sind, von Vorteil ist.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Hygiene. Das Touch-Panel lässt sich leichter reinigen als physische Knöpfe, was besonders in einem Umfeld, in dem Lebensmittel und Getränke verarbeitet werden, von grosser Bedeutung ist. Darüber hinaus wirkt ein Touch-Panel moderner und ansprechender, was das Gesamterlebnis für die Nutzer verbessert. Das Touch-Panel ermöglicht uns ausserdem, zukünftige Funktionen einfacher zu integrieren, wie etwa spezielle Angebote oder saisonale Drinks, ohne dass wir die Hardware ändern müssen.

6.1.6.2 Not-Aus

Direkt neben dem Touch-Panel haben wir einen roten Not-Aus-Schalter angeordnet, der als Pilzschalter ausgeführt ist. Diese auffällige Farbe sorgt dafür, dass der Schalter im Notfall sofort ins Auge fällt und schnell gefunden werden kann. Der Pilzschalter lässt sich im Ernstfall mit einem einfachen Druck betätigen, was in kritischen Situationen von grosser Bedeutung ist, um das gesamte System sofort abzuschalten und potenzielle Gefahren zu minimieren.



Abbildung 40: Not-Aus-Schalter

Wir haben uns für einen Schalter entschieden, der sowohl als Öffner als auch als Schliesser betrieben werden kann, was uns Flexibilität in der Schaltung bietet. Zudem ist der Schalter mit Lötflanschen ausgestattet, was die Installation und Verbindung erleichtert. Ein weiteres praktisches Merkmal ist, dass der Schalter nach der Betätigung mit einer viertel Drehung zurückgestellt werden kann. Dies ermöglicht eine einfache Wiederherstellung des Betriebs, ohne dass ein zusätzlicher Aufwand erforderlich ist.

Die Platzierung des Not-Aus-Schalters direkt neben dem Touch-Panel gewährleistet, dass er jederzeit griffbereit ist. So können die Bedienenden sich auf die Auswahl der Drinks konzentrieren, während sie gleichzeitig wissen, dass sie im Notfall schnell reagieren können.

6.1.6.3 Homing

Der Homing-Taster ist ein zentraler Bestandteil unseres Systems und als beleuchteter Taster ausgeführt. Die integrierte, auffällige blaue Leuchte wird mit 24V betrieben und zeigt auf einen Blick den aktiven Zustand des Tasters an. Diese visuelle Rückmeldung erleichtert es, den Systemstatus schnell zu erfassen, ohne lange suchen zu müssen.



Abbildung 41: Homing-Taster

Der Taster übernimmt die Funktion, den Schlitten beim Neustart oder nach einem Reset zuverlässig in die Ausgangsposition zu fahren und so eine präzise Kalibrierung zu ermöglichen. Damit ist sichergestellt, dass alle Bewegungen exakt auf den definierten Startpunkt abgestimmt sind, was eine Voraussetzung für die korrekte Funktionsweise des Gesamtsystems ist.

Mit einem Durchmesser von 19mm lässt sich der Homing-Taster gut bedienen und wirkt trotzdem kompakt. Er ist zusammen mit dem Reset-Taster, dem Einschaltknopf und dem Schlüsselschalter seitlich am Tisch angeordnet. Diese Platzierung sorgt dafür, dass die Bedienelemente leicht zugänglich, aber nicht sofort im Blickfeld sind. So wird eine versehentliche Fehlbedienung vermieden und der Fokus bleibt auf den Hauptfunktionen des Systems.

6.1.6.4 Reset

Der Reset-Taster übernimmt die Aufgabe, das System in einen definierten Ausgangszustand zurückzusetzen. Er ist mit einer gut sichtbaren roten Leuchte ausgestattet, die mit 24V betrieben wird und bei Aktivierung sofort ins Auge fällt. Diese klare optische Rückmeldung erleichtert es, den Systemstatus unmittelbar zu erkennen.



Abbildung 42: Reset-Taster

Wird der Reset-Taster betätigt, werden sämtliche Störmeldungen zurückgestellt. Dadurch lassen sich Bedienfehler oder Störungen gezielt beheben, bevor ein erneutes Homing ausgeführt wird. Gerade bei unerwarteten Fehlfunktionen bietet diese Funktion die Möglichkeit, den Motor beispielsweise sicher aus einem Endschalter herauszufahren.

Mit seinem Durchmesser von 19mm ist der Taster komfortabel zu bedienen und bleibt dennoch dezent. Zusammen mit dem Homing-Taster, dem Einschaltknopf und dem Schlüsselschalter befindet er sich seitlich am Tisch. Diese Platzierung sorgt dafür, dass die Bedienelemente gut erreichbar sind, aber nicht sofort ins Auge fallen. So wird das Risiko einer ungewollten Betätigung minimiert und die Aufmerksamkeit bleibt bei den zentralen Systemfunktionen.

6.1.6.5 Ein- / Ausschalter

Der Ein- / Ausschalter steuert die Aktivierung und Deaktivierung des gesamten Systems. Er ist mit einer gut sichtbaren grünen Leuchte ausgestattet, die mit 24V betrieben wird und ein integriertes Ausschaltzeichen besitzt. So wird der aktuelle Betriebszustand des Systems auf einen Blick ersichtlich.



Abbildung 43: Ein- / Ausschalter

Mit dem Schalter wird die Systemspannung ein- oder ausgeschaltet, wodurch die Steuerung aktiviert oder deaktiviert wird. Erst nach dem Einschalten können Getränke auf dem Display ausgewählt und die Motoren mit Strom versorgt werden. Diese Funktion bildet die Grundlage für den Betrieb und gewährleistet eine sichere und effiziente Nutzung.

Der Ein- / Ausschalter hat einen Durchmesser von 19mm und lässt sich angenehm betätigen, ohne zu wuchtig zu wirken. Zusammen mit Homing- und Reset-Taster sowie dem Schlüsselschalter ist er seitlich am Tisch angebracht. Diese Platzierung sorgt für eine gute Erreichbarkeit, bleibt jedoch dezent im Hintergrund. Dadurch wird das Risiko einer unbeabsichtigten Betätigung minimiert und der Fokus bleibt auf den zentralen Bedienfunktionen.

6.1.6 Schlüsselschalter

Der Schlüsselschalter ist ein wesentlicher Bestandteil unseres Systems und bietet eine zusätzliche Sicherheitsfunktion. Er verfügt über zwei Öffner- und zwei Schliesserkontakte und hat einen Durchmesser von 19mm. Diese kompakte Bauweise ermöglicht eine einfache Integration in unser Bedienfeld.



Abbildung 44: Schlüsselschalter

Ein wichtiges Merkmal des Schlüsselschalters ist, dass der Schlüssel im ein- und ausgeschalteten Zustand entfernbar ist. Dies sorgt dafür, dass der Schlüssel während des Betriebs nicht gestohlen werden kann, insbesondere wenn Gäste möglicherweise bereits zu viel getrunken haben.

Wir haben den Schlüsselschalter direkt in den 24V-Stromkreis geschaltet. Ähnlich wie der Zündschlüssel im Auto muss der Schlüsselschalter vor dem Gebrauch gedreht werden, um das gesamte System mit 24VDC zu versorgen. Diese Funktion stellt sicher, dass nur autorisierte Personen das System aktivieren können, was die Sicherheit und Kontrolle über den Betrieb erhöht. Der Schlüsselschalter ist zusammen mit dem Homing, Reset und Einschalter auf einem zusätzlichen Bedienfeld angeordnet.

6.1.7 Steuerung

Die Auswahl und Konzeption der Steuerung für unseren Bar-Roboter stellte uns vor einige Herausforderungen, da wir sowohl eine flexible als auch zuverlässige Lösung suchten. Die Steuerung sollte genügend Rechenleistung bieten, um sämtliche Sensoren, Aktoren und Schnittstellen effizient zu verwalten, und gleichzeitig kompakt und einfach integrierbar sein.

Nach sorgfältiger Überlegung entschieden wir uns für eine Kombination aus einem Raspberry Pico W und einem Raspberry Pi 4B. Der Raspberry Pico W übernimmt die direkte Ansteuerung der Hardware, wie Motoren, Relais und Sensoren. Dank seiner zahlreichen I/O-Pins und der Unterstützung für verschiedene Schnittstellen wie I2C, SPI und UART eignet sich der Pico W hervorragend als Bindeglied zwischen den elektrischen Komponenten des Roboters. Um die Anzahl der verfügbaren Ein- und Ausgänge weiter zu erhöhen, setzen wir zusätzlich einen MCP23017 I/O-Expander ein, der über I2C mit dem Pico W kommuniziert. So können wir auch komplexere Schaltungen mit vielen Ein- und Ausgängen realisieren.



Abbildung 45: Pico W

Ein grosser Vorteil ist, dass wir den Pico W mit dem Programm Arduino programmieren können. Arduino haben wir bereits im Unterricht kennengelernt und verfügen dadurch über die nötigen Grundlagen, um die Steuerung effizient und zielgerichtet umzusetzen.

Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

Der Raspberry Pi 4B dient als zentrale Steuereinheit und übernimmt Aufgaben wie die Benutzeroberfläche, Netzwerkkommunikation und die Koordination komplexerer Abläufe. Er fungiert somit als SPS unseres Roboters. Für die Programmierung des Raspberry Pi 4B verwenden wir Codesys, eine leistungsfähige SPS-Programmierungsumgebung, die wir ebenfalls im Unterricht kennengelernt und bereits für praktische Übungen eingesetzt haben.



Abbildung 46: Pi 4B

Die Kommunikation zwischen dem Raspberry Pi 4B und dem Pico W erfolgt über eine serielle UART-Schnittstelle. Wir haben uns bewusst für diese drahtgebundene Lösung entschieden, um unabhängig von einer WLAN-Verbindung zu sein. So kann der Roboter jederzeit und überall aufgestellt werden, ohne dass eine drahtlose Infrastruktur zwingend notwendig ist.

Für die ersten Funktionstests und die manuelle Steuerung des Roboters verwenden wir einen Nunchuk-Joystick. Für dieses Eingabegerät haben wir uns entschieden, da wir damit bereits unseren Plotter erfolgreich angesteuert und durchweg gute Erfahrungen gemacht haben. Der Nunchuk bietet neben dem Joystick auch zwei Tasten sowie einen integrierten Beschleunigungssensor. Die Anbindung an den Pico W erfolgt über die I2C-Schnittstelle, die eine stabile und schnelle Datenübertragung gewährleistet. Im Testbetrieb können wir so die Bewegungen des Roboters und die Ansteuerung einzelner Aktoren komfortabel und präzise steuern.



Abbildung 47: Nunchuk

6.1.8 Zusatzgeräte

6.1.8.1 Kühlschrank

Die Suche nach einem geeigneten Kühlschrank erwies sich als schwieriger als erwartet. Einerseits sollte er möglichst klein sein, da wir zwischen dem unteren Tablar und der Unterkante des Tisches lediglich 58cm Platz haben. Andererseits sollte der Kühlschrank ein möglichst grosses Volumen bieten, um viele Süssgetränkflaschen darin verstauen zu können. Bei vielen kleinen Kühlschränken stellt sich das Problem, dass sie ein integriertes Gefrierfach besitzen, das nur unnötigen Platz raubt. Da eine 1,5-l-Flasche eine Höhe von etwa 34cm aufweist und das Innenmass der Kühlschränke nochmals kleiner ist als die 58cm, blieb kaum Platz, um das Schlauchsystem mit der Druckeinführung und dem Flüssigkeitsauslass an der Flasche zu gestalten.



Abbildung 48: Kühlschrank

Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

Ein weiteres Hindernis bei vielen kleinen Kühlschränken ist, dass der Kompressor an der Unterseite angeordnet ist, wodurch das unterste Tablar noch schmaler wird. Da eine Getränkeflasche sich nach oben verjüngt und unten den grössten Durchmesser hat, mussten wir nach Geräten Ausschau halten, die den Kompressor an der Oberseite platziert haben und die Maximalhöhe zwischen den Tablaren optimal ausnutzen. Zudem war es uns wichtig, dass der Kühlschrank möglichst preiswert ist und, wenn möglich, eine durchsichtige Tür hat, damit der Füllstand der Flaschen leicht überprüft werden kann.

Wir hatten auch an einen Absorberkühlschrank gedacht, jedoch erwiesen sich diese als zu teuer, und die Kühlleistung von Kompressorkühlschränken ist um einiges besser. Die Suche im Internet und vor Ort in den gängigsten Fachgeschäften wie Fust, MediaMarkt und Interdiscount nahm viele Stunden in Anspruch. Schliesslich fanden wir mit dem Getränkekühlschrank von Kibernetik, der über ein Gesamtvolumen von 48 Litern verfügt, den idealen Kühlschrank. Um unser Budget nicht zu sprengen, begaben wir uns auf die Suche nach dem preiswertesten Gerät. Tatsächlich wurden wir auf Ricardo fündig und konnten schlussendlich den Kühlschrank dieses Typs mit einer leichten Beschädigung an einer Ecke zu einem guten Preis ersteigern. Mit den Innenmassen von 420x355x360mm bleibt das gesamte Vorhaben eine sportliche Herausforderung, sollte jedoch machbar sein. Zudem ist der Kühlschrank geräuscharm mit einer Lautstärke von nur 39dB und enthält das moderne Kühlmittel R600a, was sowohl für eine effiziente Kühlung als auch für eine umweltfreundliche Lösung sorgt.

6.1.8.2 Eiswürfelmaschine

Als weiteres Highlight wollten wir unbedingt eine Eiswürfelmaschine. Uns war dies sehr wichtig, da wir unseren Roboter autonom betreiben möchten. Uns ist bewusst, dass wir mit dieser Maschine nicht genügend Eis für einen Grossanlass produzieren können und deshalb zusätzliches Eis dazukaufen müssen. Für Anwendungen im kleinen Rahmen unter Kollegen sollte sie jedoch ausreichen.



Abbildung 49: Eiswürfelmaschine

Nach einer Internetrecherche wurde uns klar, wie das Produktionsvolumen bei Eismaschinen angegeben wird. Dieses wird in Kilogramm pro 24 Stunden angegeben. Topgeräte aus dem Bistrobereich produzieren bis zu 120kg in 24 Stunden. Da diese jedoch unseren preislichen Rahmen erneut sprengen würden, haben wir uns nach kleineren Modellen umgesehen, die maximal 100 Franken kosten. Auf Ricardo gab es einige im Angebot, viele davon hatten jedoch ihre beste Zeit hinter sich, und Schimmel oder Rost waren ihre ständigen Begleiter. Wir möchten mit unserem Projekt zwar möglichst preiswert arbeiten, aber gewisse Ansprüche haben wir trotzdem, insbesondere wenn es um die Gesundheit geht.

Die Suche nach neuen Geräten war erneut sehr zeitraubend, da viele Modelle in diesem Budget lediglich 12kg Eis erzeugen können. Da wir so viel wie möglich herausholen wollten und uns die Form der Eiswürfel egal war, wurden wir schliesslich auf Amazon fündig. Mit der Eiswürfelmaschine von Fooing haben wir das ideale Gerät gefunden. Diese Maschine ist relativ kompakt, kann innerhalb eines Tages 15kg Eis produzieren und erzeugt alle sechs Minuten neun Eiswürfel. Sie verfügt zudem über ein Reinigungsprogramm und erkennt, wenn kein Wasser mehr im Wassertank vorhanden ist, oder hält die Produktion an, sobald das Auffangkörbchen voll ist. Auch die Eisschaufel ist im Lieferumfang enthalten, was einen zusätzlichen Mehrwert darstellt.

Das Kältemittel entspricht dem des Kühlschranks und erfüllt somit die neuesten Normen. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Maschine Eiswürfel in Form eines Tropfens bildet, wodurch die Oberfläche des Eiswürfels vergrössert wird. Dies führt dazu, dass der Eiswürfel zwar etwas schneller schmilzt, aber die Getränke dafür schneller abkühlt. Man kann die Maschine in zwei verschiedenen Stufen betreiben und somit grosse oder kleine Eiswürfel produzieren.

6.1.8.3 Bierzapfhahn

Zu Beginn unseres Projekts hatten wir die Überlegung, einen Bierzapfhahn in den Bar-Roboter zu integrieren. Die Idee fanden wir spannend, da ein frisch gezapftes Bier für viele zum Barerlebnis dazugehört und den Funktionsumfang unseres Systems sinnvoll ergänzt hätte.

Im Verlauf der Recherche wurde allerdings deutlich, dass Bierzapfanlagen, vor allem in zuverlässiger Qualität, recht kostspielig sind. Selbst einfachere Modelle für den privaten Gebrauch hätten unser Budget deutlich belastet. Hinzu kommt, dass die Integration eines Zapfhahns technisch aufwendiger ist als zunächst angenommen. Gerade die Anbindung an unser bestehendes System und die Tatsache, dass dafür wieder separate CO₂-Kartuschen benötigt worden wären, haben uns dazu veranlasst, uns gegen eine Bierzapfanlage zu entscheiden.

Da wir den Bar-Roboter möglichst einfach, kompakt und wartungsarm gestalten möchten, haben wir uns letztlich gegen die Umsetzung dieses Features entschieden. Wir setzen den Fokus stattdessen auf eine breite Auswahl an gemixten Getränken, die unser System zuverlässig und effizient zubereiten kann. Ein Bierzapfhahn bleibt damit vorerst aussen vor, könnte aber in einer späteren Ausbaustufe wieder aufgegriffen werden.

6.1.9 Lieferanten

Bei der Auswahl unserer Lieferanten war uns vor allem wichtig, ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis zu bekommen und auf zuverlässige Partner zu setzen. Wir haben uns verschiedene Anbieter im Internet angeschaut und dabei sowohl Fachhändler als auch grössere Online-Plattformen verglichen. Ein wichtiger Punkt war die Verfügbarkeit der benötigten Komponenten. Viele spezialisierte Teile, wie zum Beispiel Pumpen oder spezielle Ventile, sind nicht immer sofort lieferbar. Deshalb haben wir Lieferanten bevorzugt, die eine schnelle und transparente Lieferzeit anbieten konnten. Ausserdem haben wir auf Kundenbewertungen und Erfahrungsberichte geachtet, um das Risiko von Qualitätsproblemen zu minimieren.

Aufgrund des sehr guten Preis-Leistungs-Verhältnisses haben wir vorwiegend auf AliExpress gesetzt. Da wir beim Plotter bereits sehr gute Erfahrungen mit AliExpress gemacht haben, wussten wir, dass dieser Lieferant pünktlich liefert und die Komponenten eine gute Qualität aufweisen. Gerade für technische Bauteile ohne direkten Kontakt zu Lebensmitteln hat sich AliExpress für uns als zuverlässig und wirtschaftlich erwiesen. Allerdings waren wir bei der Bestellung dort zeitlich etwas gebunden, da die Lieferfristen in der Regel zwei bis drei Wochen betragen. Das musste bei der Projektplanung entsprechend berücksichtigt werden.

Alle Elektronikprodukte haben wir direkt beim Fachmarkt Reichelt bezogen. Auch hier konnten wir auf unsere positiven Erfahrungen aus dem Plotterprojekt zurückgreifen. Das Preis-Leistungsverhältnis bei Reichelt war ebenfalls sehr gut, und wir wussten, dass die Bauteile den jeweiligen Datenblättern und geltenden Normen entsprechen. Die schnelle Lieferzeit und die geprüfte Qualität gaben uns zusätzliche Sicherheit, vor allem bei sensibler Elektronik.

Bei allen Produkten, die in direktem Kontakt mit Lebensmitteln stehen, haben wir jedoch besonders darauf geachtet, dass diese lebensmitteltauglich sind. Da wir in diesem Bereich AliExpress nicht voll vertrauen konnten, haben wir gezielt nach grossen Lieferanten mit nachweislich gutem Preis-Leistungs-Verhältnis gesucht. Deshalb haben wir diese Produkte, wie zum Beispiel Magnetventile, Flaschenspender für den Alkohol und die Eiswürfelmaschine, bei Amazon bestellt. Dort konnten wir sicherstellen, dass die Komponenten für den Lebensmittelkontakt geeignet sind.

Für die restlichen kleineren Bauteile, wie Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben und verschiedene Metallanbauten, haben wir bewusst lokale Baumärkte aufgesucht. Durch den Einkauf bei Anbietern wie Hornbach und Jumbo konnten wir benötigte Teile kurzfristig besorgen und hatten zudem die Möglichkeit, die Qualität und Grössen direkt vor Ort zu überprüfen. Besonders bei solchen Komponenten ist es hilfreich, flexibel auf kurzfristigen Bedarf reagieren zu können, ohne auf längere Lieferzeiten angewiesen zu sein. Die lokale Verfügbarkeit und die breite Auswahl an Standardbauteilen in den Baumärkten haben uns dabei sehr geholfen, den Baufortschritt jederzeit aufrechterhalten zu können.

6.2 SWOT-Analyse

<p>Stärken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technisches Know-how der Teammitglieder. • Innovationspotential des Bar-Roboters. • Hohe Anpassungsfähigkeit an verschiedene Getränke und Rezepte. • Modularer Aufbau ermöglicht einfache Wartung und Erweiterungen. • Flexibilität in der Projektgestaltung. • Zugang zu Fachwissen durch die TEKO Luzern und Andreas Holzer. • Möglichkeit zur Integration moderner Technologien. • Hohe Motivation der Teammitglieder. • Möglichkeit zur Entwicklung von Zusatzmodulen oder Zubehör. • Einfache Bedienung durch das Touch-Panel. • Anpassungsfähigkeit und somit Einsatzmöglichkeit an vielen verschiedenen Standorten. • Langjährige Zusammenarbeit der Teammitglieder. 	<p>Schwächen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eingeschränkte Ressourcen (Material, Finanzen und Zeit). • Fehlende klare Projektstruktur. • Hohe Komplexität des Projekts. • Unzureichende Erfahrung mit neuen Technologien. • Unzureichende Testphasen vor der Markteinführung. • Abhängigkeit von externen Lieferanten für bestimmte Komponenten. • Unzureichende Dokumentation und Benutzeranleitungen. • Hoher Entwicklungsaufwand. • Ungenügende Zieldefinition. • Hohe Erwartungen an die Funktionalität erzeugen Druck.
<p>Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wachsender Markt für automatisierte Lösungen. • Möglichkeit von Kooperationen mit Sponsoren. • Hohe Nachfrage nach innovativen Lösungen in der Gastronomie. • Entwicklung von Partnerschaften mit Gastronomiebetrieben. • Möglichkeit, neue Märkte zu erschliessen. • Möglichkeit zur Teilnahme an Wettbewerben oder Präsentationen. • Erweiterung des Produkts um zusätzliche Funktionen. • Kooperationen mit Influencern oder Gastronomie-Experten zur Promotion. • Möglichkeit zur Entwicklung eines Prototyps für zukünftige Projekte. • Steigende Nachfrage nach nachhaltigen und umweltfreundlichen Lösungen. • Nutzung von KI für verbesserte Benutzererfahrungen. 	<p>Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Starker Wettbewerb im Bereich automatisierter Systeme. • Technische Probleme während der Entwicklung. • Unklare Anforderungen der Nutzer. • Unvorhergesehene Kosten durch technische Schwierigkeiten. • Mangelnde Akzeptanz des Produkts bei den Nutzern. • Abhängigkeit von externen Lieferanten. • Negative Presse oder öffentliche Wahrnehmung. • Schwierigkeiten bei der Vermarktung des Produkts. • Unzureichende finanzielle Unterstützung durch Sponsoren. • Fehlende Marktanalyse und Zielgruppenbestimmung.

Tabelle 10: SWOT-Analyse

6.2.1 Entscheid mit sachlogischer Begründung

Die SWOT-Analyse des Bar-Roboter-Projekts zeigt, dass sich das Vorhaben durch eine Vielzahl von positiven Aspekten und Chancen auszeichnet, die die Umsetzung des Projekts rechtfertigen.

Die Stärken des Projekts, insbesondere das technische Know-how der Teammitglieder und das Innovationspotential des Bar-Roboters, bilden eine solide Grundlage für den Erfolg. Mit einer hohen Anpassungsfähigkeit an verschiedene Getränke und Rezepte sowie einem modularen Aufbau, der einfache Wartung und Erweiterungen ermöglicht, wird das Produkt sowohl vielseitig als auch zukunftssicher. Diese Flexibilität in der Projektgestaltung und die Möglichkeit zur Integration moderner Technologien erhöhen die Attraktivität des Bar-Roboters für potenzielle Nutzer. Zudem sorgt die einfache Bedienung durch ein Touch-Panel dafür, dass auch weniger technikaffine Benutzer problemlos mit dem Gerät umgehen können.

Die Chancen, die sich aus dem Projekt ergeben, sind ebenfalls vielversprechend. Der wachsende Markt für automatisierte Lösungen und die hohe Nachfrage nach innovativen Gastronomielösungen bieten ein enormes Potenzial für den Bar-Roboter. Die Möglichkeit, Kooperationen mit Sponsoren und Gastronomiebetrieben einzugehen, sowie die Teilnahme an Wettbewerben oder Präsentationen, könnte nicht nur die Sichtbarkeit des Produkts erhöhen, sondern auch wertvolle finanzielle und technische Unterstützung bringen. Die Nutzung von KI zur Verbesserung der Benutzererfahrung könnte das Produkt weiter differenzieren und einen Wettbewerbsvorteil verschaffen.

Obwohl die Schwächen und Risiken des Projekts nicht ignoriert werden sollten, bieten sie auch Ansatzpunkte für gezielte Verbesserungen. Die eingeschränkten Ressourcen und die hohe Komplexität des Projekts können durch eine sorgfältige Planung und den Einsatz agiler Methoden adressiert werden. Eine klare Projektstruktur und umfassende Testphasen vor der Markteinführung sind entscheidend, um technische Probleme und unklare Anforderungen der Nutzer zu minimieren. Die Abhängigkeit von externen Lieferanten kann vor allem in der Serienproduktion durch strategische Partnerschaften und langfristige Verträge verringert werden.

Insgesamt zeigt die sachlogische Begründung, dass die Stärken und Chancen des Bar-Roboter-Projekts die Schwächen und Risiken überwiegen. Daher ist die Durchführung der Projektarbeit in diesem Umfang sinnvoll und machbar.

6.3 Risikoanalyse

Die Risikoanalyse befasst sich gezielt mit unvorhergesehenen Störelementen, die den Ablauf des Projekts negativ beeinflussen und dazu führen können, dass definierte Projektziele nicht erreicht werden. Um den Einfluss solcher Risiken auf den Projektverlauf möglichst gering zu halten, ist es wichtig, potenzielle Risiken frühzeitig zu erkennen und geeignete Massnahmen abzuleiten. Die Risikoanalyse erfolgt in drei Schritten: Identifizierung, Bewertung und Visualisierung der Risiken. Die Identifizierung findet idealerweise gemeinsam mit der Projektgruppe statt, um möglichst alle Risiken zu erfassen und bestehende Erfahrungen zu nutzen. Als Methode zur Sammlung der Risiken hat sich Brainstorming besonders bewährt.

6.3.1 Brainstorming Risiken

Schweizerische
Fachschule

TEKO

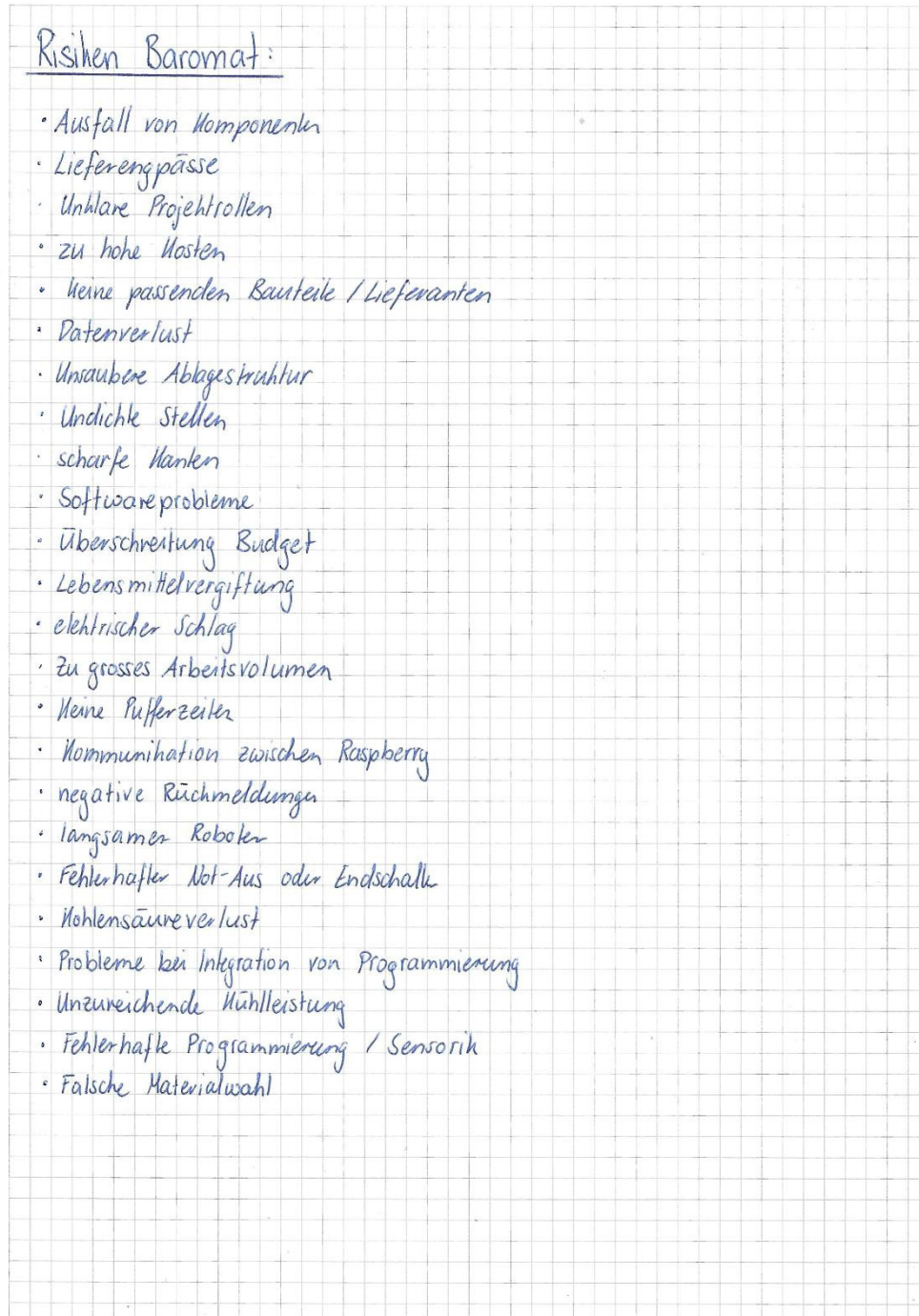


Abbildung 50: Brainstorming Risiken

6.3.2 Einteilung Risiken

Um die Risiken besser bewerten zu können, haben wir die im Brainstorming erfassten Risiken in verschiedene Gruppen aufgeteilt. Während der Einteilung sind uns immer wieder zusätzliche Risiken aufgefallen, die wir jeweils direkt ergänzt haben. Durch diese strukturierte Vorgehensweise konnten wir sicherstellen, dass möglichst viele relevante Risiken erkannt und systematisch erfasst werden.

6.3.2.1 Technische Risiken

- Ausfall von Komponenten
- Fehlfunktionen bei der Dosierung
- Undichte Stellen
- Verunreinigung der Leitungen, Ventile oder Behälter
- Falsche Materialwahl
- Probleme bei der Integration der Software
- Übermässige Geräusentwicklung durch Motoren / Gehäuse
- Unzureichende Kühlleistung für Getränke
- Fehlerhafte Sensorik / Programmierung
- Kommunikationsprobleme zwischen Raspberry
- Langsamer Roboter

6.3.2.2 Organisatorische Risiken

- Zeitverzögerungen durch Lieferengpässe
- Unklare Aufgaben- und Rollenverteilung im Projektteam
- Fehlende oder unvollständige Dokumentation
- Unzureichende Abstimmung mit dem Betreuer oder Experten
- Überschreitung des Budgets
- Nichteinhalten von Meilensteinen oder Terminen
- Kommunikationsprobleme im Team

6.3.2.3 Betriebs- und Sicherheitsrisiken

- Verletzungen durch scharfe Kanten
- Elektrischer Schlag durch fehlerhafte Verdrahtung
- Lebensmittelvergiftung
- Brandgefahr durch Überlastung elektrischer Bauteile
- Fehlende Funktion von Not-Aus oder Endschalter

6.3.2.4 Externe Risiken

- Unerwartete Preissteigerungen bei Bauteilen
- Änderungen von Normen oder Vorschriften während der Projektlaufzeit
- Ausfall von Zulieferern oder Sponsoren
- Negative Rückmeldungen von Testpersonen

6.3.2.5 Projektmanagement-Risiken

- Zu optimistische Zeitplanung, fehlende Pufferzeiten
- Zu grosses Arbeitsvolumen
- Datenverlust durch unzureichende Archivierung
- Unsaubere oder unübersichtliche Ablagestruktur
- Fehlende Nachverfolgung von Aufgaben und Protokollen

6.3.3 Risikotabelle

Wir haben für jede Risikogruppe jeweils für uns zwei besonders relevante Risiken ausgewählt und in die folgende Tabelle aufgenommen. Bei den technischen Risiken haben wir uns aufgrund der grösseren Auswahl und der höheren Eintrittswahrscheinlichkeit für drei Kriterien entschieden. Zu jedem Risiko geben wir eine kurze, nachvollziehbare Beschreibung.

Die Eintretenswahrscheinlichkeit bewerten wir jeweils nach der Skala (unwahrscheinlich, eher unwahrscheinlich, wahrscheinlich, ziemlich sicher). Für jedes Risiko beschreiben wir zudem die schlimmstmögliche Auswirkung auf das Projekt. Schliesslich schätzen wir die Folgen für das Projekt nach der Skala (keine, gering, mässig, schwer) ein.

6.3.3.1 Tabelle Risikoanalyse

Nr.:	Risiko:	Eintretenswahrscheinlichkeit:	Schlimmstmögliche Auswirkung:	Folgen für das Projekt:	Bewertung:
1	Ausfall von Komponenten	wahrscheinlich	System fällt aus, keine Getränkeausgabe möglich	Projektverzögerung, Austausch, Kostensteigerung	schwer
2	Übermässige Geräuschentwicklung durch Motoren / Gehäuse	eher unwahrscheinlich	Störung des Event-Erlebnisses, negative Rückmeldungen von Nutzern	Nachbesserung der Konstruktion, zusätzliche Dämmmassnahmen, Zeit- und Kostenaufwand	gering
3	Kommunikationsprobleme zwischen Raspberry	eher unwahrscheinlich	Steuerung funktioniert nicht zuverlässig, Ausfall einzelner Funktionen	Fehlersuche, Nachbesserung der Software oder Hardware, Projektverzögerung	mässig
4	Zeitverzögerungen durch Lieferengpässe	wahrscheinlich	Komponenten fehlen, Projektverzögerung	Terminverschiebung, Mehraufwand	schwer
5	Fehlende oder unvollständige Dokumentation	unwahrscheinlich	Wissen geht verloren, Übergabe schwierig	Nachdokumentation, Zeitverlust	mässig

Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

6	Elektrischer Schlag durch fehlerhafte Verdrahtung	unwahrscheinlich	Personenschaden, Verletzungen, Haftungsfragen	Sofortiger Projektstopp, Nachbesserung der Verdrahtung, zusätzliche Sicherheitsprüfungen, mögliche Verzögerung und erhöhter Aufwand	schwer
7	Lebensmittelvergiftung	eher unwahrscheinlich	Gesundheitsgefährdung, Projektziel gefährdet	Nachreinigung, Anpassung, Imageverlust	schwer
8	Unerwartete Preissteigerungen bei Bauteilen	ziemlich sicher	Budgetüberschreitung, Teile nicht verfügbar	Einsparungen, Anpassung der Planung	gering
9	Ausfall von Zulieferern oder Sponsoren	eher unwahrscheinlich	Teile nicht lieferbar, Finanzierungslücke	Suche nach Alternativen, Verzögerung	mässig
10	Zu optimistische Zeitplanung, fehlende Pufferzeiten	wahrscheinlich	Projektverzug, Termindruck	Nachbesserung der Planung, Mehraufwand	mässig
11	Datenverlust durch unzureichende Archivierung	eher unwahrscheinlich	Verlust wichtiger Unterlagen, Nacharbeit nötig	Wiederherstellung, Zeitverlust	mässig

Tabelle 11: Risikotabelle

6.3.4 Risikomatrix

In der folgenden Risikomatrix sind die Risiken aus der Risikotabelle nach ihrer Eintretenswahrscheinlichkeit und den möglichen Folgen für das Projekt eingetragen. Die Matrix bietet einen schnellen Überblick, welche Risiken besonders kritisch sind und wo gezielt Massnahmen notwendig werden. Für alle Risiken, die in den roten Feldern liegen, müssen konkrete Gegenmassnahmen abgeleitet und umgesetzt werden, um den Projekterfolg sicherzustellen.

Eintretenswahrscheinlichkeit	ziemlich sicher		8		
	wahrscheinlich			10	1, 4
	eher unwahrscheinlich		2	3, 9, 11	7
	unwahrscheinlich			5	6
		keine	gering	mässig	schwer

Folgen für das Projekt

Formel 5: Risikomatrix

6.3.4.1 Massnahmen rote Kategorie

6.3.4.1.1 Risiko 1: Ausfall von Komponenten

- Verwendung von hochwertigen, geprüften Bauteilen und Komponenten
- Mitbestellen von zusätzlichen Ersatzteilen für einen Austausch
- Regelmässige Funktionskontrollen und Wartung
- Schnelle Austauschmöglichkeiten durch modularen Aufbau
- Dokumentation von Einbau und Austausch, um Fehlerquellen schnell zu erkennen
- Erstellen eines Notfallplans beim Ausfall
- Durchführung von Belastungstests

6.3.4.1.2 Risiko 4: Zeitverzögerungen durch Lieferengpässe

- Frühzeitige Bestellung aller wichtigen Komponenten
- Alternative Lieferanten suchen und vormerken
- Laufende Kontrolle des Lieferstatus und sofortige Reaktion bei Verzögerungen
- Einplanung von Pufferzeiten im Projektplan
- Suche nach gleichwertigen Ersatzprodukten oder temporären Lösungen
- Verwendung von Standardkomponenten, die häufig verwendet und bestellt werden
- Ersatzteillager von kritischen Teilen

6.4 Kosten-Nutzen-Analyse

Die Kosten-Nutzen-Analyse bewertet den finanziellen und zeitlichen Aufwand für die Entwicklung des Bar-Roboters im Verhältnis zum zu erwartenden Nutzen. Ziel dieser Analyse ist es, die wichtigsten Kostenfaktoren und den daraus resultierenden Mehrwert übersichtlich darzustellen. So kann beurteilt werden, ob sich die Investition in das Projekt insgesamt lohnt und welche langfristigen Vorteile sich daraus ergeben.

6.4.1 Kosten

6.4.1.1 Direkte Kosten

- Materialkosten für Komponenten wie Motoren, Tisch, Lufschläuche, Eismaschine, Platine, etc.
- Anschaffung von Werkzeugen oder Spezialgeräten
- Anschaffung von Spezialteilen wie lebensmitteltaugliche Schläuche, Ventile, CO₂-Flasche, etc.
- Kühlschränke
- Fertigungskosten, die wir nicht selbst ausführen können
- Versandkosten für bestellte Komponenten

6.4.1.2 Indirekte Kosten

- Zeitaufwand für Planung, Entwicklung, Dokumentation und Tests
- Zeitaufwand für die Einarbeitung in neue Technologien oder Tools
- Aufwand für Abstimmung mit Betreuer und Experten
- Kosten für Prototypen- und Fehlversuche
- Wartung und Ersatzteile während der Testphase
- Energie- und Betriebskosten für Testläufe
- Reisekosten für Besorgungen und Treffen

6.4.2 Nutzen

6.4.2.1 Direkter Nutzen

- Einsatzbereiter Bar-Roboter für private oder öffentliche Events
- Entwicklung eines innovativen und funktionsfähigen Bar-Roboters als Prototyp
- Möglichkeit zur Anpassung und Erweiterung des Systems für unterschiedliche Getränke oder Anlässe
- Vielseitige Einsatzmöglichkeiten durch modularen Aufbau und flexible Anpassung
- Nachweis eines funktionsfähigen Prototyps als Referenz für zukünftige Projekte
- Steigerung der Attraktivität für Sponsoren und potenzielle Nutzer

6.4.2.2 Indirekter Nutzen

- Erweiterung des technischen Know-hows und praktische Erfahrung im Umgang mit Projekten
- Förderung von Teamarbeit, Projektmanagement und Problemlösungskompetenz
- Positive Sichtbarkeit für die TEKO und die beteiligten Unternehmen
- Möglichkeit, das Projekt weiterzuentwickeln oder in Wettbewerben und Präsentationen einzusetzen
- Aufbau eines Netzwerks mit Sponsoren, Fachfirmen und potenziellen Anwendern

6.4.3 Fazit

Auch wenn ein solches Projekt aus rein finanzieller Sicht kaum wirtschaftlich wäre, überwiegen im Rahmen einer Diplomarbeit ganz klar die positiven Aspekte. Die Investition an Zeit, Material und Energie ist nicht mit einem direkten finanziellen Gewinn verbunden, dafür aber mit einem enormen Mehrwert für unsere persönliche und fachliche Entwicklung. Der Bau des Bar-Roboters ermöglicht es uns, unser technisches Wissen gezielt anzuwenden und zu vertiefen, kreative Lösungen zu entwickeln und wertvolle Praxiserfahrungen im Team zu sammeln.

Darüber hinaus bietet das Projekt die Chance, unsere Fähigkeiten im Projektmanagement, in der Zusammenarbeit und im Umgang mit Herausforderungen zu schärfen. Wir profitieren von der Möglichkeit, ein sichtbares und innovatives Ergebnis zu schaffen, das uns und auch die TEKO positiv repräsentiert. Der direkte Kontakt zu Sponsoren, Experten und potenziellen Anwendern erweitert unser Netzwerk und eröffnet Perspektiven für die Zukunft sowohl im privaten als auch im betrieblichen Bereich.

6.5 Schema

Das Kapitel «Schema» bildet die Grundlage für den technischen Aufbau unseres Bar-Roboters. Hier beschreiben wir, wie wir zunächst mit Übersichtsschemas alle wichtigen Komponenten und Verbindungen strukturiert dargestellt haben. Anschliessend zeigen wir, wie diese Entwürfe Schritt für Schritt in einen detaillierten Schaltplan in KiCAD überführt wurden. So wird deutlich, wie aus ersten Skizzen ein fertigungstaugliches Design für unsere Leiterplatte entstanden ist.

6.5.1 Übersichtsschema

Bevor wir mit dem Schaltplan in KiCAD starten konnten, haben wir zunächst ein Übersichtsschema erstellt, auf dem alle Komponenten dargestellt sind, die wir auf der Platine benötigen. Dabei haben wir uns an dem Schema orientiert, das wir bereits für den Plotter verwendet haben, da viele der Bauteile auch beim Bar-Roboter zum Einsatz kommen.

Zuerst habe ich versucht, das Schema mit dem Programm «draw.io» zu zeichnen, welches wir im Unterricht kennengelernt haben. Allerdings empfanden wir die Bedienung als etwas umständlich, und uns fehlte die nötige Übung mit dem Tool. Deshalb haben wir uns entschieden, das Übersichtsschema stattdessen in PowerPoint zu erstellen, da wir damit schneller und flexibler arbeiten konnten.

Die wichtigsten Schnittstellen haben wir entweder beschriftet oder mit der jeweiligen Anzahl Drähte versehen, um die Verdrahtung übersichtlich zu halten. Die Haupteingabegeräte sind im Schema blau markiert, während externe Geräte, die auf dem Roboter verteilt sind, orange hervorgehoben wurden. Bauteile, die direkt auf der Platine oder sicher im Verteilkasten untergebracht werden, sind grau dargestellt.

Durch diese farbliche Unterscheidung und die übersichtliche Darstellung konnten wir bereits im Vorfeld sicherstellen, dass alle relevanten Komponenten und Schnittstellen berücksichtigt werden und der spätere Aufbau möglichst reibungslos verläuft.

6.5.1.1 Übersichtsschema Abbildung

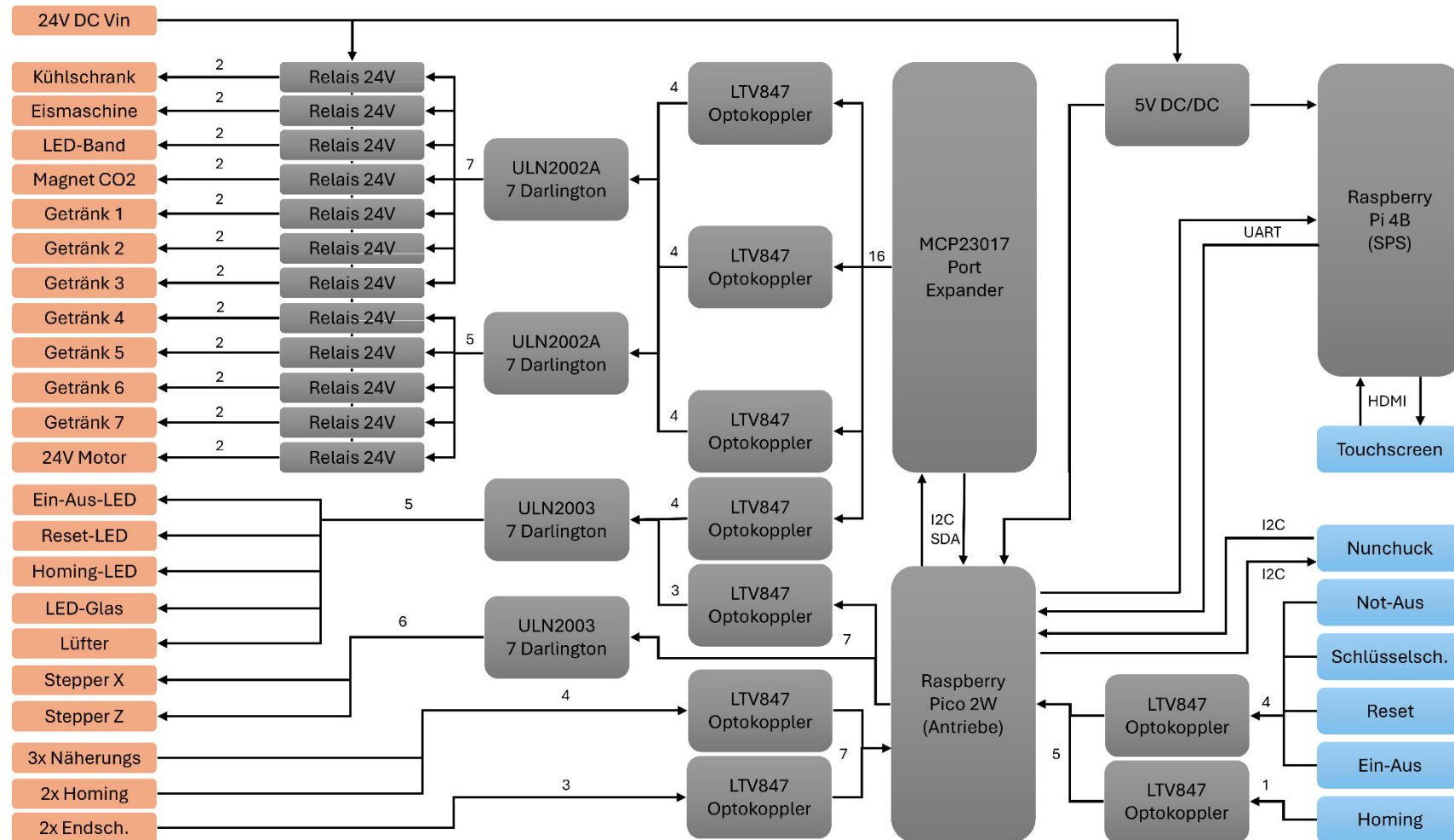


Abbildung 51: Übersichtsschema

6.5.2 Schema KiCAD

Nachdem wir unser Übersichtsschema erstellt hatten, begannen wir mit der eigentlichen Arbeit in KiCAD. Zuerst legten wir ein neues Projekt an und starteten mit dem Schaltplaneditor. In diesem Schritt suchten wir alle benötigten Bauteile aus der umfangreichen KiCAD-Bibliothek heraus und fügten sie ins Schaltplanfenster ein. Viele Komponenten konnten wir direkt aus dem bereits bestehenden Schema des Plotters übernehmen, was uns nicht nur viel Zeit sparte, sondern auch für einen hohen Zusammenhang zwischen den Projekten sorgte.

Bevor wir mit der Detailarbeit weitermachten, hatten wir eine Besprechung mit Andreas Holzer. In diesem Austausch schaute er ebenfalls nochmals in das Schema und gab uns einige wichtige Tipps, wie wir bestimmte Verbindungen und Bauteile noch besser umsetzen können. Diese Hinweise haben wir direkt im Schaltplaneditor eingearbeitet und so die Struktur unseres Projekts weiter verbessert.

Die wichtigsten Schnittstellen und Verbindungen wurden im Schaltplan sorgfältig platziert und beschriftet. Für jedes Bauteil musste ein passender Footprint zugewiesen werden, der die Bauform, die Löt pads und gegebenenfalls auch Aussparungen auf der Leiterplatte definiert. Die Kontrolle und Auswahl der richtigen Footprints war sehr aufwändig, da wir sicherstellen mussten, dass jedes Bauteil später exakt auf die Platine passt. Besonders bei speziellen oder weniger gängigen Komponenten war eine genaue Überprüfung der Gehäuseabmessungen und Pinbelegungen notwendig. Um sicherzugehen, dass kein Footprint übersehen wird, haben wir jeden einzelnen in einer separaten Bibliothek abgelegt und mit einem Kürzel versehen. So war jederzeit ersichtlich, welche Footprints bereits geprüft wurden.

Ein weiterer wichtiger Schritt war das Hinterlegen der LCSC-Nummern für alle Bauteile. Diese Nummern sind notwendig, damit wir die Platine später direkt bei JLCPCB bestellen und die Fertigung inklusive Bestückung der Bauteile reibungslos abwickeln können. Dazu mussten wir für jedes benötigte Bauteil immer direkt das passende Teil im Onlineshop von JLCPCB beziehungsweise LCSC herausuchen und die zugehörige LCSC-Nummer erfassen. Nur so konnten wir sicherstellen, dass die Bauteile tatsächlich verfügbar sind und bei der Bestellung automatisch korrekt zugeordnet und bestückt werden. Die Zuordnung der LCSC-Nummern erfolgte jeweils im Eigenschaftenfenster der einzelnen Komponenten.

Nach Abschluss des Schaltplans, der Footprint-Zuweisung und dem Hinterlegen der LCSC-Nummern generierten wir die Netzliste und wechselten in den Leiterplatteneditor. Hier konnten wir alle Footprints aus dem Schaltplan importieren und auf der virtuellen Leiterplatte platzieren. Direkt im Anschluss definierten wir die Randflächen der Platine, um ein Gefühl für die spätere Grösse und das Layout zu bekommen.

Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

Für die Verdrahtung haben wir zunächst das automatische Routing-Tool «Autorouter» von KiCAD verwendet. Dieses Tool erstellt automatisch die Leiterbahnen zwischen den Pads gemäss den Vorgaben aus dem Schaltplan. Die Dimensionierung der Leiterbahnen haben wir recherchiert und uns für eine Standardbreite von 0,4mm entschieden, da bei einer Erwärmung von 30°C noch bis zu 1,9A geführt werden können. Da die meisten Leitungen im Projekt nur sehr geringe Ströme führen, war diese Breite mehr als ausreichend. Die entsprechenden Werte konnten wir direkt im Autorouter hinterlegen. Für einzelne Leiterbahnen, die grössere Ströme führen, haben wir die Breite nachträglich von Hand angepasst. So erhielten beispielsweise die Hauptzuleitungen des 24V-Teils eine Breite von 4mm, die Versorgungsleitungen zu den Relais 3mm. Wo nötig, haben wir Leiterbahnen auch auf andere Layer verlegt, um die nötigen Abstände einzuhalten und Kreuzungen zu vermeiden.

Wir entschieden uns für ein sechslagiges Leiterplatten-Design, da dies preislich noch vertretbar war, uns aber viele Möglichkeiten für die Signalführung bot. Trotz der sechs Layer war es eine Herausforderung, alle Verbindungen sauber unterzubringen. Erst durch gezieltes Verschieben und optimiertes Anordnen der Bauteile sowie durch das Vergrössern der gesamten Platine konnten wir schliesslich alle Verbindungen realisieren.

Abschliessend nutzten wir die 3D-Ansicht von KiCAD, um das gesamte Leiterplattendesign aus allen Perspektiven zu überprüfen. So konnten wir sicherstellen, dass keine mechanischen Kollisionen auftreten und das Layout wie geplant umgesetzt werden kann. Zuletzt haben wir die Platine mit individuellen Grafiken und Beschriftungen versehen, um sie optisch ansprechend und personalisiert zu gestalten.

6.5.2.1 Leiterbahndimensionen

Leiterbahn		10°	20°	30°	40°	50°	60°
0.1mm	4mil	0.4A	0.6A	0.8A	0.9A	1.0A	1.1A
0.2mm	8mil	0.7A	1.0A	1.2A	1.4A	1.6A	1.7A
0.3mm	12mil	0.9A	1.3A	1.6A	1.8A	2.0A	2.2A
0.4mm	16mil	1.1A	1.5A	1.9A	2.2A	2.4A	2.7A
0.5mm	20mil	1.3A	1.8A	2.2A	2.5A	2.8A	3.1A
0.6mm	24mil	1.4A	2.0A	2.4A	2.8A	3.1A	3.4A
0.7mm	28mil	1.6A	2.2A	2.7A	3.1A	3.5A	3.8A
0.8mm	32mil	1.7A	2.4A	2.9A	3.4A	3.8A	4.1A
0.9mm	36mil	1.8A	2.6A	3.2A	3.7A	4.1A	4.5A
1.0mm	40mil	2.0A	2.8A	3.4A	3.9A	4.4A	4.8A
1.5mm	60mil	2.5A	3.6A	4.4A	5.1A	5.7A	6.2A
2.0mm	80mil	3.0A	4.3A	5.3A	6.1A	6.8A	7.5A
3.0mm	120mil	3.9A	5.6A	6.8A	7.9A	8.8A	9.7A
4.0mm	160mil	4.7A	6.7A	8.2A	9.5A	10.6A	11.6A
5.0mm	200mil	5.5A	7.7A	9.5A	10.9A	12.2A	13.4A
6.0mm	240mil	6.1A	8.7A	10.6A	12.3A	13.7A	15.1A
7.0mm	280mil	6.8A	9.6A	11.7A	13.6A	15.2A	16.6A
8.0mm	320mil	7.4A	10.4A	12.8A	14.8A	16.5A	18.1A
9.0mm	360mil	8.0A	11.3A	13.8A	15.9A	17.8A	19.5A
10.0mm	400mil	8.5A	12.1A	14.8A	17.0A	19.1A	20.9A

Tabelle 12: Leiterbahndimensionen

Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

6.5.2.3 Schaltplanentwurf Andreas Holzer

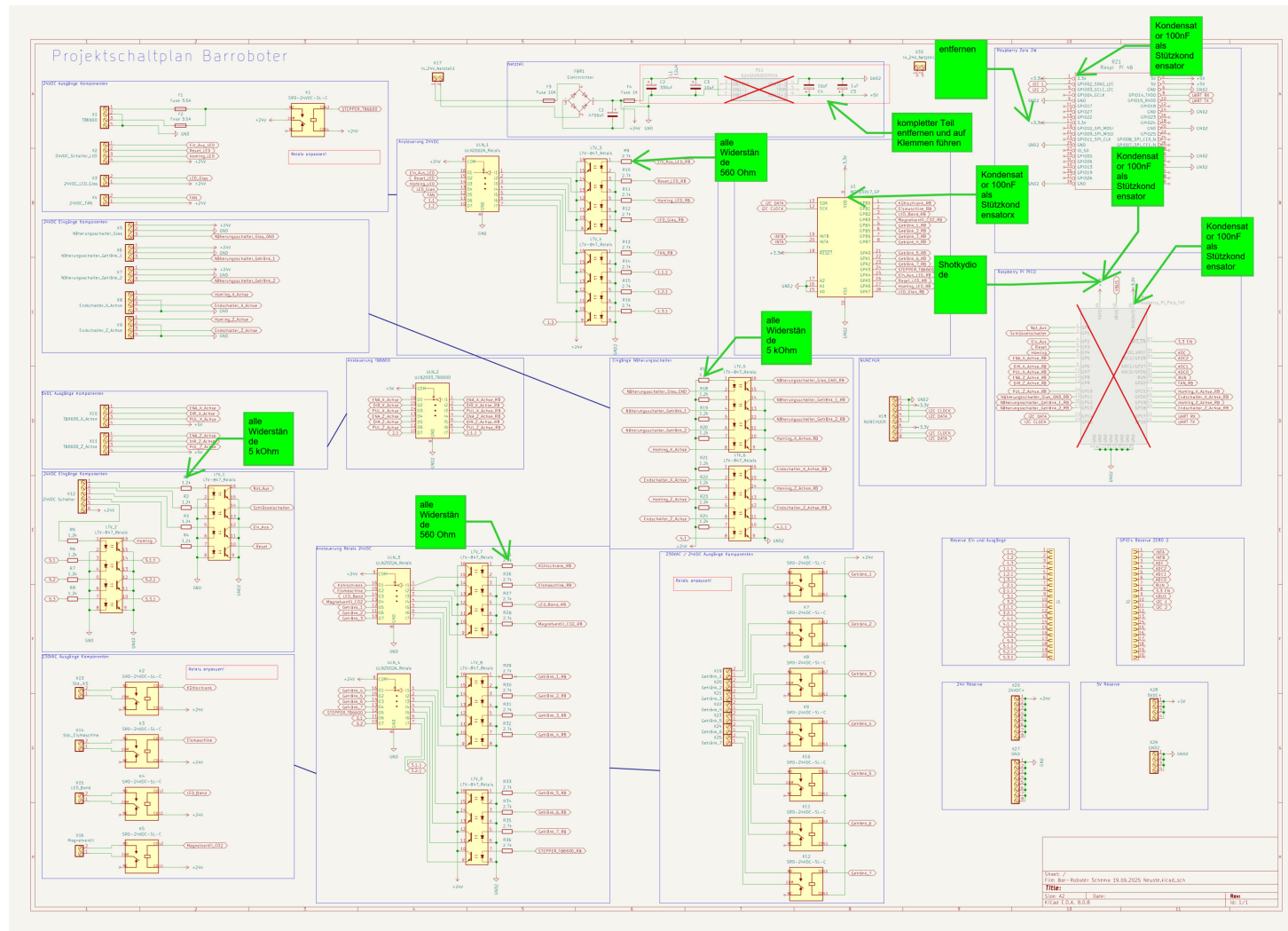


Abbildung 53: Schaltplanentwurf Andreas Holzer

Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

6.5.2.4 Fertiger Schaltplan

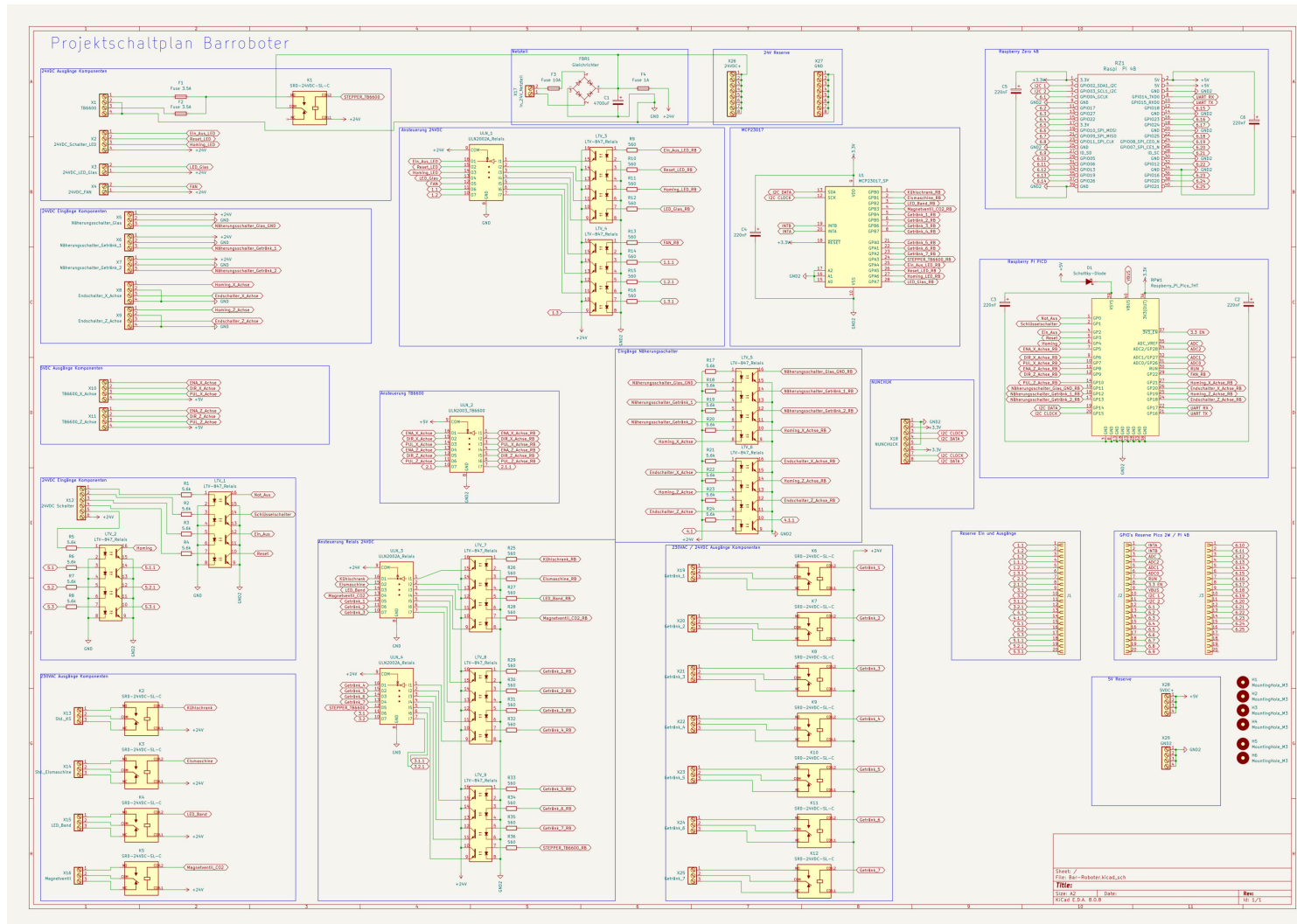


Abbildung 54: Schaltplan

6.5.2.5 Leiterplattendesign

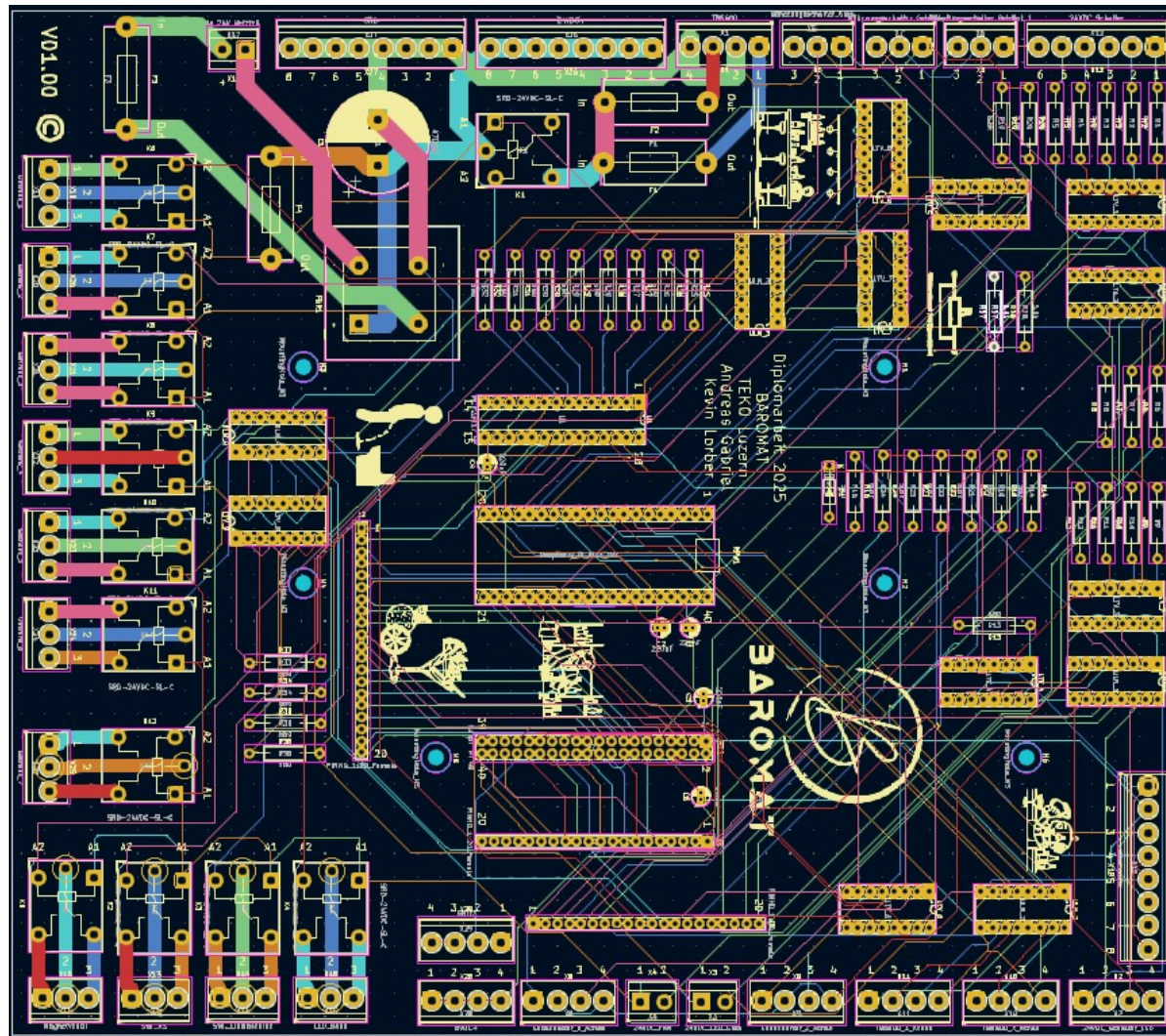


Abbildung 55: Leiterplattendesign

6.5.2.6 3D-Modell

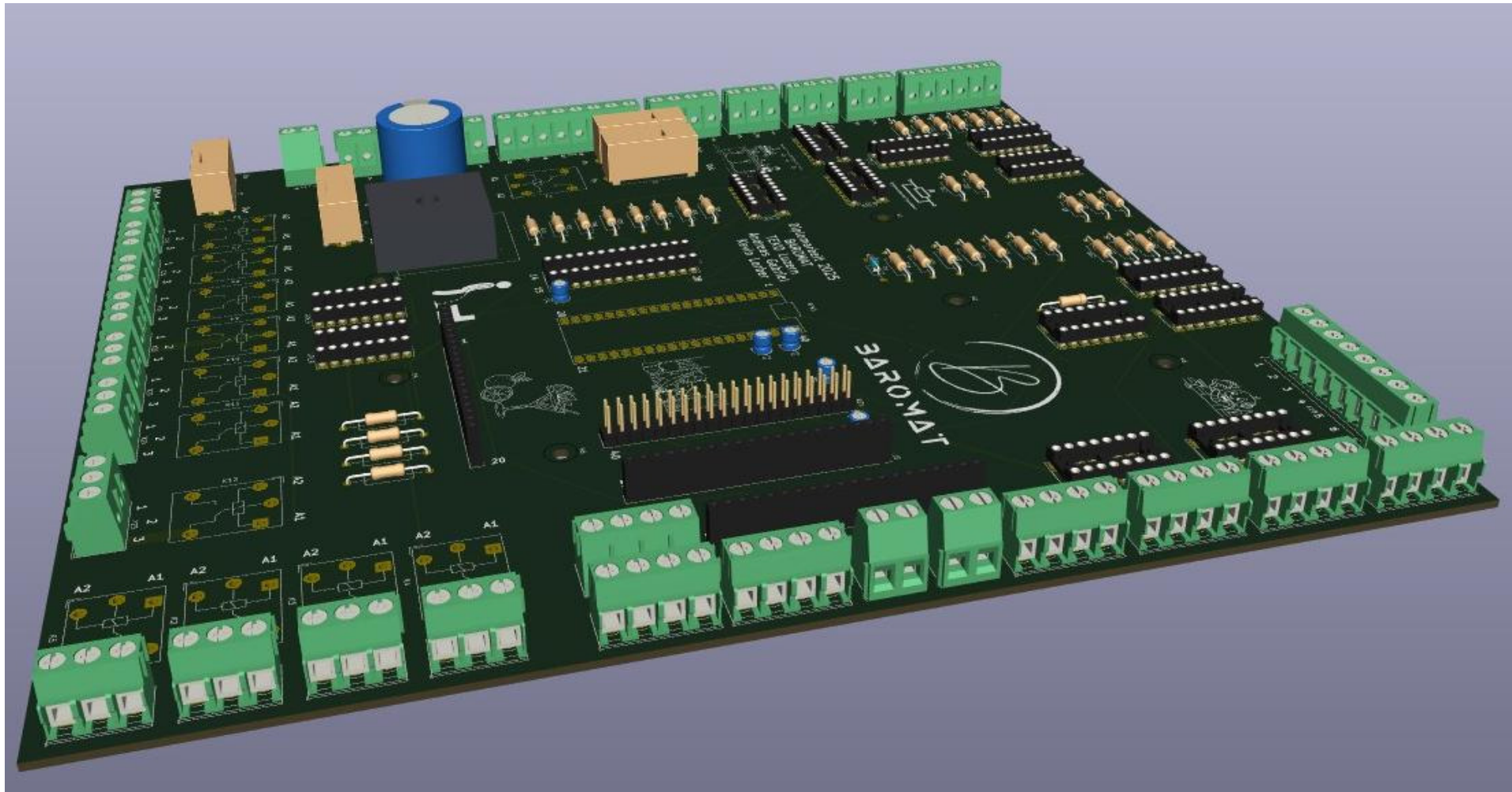




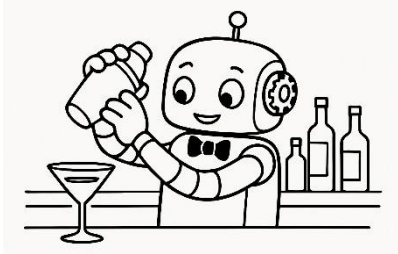



Abbildung 56: 3D-Modell

6.5.2.7 Bilder Platine

Damit wir auf der Platine einige ansprechende Bilder positionieren konnten, haben wir gezielt im Internet nach geeigneten Motiven gesucht. Uns war wichtig, etwas Humorvolles und zugleich Passendes für unseren Bar-Roboter zu finden. Die Bilder sollten nicht nur optisch ansprechend sein, sondern auch einen kleinen Wiedererkennungswert bieten und das Thema unseres Projekts auflockern. Mit witzigen, thematisch passenden Grafiken wollten wir der ansonsten technisch wirkenden Platine eine persönliche Note verleihen und das Gesamtbild etwas auflockern. So spiegelt die Platine nicht nur unsere technische Arbeit wider, sondern auch unsere Kreativität und Freude am Projekt.

Um die Bilder auf die Platine zu bringen, mussten sie zunächst für KiCAD aufbereitet werden. Dazu haben wir die gewünschten Motive zuerst in Schwarz-Weiss-Bilder umgewandelt, damit sie von KiCAD optimal verarbeitet werden können. Diese Umwandlung erfolgte mit einem Bildumwandler, der die Motive in das passende Format bringt. Anschliessend haben wir die bearbeiteten Bilder im Zwischenspeicher kopiert und als Footprint in KiCAD importiert. Im Leiterplatteneditor konnten wir die Grafiken dann einfach auf den Silkscreen legen und an der gewünschten Stelle auf der Platine positionieren. Durch dieses Vorgehen konnten wir unsere eigenen Motive individuell und präzise in das Platinenlayout integrieren.

Bild:	Link / QR-Code:
	Barmann 
	Barfrau 
	Bar-Roboter 







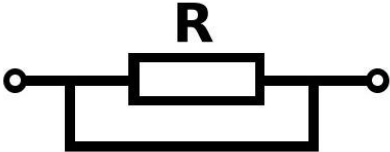



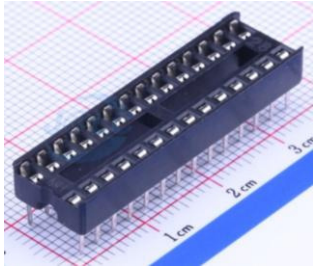

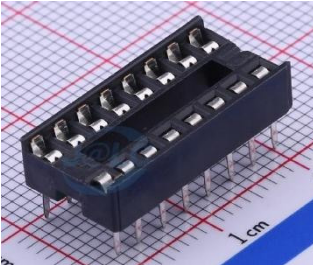

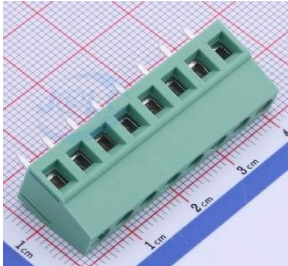

 <p>BAROMAT</p>	 <p>Logo</p>
	 <p>Cocktail</p>
	 <p>Toilette</p>
 <p>Widerstand ist Zwecklos!</p>	 <p>Widerstand</p>

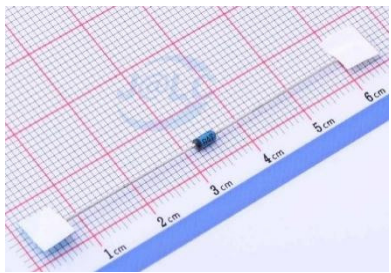

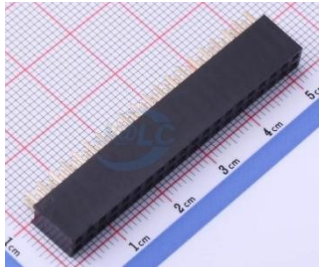

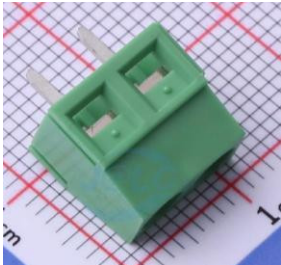

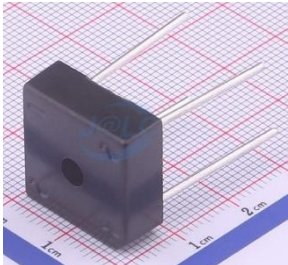

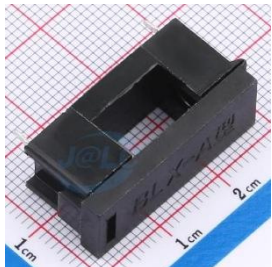



Tabelle 13: Bilder Platine

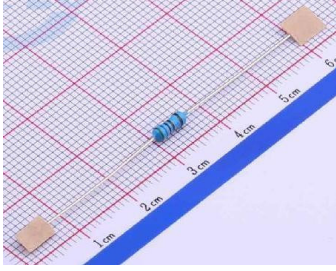

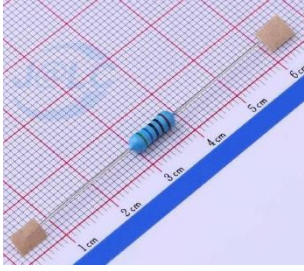

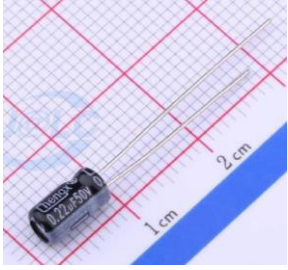





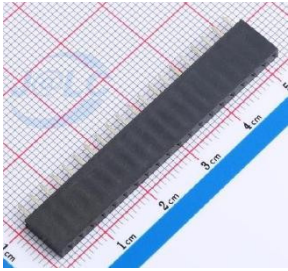

6.6 Komponentenwahl JLCPCB

Im folgenden Kapitel sind sämtliche Bauteile aufgelistet, die für die Steuerplatine unseres Bar-Roboters bei JLCPCB verwendet wurden. Dabei werden ausschliesslich die elektronischen Komponenten beschrieben, die direkt auf der Platine verbaut sind. Die Auswahl dieser Bauteile basiert auf den zuvor definierten Anforderungen sowie auf den technischen Berechnungen und Überlegungen, die im Rahmen des Projekts durchgeführt wurden.

6.6.1 Komponenten JLCPCB

Produkt:	Bild:	Link / QR-Code:
Relais 24V		Relais 24V 
Stecksocket 28P		Stecksocket 28P 
Stecksocket 16P		Stecksocket 16P 
Klemme 8-fach		Klemme 8-fach 

<p>Schottky-Diode</p>		 <p>Schottky-Diode</p>
<p>Female Headers 2x20P</p>		 <p>Female Headers 2x20P</p>
<p>Klemme 2-fach</p>		 <p>Klemme 2-fach</p>
<p>Gleichrichter</p>		 <p>Gleichrichter</p>
<p>Sicherungshalter</p>		 <p>Sicherungshalter</p>
<p>Klemme 3-fach</p>		 <p>Klemme 3-fach</p>

<p>Widerstand 5.6kΩ</p>		 <p>Widerstand 5.6kΩ</p>
<p>Widerstand 560Ω</p>		 <p>Widerstand 560Ω</p>
<p>Kondensator 220nF</p>		 <p>Kondensator 220nF</p>
<p>Kondensator 4700uF</p>		 <p>Kondensator 4700uF</p>
<p>Klemme 4-fach</p>		 <p>Klemme 4-fach</p>
<p>Female Headers 1x20P</p>		 <p>Female Headers 1x20P</p>

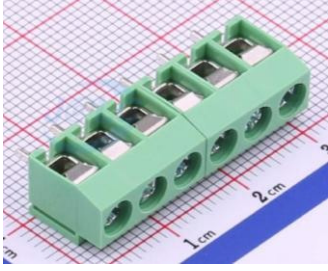

<p>Klemme 6-fach</p>		 Klemme 6-fach
----------------------	---	--

Tabelle 14: Komponentenliste JLCPCB

6.7 Bestellung Platine

Für unser Elektronikprojekt haben wir die Platinen bei JLCPCB in China bestellt. Die Website sowie deren Produkte haben wir im Unterricht im Fach Mikrocomputertechnik kennengelernt. Auch für unser Robotik-Projekt und die Semesterarbeit im Fach Elektronik haben wir dort bereits Platinen bestellt. Der Ablauf gestaltete sich wie folgt:

6.7.1 Erstellung der Schaltungsdateien

Wir haben das Schaltbild und das Layout der Platine im Zeichnungsprogramm KiCAD entworfen. Anschliessend haben wir die Gerber-Dateien sowie die notwendigen Produktionsdateien wie Bohrdaten, Stückliste und Pick-and-Place-Datei exportiert. Diese Dateien konnten wir direkt aus KiCAD entnehmen und in einem separaten Ordner ablegen. Damit die Dateien hochgeladen werden konnten, haben wir sie in einem ZIP-Archiv zusammengefasst.

6.7.2 Hochladen der Dateien

Die Gerber-Dateien wurden direkt auf der Website von JLCPCB hochgeladen. Die Plattform hat die Masse sowie weitere Produktionsdetails automatisch erkannt und hinterlegt.

6.7.3 Anpassung der Produktionsoptionen

Im Bestellprozess konnten wir verschiedene Varianten auswählen, wie unsere Platine gefertigt werden sollte. Fast alle bereits vorgeschlagenen Optionen konnten wir direkt übernehmen. Wir haben uns für die folgenden Spezifikationen entschieden:

- **Material:** FR4
- **Lagen:** 6 Stück
- **Plattendimensionen:** 220x250mm
- **Produkttyp:** Industrie / Kundenelektronik
- **Dicke:** 1,6mm
- **Farbe der Lötstopmmaske:** grün
- **Silkscreen:** weiss
- **Materialtyp:** FR4-Standard TG 135–140
- **Kupferstärke:** 1oz
- **Via-Abdeckung:** Epoxy Filled & Untented
- **Zusätzliche Optionen:** 2 Platinen bestückt, 3 unbestückt
- **Confirm Parts Placement:** Ja

6.7.4 Bestückungsservice

Für die Bestückung haben wir eine BOM (Stückliste) sowie die Pick-and-Place-Datei hochgeladen. Die Bauteile, die in der JLCPCB-Bauteilbibliothek verfügbar waren, wurden ausgewählt. Dabei mussten wir feststellen, dass die 5,6kΩ-Widerstände inzwischen bereits ausverkauft waren. Deshalb konnten wir direkt auf der Webseite neue Widerstände hinterlegen. Auch die Stecksocket der LTV konnten nicht direkt übernommen werden und mussten ebenfalls nochmals hinterlegt werden. Fehlende Komponenten, wie zum Beispiel der Pico W, werden wir manuell in die dafür vorgesehenen Löcher nachbestücken und einlöten.

6.7.5 Überprüfung und Freigabe

Die Gerber-Dateien und die Bestückungsinformationen wurden in der Vorschau geprüft, um sicherzustellen, dass alle Details korrekt interpretiert wurden. Die verschiedenen Bauteile mussten wir noch richtig ausrichten, damit sie in die vordefinierten Löcher passen. Nach der finalen Bestätigung war die Bestellung bereit für die Produktion. Zur Sicherheit liessen wir das Layout zusätzlich von den Mitarbeitenden von JLCPCB überprüfen, die ebenfalls keine Mängel feststellen konnten.

6.7.6 Bezahlung und Versand

Nach der Bestätigung der Bestellung haben wir die Bezahlung per Kreditkarte abgeschlossen und UPS als Versanddienstleister gewählt, da dieser am günstigsten war. Die Zollgebühren wurden uns noch vor der Lieferung der Platine separat in Rechnung gestellt und uns zusätzlich berechnet.

6.7.7 Produktion und Lieferung

Die Überprüfung der Platine nahm zwei Arbeitstage in Anspruch, bevor die Produktion begann, welche etwa drei bis vier Tage dauerte. Anschliessend erfolgte der Versand zügig und reibungslos. Knapp zwei Wochen nach der Bestellung hielten wir schliesslich unsere fertigen Platinen in den Händen.

6.8 Planung Aufbau

Dieses Kapitel zeigt unseren pragmatischen Weg vom ersten Konzept zum funktionsfähigen Bar-Roboter. Statt einer vollständigen CAD-Vorausplanung nutzten wir Handskizzen, prüften Masse direkt am Aufbau und entschieden schrittweise nach Verfügbarkeit, Budget und Funktion.

In den folgenden Unterkapiteln dokumentieren wir den Aufbau der zentralen Baugruppen: vom Startdesign und Planungsansatz über Tisch, Linearschiene und Transportschlitten bis zu den Antrieben der X- und Z-Achse, der Konstruktion der Rückwand, dem CO₂-Trakt, den Anschlussstücken für Mischgetränke, der Displayhalterung und Bedienleiste sowie den Endschaltern und den Laufrollen. Abbildungen veranschaulichen die wichtigsten Konstruktionen und Überlegungen. Grundlage bildet jeweils die Handskizze. Materialien wurden nach Verfügbarkeit gewählt und die Konstruktion so ausgeführt, dass Funktionalität, Stabilität und ein sauberes Erscheinungsbild gewährleistet sind.

6.8.1 Startdesign

Als Ausgangspunkt für das Design haben wir immer wieder auf die Handskizze zurückgegriffen, die wir bereits bei der Themeneingabe verwendet haben. Diese war aus unserer Sicht bereits ausreichend detailliert, sodass wir viele Elemente direkt übernehmen und in die weitere Planung einfließen lassen konnten.

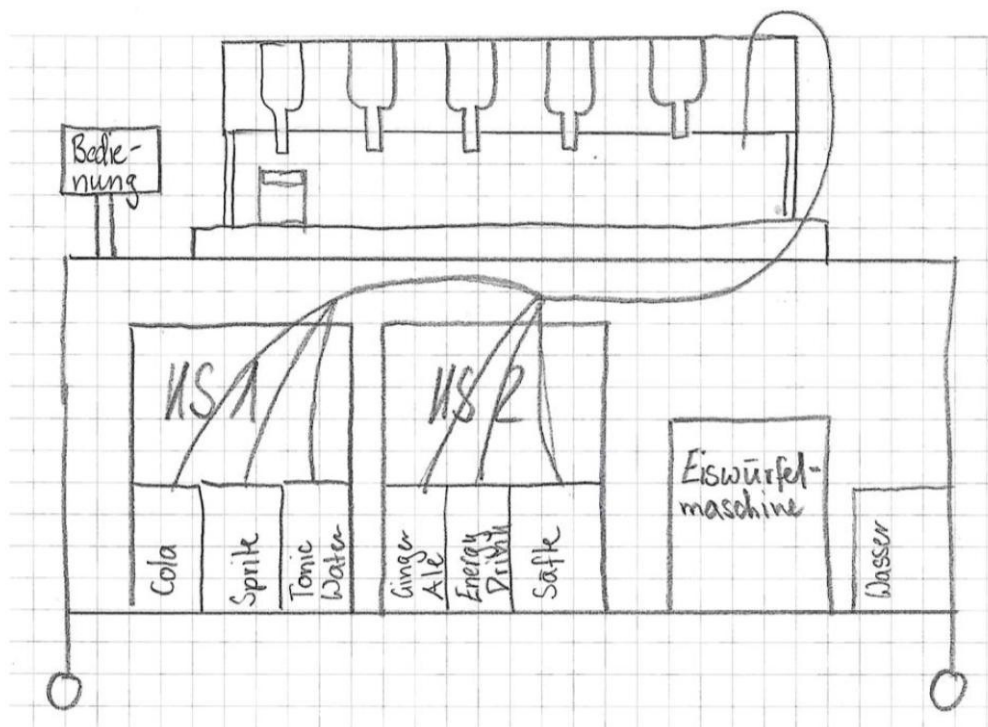


Abbildung 57: Startdesign

6.8.2 Planungsansatz

Auf eine detaillierte, vorgängige Gesamtplanung haben wir bewusst verzichtet. Ein wesentlicher Grund dafür war unser Budgetrahmen von 3'000 Franken. Zusätzlich sind wir beide keine Konstrukteure, wodurch uns teilweise das spezifische Know-how und der Zugang zu geeigneten Konstruktions-Tools fehlte. Deshalb haben wir Handskizzen bevorzugt. Stattdessen sind wir schrittweise vorgegangen: Wir haben jeweils geprüft, welche Materialien sich wie verbauen lassen und was im Baumarkt verfügbar war. So konnten wir bereits erworbene Komponenten und Reststücke sinnvoll integrieren und kostengünstig wiederverwenden. Häufig haben wir vor dem Kauf eines Produkts im OneNote eine kleine Handskizze des betreffenden Teilprojekts erstellt, um sicherzustellen, dass wir alle Komponenten in der richtigen Grösse und Anzahl bestellen. Die Masse haben wir zwar vorgängig bedacht, jedoch nicht separat dokumentiert, sondern direkt am Roboter ausgetestet und im Anschluss unmittelbar gebohrt oder verschraubt. Dieses pragmatische Vorgehen hat uns erlaubt, flexibel auf Verfügbarkeit und Preis zu reagieren, ohne die Funktionalität des Bar-Roboters zu beeinträchtigen.

6.8.3 Planung Tisch

Beim Tisch waren wir relativ eingeschränkt, da wir uns an die verfügbaren Herstellerabmessungen halten mussten. Die preiswerten Tische von Gonser gab es in den Längen 120cm oder 150cm. Da wir die beiden Kühlschränke unten platzieren wollten, welche jeweils rund 50cm breit sind und zudem eine Unterverteilung Platz finden musste, haben wir uns konsequent für die 150cm-Ausführung entschieden. Uns war bewusst, dass die Länge nicht für alle Lifte ideal ist; wichtiger war jedoch, dass beide Kühlschränke sicher untergebracht werden können, was nur mit der grösseren Variante möglich war.

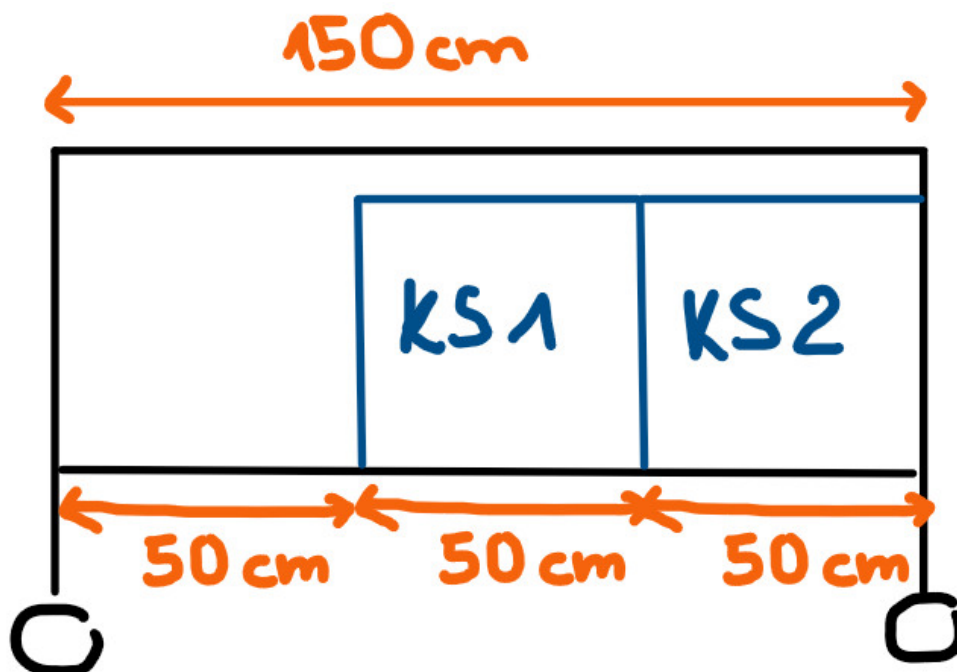


Abbildung 58: Tischgrößen

6.8.4 Aufbau Schnapsflaschenhalter

Anfänglich gingen wir davon aus, die Alkoholdispenser unverändert wie gekauft verbauen zu können. Beim Zusammenbau zeigte sich jedoch, dass dies so nicht zuverlässig funktioniert. Daraufhin erstellten wir eine Handskizze, in der wir eine stabilere Konstruktion ausarbeiteten und den Aufbau entsprechend anpassten. In dieser Skizze haben wir zusätzlich zwei Aluminiumwinkel eingezeichnet, um den Dispenser mechanisch zu versteifen. Ebenfalls markiert wurden die Schraubenpositionen sowie die ungefähren Bohrpunkte, damit die Montageführung für das anschliessende Bohren und Verschrauben klar festgelegt ist.

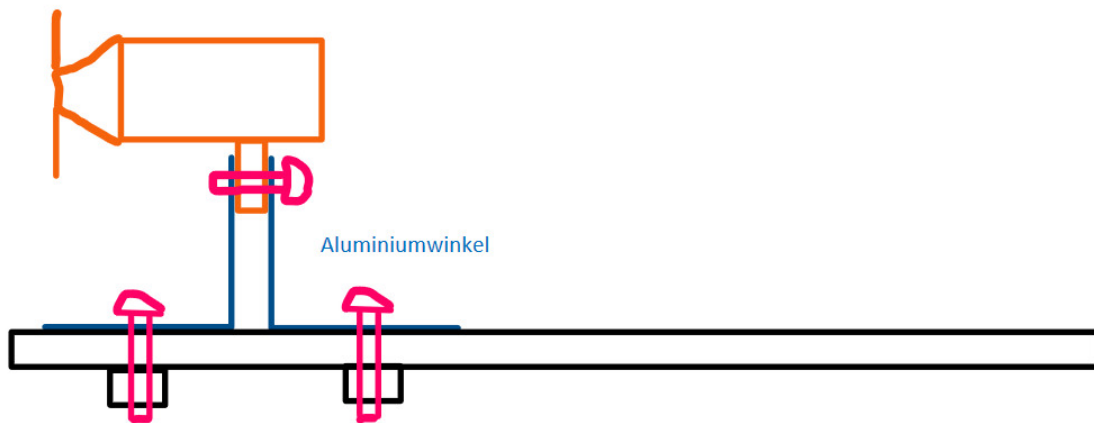


Abbildung 59: Aufbau Schnapsflaschenhalter

6.8.5 Halterung Touch-Display

Bei der Halterung des Touchdisplays war für uns klar, dass ein präziser Ausschnitt vorgesehen werden soll, durch den ausschliesslich das Display sichtbar ist. Im selben Bauteil wollten wir zudem einen separaten Ausschnitt für den Not-Aus-Schalter integrieren. Das Bauteil sollte über die Ecken in den Winkel geschnitten sein und zugleich als saubere, durchgängige Frontplatte dienen, um Funktionalität und ein hochwertiges Erscheinungsbild zu kombinieren.

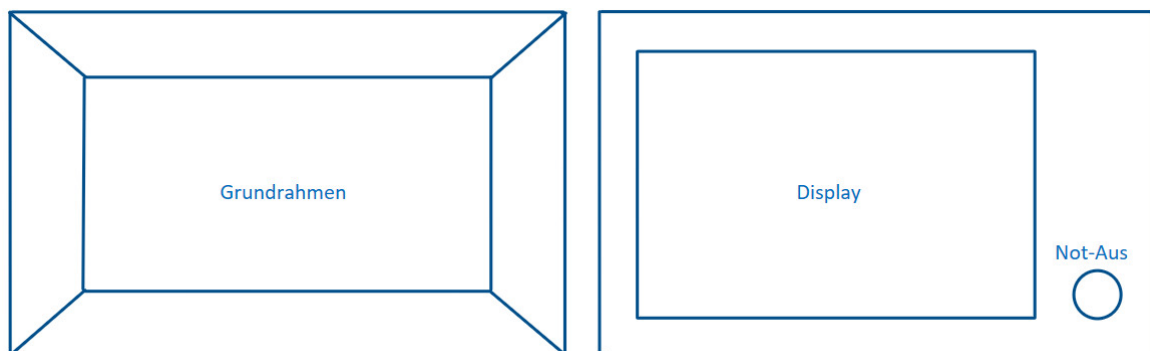


Abbildung 60: Displayhalterung

6.8.6 Bedienleiste Schalter

Für die Bedienleiste entschieden wir uns bewusst für eine schräge Ausführung, um die Bedienung zu erleichtern und die Übersicht zu erhöhen. In diesem Element sollten ausserdem die vier Schalter Ein/Aus, Reset, Homing sowie der Schlüsselschalter Platz finden. Die Leiste war so geplant, dass die Ecken im Winkel ausgeführt sind und sie als durchgängige, saubere Front wirkt, mit Fokus auf Funktionalität und eine wertige Optik.

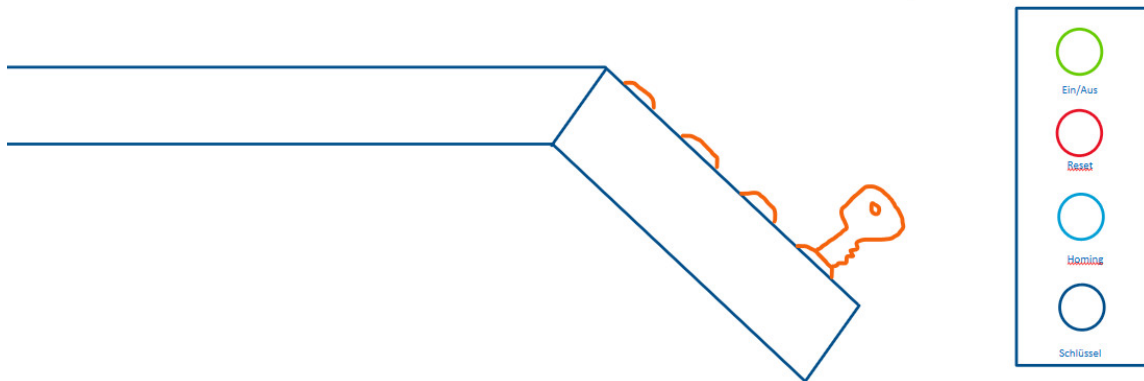


Abbildung 61: Bedienleiste

6.8.7 Linearschiene

Da wir für den Tisch eine Länge von 150cm gewählt haben und möglichst den gesamten Fahrweg nutzen wollten, entschieden wir uns, die Schiene in derselben Länge zu bestellen. Die Anordnung auf dem Tisch haben wir nicht im Voraus festgelegt, sondern wie unten beim Zusammenbau beschrieben mithilfe von Holzplatten und durch Anhalten der Oberkonstruktion bestimmt. Auch die Länge des Abschnitts wurde nicht vorab fix definiert, sondern beim Zusammenbau durch das Platzieren des Motors festgelegt. Zusätzlich haben wir den Abstand zwischen den Schienen nicht im Voraus geplant, sondern ihn ebenfalls während des Zusammenbaus festgelegt.

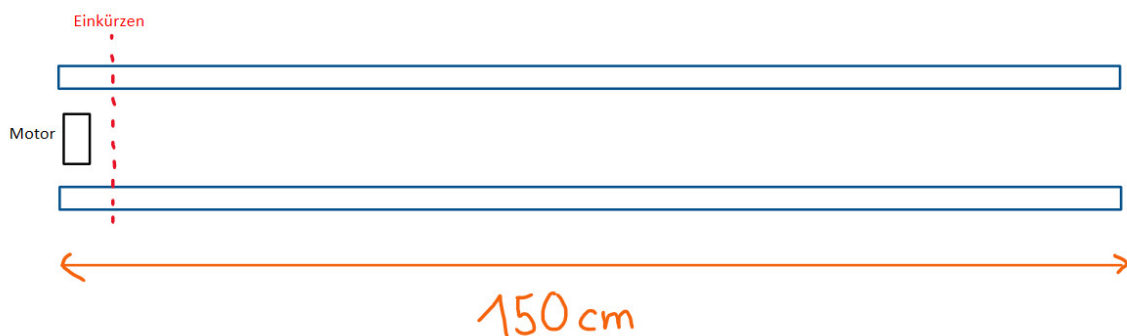


Abbildung 62: Linearschiene

6.8.8 Transportschlitten

Den Transportschlitten wollten wir robust, aber dennoch ansprechend gestalten. Deshalb planten wir, ihn aus weissem Acrylglas zu fertigen, das eine leicht milchige Optik hat und mit einem LED-Band versehen wird. Rundum sollten die Kanten mit einem Aluminiumprofil geschützt werden, was zusätzliche Robustheit verleiht und die Optik verbessert. Da der Transportschlitten gleichzeitig auch die Z-Achse tragen muss, haben wir diese darauf eingepplant, ebenso die Befestigung der Laufkette. Als Grundlage wollten wir ein passend zugeschnittenes Holzstück verwenden und darauf die gesamte Konstruktion aufbauen. Zusätzlich wollten wir die Läufer für die Laufschiene unten am Holz befestigen, damit der Transportschlitten sauber fahren kann.

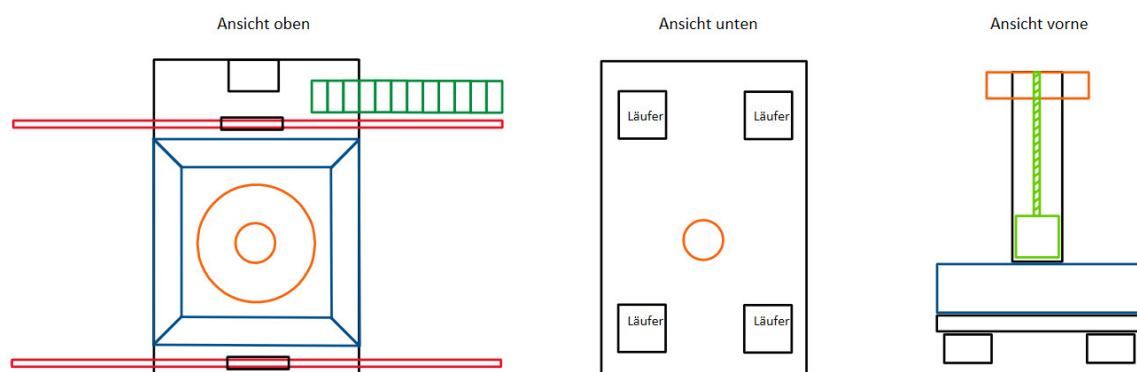


Abbildung 63: Transportschlitten

6.8.9 Antrieb X-Achse

Für den Antrieb der X-Achse planen wir einen Doppelwellenmotor ein, welcher zwei Riemer antreibt. Dafür vorgesehen war pro Welle eine Kupplung, bevor diese auf den ersten Lagerbock geführt wird. Um die maximale Steifigkeit zu erreichen, planen wir zusätzlich einen zweiten Lagerbock ein, zwischen denen das hauptsächliche Zahnrad befestigt wird.

Der Riemen wird anschliessend über drei Zahnräder geführt, wobei er jeweils zweimal unten durch und in der Mitte darüber geführt wird. So verringern wir ein mögliches Flattern. Am Ende des Tisches wird eine Umlenkrolle installiert, welche den Riemen umlenkt und zugleich über eine Schraube gespannt oder gelockert werden kann.

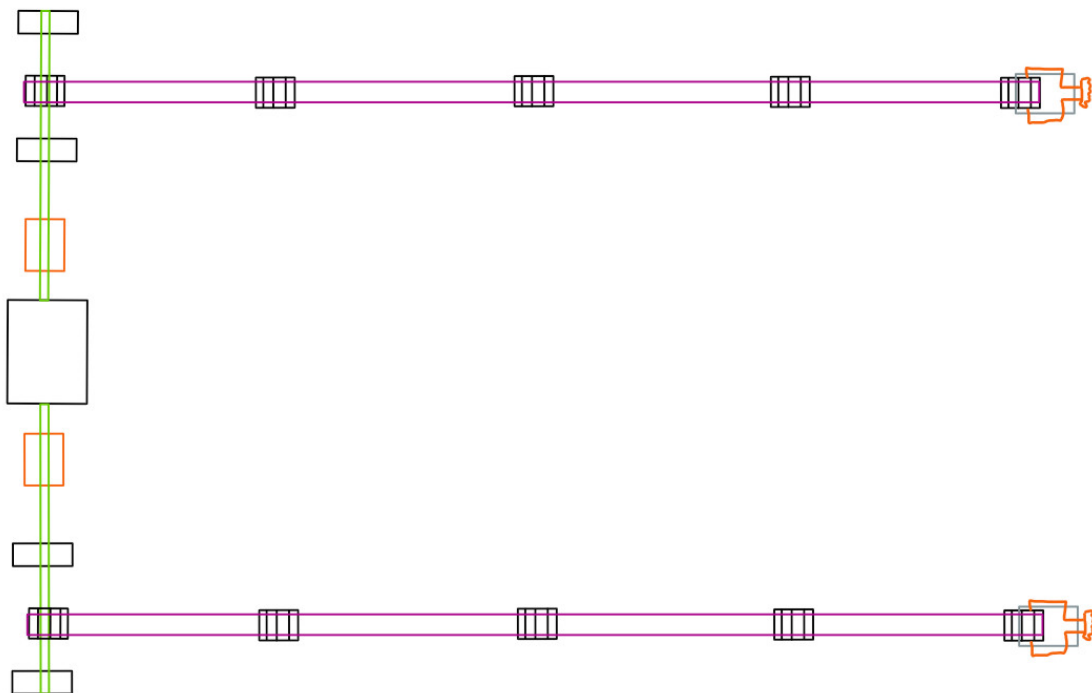


Abbildung 64: Antrieb X-Achse

6.8.10 Konstruktion Rückwand

Bei der Rückwand haben wir eingeplant, fünf Alu-Profile vertikal in die verstärkte Rückwand des Tisches zu bohren und zu befestigen. Um eine genügend grosse Stabilität zu erreichen, planen wir zusätzlich drei horizontale Verbindungen, welche mit den vertikalen Trägern verbunden werden. Auf den beiden nahe beieinander liegenden horizontalen Querträgern möchten wir anschliessend die Flaschenhalterungen sowie die Mischgetränkeventile anbringen.

Die Querverbindungen werden wir mittels Eckprofilen und passenden Winkeln miteinander verschrauben, damit wir jeweils eine genügend grosse Stabilität erreichen.

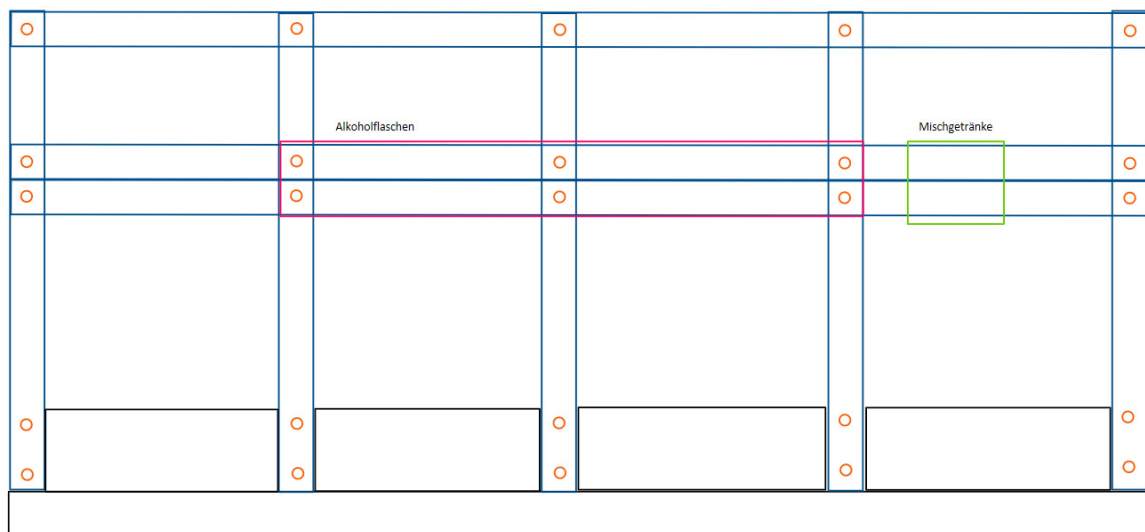


Abbildung 65: Konstruktion Rückwand

6.8.11 CO₂-Trakt

Für den CO₂-Trakt haben wir uns zunächst rudimentär überlegt, welche Komponenten benötigt werden. Dazu erstellten wir eine Skizze, auf der alle wichtigen Komponenten eingetragen waren, um zu überprüfen, ob alles vorhanden ist. Die Dimensionierung haben wir noch nicht fix geplant, sondern zunächst geprüft, welche Schlauchdurchmesser verfügbar sind und welche zu den spezifischen Anschlüssen passen, die zum Beispiel durch die Ventile vorgegeben werden.

Wichtig waren für uns die CO₂-Flasche, der 7-fach CO₂-Verteiler, die sechs CO₂-Ventile, der Flaschenspender sowie die sechs Flüssigkeitsventile. Zudem mussten alle Schläuche für den erforderlichen Druck ausgelegt sein.

Wie und wo wir die einzelnen Ventile und Verteiler auf dem Roboter genau anordnen, haben wir bewusst noch nicht fix geplant. Vielmehr wollten wir zunächst prüfen, wo genügend Platz vorhanden ist, und die Komponenten dort sinnvoll verbauen. Dadurch bleiben wir flexibel und können die Leitungsführung, Wartungszugänglichkeit und Stabilität optimal berücksichtigen.

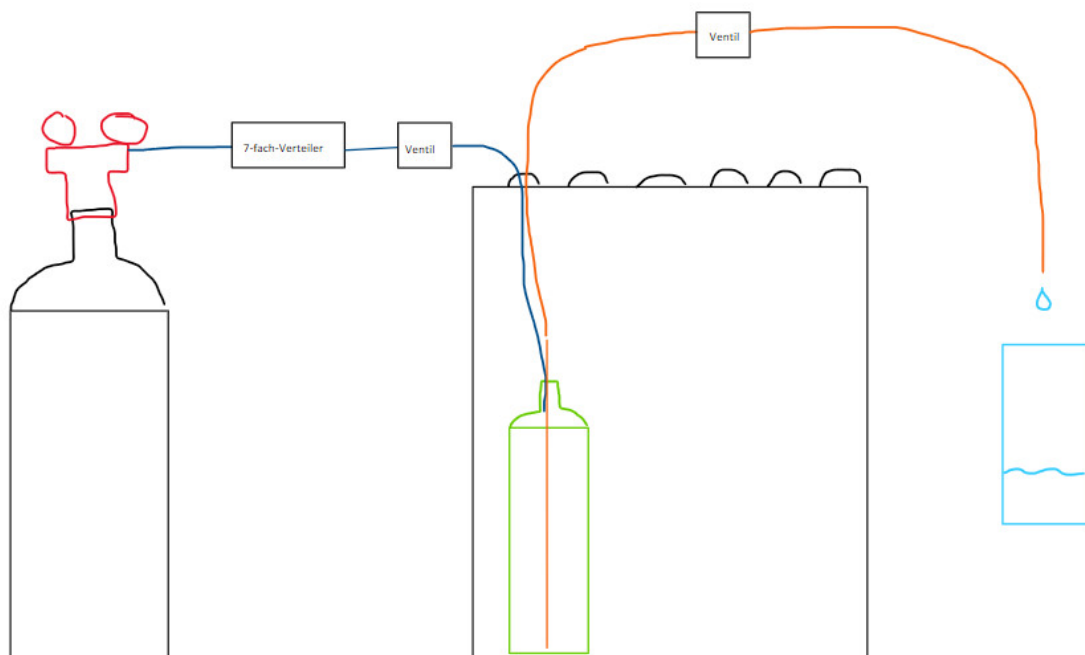


Abbildung 66: CO₂-Trakt

6.8.12 Anschlussstück Mischgetränke

Bei den Anschlussstücken für die Mischgetränkeflaschen war einiges an Gehirnschmalz gefragt. Dafür planten wir, mit zwei Rohren in die Getränkeflasche zu führen. Ein Rohr leitet das Gas ein, das andere führt die Flüssigkeit heraus. Das Gasrohr soll kurz sein, während das Flüssigkeitsrohr bis an den Flaschenboden reicht. Das Rohr für die Luft wollten wir leicht abknicken, damit die Schläuche mit einer Rohrschelle einfach daran befestigt werden können.

Als Halterung wollten wir einen originalen Flaschendeckel verwenden. In diesen setzen wir Messinghülsen ein, in die wir die beiden Rohre einlöten, um eine durchgängige und dichte Lösung zu erhalten. Zwischen den Messinghülsen ist eine Dichtung vorgesehen, damit durch das Loch im Deckel kein Gas entweichen kann.

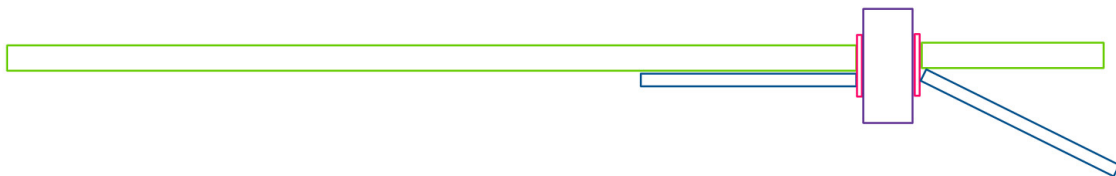


Abbildung 67: Anschlussstück Mischgetränke

6.8.13 Antrieb Z-Achse

Bei der Z-Achse haben wir eingeplant, einen Spindelmotor zu verwenden. Die Z-Achse ist, wie oben beschrieben, auf dem Schlitten angeordnet. Der Spindelmotor verfügt oben über einen Endschalter und unten über einen Homing-Schalter. Wir haben vorgesehen, einen Alu-Winkel an der bereits montierten Halterung zu befestigen, über passende Winkelverbinder, und diesen bei Bedarf mittels zusätzlicher Platten zu schiften, um die Position fein anzupassen.

In den Alu-Winkel planen wir ein Loch zu bohren, das so dimensioniert ist, dass alle Alkohol-Dispenser zuverlässig betätigt werden können, die Stabilität des Bauteils aber dennoch gewährleistet bleibt. Zudem soll der Bügel so angeordnet werden, dass er nicht im Weg ist, wenn man das Glas einsetzen oder entnehmen möchte. Abschliessend wird der Motor mit Alu-Winkeln eingepackt, damit er vor groben Verunreinigungen geschützt ist und nicht mit den Fingern berührt werden kann.

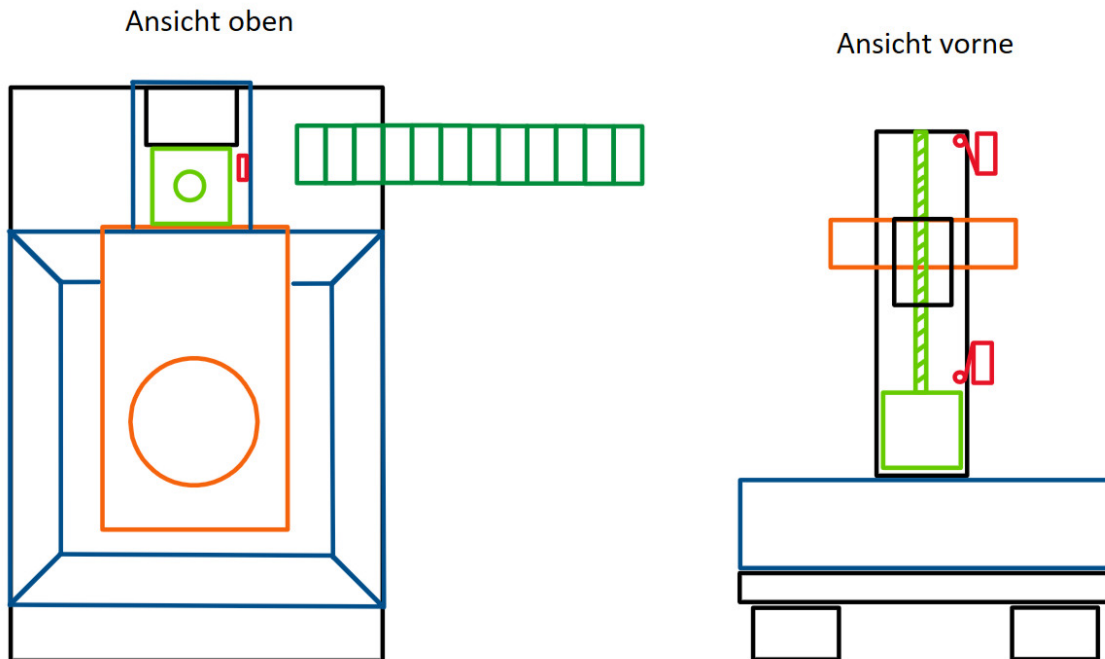


Abbildung 68: Antrieb Z-Achse

6.8.14 Endschalter X-Achse

Die Konstruktion der Endschalter wollten wir möglichst einfach halten. Dafür planten wir, ein vorhandenes Metallprofil aus Restmaterial zu verwenden und den Endschalter darauf zu befestigen. Das Profil wird zusätzlich fest auf dem Tisch verschraubt, um eine stabile und vibrationsarme Montage sicherzustellen. Das Kabel führen wir durch den Tisch nach unten und von dort zu unserer Verteilung.

Den Endschalter planen wir über die vorhandenen Schraubenlöcher mit Schrauben zu montieren oder allenfalls alternativ mit geeignetem Industriekleber am Profil zu befestigen.

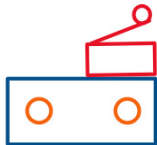


Abbildung 69: Endschalter X-Achse

6.8.15 Laufrollen

Da es keine passenden Produkte für unsere Tischbeine zu kaufen gab, mussten wir eine eigene Konstruktion planen. Zunächst haben wir die Dimensionen der Tischbeine ausgemessen und eine Skizze erstellt. Da wir über die bestehenden Beine bauen mussten, planten wir ein Rohr ein, das das Bein vollständig umschliesst. Unten sollte das Rohr auf eine feste Metallplatte angeschweisst werden. In diese Metallplatte sollten wiederum die Löcher gebohrt werden, an denen wir die bestellten Laufrollen befestigen können.

Das Anschlussrohr wollten wir vorerst verkleben oder alternativ ein zusätzliches Loch durch das Bein bohren, um eine Schraube quer hindurchzuführen und so die Verbindung mechanisch zu sichern.

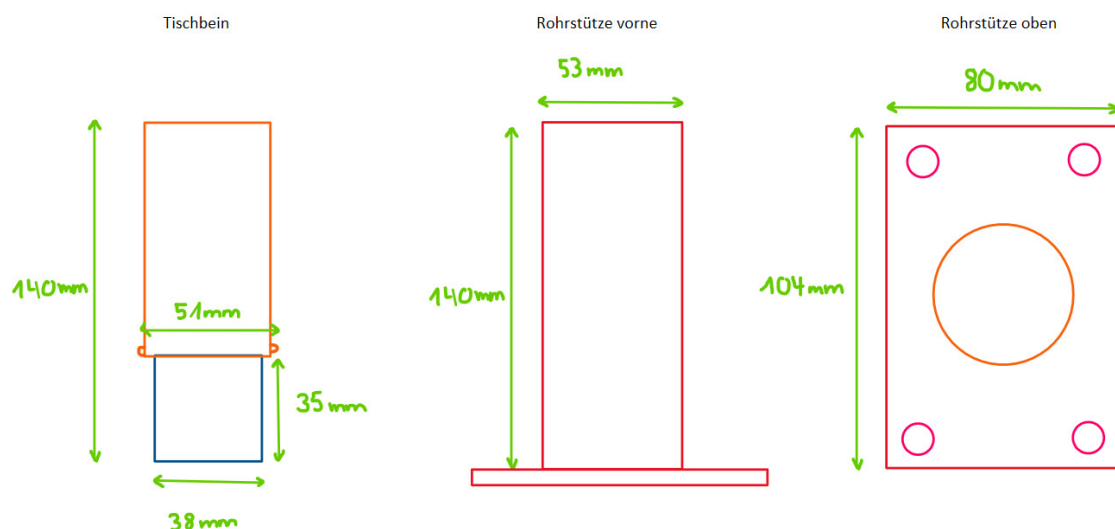


Abbildung 70: Laufrollen













6.9 Komponentenwahl Bar-Roboter



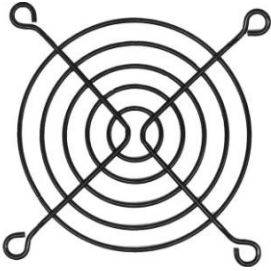









Im folgenden Kapitel sind sämtliche Komponenten aufgelistet, die wir für den Aufbau unseres Bar-Roboters benötigt haben. Dabei werden alle elektronischen und mechanischen Bauteile beschrieben, die im Projekt verbaut wurden. Die Auswahl dieser Komponenten erfolgte auf Basis der zuvor definierten Anforderungen sowie technischer Berechnungen und Überlegungen, die während des Projekts angestellt wurden.






6.9.1 Komponenten Bar-Roboter

Produkt:	Bild:	Link / QR-Code:
Pneumatikschlauch		 Pneumatikschlauch
Riemenspanner		 Riemenspanner
Schlauchschelle		 Schlauchschelle
LED-Band		 LED-Band

<p>Feinsicherungen</p>	<p>HKW</p> 	 <p>Feinsicherungen</p>
<p>Druckschalter leuchtend</p>		 <p>Druckschalter leuchtend</p>
<p>Führungsschiene 35mm</p>		 <p>Führungsschiene 35mm</p>
<p>Schrumpfschlauch</p>		 <p>Schrumpfschlauch</p>
<p>Display</p>		 <p>Display</p>
<p>Riemenhalter</p>	<p>TOJIATO</p> 	 <p>Riemenhalter</p>

<p>Edelstahlstab</p>		 <p>Edelstahlstab</p>
<p>Schienenklemmenblock</p>		 <p>Schienenklemmenblock</p>
<p>CO₂-Druckreduzierventil</p>		 <p>CO₂-Druckreduzierventil</p>
<p>Trafo</p>		 <p>Trafo</p>
<p>Spindelmotor</p>		 <p>Spindelmotor</p>
<p>Endschalter</p>		 <p>Endschalter</p>

<p>Relais</p>		<p>Relais</p> 
<p>Lüftergitter</p>		<p>Lüftergitter</p> 
<p>Lüfter</p>		<p>Lüfter</p> 
<p>Luftverteiler</p>		<p>Luftverteiler</p> 
<p>Wellenkupplung</p>		<p>Wellenkupplung</p> 
<p>Magnetventil</p>		<p>Magnetventil</p> 

<p>Anschlussdose</p>	 <p>AC-01C 10A 250V</p>	 <p>Anschlussdose</p>
<p>Stehlager</p>		 <p>Stehlager</p>
<p>Schienenkragen</p>		 <p>Schienenkragen</p>
<p>Riemenmotor</p>		 <p>Riemenmotor</p>
<p>Schlüsselschalter</p>		 <p>Schlüsselschalter</p>
<p>Treiber TB6600</p>		 <p>Treiber TB6600</p>













<p>Befestigungshalterung</p>		 <p>Befestigungshalterung</p>
<p>Näherungsschalter</p>		 <p>Näherungsschalter</p>
<p>Zahnrad</p>		 <p>Zahnrad</p>
<p>Schleppkette</p>		 <p>Schleppkette</p>
<p>Kabelbinderhalterungen</p>		 <p>Kabelbinderhalterungen</p>
<p>Not-Aus-Schalter</p>		 <p>Not-Aus-Schalter</p>












<p>Zahnriemen</p>		 <p>Zahnriemen</p>
<p>Geflechtsschlauch</p>		 <p>Geflechtsschlauch</p>
<p>Übergangsstück HDMI</p>		 <p>Übergangsstück HDMI</p>
<p>GPIO Header</p>		 <p>GPIO Header</p>
<p>Übergangsstück USB</p>		 <p>Übergangsstück USB</p>
<p>Kühlschutzhülle</p>		 <p>Kühlschutzhülle</p>

<p>HDMI-Kabel</p>		 <p>HDMI-Kabel</p>
<p>USB-Stecker</p>		 <p>USB-Stecker</p>
<p>RJ45-Stecker</p>		 <p>RJ45-Stecker</p>
<p>HDMI-Stecker</p>		 <p>HDMI-Stecker</p>
<p>GPIO Kabel</p>		 <p>GPIO Kabel</p>
<p>USB C-Stecker</p>		 <p>USB C-Stecker</p>

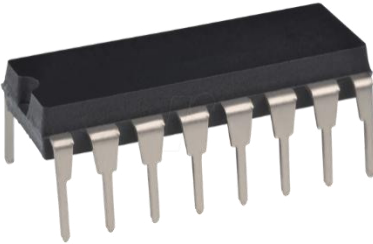

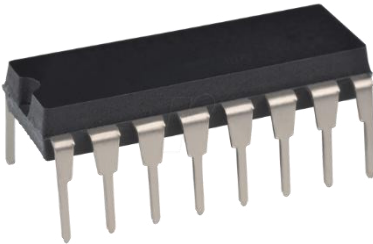









<p>Micro-USB-Stecker</p>	 <p>Micro SP Female Micro SP Male</p>	 <p>Micro-USB-Stecker</p>
<p>Übergangsstück USB C</p>	 <p>2 PCS 40Gbps/240W/8K</p>	 <p>Übergangsstück USB C</p>
<p>USB-Kabel</p>		 <p>USB-Kabel</p>
<p>Montagehalterung gross</p>	 <p>ARYAR DRG-04</p>	 <p>Montagehalterung gross</p>
<p>Montagehalterung klein</p>	 <p>ARYAR DRG-01</p>	 <p>Montagehalterung klein</p>
<p>Barbutler</p>		 <p>Barbutler</p>


<p>Linearschiene</p>		 <p>Linearschiene</p>
<p>Eiswürfelmaschine</p>		 <p>Eiswürfelmaschine</p>
<p>SD-Speicherkarte</p>		 <p>SD-Speicherkarte</p>
<p>Arbeitstisch Edelstahl</p>		 <p>Arbeitstisch Edelstahl</p>
<p>Reiseadapter</p>		 <p>Reiseadapter</p>
<p>Raspberry Pico W</p>		 <p>Raspberry Pico W</p>











<p>CO₂-Kartusche</p>		 <p>CO₂-Kartusche</p>
<p>Übergangsstück HDMI</p>		 <p>Übergangsstück HDMI</p>
<p>Edelstahlzange</p>		 <p>Edelstahlzange</p>
<p>Trinkglas</p>		 <p>Trinkglas</p>
<p>Vorratsbehälter</p>		 <p>Vorratsbehälter</p>
<p>Teelöffel</p>		 <p>Teelöffel</p>

<p>Kühlschrank</p>		 Kühlschrank
<p>Nunchuk</p>		 Nunchuk
<p>Rohrclips</p>		 Rohrclips
<p>Dichtungsband</p>		 Dichtungsband
<p>Luftverteiler</p>		 Luftverteiler
<p>Dichtungsring</p>		 Dichtungsring

<p>Luftanschluss</p>		 Luftanschluss
<p>Sternmutter</p>		 Sternmutter
<p>Umlenkrolle</p>		 Umlenkrolle
<p>Magnetventil Flüssigkeit</p>		 Magnetventil Flüssigkeit
<p>MCP 23017-E/SP</p>		 MCP 23017-E/SP
<p>ULN 2003A</p>		 ULN 2003A

<p>ULN 2002A</p>		 <p>ULN 2002A</p>
<p>LTV 847</p>		 <p>LTV 847</p>
<p>Unterverteilung</p>		 <p>Unterverteilung</p>
<p>Tastatur & Maus</p>		 <p>Tastatur & Maus</p>
<p>Raspberry Pi 4B</p>		 <p>Raspberry Pi 4B</p>
<p>Netzteil Raspberry Pi</p>		 <p>Netzteil Raspberry Pi</p>

<p>Messinghülse</p>		 <p>Messinghülse</p>
<p>Bierschlauch</p>		 <p>Bierschlauch</p>
<p>Schwerlasträder</p>		 <p>Schwerlasträder</p>
<p>Wandregal</p>		 <p>Wandregal</p>
<p>Stromversorgungsmodul</p>		 <p>Stromversorgungsmodul</p>
<p>USB-Hub</p>		 <p>USB-Hub</p>

<p>LED-Panel</p>		 <p>LED-Panel</p>
<p>Eckwinkel</p>		 <p>Eckwinkel</p>
<p>Schraubstecker</p>		 <p>Schraubstecker</p>
<p>Rundrohr Messing</p>		 <p>Rundrohr Messing</p>
<p>Alu-Winkel 50x50x3mm</p>		 <p>Alu-Winkel 50x50x3mm</p>
<p>Alu-Winkel 50x30x3mm</p>		 <p>Alu-Winkel 50x30x3mm</p>













<p>Alu-Winkel 50x20x2mm</p>		 <p>Alu-Winkel 50x20x2mm</p>
<p>Polystyrolplatte</p>		 <p>Polystyrolplatte</p>
<p>U-Profil Aluminium</p>		 <p>U-Profil Aluminium</p>
<p>Zylinderschraube</p>		 <p>Zylinderschraube</p>
<p>Sechskantmutter</p>		 <p>Sechskantmutter</p>
<p>Alu-Winkel 65x35x2,5</p>		 <p>Alu-Winkel 65x35x2,5</p>













<p>Flachwinkel</p>		 <p>Flachwinkel</p>
<p>T-Flachverbinder</p>		 <p>T-Flachverbinder</p>
<p>Senkschraube</p>		 <p>Senkschraube</p>
<p>Blechschaube</p>		 <p>Blechschaube</p>
<p>Verstellwinkel</p>		 <p>Verstellwinkel</p>
<p>Glattblech 600x1000mm</p>		 <p>Glattblech 600x1000mm</p>



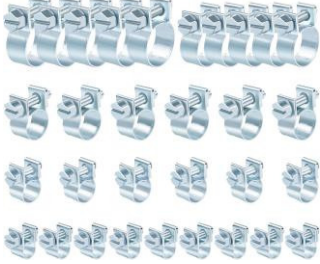









<p>Glattblech 300x1000mm</p>		 <p>Glattblech 300x1000mm</p>
<p>Spiralbohrer 4mm</p>		 <p>Spiralbohrer 4mm</p>
<p>Spiralbohrer 5.5mm</p>		 <p>Spiralbohrer 5.5mm</p>
<p>Senkkopf-Schraube</p>		 <p>Senkkopf-Schraube</p>
<p>Unterlagsscheibe</p>		 <p>Unterlagsscheibe</p>
<p>Alu-Vierkantrohr</p>		 <p>Alu-Vierkantrohr</p>

<p>UHU Plus Sofortfest</p>		 <p>UHU Plus Sofortfest</p>
<p>Alu-Winkel 20x20x2000</p>		 <p>Alu-Winkel 20x20x2000</p>
<p>MDF-Holzplatte</p>		 <p>MDF-Holzplatte</p>
<p>Forstnerbohrer</p>		 <p>Forstnerbohrer</p>
<p>Kabelbinder 20cm</p>		 <p>Kabelbinder 20cm</p>
<p>Kabelbinder 10cm</p>		 <p>Kabelbinder 10cm</p>

<p>Montagekleber</p>		 <p>Montagekleber</p>
<p>Kabelbinder 30cm</p>		 <p>Kabelbinder 30cm</p>
<p>Spiralbohrer 6mm</p>		 <p>Spiralbohrer 6mm</p>
<p>Einschlagmutter</p>		 <p>Einschlagmutter</p>
<p>Distanzbolzen</p>		 <p>Distanzbolzen</p>
<p>Steckdose 1xT13</p>		 <p>Steckdose 1xT13</p>

<p>Steckdose 3xT13</p>		 <p>Steckdose 3xT13</p>
<p>Netzkabel C13-T12</p>		 <p>Netzkabel C13-T12</p>
<p>Micro-USB-Kabel</p>		 <p>Micro-USB-Kabel</p>
<p>Kabelhantel</p>		 <p>Kabelhantel</p>
<p>Sponsorentafel</p>		 <p>Sponsorentafel</p>
<p>Klebelogo</p>		 <p>Klebelogo</p>

<p>USB-Verlängerungskabel</p>		 <p>USB-Verlängerungskabel</p>
<p>Menühalter</p>		 <p>Menühalter</p>
<p>CNC-Profil</p>		 <p>CNC-Profil</p>
<p>Kontaktplatte</p>		 <p>Kontaktplatte</p>
<p>Edelstahlrohr 5mm</p>		 <p>Edelstahlrohr 5mm</p>
<p>Edelstahlrohr 8mm</p>		 <p>Edelstahlrohr 8mm</p>

<p>Schlauchverbinder</p>		 Schlauchverbinder
<p>Schlauchschelle 7-14mm</p>		 Schlauchschelle 7-14mm
<p>Schlauchschelle 6-8mm</p>		 Schlauchschelle 6-8mm
<p>Schlauchtülle</p>		 Schlauchtülle
<p>USB A-Kabel</p>		 USB A-Kabel
<p>USB C-Kabel</p>		 USB C-Kabel

<p>Ladegerät 65W</p>		 <p>Ladegerät 65W</p>
<p>Dremel Rundbürste</p>		 <p>Dremel Rundbürste</p>
<p>Dremel Flächenbürste</p>		 <p>Dremel Flächenbürste</p>

Tabelle 15: Komponentenliste Bar-Roboter

6.10 Zusammenbau

Der Abschnitt «Zusammenbau» beschreibt den praktischen Aufbau und die schrittweise Realisierung unseres Bar-Roboters. In den folgenden Unterkapiteln gehen wir detailliert auf die einzelnen Montageschritte, Anpassungen und Herausforderungen ein, die während der mechanischen und elektrischen Fertigstellung zu bewältigen waren. Beginnend beim Grundaufbau des Tisches, über die Montage und Optimierung der einzelnen Baugruppen, bis hin zur finalen Integration aller Komponenten und Abdeckungen, dokumentieren wir jeden Arbeitsschritt nachvollziehbar. Besonderes Augenmerk legen wir dabei auf die praktische Umsetzung von Eigenkonstruktionen, den Einsatz geeigneter Materialien und die kontinuierliche Lösung von technischen Problemen. Die einzelnen Kapitel zeigen, wie aus zahlreichen Einzelteilen und Ideen Schritt für Schritt ein funktionsfähiger und hochwertiger Bar-Roboter entstanden ist.

6.10.1 Aufbau Tisch

Zu Beginn haben wir mit dem Zusammenbau des Tisches gestartet. Beim Auspacken stellten wir leider fest, dass der Tisch an der Seite eine grosse Beule aufwies. Diese konnten wir zum Glück ohne grossen Aufwand wieder ausbeulen, sodass die Stabilität nicht beeinträchtigt wurde. Den Schaden haben wir umgehend bei Gonser gemeldet und aufgrund der Beschädigung einen Teil des Kaufpreises zurückerstattet bekommen. Nach kurzer Montage stand der Tisch stabil und wir konnten mit dem nächsten Arbeitsschritt fortfahren.

Um die Rückseite der Tischablage zusätzlich zu verstärken, haben wir eine Birken-Sperrholzplatte angebracht. Das reine Edelstahlblech wäre allein zu schwach gewesen, um die gesamte Getränkekonstruktion sicher zu tragen. Die Sperrholzplatte haben wir mit M10-Schrauben fest an der Unterkonstruktion des Tisches befestigt. Damit das Blechprofil unter der Verschraubung nicht zerdrückt wird, haben wir zusätzlich Holzdistanzen eingesetzt. Dadurch konnten wir eine solide und langlebige Basis für den weiteren Aufbau schaffen.



Abbildung 71: Fertig aufgebauter Tisch

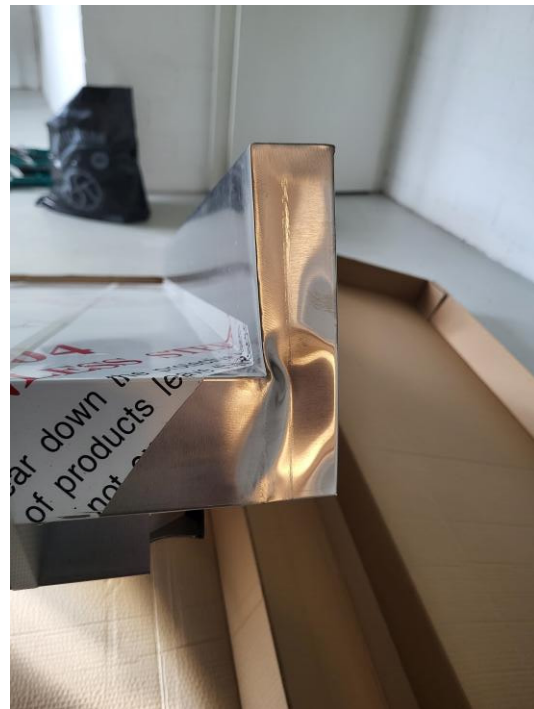


Abbildung 72: Beule



Abbildung 73: Distanzplatte



Abbildung 74: Verstrebungen



Abbildung 75: Montage Verstärkung



Abbildung 76: Fertige Verstärkung

6.10.2 Schnapsflaschenhalter

Beim Schnapsflaschenhalter ist uns aufgefallen, dass die ursprünglichen Halterungen sehr wackelig waren und in dieser Form für unseren Einsatz nicht brauchbar gewesen wären. Deshalb haben wir kurzerhand den kompletten Halter zerlegt und mit Aluminiumprofilen verstärkt. Nach dem erneuten Zusammenbau haben wir die gesamte Halterung in vier gleichgrosse Teile zersägt und die erforderlichen Bohrungen für die späteren Halterungen vorgenommen. Diese Aufteilung in vier Segmente vereinfacht den Flaschenwechsel erheblich, da man nun jeweils nur zwei statt acht Flaschen gleichzeitig halten muss. Dadurch wird die Bedienfreundlichkeit deutlich verbessert.

Leider mussten wir bei der Lieferung feststellen, dass bei einem der Spender eine Ecke abgeplatzt war. Auch hier haben wir eine Reklamation bei Amazon hinterlegt und einen Teil des Kaufpreises rückerstattet bekommen.



Abbildung 77: Schnapsflaschenhalter



Abbildung 78: Schnapsflaschenhalter Seitenansicht



Abbildung 79: Flaschenhalter zerlegt



Abbildung 80: Modifizierter Flaschenhalter



Abbildung 81: Fertiger Flaschenhalter

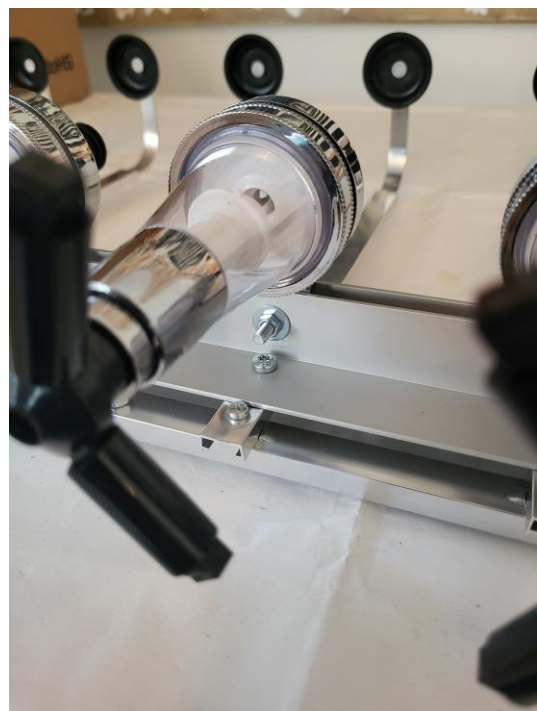


Abbildung 82: Flaschenhalter Nahaufnahme

6.10.3 Touch-Display

Anschliessend lag unser Fokus auf dem Touch-Display, das später die zentrale Bedienoberfläche unseres Bar-Roboters bildet. Da das Display nicht einfach lose montiert werden konnte, konstruierten wir einen stabilen Rahmen, der die Elektronik zuverlässig vor mechanischen Beschädigungen schützt und gleichzeitig optisch ansprechend wirkt. Aus Aluminiumprofilen fertigten wir ein Rahmenprofil mit präzisen Gehrungsschnitten, um saubere Ecken und eine hochwertige Optik zu erzielen. Die Profile wurden sowohl verschraubt als auch verklebt, um maximale Stabilität zu gewährleisten. Um zu verhindern, dass das Display direkt auf dem Aluminium aufliegt und verkratzt wird, brachten wir zusätzlich ein Schutzband auf dem Display an, das zugleich als Dichtung dient.

Seitlich am Display platzierten wir einen Not-Aus-Taster, der im Fehlerfall eine schnelle Abschaltung ermöglicht und so die Sicherheit erhöht. Nach Fertigstellung des Gehäuses für das Touch-Panel fertigten wir einen passenden Halter an, um das Display sicher am Tisch montieren zu können. Für die Verkabelung wurde eine Kabeldurchführung im Tisch angebracht, sodass alle Anschlüsse sauber verlegt werden konnten. Die Montage des Displays und die Verkabelung erfolgten parallel zum Zusammenbau, da dies die Zugänglichkeit deutlich erleichterte. Im Team diskutierten wir zudem, ob das Display besser auf der rechten oder linken Seite des Tisches angebracht werden sollte. Letztlich entschieden wir uns für die linke Seite, da dies unserer Arbeitsweise entspricht. Wir arbeiten in der Regel von links nach rechts. Das Display wurde zudem mit einem leichten Neigungswinkel montiert, damit es besonders einfach und komfortabel abgelesen werden kann.



Abbildung 83: Grundrahmen



Abbildung 84: Fertiger Displayhalter



Abbildung 85: Eingebautes Display



Abbildung 86: Fertiges Display



Abbildung 87: Displayhalter Front



Abbildung 88: Displayhalter Rückseite

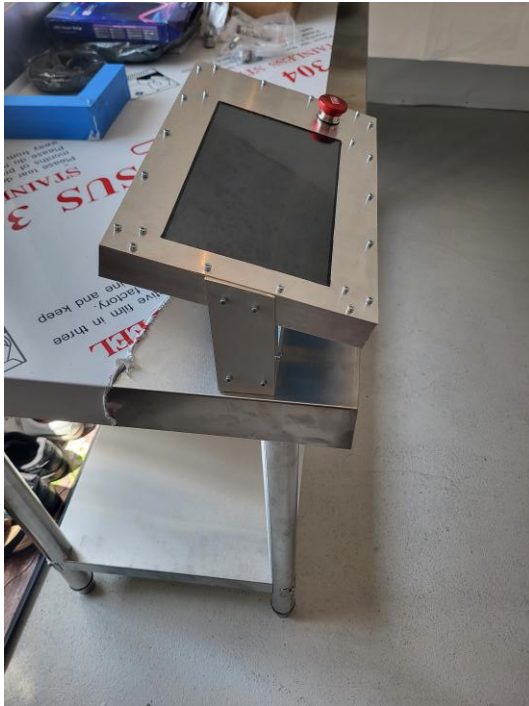


Abbildung 89: Montiertes Display Seite



Abbildung 90: Montiertes Display Front

6.10.4 Bedienleiste Schalter

Auch für die Bedienknöpfe haben wir nach dem gleichen Prinzip wie beim Touch-Panel einen Halter aus Aluminiumprofilen gefertigt. Um die beiden Aluminiumprofile miteinander zu verbinden, verwendeten wir Montagekleber und ein passgenaues Stück Holz, was für die erforderliche Stabilität vollkommen ausreicht. Die Schalter selbst wurden mit Zweikomponentenkleber gesichert, um ein selbstständiges Lösen zuverlässig zu verhindern.

Bevor wir die Bedieneinheit endgültig montierten, haben wir zunächst die gesamte Verdrahtung vorgenommen. So konnten wir umständliche Verrenkungen und schwer zugängliche Kabelverbindungen vermeiden. Nach Abschluss der Verkabelung wurde die Bedieneinheit mit Schrauben am Tisch befestigt. Die Kabel wurden mithilfe von Kabelhaltern gemeinsam mit den Anschlusskabeln des Displays ordentlich an der Unterseite des Tisches verlegt.

Wie schon beim Touchdisplay haben wir auch die Bedieneinheit in einem leicht abgeneigten Winkel montiert, um die Bedienung so komfortabel und ergonomisch wie möglich zu gestalten.



Abbildung 91: Schalterpanel Front



Abbildung 92: Schalterpanel Rückansicht



Abbildung 93: Fertiges Bedienpanel

6.10.5 Linearschienen

Anschliessend widmeten wir uns den Linearschienen für die X-Achse. Bereits bei der Beschaffung über Amazon stiessen wir auf einige Hürden: Die Schienen mussten mehrfach bestellt werden, da es wiederholt zu Problemen im Bestellprozess kam. Letztlich wurden sie trotz vermeintlicher Versandoption gar nicht in die Schweiz geliefert. Da diese Schienen in der Schweiz jedoch um ein Vielfaches teurer gewesen wären, blieb uns keine andere Wahl, als sie online zu bestellen. Glücklicherweise konnten wir das Lieferproblem mit Unterstützung einer Bekannten in Deutschland lösen, die die Lieferung für uns entgegennahm und weiterleitete. Nach dem Eintreffen der Schienen haben wir sie um 7cm eingekürzt, um vorne genügend Platz für die Montage des Motors zu schaffen. Gleichzeitig wollten wir den Fahrweg der Achse so lang wie möglich halten, um auch für spätere Erweiterungen genügend Spielraum zu haben. Daher haben wir nur das absolut notwendige Stück entfernt und so viel wie möglich von der ursprünglichen Länge beibehalten.

Für die Montage haben wir die Schienen zunächst lose auf dem Tisch platziert, um die optimale Anordnung zu bestimmen. Mithilfe von Holzresten haben wir den exakten Abstand zwischen den beiden Schienen festgelegt, bevor wir sie endgültig mit dem Tisch verschraubten. Die Befestigung war besonders aufwändig, da die verwendete Edelstahlplatte äusserst robust war. Wir mussten mehrere Bohrer einsetzen, eine grosse Menge Kühllöl verwenden und insgesamt sehr viel Zeit für das Bohren und die Montage aufwenden. Dank der eingesetzten Holzreste und Zwingen konnten wir ein Verrutschen während der Montage zuverlässig verhindern. Diese präzise Ausrichtung ist entscheidend für einen leichtgängigen und ruhigen Lauf der X-Achse.



Abbildung 94: Grober Aufbau



Abbildung 95: Ausrichtung auf Tisch

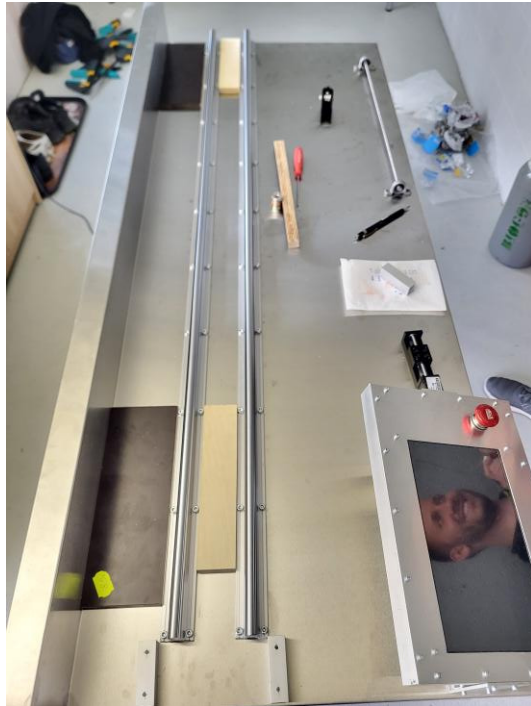


Abbildung 96: Montagehilfe

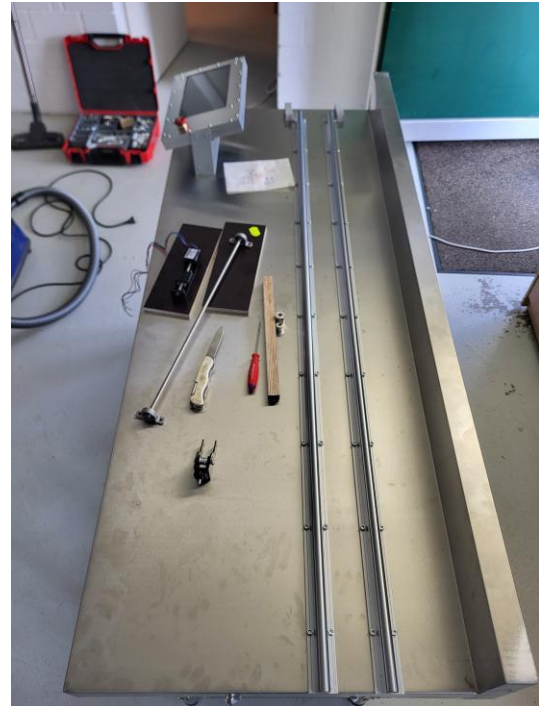


Abbildung 97: Fertig montierte Schienen

6.10.6 Transportschlitten

Da die Laufschiene allein nicht ausreichen, um ein Glas zu transportieren, benötigten wir zusätzlich einen Schlitten, der auf den Schienen fährt. Für die Grundplatte unseres Schlittens haben wir zunächst ein passendes Holzstück zugeschnitten. Mithilfe einer Plexiglas-Schablone wurden die Bohrungen für die Gleitlager exakt positioniert und gebohrt. Die Genauigkeit dieser Bohrungen ist entscheidend für einen gleichmässigen, leichtgängigen Lauf des Schlittens. Nach dem Verschrauben der Grundplatte mit den Gleitlagern haben wir den Schlitten direkt auf den Schienen getestet. Das Ergebnis war ein sehr leichtgängiger Lauf.

Für den Glaserkennungssensor wurde ein Loch in die Grundplatte gebohrt, sodass der Sensor passgenau montiert werden konnte. Der Sensor wurde mit einer Kontermutter befestigt und zur Sicherheit mit Silikon abgedichtet wurde. Damit der Schlitten auch beleuchtet ist, haben wir zwei 12VDC LED-Bänder an der Grundkonstruktion angebracht und in Serie geschaltet, damit sie mit 24VDC betrieben werden können.

Um sicherzustellen, dass das Glas während der Fahrt an Ort und Stelle bleibt, haben wir mehrere rechteckige Plexiglasplatten zugeschnitten, miteinander verklebt und mit einem Glockenfräser ein passendes Loch ausgeschnitten. So entsteht eine sichere und formgenaue Aufnahme für das Glas. Für eine hochwertige Optik und stabile Kanten an der Schlittenkonstruktion haben wir erneut auf Aluminiumprofile gesetzt, die mit Gehrungsschnitten versehen und mit Silikon am Laufwagen verklebt wurden. Nach dem Verkleben wurden die Profile zusätzlich mit Klebeband gegen Verrutschen gesichert und später noch verschraubt.

Zur Vorbereitung für die Montage der Z-Achse wurde an der Rückseite des Schlittens ein weiteres Aluminiumprofil angebracht, das als stabile Befestigung dient. Nachdem alle Komponenten vorbereitet waren, konnten wir den Schlitten auf die Schienen setzen. Damit die Stromversorgung für den beweglichen Schlitten gewährleistet ist, haben wir eine Kabellaufkette installiert, die zuvor bereits mit den notwendigen Kabeln und Litzen bestückt wurde. Für die saubere Kabelführung wurde ausserdem ein Loch in den Tisch gebohrt, sodass die Leitungen aus der UV direkt in die Kabellaufkette geführt werden können.



Abbildung 98: Zuschnitt



Abbildung 99: Bohrlochbestimmung

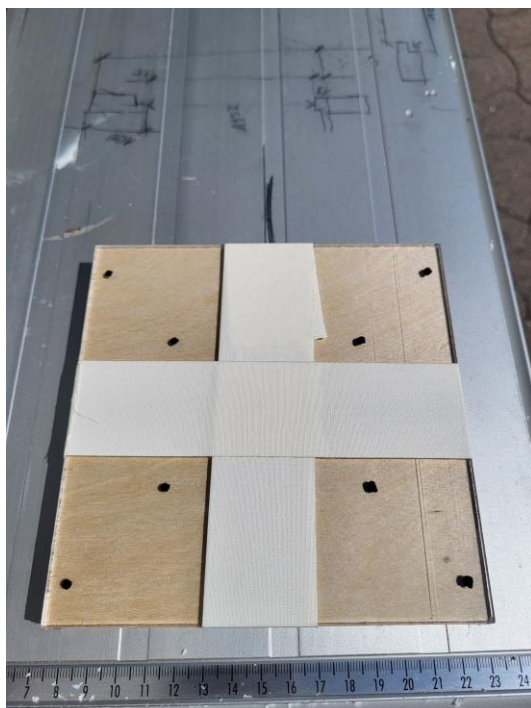


Abbildung 100: Löcher übertragen



Abbildung 101: Montage Gleitschienen

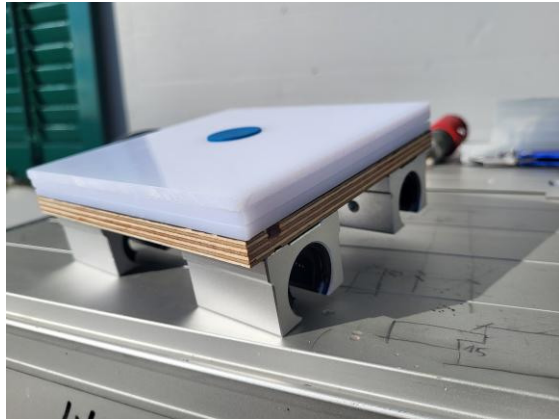


Abbildung 102: Plexi-Aufbau

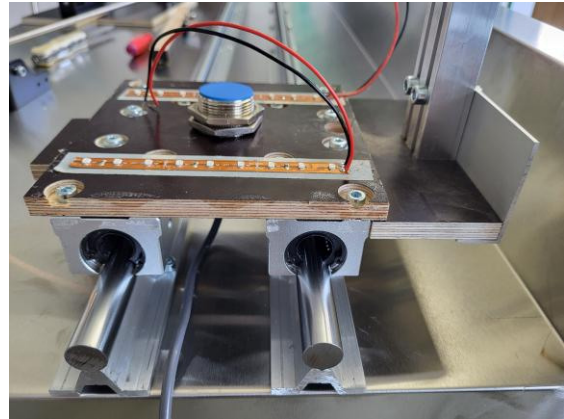


Abbildung 103: Beleuchtung Schlitten

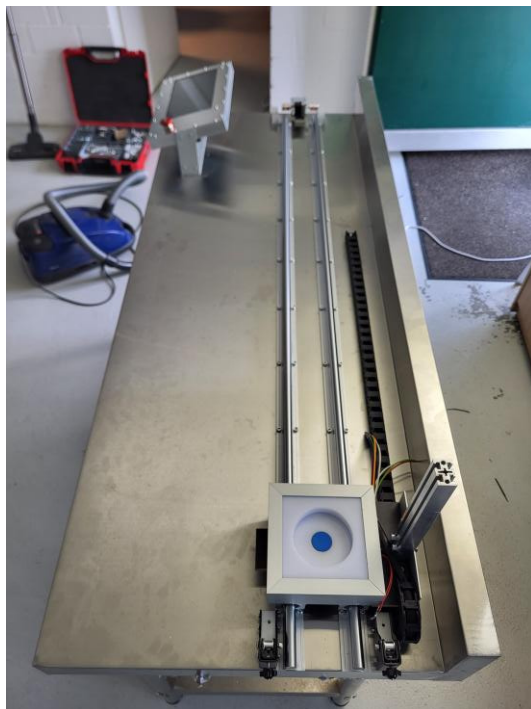


Abbildung 104: Montierter Schlitten



Abbildung 105: Schlitten Front

6.10.7 Antrieb X-Achse

Im nächsten Schritt widmeten wir uns dem Antrieb der X-Achse. Hierbei setzten wir erneut auf den bewährten Nema17 Schrittmotor, der sich bereits in unserem früheren Robotik-Projekt als zuverlässig erwiesen hat. Für die Montage fertigten wir aus Aluminium spezielle Halterungen sowohl für den Motor als auch für die Lagerböcke der Welle an. Um den Motor vom Antriebsstrang etwas zu entkoppeln und kleine Ungenauigkeiten im Zusammenbau auszugleichen, wurden Gummikupplungen eingesetzt.

Zum Schutz des Motors vor den Zugkräften des Riemens entschieden wir uns für eine doppelte Lagerung der Welle. Auf der gegenüberliegenden Seite des Schrittmotors brachten wir die erforderlichen Spannrollen an, um die Riemenspannung optimal einstellen zu können und ein Überspringen des Riemens zu verhindern. Danach schnitten wir beide Riemen auf das richtige Mass zu und verbanden sie sorgfältig mit dem Schlitten.

Damit die Laufriemen der X-Achse stets sauber geführt werden und keine Flattergeräusche entstehen, haben wir zusätzliche Lauf- und Stützrollen auf der Tischplatte angebracht. Diese wurden ebenfalls aus Aluminiumprofilen gefertigt und mit kugelgelagerten Laufrollen ausgestattet, um einen ruhigen und zuverlässigen Betrieb sicherzustellen.



Abbildung 106: Montierte Spannrolle



Abbildung 107: Montierter Motor

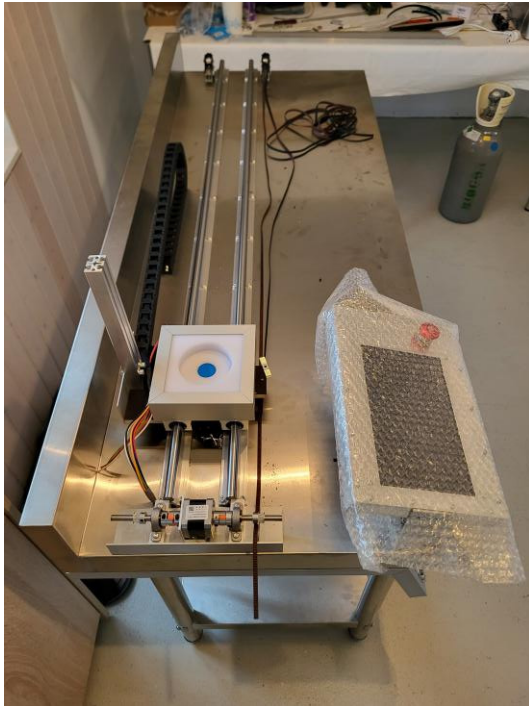


Abbildung 108: Übersicht Antrieb



Abbildung 109: Fertiger Antrieb



Abbildung 110: Führungsrollen für Riemen

6.10.8 Konstruktion Rückwand

Nachdem der Grundaufbau der X-Achse abgeschlossen war, widmeten wir uns der Aluminiumkonstruktion, die später alle Flaschenhalter und Süssgetränke aufnehmen soll. Glücklicherweise haben wir die Aluminiumprofile kostenlos von der Firma Profiform erhalten. Dies war ein grosser Vorteil, da diese Profile ansonsten sehr teuer in der Beschaffung gewesen wären. Nach dem Zuschnitt wurden die einzelnen Aluminiumprofile sorgfältig ausgerichtet und mithilfe von Schraubzwingen an der Rückwand des Tisches befestigt, die zuvor mit Holzplatten verstärkt wurde.

Um die Profile mit dem Tisch zu verschrauben, mussten sie zunächst mit einem Stufenbohrer angesenkt werden, sodass die Schraubenköpfe sauber versenkt werden konnten. Anschliessend erfolgte die Montage mit M6-Schrauben. Zur zusätzlichen Stabilisierung der senkrechten Streben wurde oben eine weitere Strebe waagrecht mit Winkeln und T-Stücken befestigt.

Da wir in diesem Montageschritt ausreichend Platz hatten, haben wir die LED-Beleuchtung direkt integriert. Das LED-Band wurde mit Silikon verklebt, da dieses elastisch bleibt und bei einem Defekt problemlos entfernt werden kann. Während der Aushärtung des Silikons wurde das Band mit Klebeband fixiert.

Für die Aufnahme des Flaschenhalters und der Magnetventile mussten zwei weitere Profile angebracht werden. Zwei L-Profile wurden an den bereits montierten Aluminiumprofilen befestigt, um die notwendige Distanz für die späteren Komponenten zu schaffen. Die Konstruktion wurde so gestaltet, dass sie einfach und schnell mittels zwei Schraubenverlängerungen entfernt werden kann. Um auch optisch einen sauberen Eindruck zu hinterlassen, wurden die Schraubenverlängerungen mit Schrumpfschlauch überzogen. Die Befestigung erfolgt über fest verklebte Sternmuttern, die mit Loctite gesichert sind, sodass die Schrauben bei Bedarf einfach gelöst und die gesamte Halterung rasch demontiert werden kann. Die gesamte Halterung wurde wiederum über zwei Schraubenverlängerungen an der Halterung montiert.

Zur Probe wurde eine Blechrückwand mit Schrauben und Kleber montiert, um die Optik zu beurteilen. Da wir diese Lösung als passend empfanden, wurde sie direkt so belassen. Die weiteren Rückwände werden jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt montiert, um die Zugänglichkeit für die Arbeiten an der X- und Z-Achse nicht einzuschränken.



Abbildung 111: Grundkonstruktion Rückwand

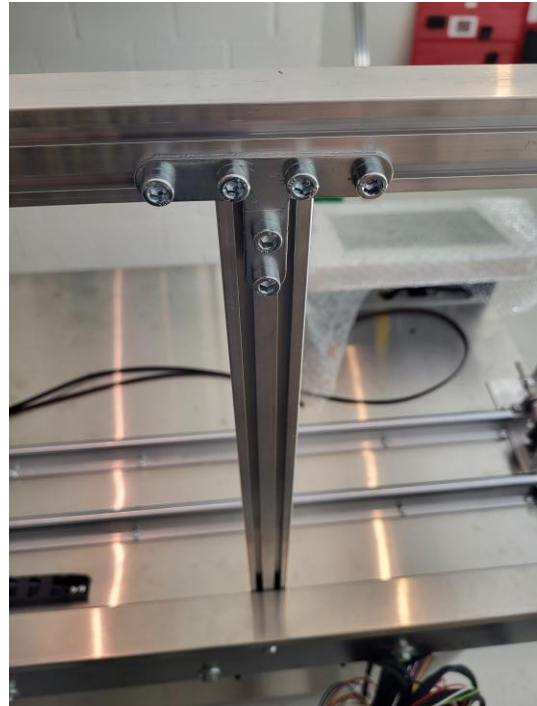


Abbildung 112: Profilverbindung



Abbildung 113: Grundkonstruktion für Getränkehalter



Abbildung 114: LED-Beleuchtung



Abbildung 115: Fertige Getränkehalter



Abbildung 116: Übersicht Rückwand

6.10.9 Umbau Kühlschränke

Damit die Getränke aus den Kühlschränken entnommen werden können, haben wir in den Decken der Kühlschränke gezielt Aussparungen vorgesehen. Da jedoch unklar war, ob sich in den Wänden oder Decken der Kühlschränke Leitungen oder Kühlrohre befinden, wollten wir zunächst die Verkleidung entfernen, was sich leider als unmöglich erwies. Auch im Internet fanden wir keine detaillierten Ansichten oder technische Zeichnungen, die den genauen Aufbau der Kühlschränke gezeigt hätten.

Daher entschieden wir uns, vorsichtig Probebohrungen vorzunehmen. Leider hatten wir bereits beim dritten Loch Pech und haben dabei prompt eine Kühlleitung getroffen. Im Anschluss haben wir mehrere Reparaturservices angefragt, doch alle lehnten ab. Entweder, weil sie kein Kühlmittel nachfüllen können oder wollen. So blieb uns keine andere Wahl, als einen neuen Kühlschrank zu bestellen. Der defekte Kühlschrank dient uns nun als Ersatzteilespender, damit wir bei zukünftigen Defekten schnell auf passende Bauteile zurückgreifen können.

Beim neuen Gerät gingen wir besonders vorsichtig vor. Mit dem Winkelschleifer schnitten wir eine Öffnung in das Blech und befreiten die Kühlleitungen mit einem Schraubenzieher vorsichtig von der Isolierung. Erst dann wurden die erforderlichen Löcher in die inneren Kunststoffwände gebohrt. Für die spätere Führung der Getränkeleitungen verwendeten wir Kir-Rohre, um sicherzustellen, dass kein Bauschaum den Durchgang blockiert. Nach dem Ausschäumen, der die Kälte im Kühlschrank halten soll, schnitten wir Sperrholzplatten zu, die auf einer Seite ein dunkles Furnier besitzen. Diese wurden mit schwarzem Montagekleber auf den Kühlschränken befestigt. Damit die helle Stirnseite des Holzes seitlich nicht sichtbar bleibt, fertigten wir zusätzlich ein Frontdekor an und färbten die hellen Stirnseiten links und rechts der Holzabdeckungen mit schwarzem Montagekleber ein. So entstand ein durchgehend sauberer und hochwertiger Abschluss.



Abbildung 117: Ausschnitt Kühlschrank



Abbildung 118: Isolierung von Kühlschrank



Abbildung 119: Dekorfront Kühlschrank

6.10.10 Dosierung Süssgetränke

Im nächsten Schritt widmeten wir uns den Dosierkomponenten für die Süssgetränke. Um das CO₂-Gas gleichmässig auf alle Flaschen verteilen zu können, fertigten wir einen Verteiler an. Die Suche nach geeigneten Komponenten gestaltete sich dabei aufwendig, da wir grossen Wert darauf legten, ausschliesslich lebensmitteltaugliche Bauteile zu verwenden. Ursprünglich verwendeten wir einen ersten CO₂-Verteiler, mussten jedoch feststellen, dass dieser nicht dicht war. Daher entschieden wir uns, einen neuen Verteiler nachzukaufen, den wir mit Teflonband sorgfältig abgedichtet haben, sodass die Dichtheit nun zuverlässig gewährleistet ist.

Die Magnetventile für das CO₂ sowie die Magnetventile für die Süssgetränke wurden gemeinsam auf einem Aluminiumprofil montiert, sodass eine kompakte und übersichtliche Einheit entstand, die sich einfach montieren und demontieren lässt. Um die Getränkeleitungen bei Bedarf problemlos auswechseln zu können, befestigten wir auf der Rückseite Kammschienen, durch die wir schwarze Schläuche führten. So lassen sich die Getränkeleitungen später einfach hindurchziehen und austauschen.

Nach der Montage der Dosiereinheiten, bestehend aus CO₂-Verteiler, CO₂-Magnetventilen und Getränkeventilen, erschlossen wir die Zuleitungen der Süssgetränkeventile. Diese wurden parallel zu den schwarzen Schläuchen mithilfe der bereits montierten Kammschienen verlegt und oben mit einem Winkel an der Konstruktion befestigt. Dank der verwendeten Steckverbinder können die Ventile schnell entfernt werden, was die Reinigung deutlich erleichtert. Den CO₂-Verteiler und die CO₂-Ventile platzierten wir unter dem Tisch. Die elektrische Verbindung erfolgt dort über Federklemmen, sodass auch hier ein zügiges Entfernen möglich ist. Die Verrohrung der Druckleitungen gestaltete sich dank der eingesetzten Schnellverschlüsse sehr einfach und zeitsparend.

Zur Absicherung der gesamten Konstruktion führten wir vorab einen Drucktest durch, um die Funktionsfähigkeit der Komponenten und die Dichtheit aller Verbindungen zu überprüfen. Dafür haben wir eine Flasche mit Wasser gefüllt und die Konstruktion im kleinen Massstab nachgebaut. So konnten wir sicherstellen, dass das System wie geplant funktioniert, bevor wir es endgültig installiert haben.



Abbildung 120: Teflonabdichtung

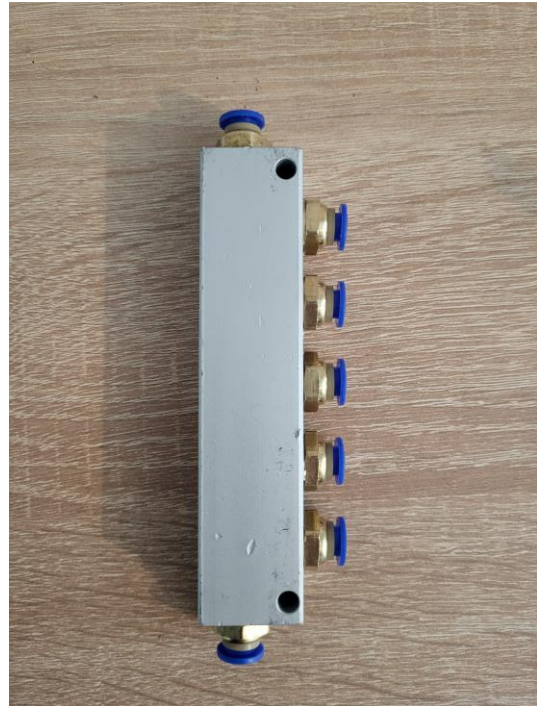


Abbildung 121: CO₂ Verteiler



Abbildung 122: Süssgetränkeventile

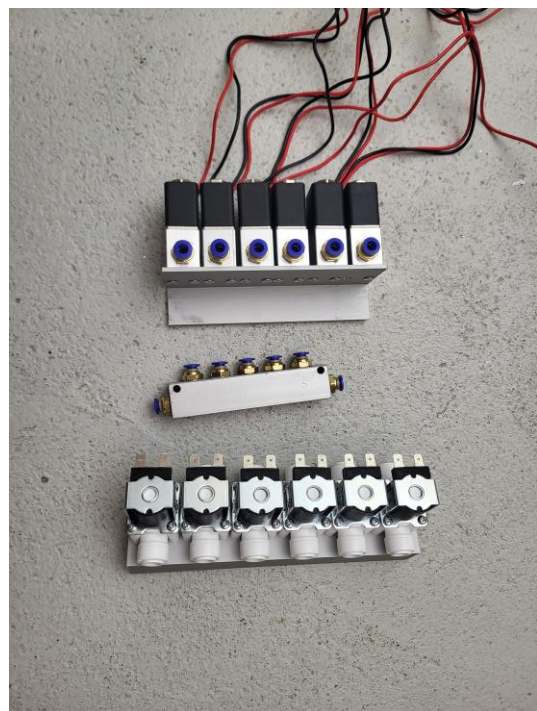


Abbildung 123: Fertige Ventile und Verteiler



Abbildung 124: Leitungen für Süssgetränke



Abbildung 125: Süssgetränkeventile

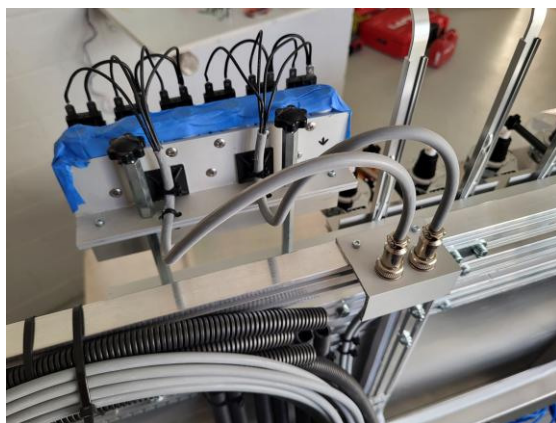


Abbildung 126: Anschluss Süssgetränkeventile

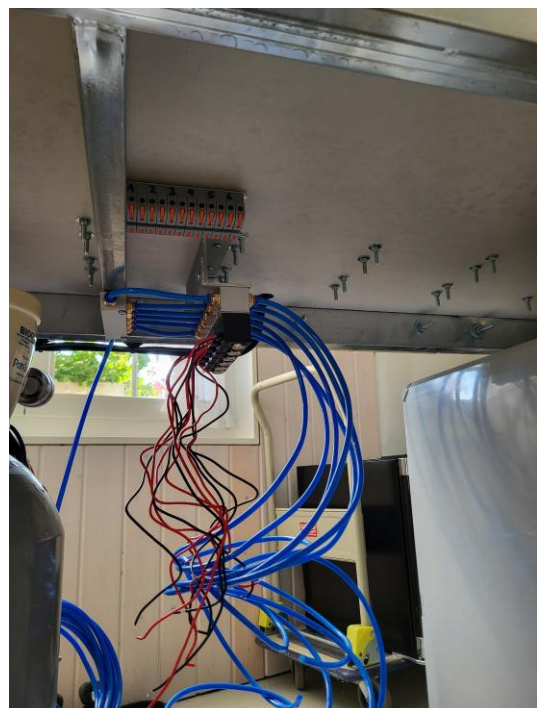


Abbildung 127: Montage CO₂-Ventile

6.10.11 Unterverteilung

In der Zwischenzeit ist die Platine bei uns eingetroffen, die wir schon mit grosser Vorfreude erwartet hatten. Zunächst haben wir die Platine kontrolliert, sorgfältig ausgemessen und mit den benötigten Bauteilen wie ULN, LTV, Feinsicherung und MCP23017 bestückt. Damit die Steuerung unseres Bar-Roboters sauber und übersichtlich aufgebaut werden kann, haben wir alle Komponenten, die wir benötigen, in einem Kleinverteiler mit den Massen 500x350x190mm untergebracht.

Für eine ausreichende Kühlung wurden auf der Seite des Kleinverteilers zwei 80mm-Lüfter eingebaut. Die erforderlichen Öffnungen haben wir mit einem Glockenbohrer erstellt und zur Sicherheit vor den Rotoren Schutzgitter angebracht, damit niemand versehentlich hineinfassen kann. Der untere Ventilator zieht Frischluft aus der Umgebung in die UV, während der obere die nach oben gestiegene warme Luft nach draussen befördert.

Den Raspberry Pi 4B und die beiden TB6600-Steppertreiber befestigten wir auf einem Aluminiumprofil, das zusätzlich als Kühlkörper dient und die Wärme der Komponenten gut abführt. Das Profil ist über zwei Schrauben leicht demontierbar, was die Verdrahtung erheblich erleichtert. Die Platine selbst wurde mit Distanzbolzen und Distanzhaltern auf einer zuvor montierten DIN-Schiene befestigt, sodass sie sicher sitzt und bei Bedarf einfach ausgetauscht werden kann.

Im weiteren Aufbau wurden 35mm-DIN-Schienen auf der Metallgrundplatte des Kleinverteilers montiert, an denen Klemmen, Netzteil, Platine und Relais befestigt wurden. Zur Einführung der Kabel in die Steuerbox haben wir am oberen Ende Kabelverschraubungen installiert. Um die Programmierung komfortabler zu gestalten, ohne jedes Mal den Deckel öffnen zu müssen, haben wir USB-Durchführungen eingebaut, die mit Schraubdeckeln verschlossen werden können. Auf der Rückseite wurde eine AP-Dose angebracht, über die die Steuerung mit 230V versorgt wird. Dies realisierten wir mit einem Kaltgerätestecker, der eine integrierte Feinsicherung besitzt und über einen Schalter ein- und ausgeschaltet werden kann. Netzteil, Hauptrelais und Reihenklammen fanden ebenfalls ihren Platz auf der DIN-Schiene.

Besonderen Wert haben wir darauf gelegt, dass alle Steckverbindungen ausserhalb der UV über zusätzliche Stecker gelöst werden können, sodass die Tür des Kleinverteilers für Anpassungen nicht offenstehen muss. Nach dem Einbau aller Komponenten machten wir uns an die Verdrahtung. Hierzu haben wir das Schema in A3 ausgedruckt, um Notizen direkt darauf festzuhalten und das Risiko von Verdrahtungsfehlern zu minimieren. Für die TB6600-Steppertreiber wurden die Verdrahtungslitzen mit Gewebe und Schrumpfschlauch versehen, um die Zugehörigkeit eindeutig zu kennzeichnen. Die Stecker wurden auf der Rückseite zusätzlich mit der jeweiligen Achse beschriftet, um eine Verwechslung auszuschliessen.

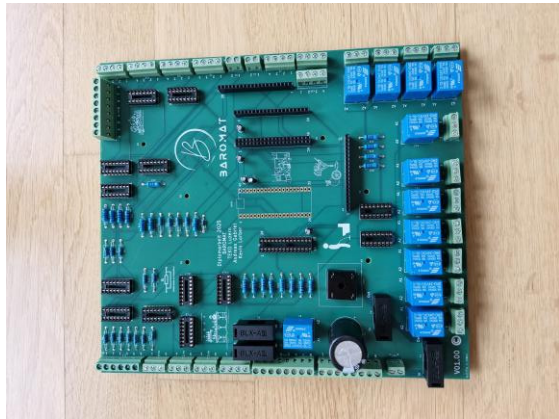


Abbildung 128: Platine



Abbildung 129: Lüfter Steuerung

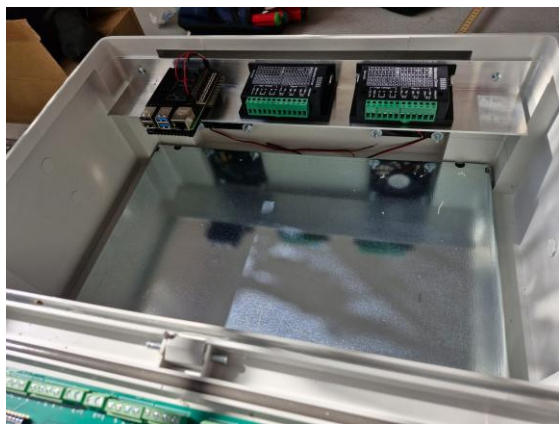


Abbildung 130: Treiber

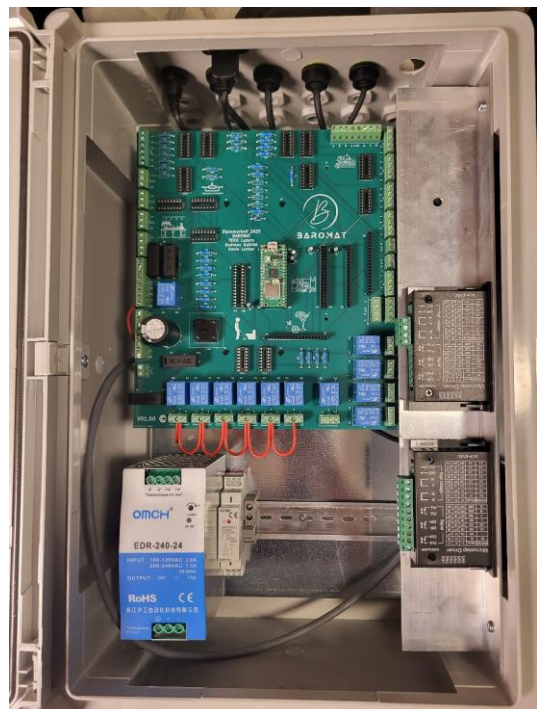


Abbildung 131: Grundaufbau Steuerung



Abbildung 132: Durchführungen



Abbildung 133: 230V Anschluss



Abbildung 134: Anschluss

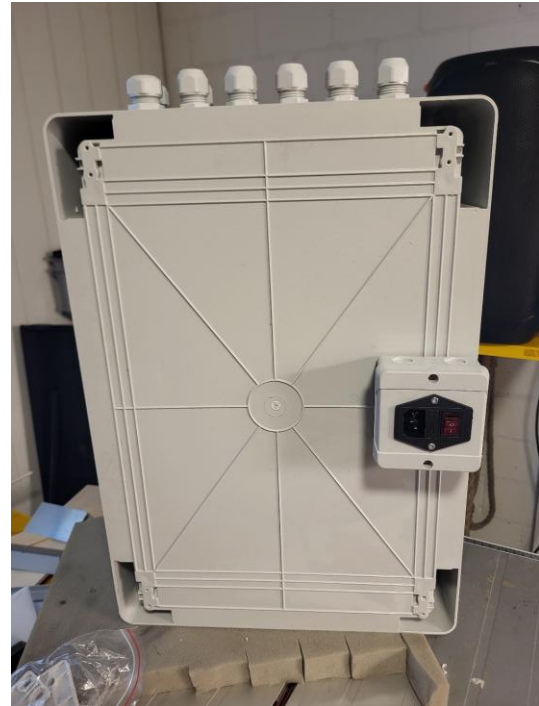


Abbildung 135: Einspeisepunkt

6.10.12 Verkabelung

Nach Abschluss der internen Verdrahtung gingen wir zum nächsten Arbeitsschritt über. Auf der Unterseite des Tisches montierten wir einen Kabelkanal mit den Massen 60x40mm, um sämtliche Leitungen ordentlich und geschützt führen zu können. Anschliessend folgte die Montage der 230V-Steckdosen, die für die Versorgung der Kühlschränke, der Eismaschine, des CO₂-Hauptventils und des Netzteils für die Raspberry-Steuerung vorgesehen sind. Im nächsten Schritt stand die Verkabelung der einzelnen Komponenten an. Wir verlegten die Leitungen für die Steckdosen, Endschalter, Magnetventile, das Touch-Panel, die LED-Beleuchtung, die Schalterkombination sowie für die Z- und X-Achse. Sämtliche Kabel wurden im Kanal verstaut und bis zum Kleinverteiler geführt. Um die Kabel komfortabel einführen zu können, mussten wir die Platine und die Steppertreiber nochmals ausbauen. Dank der einfachen Befestigung war dies problemlos möglich. Die Kabel wurden sorgfältig abisoliert und direkt beschriftet, um Verwechslungen bei späteren Arbeiten zu vermeiden. Danach konnten wir die Platine und die TB6600-Treiber wieder einbauen und uns der restlichen Verdrahtung widmen. Mithilfe von Kabelbindern wurde die gesamte Verdrahtung sauber ausgerichtet und fixiert. Abschliessend wurden die Leitungen des Displays an den USB-Durchführungen angeschlossen, sodass auch hier eine sichere und ordentliche Verbindung gewährleistet ist.



Abbildung 136: Kabelkanal



Abbildung 137: Verkabelung von vorne

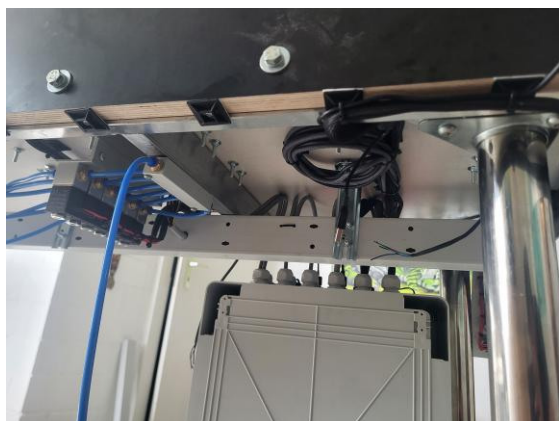


Abbildung 138: Verkabelung von hinten



Abbildung 139: Kabeleinführungen



Abbildung 140: Kabelbeschriftungen

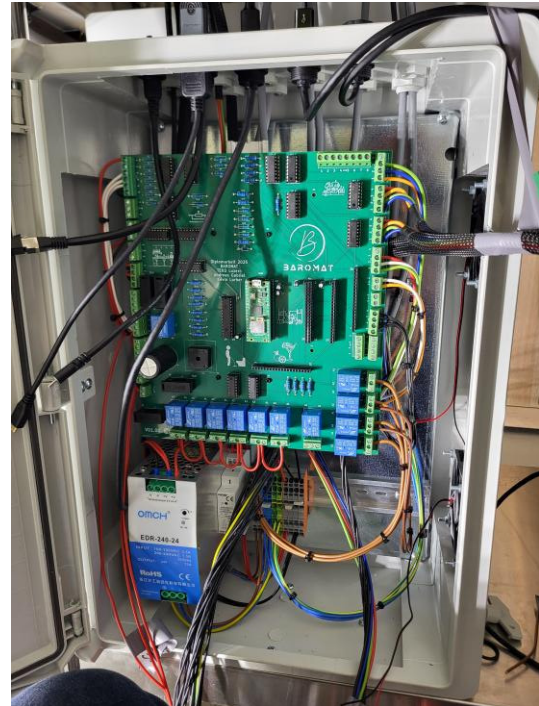


Abbildung 141: Verkabelung Hauptplatine



Abbildung 142: Fertige Verdrahtung



Abbildung 143: Verteilung von hinten

6.10.13 CO₂-Flaschenhalterung

Auf der Rückseite der Steuerung haben wir zur zusätzlichen Verstärkung eine Sperrholzplatte montiert, um dort die CO₂-Druckflasche sicher befestigen zu können. Für eine schnelle und unkomplizierte Platzierung der Flasche haben wir einen speziellen Flaschenhalter mit Fixierband installiert. Um an der Rückseite der Verteilung eine saubere Kante zu erzielen, wurde zusätzlich ein Aluminiumprofil angebracht.

Durch die Montage einer schwarzen Gummimatte, die mit Aluminiumprofilen und Montagekleber fixiert wurde, konnten wir gleich zwei Vorteile erzielen: Zum einen wird das Verkanten des Tablars beim Ein- und Ausbau der Flasche verhindert, zum anderen sorgt die Gummimatte für einen zuverlässigen Rutschschutz. Die Flaschenhalterung dient zudem gleichzeitig als Sicherungshalter, an dem wir alle Reservesicherungen mittels eines Klettverschlusses ordentlich und sicher anbringen konnten.

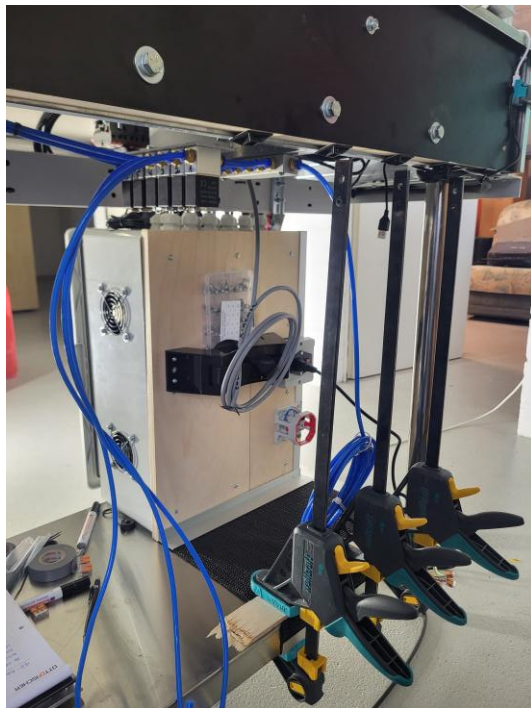


Abbildung 144: Gummimatte



Abbildung 145: Flaschenhalter mit Sicherungen

6.10.14 Montage Kühlschränke

Im nächsten Schritt haben wir die Kühlschränke auf dem unteren Tablar mit Hilfe von Aluminiumprofilen positioniert und zusätzlich mit Blechschrauben fixiert. Dadurch ist ein Verutschen der Kühlschränke während des Betriebs ausgeschlossen. Bei der Montage haben wir darauf geachtet, die Kühlschränke exakt zueinander auszurichten und einen ausreichenden Abstand zwischen den Geräten zu lassen, damit die Türen problemlos geöffnet werden können und nicht aneinander anstehen. Als Abstandshalter kam ebenfalls ein Aluminiumprofil zum Einsatz.

Nach Abschluss der Montage wurden die zuvor angebrachten Schutz- und Druckleitungen in die Kühlschränke eingeführt. Anschliessend haben wir die Getränkeleitungen durch die Schutzschläuche hindurchgeführt und auf die erforderliche Länge abgelängt. Dabei haben wir darauf geachtet, die Schläuche so zu dimensionieren, dass das Entfernen der Flaschen jederzeit möglich ist und eine Flasche bei Bedarf auf den Boden gestellt werden kann.

Um die Getränkeleitungen nach den Getränke-Ventilen sauber und übersichtlich führen zu können, haben wir aus Aluminiumprofilen auf der Rückwand-Konstruktion einen zusätzlichen Aufbau gebaut. Diese dient später auch als Halterung für die Abdeckung, die das gesamte System optisch ansprechend und funktional abschliesst.



Abbildung 146: Montierter Kühlschrank



Abbildung 147: Eingeführte Leitungen



Abbildung 148: Montierte Kühltürme

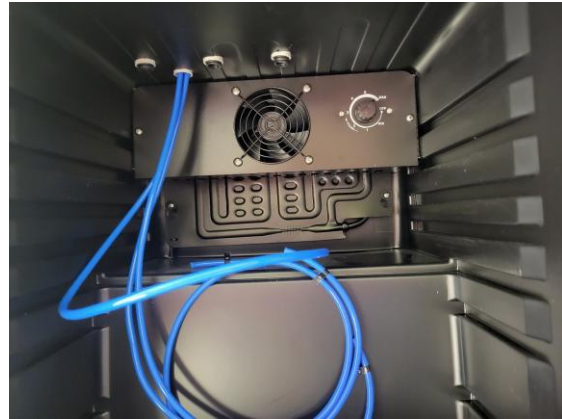


Abbildung 149: Innenleben Kühltürme

6.10.15 Antrieb Z-Achse

Im nächsten Schritt widmeten wir uns der Z-Achse. Diese war bereits auf einer Halterung vormontiert, sodass wir sie nur noch mit M-Schrauben an der zuvor aufgebauten Konstruktion befestigen mussten. Dafür schnitten wir die passenden Gewinde direkt ins Aluminiumprofil. Anschliessend entwickelten und bauten wir mithilfe von Karbon- und Aluminiumprofilen eine stabile Druckplatte zur Ansteuerung der einzelnen Alkoholdispenser. Um eine ausreichende Stabilität und ein Wippen der Konstruktion beim Ausschensken zu vermeiden, setzten wir bewusst auf 3mm starke Aluminiumprofile.

Da wir die Motoren zu diesem Zeitpunkt noch nicht ansteuern konnten, waren wir uns nicht sicher, ob der Motor tatsächlich genug Kraft besitzt, um die Dispenser zuverlässig zu betätigen. Leider gab es zu den Dispensern keine Angabe zur erforderlichen Druckkraft, sodass uns nichts anderes übrig blieb, als auf unser Gefühl und unsere bisherigen Erfahrungen zu vertrauen und den Aufbau fortzusetzen.

Im Anschluss montierten wir den Homing-Endschalter, um später alle auf dem Schlitten befindlichen Komponenten anschliessen zu können. Die Leitungen wurden platzsparend verlötet, was nicht nur für eine kompakte, sondern auch für eine besonders robuste Verbindung sorgt. Zum Schutz vor Feuchtigkeit wurden die Lötstellen zusätzlich mit selbstklebenden Schrumpfschläuchen isoliert.

Für ein ansprechendes Gesamtbild und eine hygienische Lösung fertigten wir aus weiteren Profilen eine Verkleidung für die Komponenten an. So konnten wir nicht nur die Funktionalität, sondern auch die Optik unseres Systems deutlich verbessern.

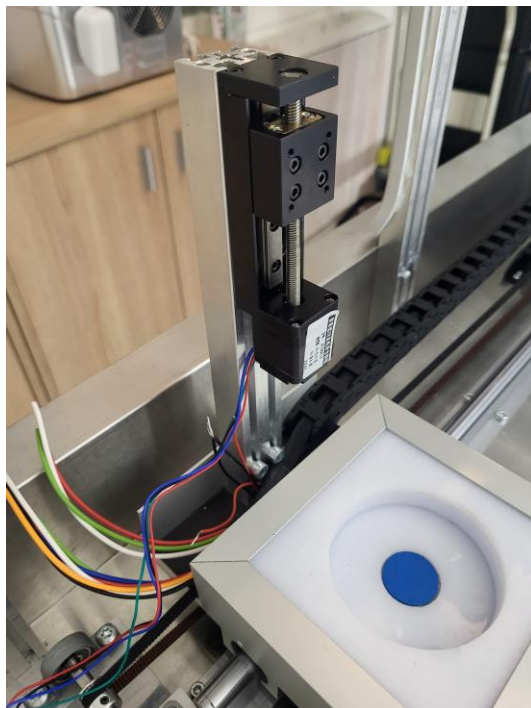


Abbildung 150: Spindeltrieb Z-Achse

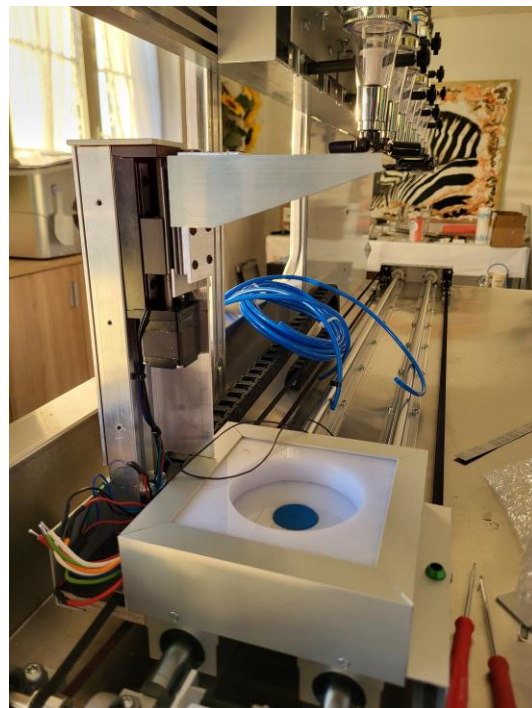


Abbildung 151: Z-Achse

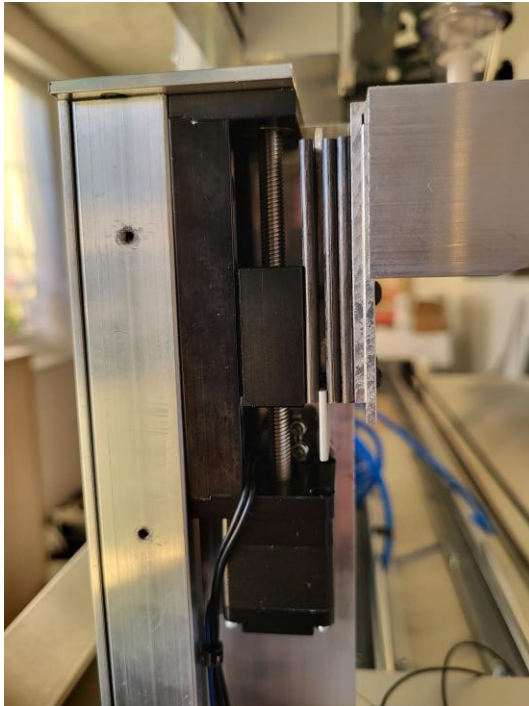


Abbildung 152: Seitenansicht Z-Achse

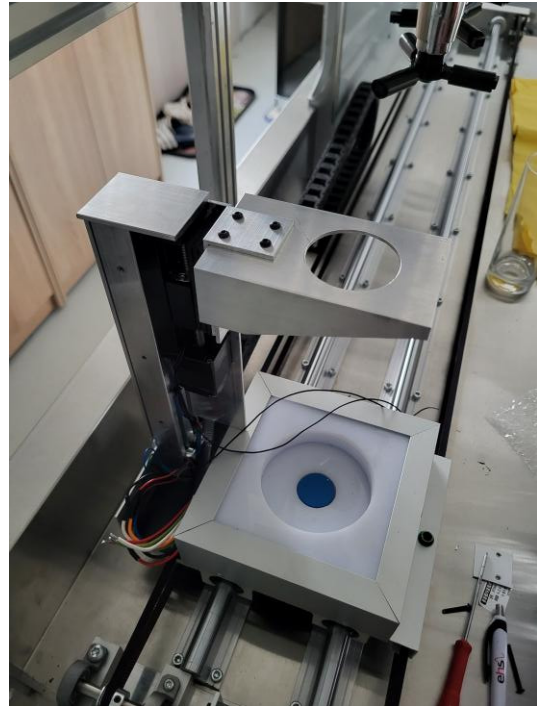


Abbildung 153: Z-Achse von oben

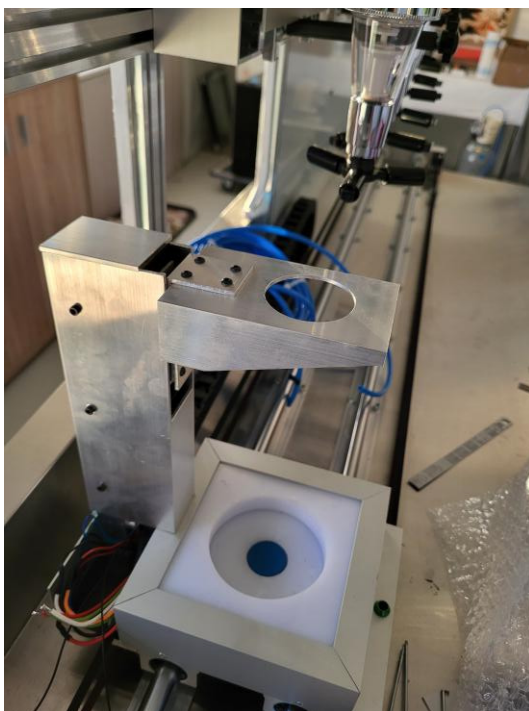


Abbildung 154: Fertige Z-Achse

6.10.16 Endschalter X-Achse

Im nächsten Arbeitsschritt fertigten wir mit einem Vierkant-Aluprofil die Halterungen für die Endschalter der X-Achse an. Bevor diese montiert werden konnten, löteten wir die Leitungen an, die später zur Steuerung führen, und schützten sie zusätzlich mit einem Geflechtschlauch. Um die Leitungen ordentlich durch die Tischplatte führen zu können, bohrten wir entsprechende Löcher und schlossen die Kabel anschliessend in der Verteilung an.

Die Endschalter selbst wurden auf der Tischplatte positioniert und mit langen Schrauben sicher befestigt. Wir entschieden uns bewusst dafür, den Öffner-Anschluss zu verwenden, da dies bei sicherheitsrelevanten Konstruktionen üblich ist. Bei dieser Variante führt bereits ein Leitungsunterbruch zum sofortigen Stillstand des Systems, was die Sicherheit zusätzlich erhöht.



Abbildung 155: Homing-Endschalter X-Achse

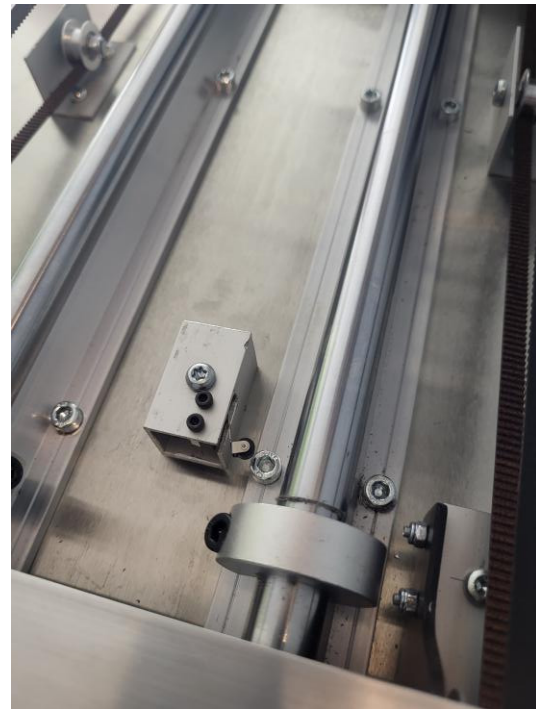


Abbildung 156: Endschalter X-Achse

6.10.17 Laufrollen Tischbeine

Da der Tisch im Laufe des Projekts zunehmend schwerer geworden ist, haben wir ihm für einen einfacheren Transport vier Laufrollen spendiert. Die Radaufnahmen wurden aus einem Rohr und einer Grundplatte gefertigt, die verschweisst und mit vier Bohrungen versehen wurde, um die Räder sicher anschrauben zu können. Da wir weder das nötige Equipment noch das Know-how für Schweissarbeiten besitzen, haben wir das Verschweissen von einer externen, lokalen Autofirma durchführen lassen. Nur durch Schweißen konnte die nötige Stabilität für den schweren Tisch gewährleistet werden. Das Rohr musste zudem etwas grösser dimensioniert werden, da am unteren Ende der Tischbeine ein Einschlaggewinde hervorstand. Um sicherzustellen, dass das Rohr sauber und stabil an den Tischbeinen anliegt, haben wir es mit Hilfe von Schiftplättchen ausgerichtet und befestigt.

Die Radhalter wurden zusätzlich mit dem Tisch verklebt und verschraubt, um die maximale Stabilität zu erreichen. Vor der Fertigstellung wurden die Tischrollen noch lackiert, damit das Eisen dauerhaft vor Rost geschützt ist. Damit von oben keine Feuchtigkeit in die Verbindung eindringen kann, haben wir abschliessend eine Silikonfuge gezogen.

Wir haben uns für diese individuelle Lösung entschieden, da es auf dem Markt keine fertigen Rollensysteme gab, die auf unsere Tischbeine passten und unseren Anforderungen entsprachen. Die Rollen wurden so dimensioniert, dass sie einerseits gross genug sind, um problemlos über leichte Kanten und Schwellen gerollt werden zu können, gleichzeitig aber nicht zu hoch ausfallen, sodass die Tischhöhe nicht unnötig ansteigt. So ist der Tisch nun robust, mobil und optimal an unsere Bedürfnisse angepasst.

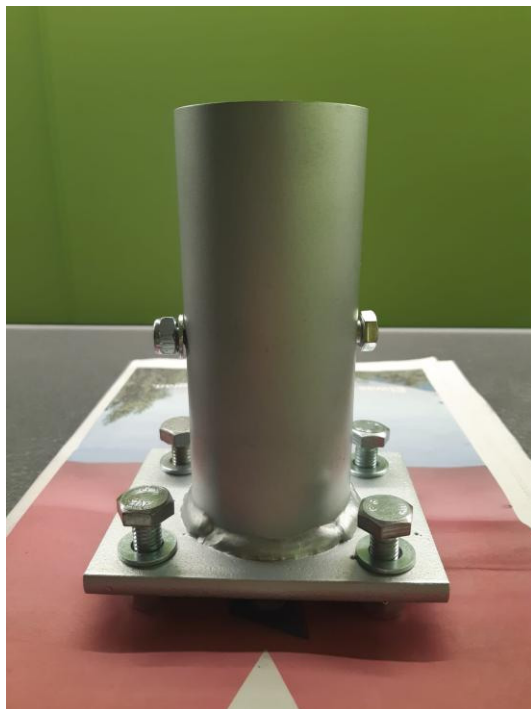


Abbildung 157: Laufrollenhalterung

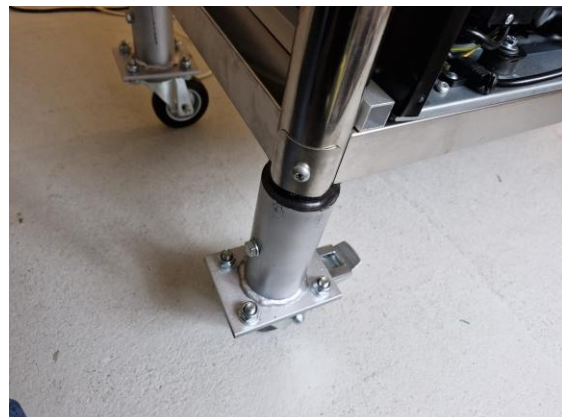


Abbildung 158: Laufrollen Bar-Roboter

6.10.18 Auskreuzplatine

Im nächsten Schritt führten wir die erste Inbetriebnahme der einzelnen Komponenten durch, um mögliche Defekte oder konstruktionsbedingte Mängel frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig beheben zu können. Gleich zu Beginn traten Probleme mit dem I2C-Bus auf: Beim Versuch, Geräte wie den MCP23017 auf dem I2C-Bus zu finden, konnten wir einfach keine Verbindung herstellen.

Da wir davon ausgingen, dass es sich nicht um einen grösseren Fehler auf der Platine handeln kann, da die Busverbindung über eine feste Leiterbahn läuft, führten wir mit dem Testboard, das wir bereits im Unterricht verwendet hatten, verschiedene Tests durch. Dabei stellten wir fest, dass die I2C-Kommunikation nur über die GPIOs 4 und 5 zuverlässig funktionierte.

Nach sorgfältigem Abgleich mit dem Schaltplan wurde deutlich, dass wir versehentlich die GPIO-Eingänge GP4 und GP5 mit den GP14 und GP15 vertauscht hatten. Um dieses Problem zu beheben, fertigten wir eine Auskreuzplatine an, die zwischen den Pico W und unsere Hauptplatine gesteckt wird und so die richtigen Verbindungen herstellt. Die Auskreuzplatine wurde aus einer fertigen Lochrasterplatte aufgebaut und mit abgewinkelten Male- sowie normalen Female-Headers bestückt. So konnten wir die fehlerhaften Zuweisungen einfach und zuverlässig korrigieren.

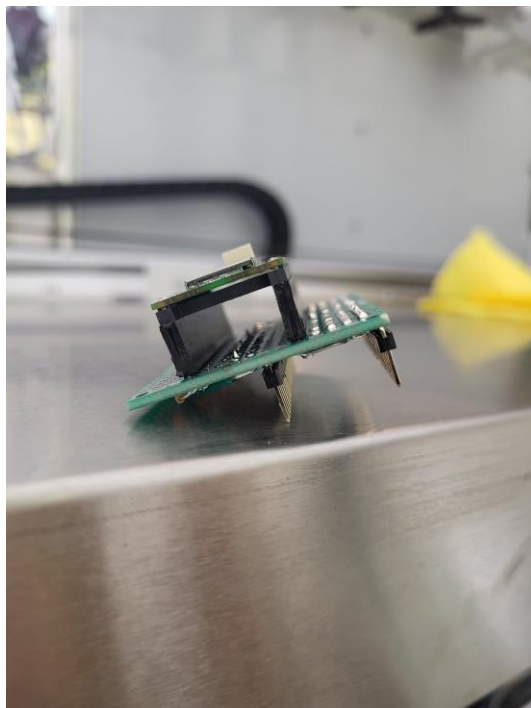


Abbildung 159: Auskreuzplatine Seitenansicht

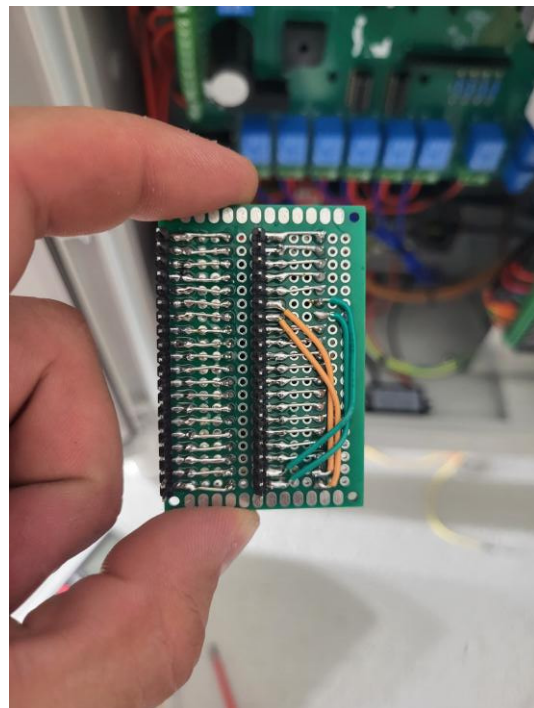


Abbildung 160: Auskreuzplatine von unten

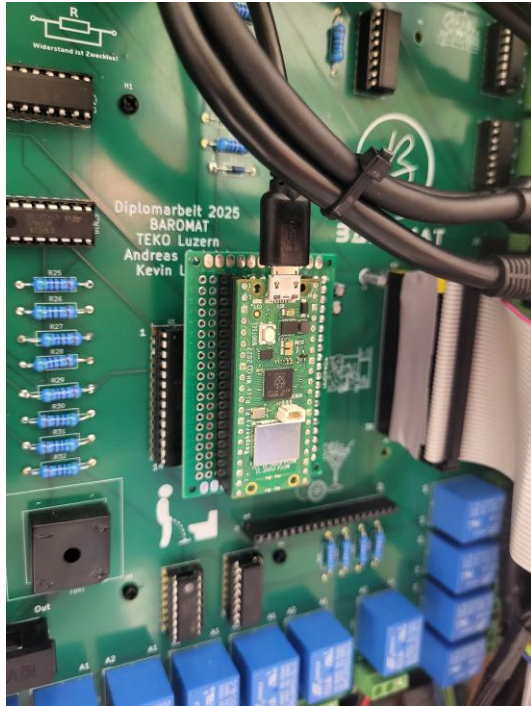


Abbildung 161: Auskreuzplatine auf Platine

6.10.19 Modifizierung Z-Achse

Als Nächstes stellten wir fest, dass die Z-Achse etwas zu wenig Kraft hatte, um den Alkoholdispenser zuverlässig zu bedienen, und zwischendurch Schritte verlor. Der Motor jaulte deutlich auf und rutschte beim letzten Stück jeweils durch, sodass die Druckplatte absackte. Zunächst überlegten wir, den Dispenser selbst zu modifizieren, indem wir die darin enthaltenen Federn einkürzen, um den Gegendruck zu verringern. Nach mehreren Versuchen gaben wir diese Idee jedoch auf, da wir befürchteten, den Dispenser dauerhaft zu beschädigen.

Anschliessend recherchierten wir im Internet nach stärkeren Spindelantrieben, mussten aber feststellen, dass die verfügbaren Modelle entweder viel zu gross oder für unsere Anwendung ungeeignet waren. Unerwartet kam uns eine neue Idee. Wir hatten noch einen Ersatzmotor, der ursprünglich für die X-Achse vorgesehen war. Kurzerhand zerlegten wir die komplette Z-Achsspindel und prüften, ob sich der vorhandene Nema11 Motor durch den stärkeren Nema17 Motor ersetzen liess. Die Lager des bisherigen Motors haben wir demontiert, den Rotor jedoch an Ort und Stelle belassen, um keine unnötige Krafteinwirkung auf die intakte Spindel zu bringen. Dieser Rotor dient jetzt gleichzeitig als Haltegriff, falls die Spindel einmal manuell zurückgestellt werden muss.

Mit einem zugeschnittenen Aluminiumprofil fertigten wir eine passende Halterung für den neuen Steppermotor an. Zur sicheren Verbindung der Spindel mit dem Motor verwendeten wir eine Gummikupplung, die noch von der X-Achse übrig war und kleine Montageungenauigkeiten zuverlässig ausgleicht. Mithilfe einer Aluminiumplatte verbanden wir die Bauteile zu einer stabilen Einheit. Da zwischen Spindel und Motor eine Höhendifferenz bestand, wurde diese mit einem zusätzlichen Aluminiumblech ausgeglichen. Nach einigen Anpassungen gelang uns die Montage wie geplant.

Anschliessend montierten wir die gesamte Baugruppe wieder auf dem Schlitten und verlöteten die Anschlüsse frisch. Nachdem auch der Endschalter wieder befestigt und angeschlossen war, konnten wir die Z-Achse erneut testen. Dieses Mal hatten wir Erfolg. Der neue Motor hatte nun mehr als genug Kraft, um den Dispenser problemlos zu bedienen.

Nach diesem Erfolgserlebnis konstruierten wir eine neue Verschalung, um Motor und Verkabelung elegant und sicher zu verbergen. Die Verschalung wird mit Schrauben befestigt, sodass sie im Fehlerfall schnell und unkompliziert entfernt werden kann und eine manuelle Verstellung der Z-Achse jederzeit möglich bleibt.

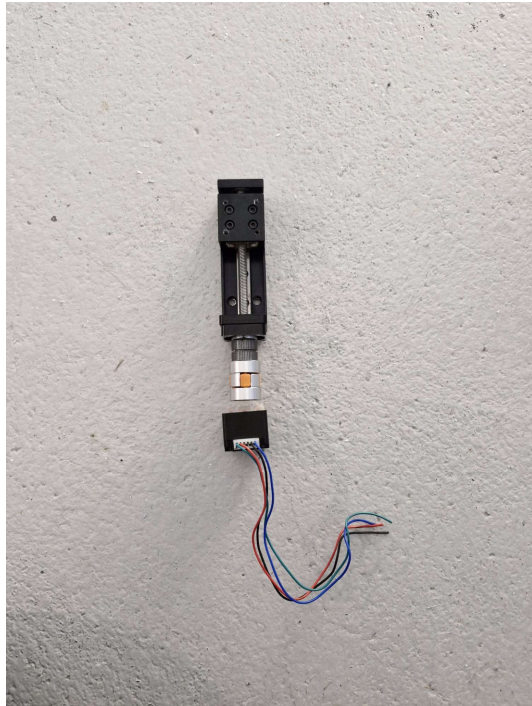


Abbildung 162: Nema11 Motor

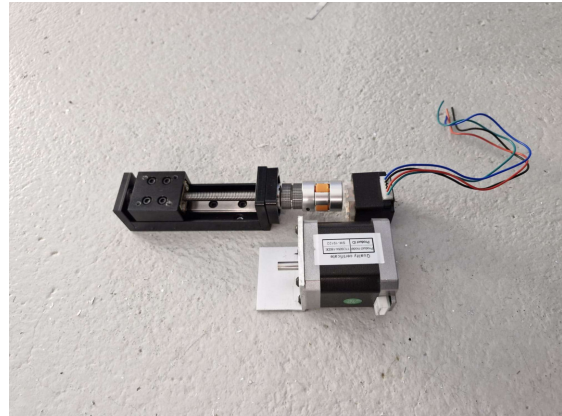


Abbildung 163: Nema11 vs Nema17 Motor



Abbildung 164: Umgebaute Z-Achse

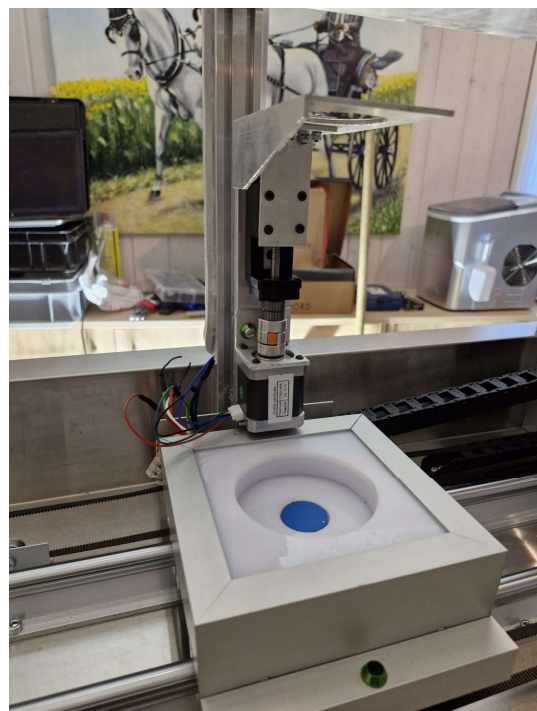


Abbildung 165: Eingebaute Z-Achse

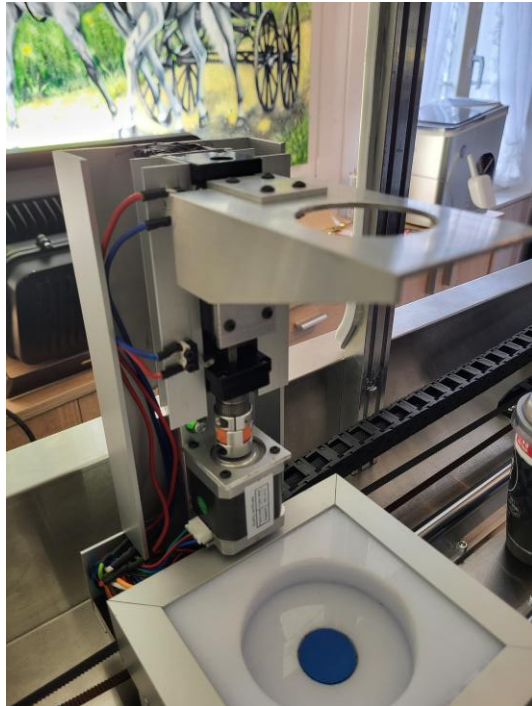


Abbildung 166: Endschalter von Z-Achse

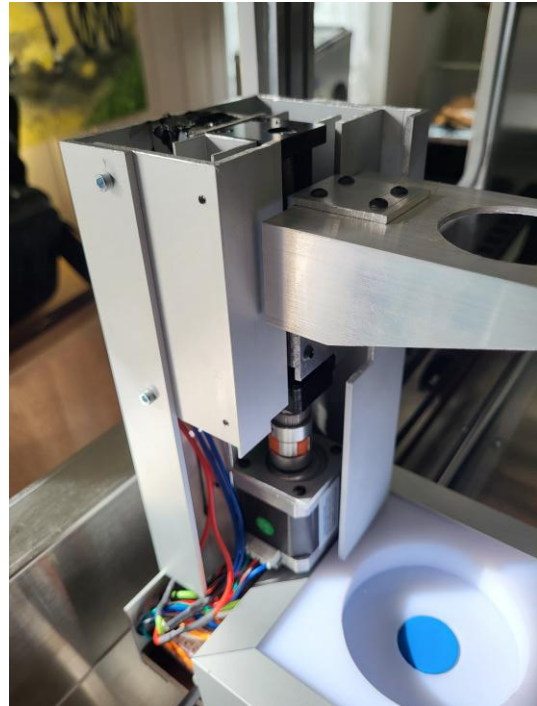


Abbildung 167: Verschaltung von Z-Achse



Abbildung 168: Provisorische Verschaltung Seitenansicht

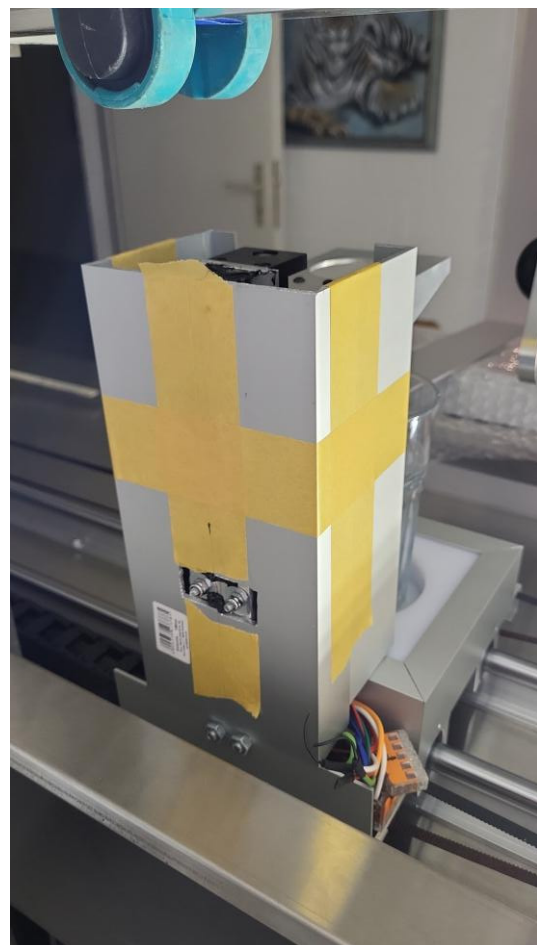


Abbildung 169: Verschaltung von hinten

6.10.20 Modifizierung Platine

Nachdem wir die ersten Tests mit den Ventilen durchgeführt hatten, mussten wir leider feststellen, dass das gesamte System bei nahezu jedem Schaltvorgang der Ventile abstürzte. Wir haben intensiv nach der Ursache gesucht, konnten aber im Schaltplan zunächst nichts Auffälliges entdecken. Letztendlich kamen wir zu dem Schluss, dass Überspannungen die Auslöser sein mussten, da keine anderen Fehlerquellen infrage kamen.

Dieses Problem lässt sich eigentlich relativ einfach durch den Einsatz von Freilaufdioden beheben, was uns jedoch verwundert hat, da im ULN bereits Freilaufdioden integriert sind. Wir vermuteten jedoch, dass die relativ langen Leitungswege zwischen den Relais und dem ULN dazu führen könnten, dass Störspannungen auf benachbarte Leiterbahnen induziert werden. Deshalb haben wir alle Relais und Klemmen von der Platine entfernt und auf separaten Zusatzplatinen neu aufgebaut. Dort haben wir direkt an den Relais zusätzliche Freilaufdioden angebracht, um die Überspannung unmittelbar an der Quelle kurz zu schliessen. Die Zusatzplatinen haben wir anschliessend mit Litzen wieder an die Hauptplatine angebunden.

Um weitere Störungen zu vermeiden, haben wir ausserdem den 230V-Bereich konsequent vom 24V-Bereich getrennt. Durch das Entfernen der entsprechenden Leiterbahnen mit dem Dremel konnte eine sichere Trennung zwischen 230VAC und 24VDC gewährleistet werden. Anschliessend haben wir alle Komponenten sauber beschriftet und wieder im Kleinverteiler montiert.

Die erneuten Tests zeigten eine leichte Verbesserung, allerdings kam es immer noch zu Abstürzen der Steuerung. Schliesslich kam uns der entscheidende Gedanke. Wir hatten völlig übersehen, dass die Magnetventile selbst keine Freilaufdioden besaßen. Nachdem wir bei allen zwölf Magnetventilen Freilaufdioden nachgerüstet und so die Überspannung direkt an der Quelle abgefangen hatten, funktionierte die Steuerung endlich zuverlässig und Abstürze traten nicht mehr auf.

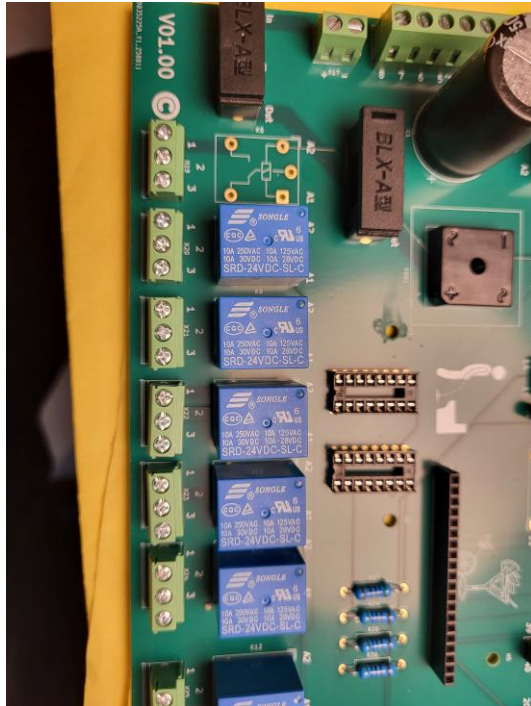


Abbildung 170: Ursprüngliche Platine

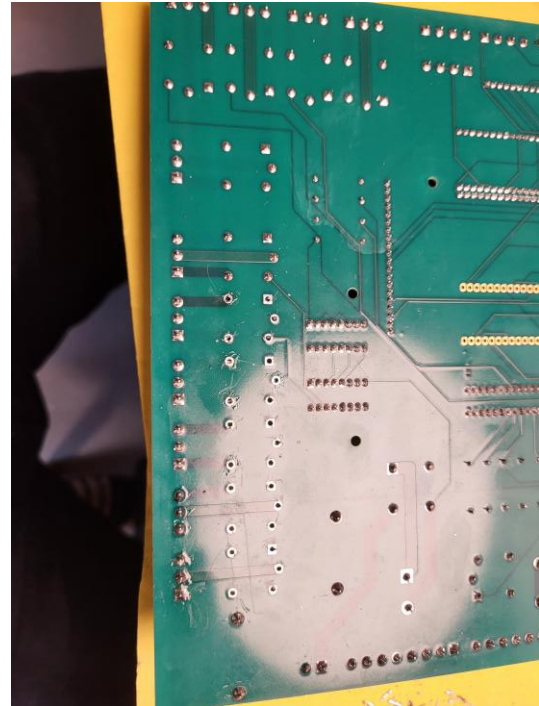


Abbildung 171: Rückseite Platine

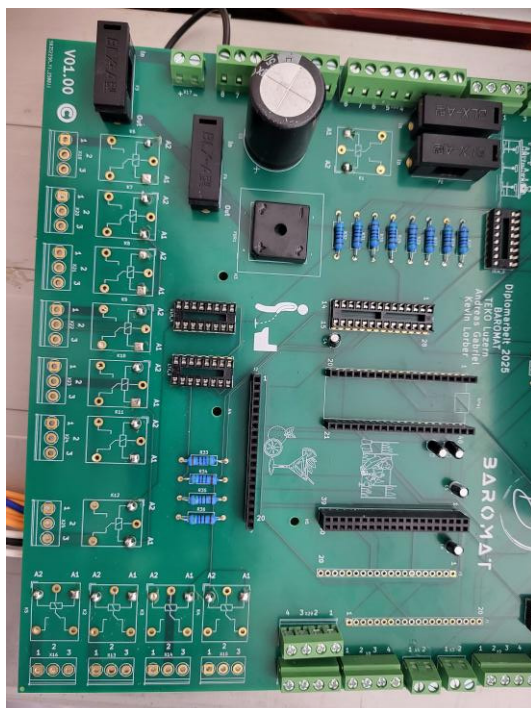


Abbildung 172: Frontansicht Platine

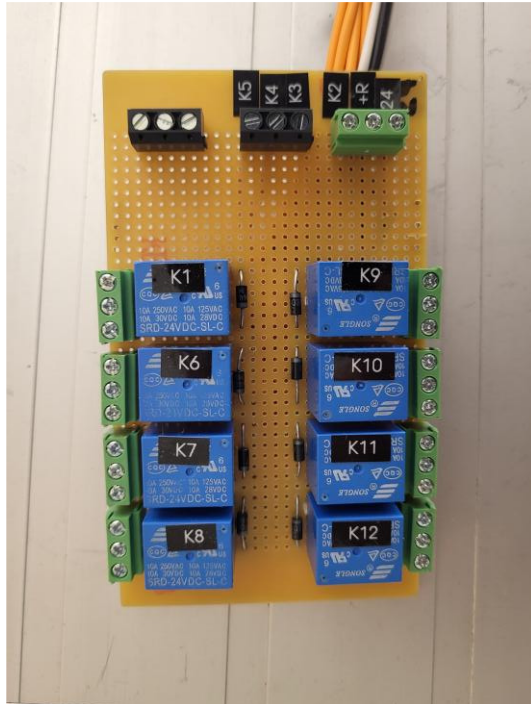


Abbildung 173: Neue Relais 24V

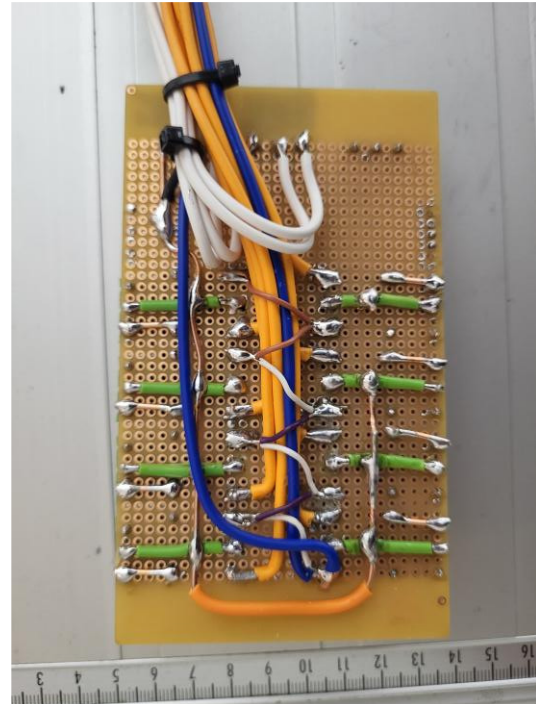


Abbildung 174: Rückseite 24V Relais

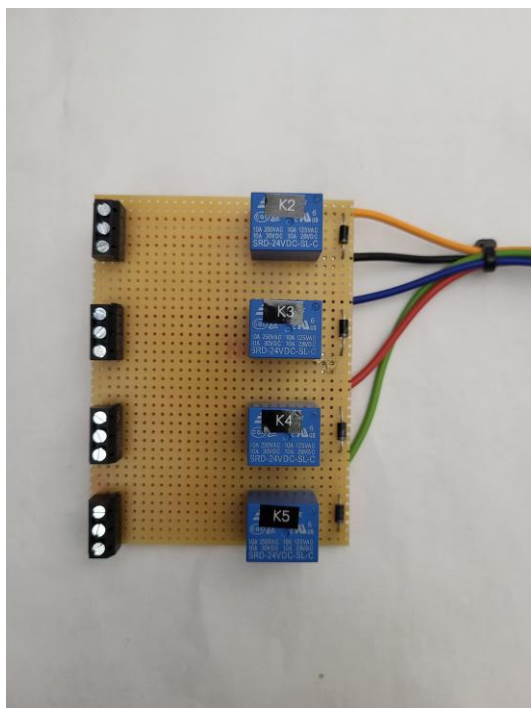


Abbildung 175: Neue Relais 230V

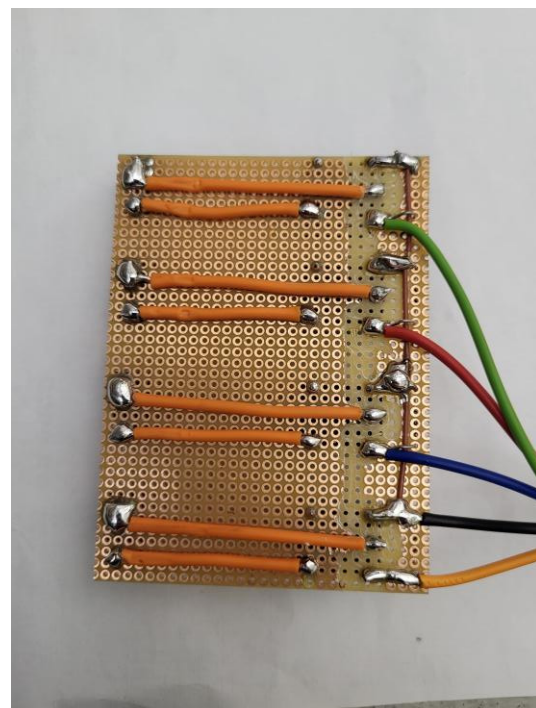


Abbildung 176: Rückseite 230V Relais



Abbildung 177: 24V Relais und Platine

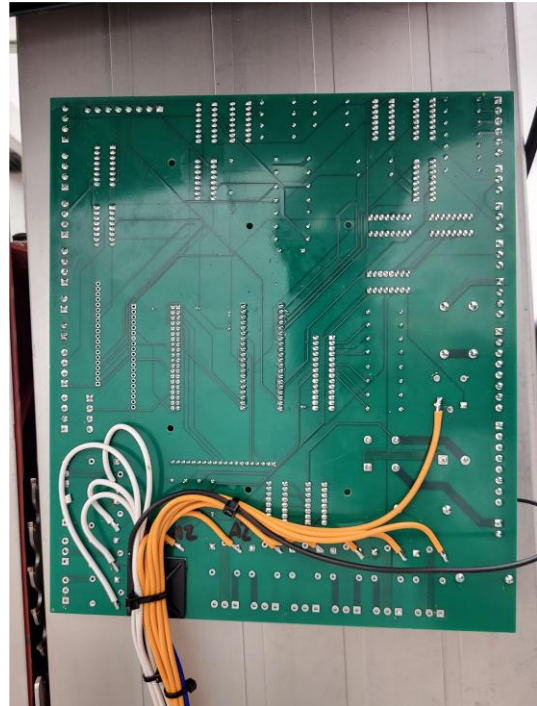


Abbildung 178: Anschlüsse von 24V Relais an Platine

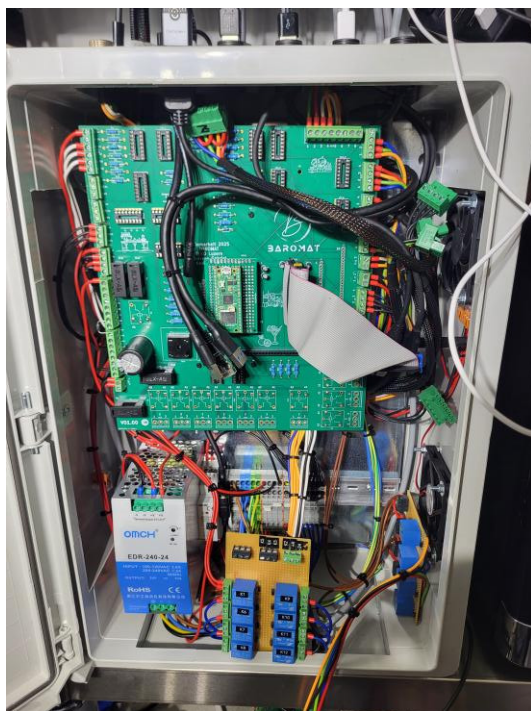


Abbildung 179: Einbau

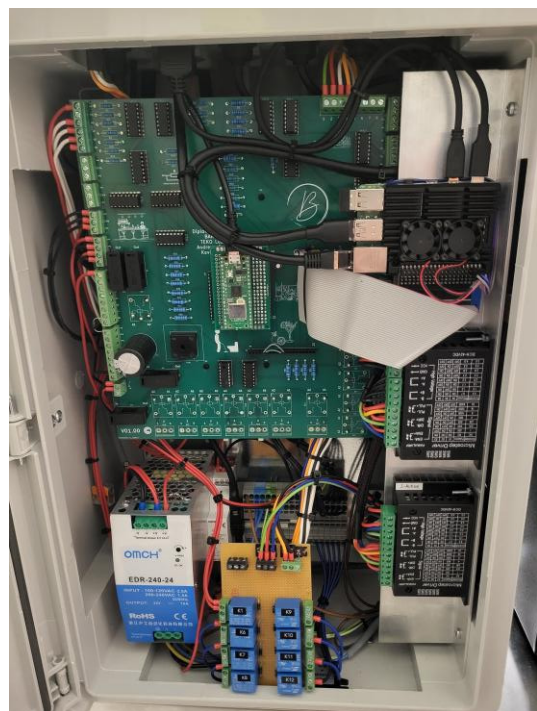


Abbildung 180: Fertiger Einbau

6.10.20.1 Mängelliste Platine

Um beim Bau eines möglichen zweiten Roboters nicht wieder auf dieselben Fehler auf der Platine zu stossen, haben wir eine detaillierte Mängelliste in Excel geführt. In dieser Liste wurden alle entdeckten Fehler fortlaufend nummeriert und jeweils mit einer kurzen Beschreibung dokumentiert. Zusätzlich haben wir für jeden Punkt die jeweilige Ursache sowie die von uns gefundene Lösung notiert, um den Fehler nachvollziehbar zu beheben.

Besonders wichtig ist der Status, in dem wir festhalten, ob der jeweilige Fehler bereits auf der aktuellen Platine behoben wurde und ob das Schaltplanschema entsprechend angepasst ist. In unserem Fall konnten wir zwar alle Probleme auf der bestehenden Platine korrigieren, jedoch wurden die Anpassungen im Schema bislang noch nicht umgesetzt. Für uns ist daher zentral, diese Überarbeitung vor einer eventuellen Nachbestellung unbedingt durchzuführen, um künftige Fehlerquellen zu vermeiden und den Bauprozess weiter zu optimieren.

Nummer:	Beschreibung:	Ursache:	Status Behebung:	Status Schema:	Datum:	Verantwortlich:
01	Keine Verbindung zu MCP23017 über I2C	Bus bei Pico W auf falschen Kontakten angeschlossen. GP4 und GP5 mit GP14 und GP15 tauschen.	erledigt	offen	26.09.2025	Lork
02	Fehlerhafte Kommunikation über WLAN	WLAN ist zu langsam und nicht praxistauglich. Neu über I2C1 gelöst. Direkte Verbindung zwischen PICO W und Pi 4B einplanen. Bis jetzt über Verbindungsdrähte Pin-Headers gelöst.	erledigt	offen	15.10.2025	Andy
03	Störungen durch Induktion auf Relais und Betriebssystem	Keine Freilaufdioden montiert. Bei allen Relais und Ventilen eine Freilaufdiode nachrüsten.	erledigt	offen	22.10.2025	Lork
04	Störungen auf Bus	Keine Pull-Up-Widerstände verbaut auf 3.3V. 10kΩ-Widerstand einsetzen.	erledigt	offen	22.10.2025	Andy
05						
06						

Tabelle 16: Mängelliste Platine

6.10.21 Modifizierung Alkoholdispenser

Da wir bei den 16 Drinks unterschiedliche Alkoholvolumen ausschenken wollen, haben wir uns entschieden, die Dosierung über die Ansteuerzeit der Ventile zu regeln. Das bietet uns eine grössere Flexibilität beim Ausschenken. Dafür mussten wir lediglich einen Abdichtstößel entfernen, was sich einfach und schnell umsetzen liess. Anschliessend galt es, für jeden Drink die passende Ausschankzeit zu ermitteln und im Programm zu hinterlegen. Die Zeiten haben wir experimentell bestimmt. Nach mehreren Durchläufen konnten wir feststellen, dass die Wiederholgenauigkeit beim Ausschenken sehr gut war und wir das System in dieser Form beibehalten konnten. Auf dem Bild unten sieht man links die modifizierte und rechts die originale Variante.



Abbildung 181: Modifizierter Dispenser

6.10.22 Anfertigung Anschlüsse Süssgetränke

Die Getränkeanschlüsse haben wir mit Messinghülsen und Chromstahlrohren realisiert. Dafür wurden in die Messinghülsen ein 8mm und ein 5mm-Loch gebohrt. Anschliessend haben wir die Chromstahlrohre auf die passende Länge zugeschnitten und alles zusammengesteckt. Um die Anschlussleitungen optimal anschliessen zu können, haben wir den CO₂-Anschluss leicht angewinkelt.

Mit Hilfe von Silberlot und dem passenden Flussmittel haben wir alle Teile sauber verlötet, sodass die Anschlüsse zuverlässig dicht sind. Nach dem Löten mussten die entstandenen Verunreinigungen entfernt werden, was wir mit einem Dremel und einem Metallbürsteneinsatz erledigt haben. Danach haben wir in PET-Flaschendeckel ein 16mm-Loch gebohrt und die vorbereiteten Anschlüsse mit Montagekleber darin fixiert. Um eine absolute Dichtheit zu gewährleisten, haben wir die gesamte Verbindung zusätzlich mit Montagekleber eingestrichen und so abgedichtet.

Nach einer 24-stündigen Aushärtungszeit des Klebers wurden die Anschlüsse abschliessend von Metallspänen und letzten Verunreinigungen befreit. Zum Schluss haben wir alle Anschlüsse mit heissem Wasser durchgespült. Danach konnten wir die Anschlüsse mit Schlauchschellen an die bereits vorbereiteten Leitungen anschliessen. Um die Dichtheit zu testen, wurden an jedem Anschluss Flaschen befestigt und das System unter Druck gesetzt. Glücklicherweise war alles dicht und wir konnten mit dem nächsten Schritt fortfahren.



Abbildung 182: Getränkeanschlüsse

6.10.23 Montage Abdeckplatten

Nach der erfolgreichen Montage und dem Test aller Süssgetränkeanschlüsse haben wir uns um die Endmontage aller Abdeckungen und Zierleisten gekümmert. Dazu gehörte zunächst die Montage der Rückwand sowie das Anbringen der passenden Zierleisten, um die Schnittkanten sauber zu kaschieren. Ausserdem haben wir eine Abdeckung für den X-Achsenmotor sowie für die Süssgetränkeventile angefertigt. Während die Motorabdeckung schnell hergestellt war, erforderte die Abdeckung der Magnetventile deutlich mehr Aufwand. Dafür mussten mehrere Aluplatten und Aluwinkel zugeschnitten und mit Nieten miteinander verbunden werden. Nach einigen Anpassungen an den Süssgetränkeventilen konnte auch diese Abdeckung problemlos montiert werden.

Zusätzlich haben wir Aluprofile auf den Aufnahmeschienen der Getränkehalter angebracht, um die Optik weiter aufzuwerten. Links und rechts an der Rückwand wurde mit einem Winkelprofil ein sauberer Abschluss geschaffen. Zum Schluss wurde noch die Abdeckung am Schalterpanel montiert.

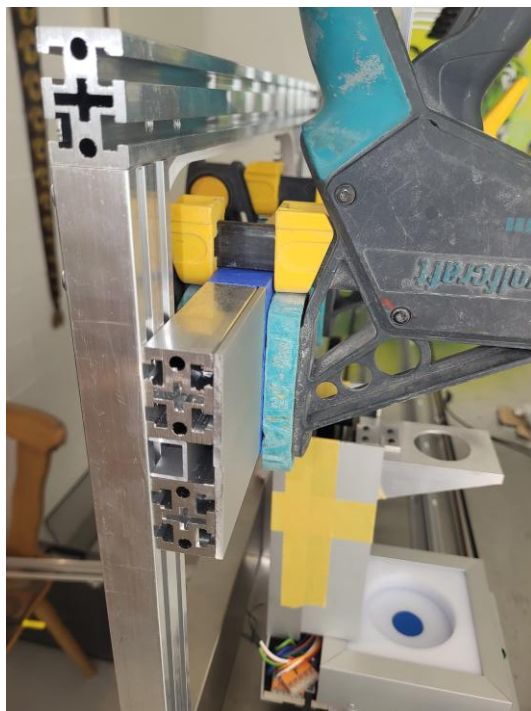


Abbildung 183: Montage Aluprofile



Abbildung 184: Rückwand



Abbildung 185: X-Achsenmotor Abdeckung



Abbildung 186: Getränkeventile Abdeckung

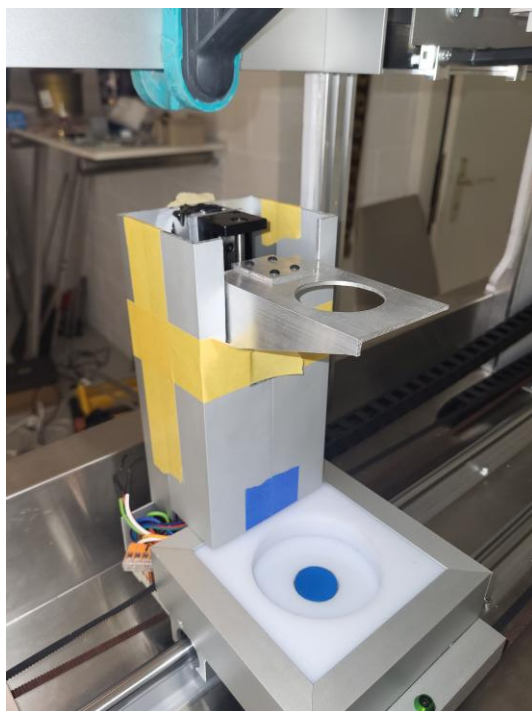


Abbildung 187: Montage Abdeckung Z-Achse



Abbildung 188: Fertige Z-Achse



Abbildung 189: Zierleisten



Abbildung 190: Fertig montierter Roboter

6.10.24 Montage Aufkleber und Finish

Im nächsten Schritt haben wir die Aufkleber für die Sponsoren sowie das eigentliche Baromat-Logo angebracht, wodurch der Roboter sein finales Erscheinungsbild erhielt. Um die letzten scharfen Kanten zu beseitigen, haben wir diese noch sorgfältig mit einer Feile entfernt. Damit war der Bau des Roboters abgeschlossen und wir konnten uns der abschließenden Reinigung widmen. Diese erfolgte mit heissem Leitungswasser und etwas Spülmittel. Nach der Reinigung haben wir die Laufschiene mit Teflonfett geschmiert, um einen leichtgängigen Lauf sicherzustellen. Damit war der Bau endgültig abgeschlossen.



Abbildung 191: Logo Baromat



Abbildung 192: Logo Sponsoren

6.10.25 Fertiger Bar-Roboter

Nach Abschluss aller Arbeiten wird im Folgenden der fertige Bar-Roboter präsentiert. Die Bilder zeigen das Endprodukt mit allen technischen und optischen Details. Sie geben einen umfassenden Eindruck vom Aufbau, den Funktionen und dem Erscheinungsbild des Baromaten.



Abbildung 193: Bar-Roboter

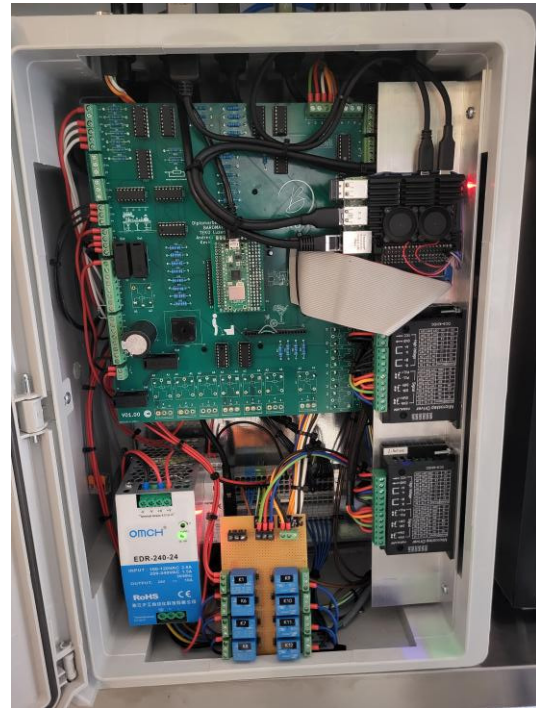


Abbildung 194: Steuerschrank

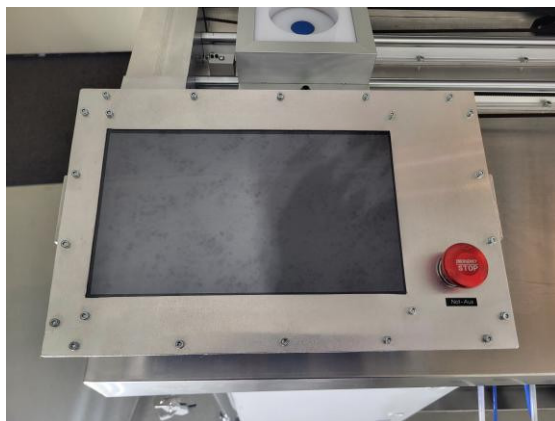


Abbildung 195: Touchdisplay



Abbildung 196: Kühlschränke



Abbildung 197: Schalterpanel



Abbildung 198: CO₂-Druckanlage

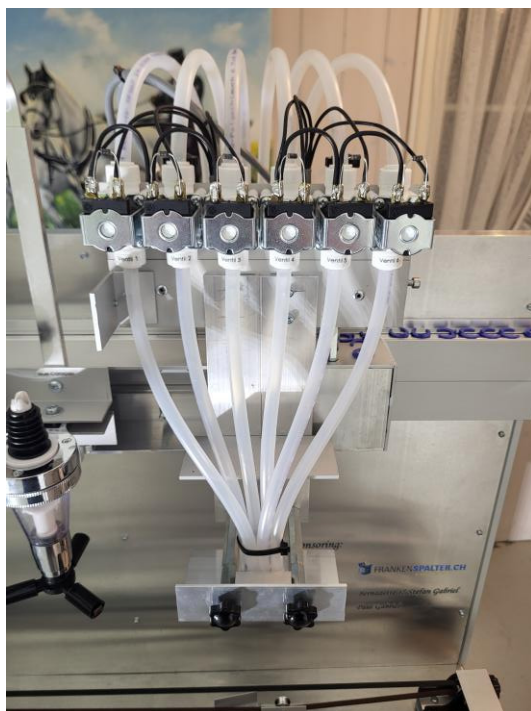


Abbildung 199: Süssgetränkventile

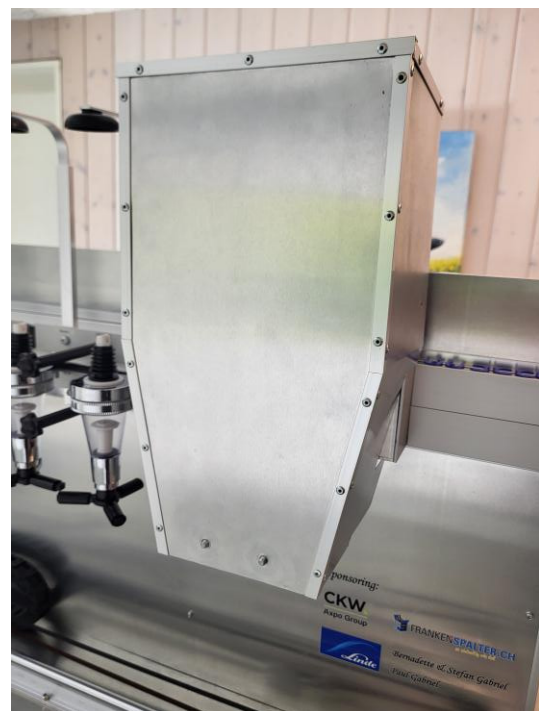


Abbildung 200: Abdeckung Ventile

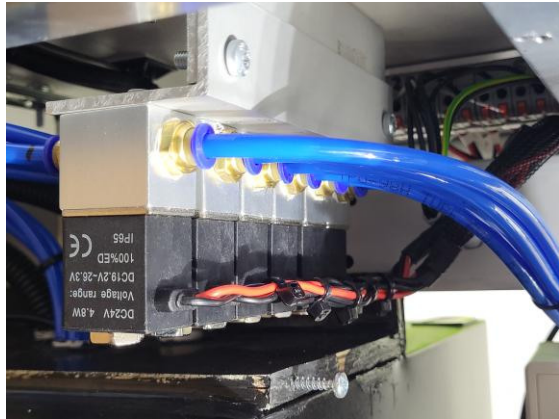


Abbildung 201: CO₂-Ventile



Abbildung 202: Alkoholdispenser



Abbildung 203: Bar-Roboter 1



Abbildung 204: Bar-Roboter 2



Abbildung 205: Bar-Roboter 3



Abbildung 206: Bar-Roboter 4

6.11 Getränke

In diesem Kapitel präsentieren wir die für unseren Bar-Roboter ausgewählten Getränkebasiszutaten und leiten daraus die Rezepte ab. Zunächst erfolgt eine gezielte Auswahl an alkoholischen Basisgetränken und passenden Mischgetränken, um eine vielfältige Auswahl klassischer Cocktails und Longdrinks zu ermöglichen. Aufbauend darauf definieren wir 16 Rezepte, die mithilfe unserer zeitbasierten Dosierlogik zuverlässig zubereitet werden können. Abschliessend werden die Drinks für das Touch-Display visualisiert und der Prozess der Bildaufbereitung sowie die Darstellung für verschiedene Anwendungsbereiche dokumentiert.

6.11.1 Auswahl Getränke

Bevor wir die konkreten Rezepte für unsere Cocktails und Longdrinks festlegen konnten, haben wir zunächst recherchiert, welche Mischgetränke und alkoholischen Getränke am häufigsten verwendet werden und sich gut für die Zubereitung von Longdrinks eignen. Dazu nutzten wir Internetquellen sowie ein Cocktailbuch, das Andreas noch zuhause hatte. Auf dieser Basis wählten wir diejenigen Getränke aus, die für unser Konzept am interessantesten und praktikabelsten erschienen.

Insgesamt konnten wir acht verschiedene Alkoholsorten und sechs verschiedene Mischgetränke definieren, wodurch die Auswahl für die späteren Mischungen ausreichend gross war und verschiedene Kombinationen ermöglicht wurden.

6.11.1.1 Alkohol

Bei den alkoholischen Basisgetränken haben wir uns für die folgenden acht Sorten entschieden:

- Whiskey
- Gin
- Vodka
- Rum (weiss)
- Rum (dunkel)
- Blue Curaçao
- Tequila
- Martini

Wir waren zunächst zwischen Blue Curaçao und Malibu hin- und hergerissen. Da Malibu auf Rum basiert und wir bereits zwei Rum-Varianten eingeplant haben, hätten wir damit die Vielfalt unserer Basispalette reduziert. Aus Gründen der Abwechslung und zur Erweiterung des Geschmacks- und Farbprofils haben wir uns daher für Blue Curaçao entschieden.

Diese Auswahl kombiniert klare Spirituosen (Gin, Vodka, Tequila) mit aromatischeren Komponenten (Whiskey, Rum, Blue Curaçao, Martini) und ermöglicht damit sowohl klassische Rezepte als auch eigene Variationen. Durch die Unterscheidung zwischen hellem und dunklem Rum können wir unterschiedliche Geschmacksprofile, beispielsweise fruchtig gegenüber karamellig-würzig, gezielt abbilden. Martini setzen wir als aromatischen Verstärker in aperitifähnlichen Mischungen ein, je nach Verfügbarkeit in trockener oder süsser Ausführung.

Mit diesen acht Sorten können wir einen grossen Teil gängiger Cocktails und Longdrinks abdecken. Bei einzelnen Rezepten sind leichte Anpassungen erforderlich, typischerweise in Form der Feinjustierung der Mengenverhältnisse oder dem Austausch spezifischer Marken. Diese Anpassungen erachten wir als unkritisch, da sie im Rahmen der Geschmacksoptimierung und Verfügbarkeit üblich sind und den Charakter des Drinks nicht wesentlich verändern.

6.11.1.2 Mischgetränke

Für die nicht-alkoholischen Komponenten haben wir die folgenden sechs Mischgetränke definiert:

- Coca-Cola
- Sprite
- Tonic Water
- Ginger Ale
- Mineralwasser
- Orangensaft

Wir waren zunächst zwischen Fanta und Orangensaft hin- und hergerissen. Letztlich haben wir uns für Orangensaft entschieden, da er uns in der Rezeptgestaltung mehr Möglichkeiten bietet.

Diese Auswahl deckt die gängigen Mixer-Kategorien ab und ermöglicht eine breite Palette klassischer Longdrinks sowie ausgewogener Eigenkreationen.

Die Kombination aus kohlenensäurehaltigen Limonaden (Coca-Cola, Sprite), Bittermixern (Tonic Water), würzigem Ginger Ale, neutralem Mineralwasser und fruchtigem Orangensaft erlaubt es, unterschiedliche Geschmacksprofile gezielt zu gestalten, von süss und spritzig über bitter-herb bis hin zu erfrischend mild oder fruchtig. Mineralwasser dient dabei als neutraler Ausgleich und zur Anpassung der Intensität, während Tonic Water und Ginger Ale markante Akzente setzen. Orangensaft ergänzt das Set als fruchtige Komponente für Aperitifs und sommerliche Variationen.

Mit diesen sechs Mischgetränken lassen sich die meisten gängigen Rezepte abbilden. Bei einzelnen Drinks sind leichte Anpassungen möglich, beispielsweise durch den Wechsel zwischen Marken oder die Anpassung der Mischverhältnisse. Diese Feinjustierungen dienen wie bei den alkoholischen Getränken zur Geschmacksoptimierung.

6.11.2 Rezepte

Nachdem wir alle Getränkesorten definiert hatten, ging es darum, geeignete Rezepte zu finden, die sich mit unserem Bar-Roboter zuverlässig umsetzen lassen. Da wir die Alkoholdispenser angepasst haben und die Füllmenge nun zeitbasiert steuern können, entfällt das vollständige Umrechnen auf exakte Masseinheiten. Viele Rezepte konnten wir dadurch direkt übernehmen.

Bei einigen Drinks haben wir zusätzlich den Serviervorschlag ergänzt, um klar auszuweisen, welche Komponenten neben dem eigentlichen Getränk bereitzustellen sind. Für Rezepte mit Inhaltsstoffen, die wir im aktuellen Setup nicht bereitstellen können, haben wir die betreffenden Zutaten entweder weggelassen oder durch passende Alternativen ersetzt, so dass der Charakter des Drinks möglichst erhalten bleibt.

Wir haben uns für insgesamt 16 Drinks entschieden, da sich diese Anzahl übersichtlich anordnen lässt. Diese Struktur erleichtert die Bedienung, sorgt für eine klare Präsentation auf dem Display und ermöglicht eine intuitive Auswahl durch die Nutzerinnen und Nutzer.

6.11.2.1 Mojito

- 1–2cl Limettensaft oder 1–2 Limettenschnitze ausdrücken
- 1TL feiner Zucker
- 4cl Rum weiss
- 1.5dl Mineralwasser
- Eis: Viel Eis
- Garnitur: Minze

6.11.2.2 Caipirinha

- 4–5 Limettenachtel im Glas zerdrücken
- 2TL Zucker
- 4cl Rum weiss
- 1dl Mineralwasser
- Eis: Crushed Ice oder grobe Würfel
- Garnitur: Limettenachtel

6.11.2.3 Cuba Libre

- 4cl Rum weiss
- Saft einer halben Limette
- 1.5dl Coca-Cola
- Eis: Würfel
- Garnitur: Limettenspalte

6.11.2.4 Dark 'n' Stormy

- 4cl Rum dunkel
- 1.5dl Ginger Ale
- 1–2cl Limettensaft oder Limettenspalte
- Eis: Würfel
- Garnitur: Limette

6.11.2.5 Spicy Rum Cola

- 5cl Rum dunkel
- 1.5dl Coca-Cola
- Eis: Würfel
- Garnitur: Limettenspalte

6.11.2.6 Moscow Mule

- 4cl Vodka
- 1.5dl Ginger Ale
- 10ml Limettensaft
- Eis: Viel Eis
- Garnitur: Limettenrad

6.11.2.7 Screwdriver

- 4cl Vodka
- 1.5dl Orangensaft
- Eis: Würfel
- Garnitur: Orangenscheibe

6.11.2.8 Vodka Lemon

- 5cl Vodka
- 1.5dl Sprite
- Eis: Würfel
- Garnitur: Zitronenscheibe

6.11.2.9 Gin Tonic

- 4cl Gin
- 1.7dl Tonic Water
- Eis: Viel Eis
- Garnitur: Zitrone, Limette oder Gurke

6.11.2.10 Tom Collins Style

- 4cl Gin
- Zitronensaft
- 1.5dl Sprite
- Eis: Würfel
- Garnitur: Zitronenscheibe

6.11.2.11 Whiskey Ginger

- 4cl Whiskey
- 1.5dl Ginger Ale
- Eis: Würfel
- Garnitur: Limettenspalte

6.11.2.12 Whiskey Cola

- 5cl Whiskey
- 1.5dl Coca-Cola
- Eis: Würfel
- Garnitur: Zitrone oder Limette

6.11.2.13 Tequila Sunrise

- 4cl Tequila
- 2cl Blue Curaçao
- 1.5dl Orangensaft
- Eis: Würfel
- Garnitur: Orangenscheibe

6.11.2.14 Long Island Blue

- 2cl Vodka
- 2cl Rum weiss
- 2cl Gin
- 2cl Tequila
- 1cl Blue Curaçao
- 1.5dl Coca-Cola
- Eis: Würfel
- Garnitur: Limettenspalte

6.11.2.15 Blue Lagoon

- 3cl Vodka
- 2cl Blue Curaçao
- 1.5dl Sprite
- Eis: Würfel
- Garnitur: Zitrone oder Limette






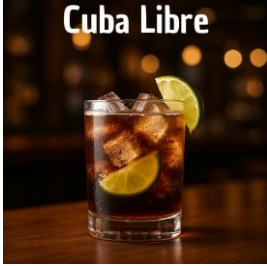

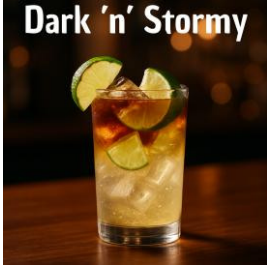


6.11.2.16 Martini Cola










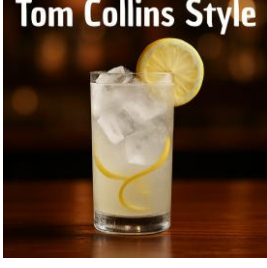


- 5cl Martini
- 1.5dl Coca-Cola
- Eis: Würfel
- Garnitur: Zitronenzeste oder Orangenscheibe

6.11.3 Bilder Cocktails

Für die Visualisierung der 16 Drinks haben wir die einzelnen Bilder mithilfe von AxpoGPT generieren lassen. Wir haben uns bewusst für die Generierung und nicht für das manuelle Heraussuchen entschieden, da uns ein einheitliches Erscheinungsbild aller Getränke besonders wichtig war. Anschliessend wurden die Grafiken im Programm Canva bearbeitet. Wir haben in jedes Bild den Namen des jeweiligen Drinks eingefügt, sodass sie auf dem Touch-Display übersichtlich dargestellt und als anwählbare Tasten verwendet werden können. Für die Beschriftungen verwenden wir die Schriftart Chau Philomene, da sie einen hohen Wiedererkennungswert bietet. Die Schriftfarbe ist weiss, und die Schriftgrösse beträgt 104, um auf dem Display eine klare Lesbarkeit sicherzustellen.

Zur besseren Übersicht haben wir die Abbildungen in der nachfolgenden Tabelle in zwei Spalten dargestellt. Links die unveränderten Originalbilder, wie sie beispielsweise für eine Getränkekarte genutzt werden könnten, und rechts die für das Display aufbereiteten Versionen mit eingefügten Drink-Namen. Einige Bilder enthalten kleinere Visualisierungsfehler, da die KI noch nicht alles fehlerfrei darstellen kann. Dieser Nachteil hat uns jedoch weniger beeindruckt, weil die visuelle Einheitlichkeit für unser Projekt oberste Priorität hat.

Getränknamen:	Bilder Getränkekarte:	Bilder Touch-Display:
Mojito		
Caipirinha		
Cuba Libre		
Dark 'n' Stormy		
Spicy Rum Cola		

Moscow Mule		
Screwdriver		
Vodka Lemon		
Gin Tonic		
Tom Collins Style		
Whiskey Ginger		











<p>Whiskey Cola</p>		<p>Whiskey Cola</p> 
<p>Tequila Sunrise</p>		<p>Tequila Sunrise</p> 
<p>Long Island Blue</p>		<p>Long Island Blue</p> 
<p>Blue Lagoon</p>		<p>Blue Lagoon</p> 
<p>Martini Cola</p>		<p>Martini Cola</p> 

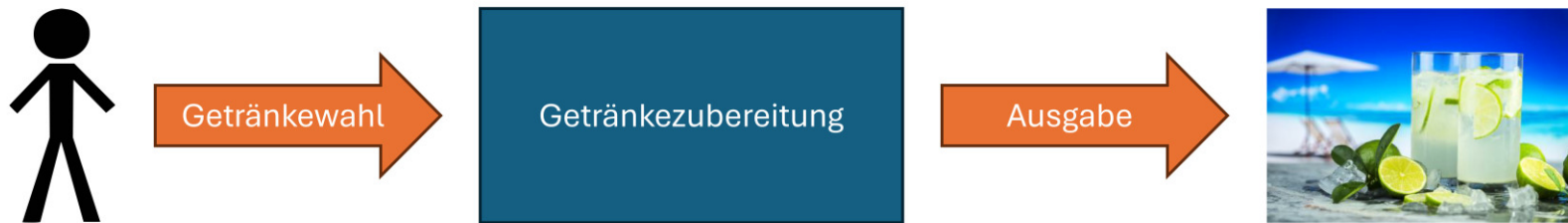
Tabelle 17: Getränkliste

6.12 Programmierung

In diesem Kapitel geben wir einen umfassenden Überblick über die Softwarestruktur unseres Bar-Roboters. Zunächst stellen wir die wichtigsten Anwendungsfälle, das Systemdesign sowie die zentralen Komponentenanforderungen und das Komponentendesign vor. Diese Abschnitte bieten einen Grobüberblick über die grundlegenden Abläufe, den Aufbau und die Anforderungen der Systemarchitektur. Im Anschluss gehen wir vertieft auf die technische Umsetzung ein. Wir erläutern sowohl die Programmierung und Steuerungslogik mit Arduino als auch die Ablaufsteuerung und Visualisierung in Codesys. So wird deutlich, wie das Gesamtsystem geplant, umgesetzt und miteinander verknüpft wurde.

6.12.1 Anwendungsfälle

Getränkzubereitung:



Reinigung:

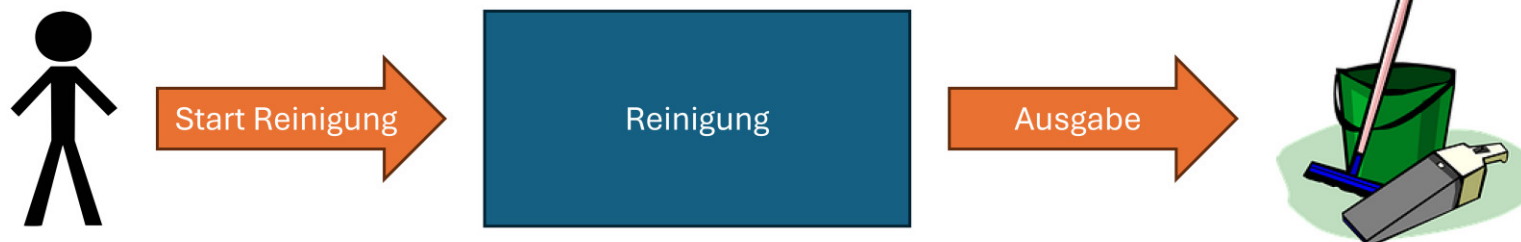


Abbildung 207: Anwendungsfälle

6.12.2 Systemdesign

Das Kapitel «Systemdesign» gibt einen Überblick über den grundlegenden Aufbau und die zentralen Abläufe unseres Bar-Roboters. Anhand übersichtlicher Schemas zeigen wir, wie sowohl die Getränkezubereitung als auch die Steuerung der Fahrbefehle umgesetzt werden. Die folgenden Abbildungen veranschaulichen die jeweiligen Signalflüsse, Steuerungsebenen und die Zusammenarbeit zwischen Visualisierung, Ablaufsteuerung und den einzelnen Hardwarekomponenten. So wird deutlich, wie die einzelnen Systemteile ineinandergreifen, um einen reibungslosen und automatisierten Betrieb zu ermöglichen.

6.12.2.1 Systemdesign Getränkezubereitung

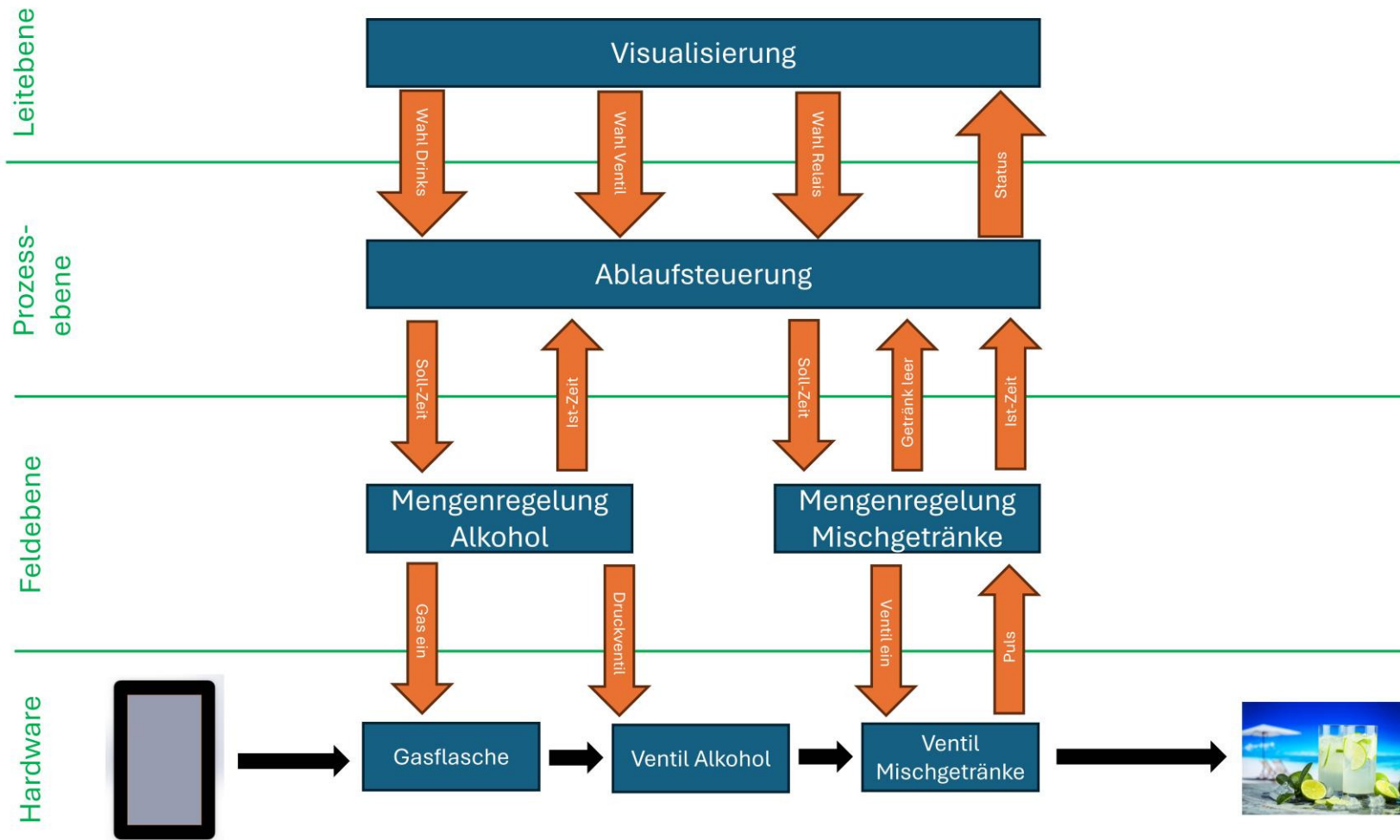


Abbildung 208: Systemdesign Getränkezubereitung

6.12.2.2 Systemdesign Fahrbefehle

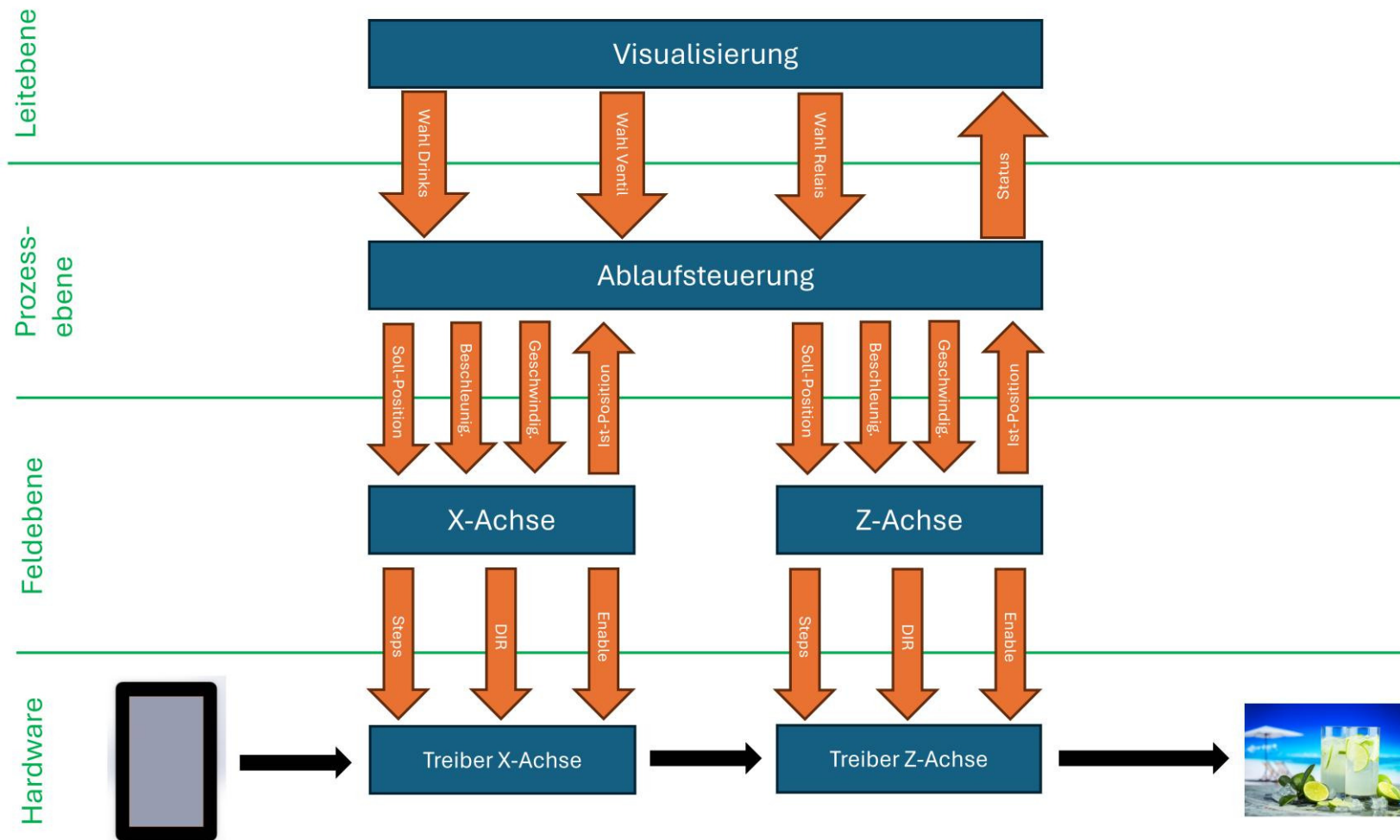


Abbildung 209: Systemdesign Fahrbefehle

6.12.3 Komponentenanforderungen

Die folgenden Kapitel geben einen Überblick über die wichtigsten Anforderungen und Lösungen zur Bedienung und Steuerung unseres Bar-Roboters. Dabei werden sowohl die grafische Darstellung auf der Benutzeroberfläche, die Funktionen der verschiedenen Schalter als auch die zentrale Ablaufsteuerung beschrieben.

6.12.3.1 Visualisierung

Für die Visualisierung unseres Bar-Roboters haben wir folgende Anforderungen definiert:

- **Pro Drink ein Bild auf der Visualisierung:**
Jeder Drink soll in der Benutzeroberfläche durch ein eigenes, eindeutiges Bild dargestellt werden.
- **Pro Ventiltrakt je ein Taster für externe Anwendung:**
Für jeden Ventiltrakt ist ein separater Taster vorgesehen, der von aussen bedient werden kann.
- **Separater Schalter pro Relaisgruppe:**
Jede Relaisgruppe erhält einen eigenen Schalter zur gezielten Steuerung.
- **Statusanzeige auf dem Display mittels Bilder:**
Die aktuellen Statusinformationen sollen anschaulich und intuitiv durch Bilder auf dem Display dargestellt werden.

6.12.3.2 Schalterfunktionen

Für die Bedienung unseres Bar-Roboters haben wir folgende Anforderungen definiert:

- **Einspeisung der Steuerung über Schlüsselschalter:**
Der 24V-Teil wird über einen Schlüsselschalter aktiviert, um Sicherheit und Kontrolle zu gewährleisten.
- **Ein- und Ausschalter hinterleuchtet, wenn aktiv:**
Der Hauptschalter ist beleuchtet, sobald er eingeschaltet ist.
- **Homing-Taster hinterleuchtet, wenn aktiv gedrückt:**
Der Taster für das Homing ist beleuchtet, sobald er betätigt wird.
- **Reset-Taster hinterleuchtet, wenn aktiv gedrückt:**
Auch der Reset-Taster ist hinterleuchtet, sobald er aktiv gedrückt wird.
- **Not-Aus-Taster:**
Durch Drücken des Not-Aus-Tasters werden alle Fahrbefehle sowie Ventile sofort zum Stillstand gebracht.

6.12.3.3 Ablaufsteuerung

Folgende Anforderungen hatten wir an die Ablaufsteuerung:

- **Freischaltung mit Schlüsselschalter:**
Mit dem Schlüsselschalter wird der 24V-Teil aktiviert und der Roboter ist bereit für seine Fahraufträge.
- **Motorfreigabe mit Ein- und Ausschalter:**
Der Ein- und Ausschalter gibt das Enable-Signal frei, sodass die Motoren mit Strom versorgt werden.
- **Getränkewahl und Fahrprogramm:**
Durch das Auswählen eines Getränkesymbols fährt der Roboter das hinterlegte Fahrprogramm ab. Dabei werden X-Achse und Z-Achse mit der hinterlegten Geschwindigkeit, Beschleunigung und Distanz angesteuert.
- **Not-Aus-Funktion:**
Durch das Drücken des Not-Aus-Schalters werden alle aktiven Fahrbefehle sofort gestoppt. Es können solange keine neuen Befehle gegeben werden, bis der Not-Aus zurückgesetzt ist. Auf dem Display wird im Fehlerfall eine Meldung angezeigt.
- **Homing-Funktion:**
Mit dem Homing-Taster fährt der Roboter automatisch in seine definierte Homing-Position zurück.
- **Reset-Funktion:**
Der Reset-Taster setzt alle aktiven Störungen zurück und stellt den Normalbetrieb wieder her.
- **Taster auf der Visualisierung:**
Über die Taster auf der Benutzeroberfläche können die einzelnen Relais angesteuert und bestromt werden. Die Relais schalten dabei die angeschlossenen Geräte wie Kühlschrank, LED-Band, Ventil der Gasflasche, Eismaschine und Lüfter.

6.12.3.4 Mengenregelung

Für die Mengenregulierung unseres Bar-Roboters haben wir folgende Anforderungen definiert:

- **Dosierung am Alkoholdispenser:**
Die Menge des ausgegebenen Alkohols wird über die Dauer der Ventilöffnung gesteuert. Je länger die Z-Achse auf das Ventil drückt, desto mehr Alkohol wird ausgegeben.
- **Dosierung bei Mischgetränken:**
Die Menge der einzelnen Zutaten wird über die Bestromungsdauer der jeweiligen Ventilrelais gesteuert.
- **Counter:**
Auf dem Display wird angezeigt, sobald ein Mischgetränk leer ist. Dies wird mittels eines Counters realisiert, der die verbleibende Menge überwacht und eine entsprechende Meldung ausgibt.

6.12.4 Komponentendesign

Im Kapitel «Komponentendesign» stellen wir die einzelnen Funktionsbereiche unseres Bar-Roboters detailliert dar. Anhand von Grafiken wird erläutert, wie die Visualisierung, die Schalterfunktionen, die Ablaufsteuerung und die Mengenregelung jeweils im System umgesetzt sind. Die folgenden Abbildungen zeigen die Strukturen und Signalflüsse dieser Komponenten sowie deren Zusammenspiel im Gesamtsystem. So wird aufgezeigt, wie jede Komponente zur Steuerung des Bar-Roboters beiträgt.

6.12.4.1 Komponentendesign Visualisierung

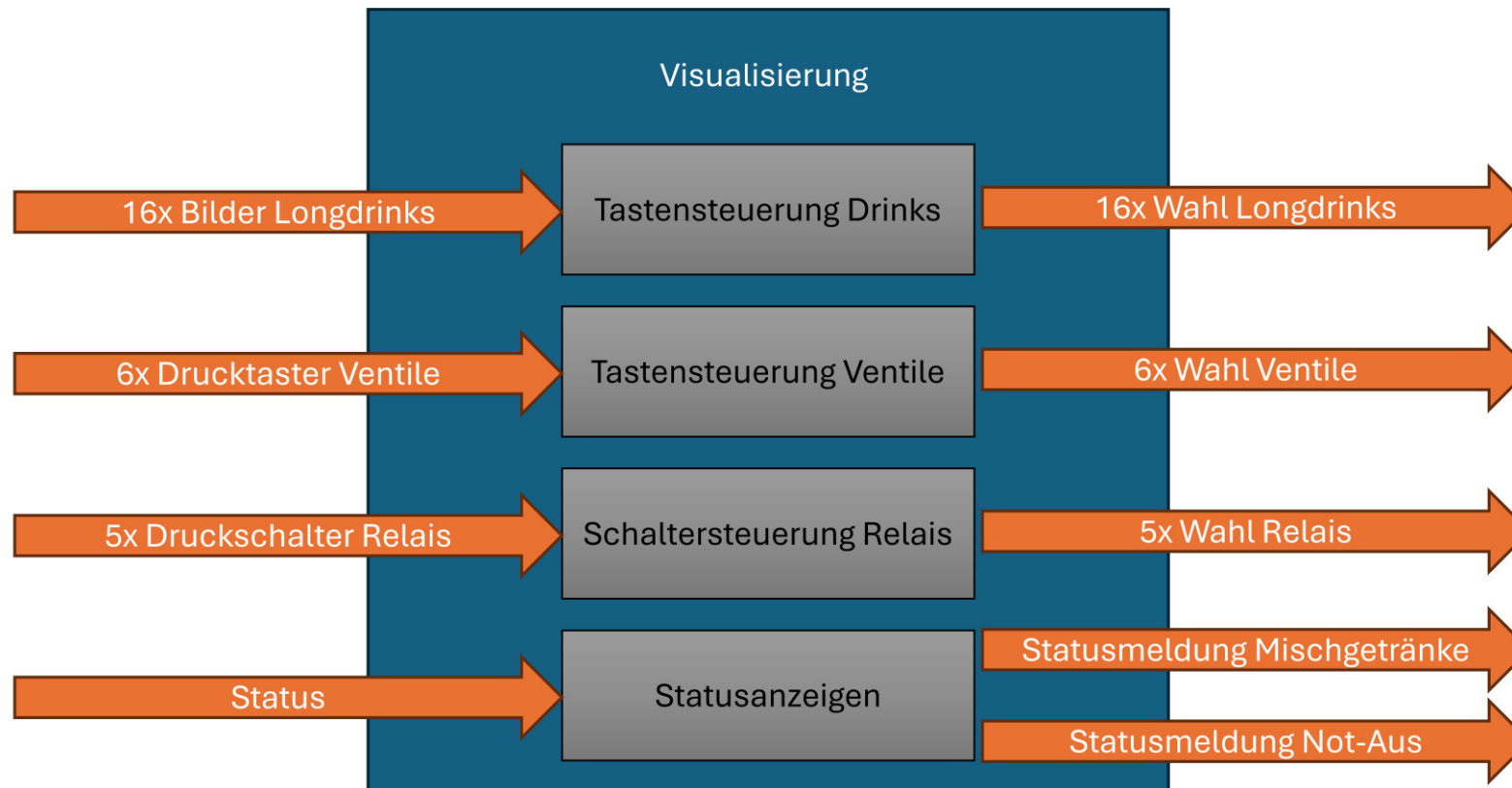


Abbildung 210: Komponentendesign Visualisierung

6.12.4.2 Komponentendesign Schalterfunktionen

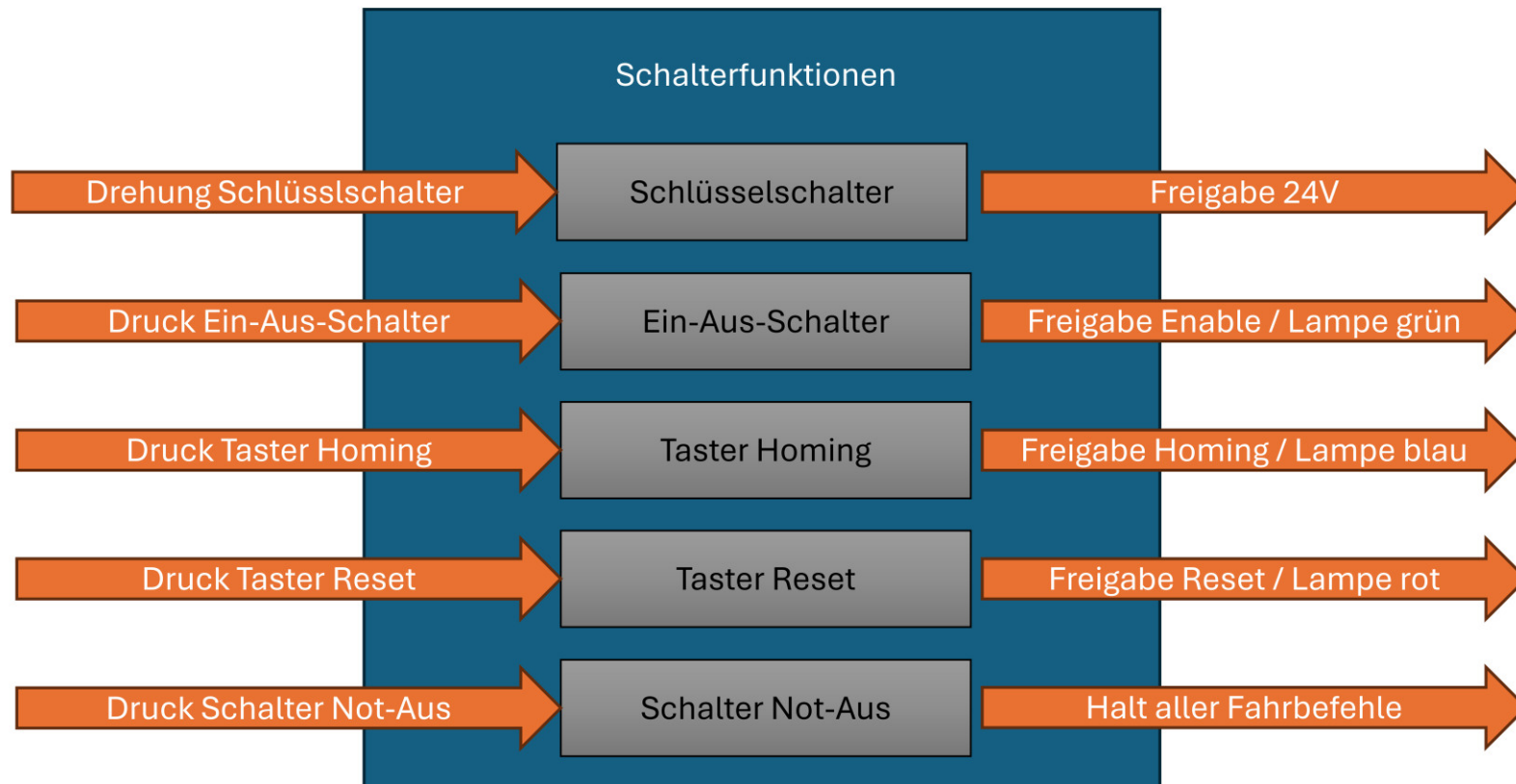


Abbildung 211: Komponentendesign Schalterfunktionen

6.12.4.3 Komponentendesign Ablaufsteuerung

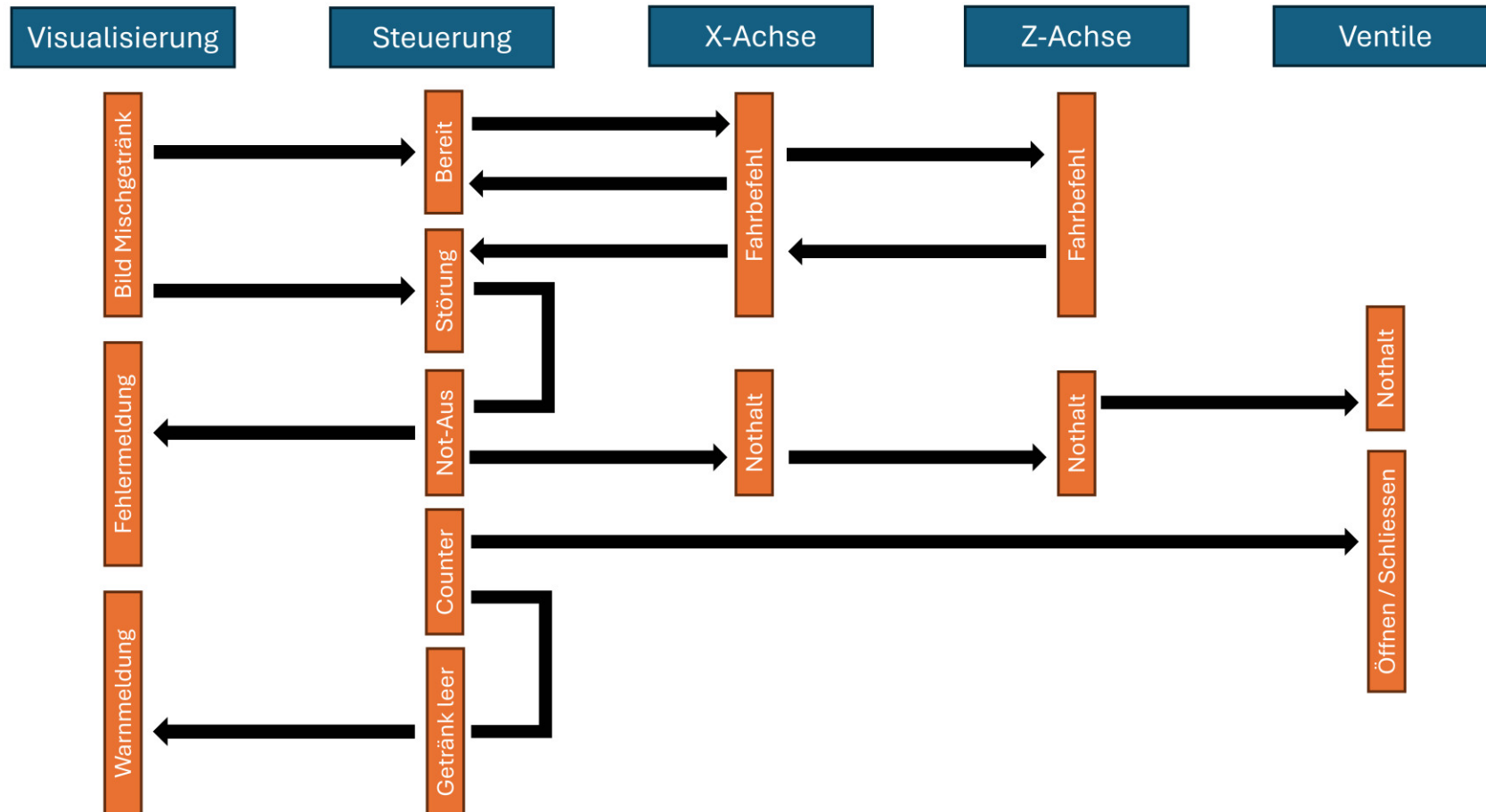


Abbildung 212: Komponentendesign Ablaufsteuerung 1

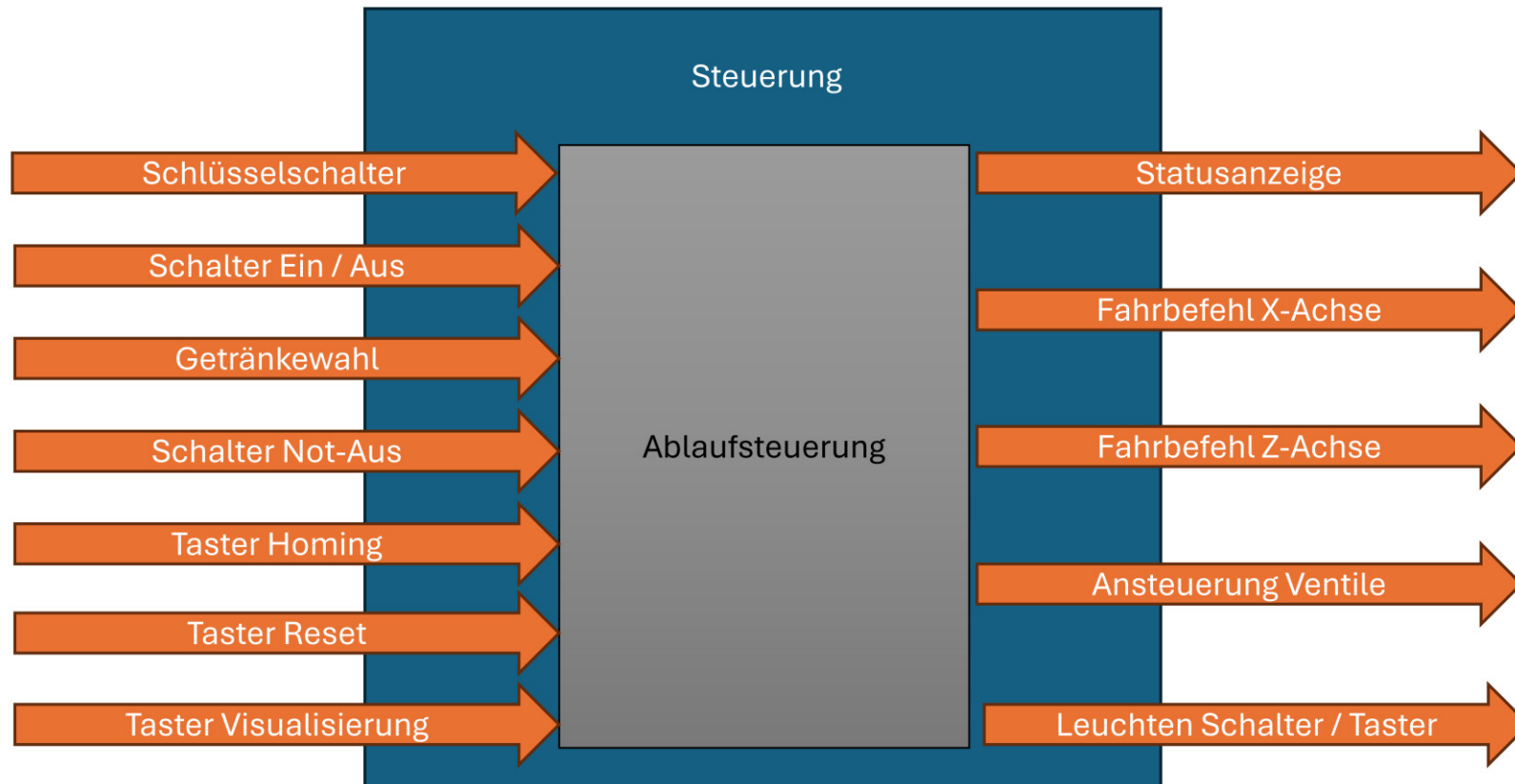


Abbildung 213: Komponentendesign Ablaufsteuerung 2

6.12.4.4 Komponentendesign Mengenregelung

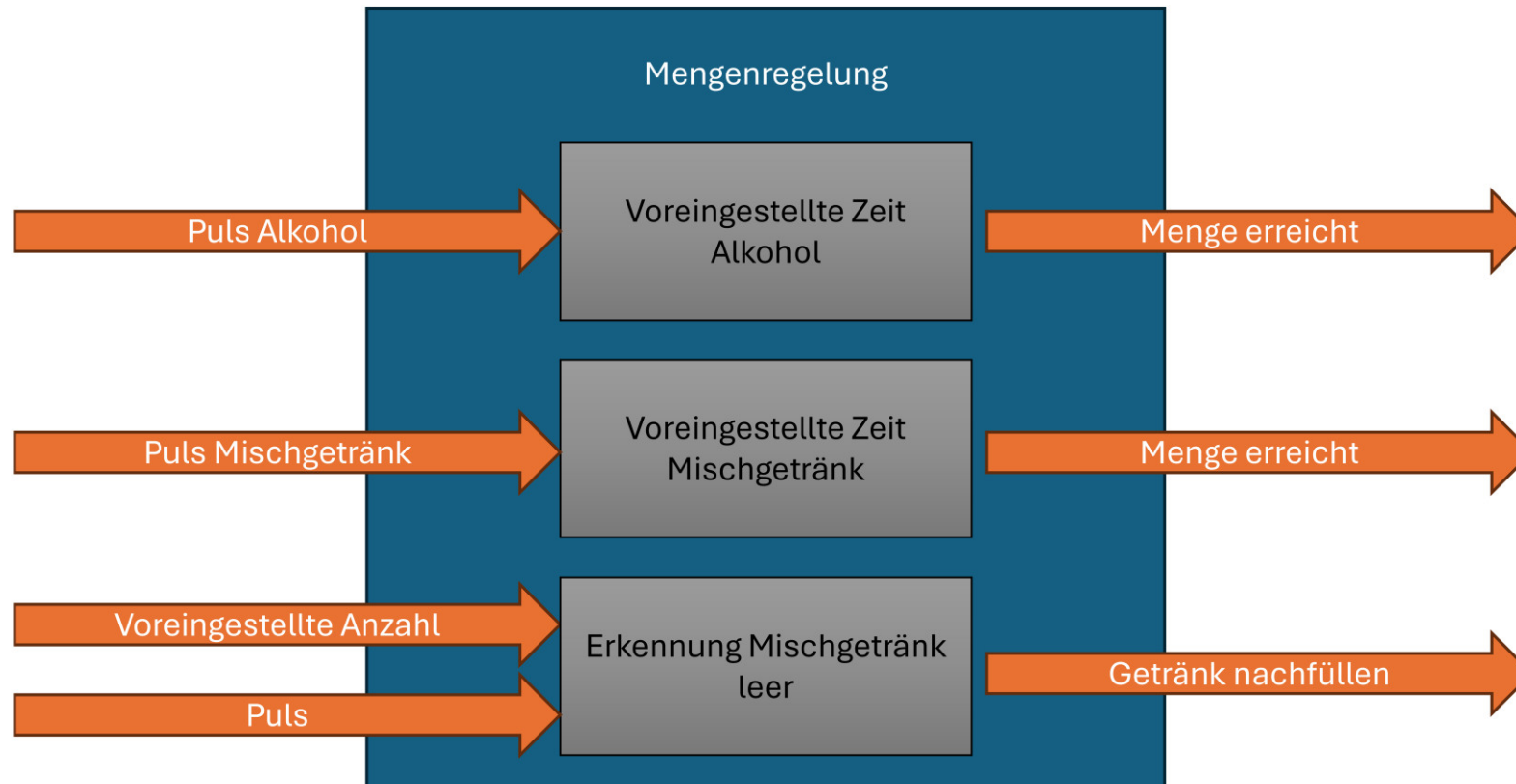


Abbildung 214: Komponentendesign Mengenregelung

6.12.5 Arduino

In diesem Kapitel sind die wichtigsten Funktionen und Designentscheidungen unserer Arduino-Programmierung kompakt zusammengefasst. Im Fokus steht die CiA402-konforme Achssteuerung für zwei Schrittmotorachsen auf dem Pico W, die Kommunikation mit der Codesys SPS über I2C sowie zentrale Aspekte wie Hardware-Mapping, Sicherheit, Relaissteuerung und Diagnose. Bei der Umsetzung haben wir uns stark an dem Programm orientiert, das wir bereits für den Plotter verwendet haben.

6.12.5.1 Überblick und Ziel

Das Ziel des Programms ist die Umsetzung einer CiA402-konformen Achssteuerung für zwei Schrittmotorachsen, einer X- und einer Z-Achse, auf einem Pico W unter Verwendung der AccelStepper-Bibliothek. Die Kommunikation mit einer Codesys-SPS erfolgt über die I2C1-Schnittstelle, wobei der Controller als Slave agiert und ein festes Registermapping verwendet wird.

6.12.5.2 Hardware- und Port-Mapping

Die Hardwareanbindung ist eindeutig geregelt. Der Raspberry Pi Pico W übernimmt die Steuerung sämtlicher Taster (Ein/Aus, Home, Reset, Not-Aus), die alle als aktiv Low mit internen Pullups ausgeführt sind. Die Schrittmotoren für X- und Z-Achse werden über die Pins ENA, DIR und PUL angesteuert, wobei das Enable-Signal als Low-Enable realisiert ist. End- und Homing-Schalter für beide Achsen sind ebenfalls aktiv Low und werden laufend überwacht. Für zusätzliche Ein- und Ausgänge kommt ein externer I/O-Expander MCP23X17 zum Einsatz, der über I2C angebunden ist und unter anderem die Relais für Getränkeausgabe, Kühlschrank, Eismaschine, CO₂, LED-Band sowie diverse Status-LEDs ansteuert.

6.12.5.3 Sicherheits- und Freigabekonzept

Die Systemfreigabe wird über den Ein/Aus-Taster gesteuert. Ist das System nicht bereit, werden beide Achsen deaktiviert und sämtliche Bewegungen gestoppt. Das Stepper-Enable-Signal ist Low-aktiv, das heisst, die Motoren sind nur aktiv, wenn das System freigegeben ist. Endschalter werden entprellt und als eigene Signale pro Achse verwaltet. Für die X-Achse ist ein Maximalpositionslimit hinterlegt, bei dessen Verletzung eine Debugmeldung generiert wird.

6.12.5.4 K1-Relais und LED-Logik

Ein wichtiger Designaspekt ist, dass das Relais K1, das die Stepper versorgt, dauerhaft eingeschaltet bleibt und nicht über das Digitalausgangs-Word 60FE geschaltet wird. Die LED am Glashalter wird ausschliesslich von der SPS über das entsprechende 60FE-Bit gesteuert und schaltet nicht automatisch bei Glaserkennung ein. Damit wird die Steuerbarkeit der SPS gewährleistet und unkontrollierte Abschaltungen der Motoren vermieden.

6.12.5.5 CiA402-Integration

Die Funktionsaufrufe der CiA402-Schnittstelle werden auf die Methoden der AccelStepper-Bibliothek abgebildet. MoveAbsolute und MoveRelative setzen Zielposition, Geschwindigkeit und Beschleunigung. SetCurrentPosition synchronisiert die interne Achsenposition. Mit run, runSpeed und stop können Achsen zyklisch bewegt oder gestoppt werden. Rückmeldungen wie DRIVE_target_reached, DRIVE_is_moving, DRIVE_currentPosition und DRIVE_Speed werden direkt aus den Stepper-Daten generiert und an die SPS zurückgemeldet.

6.12.5.6 Laufzeitverhalten

Die Zustandsmaschine für beide Achsen läuft sowohl im Hauptloop als auch in einer parallelen Schleife auf dem zweiten Kern. Dadurch werden Positions- und Statusupdates kontinuierlich und unabhängig von der restlichen I/O-Bearbeitung durchgeführt, was die Reaktionsfähigkeit der Achssteuerung verbessert.

6.12.5.7 I2C1-Schnittstelle zur SPS

Die Kommunikation mit der SPS erfolgt über die I2C1-Schnittstelle, wobei der Pico W als Slave mit der Adresse 0x35 agiert. Die SPS schreibt Steuerdaten wie Controlword, Modes of Operation, Target Position, Target Velocity und Digital Outputs in einen 34-Word-Puffer, der im Programm an die CiA402-Objekte der Achsen verteilt wird. Rückmeldungen wie Statusword, Mode Display, Ist-Position und Digital Inputs werden wiederum an die SPS zurückgegeben.

6.12.5.8 Digitale Ein- und Ausgänge

Die digitalen Eingänge 60FD und Ausgänge 60FE sind klar belegt. Eingänge umfassen unter anderem Not-Aus, Reset, Home, Ein/Aus und GlasDetected. Ausgänge steuern die Getränke-Relais K6 bis K11, Kühlschranks, CO₂, LED-Band, Eismaschine, Glashalter-LED und Lüfter. Das Stepper-Relais K1 bleibt immer aktiv und wird nicht über 60FE geschaltet. Die Ausgänge werden nur gesetzt, wenn das System freigegeben ist, andernfalls gehen sie automatisch auf 0.

6.12.5.9 Initialisierung

Beim Start werden alle Achsen mit Standardwerten initialisiert. Der I/O-Expander MCP23X17 wird mit 100 kHz initialisiert und auf Fehler geprüft. Alle Relais und LEDs starten auf LOW, mit Ausnahme des Stepper-Relais, das auf HIGH gesetzt wird. Die Richtungs-Pins der Achsen werden auf HIGH initialisiert, um ein definiertes Verhalten sicherzustellen.

6.12.5.10 Diagnose und Debug

Zur Unterstützung von Inbetriebnahme und Fehlerdiagnose gibt das Programm zyklisch wichtige Statusinformationen aus. Dazu gehören die aktuelle Loop-Frequenz, Systemzustände, Tasterstellungen, Glasdetektion, Digitalausgangswort, Status der Relais, Achs-Soll- und Istwerte sowie Endschalterzustände. Bei Grenzverletzungen oder aktiven Homing-Endschaltern werden zusätzliche Hinweise angezeigt. Diese Funktionen erleichtern die Fehlersuche.

6.12.6 Codesys

In diesem Kapitel zeigen wir, wie wir die Steuerung und Visualisierung unseres Bar-Roboters mit Codesys umgesetzt haben. Besonderen Fokus legen wir auf die Ablaufsteuerung mittels CFC, die Gestaltung der Bedienoberfläche und die Umsetzung der Warnmeldungen. Die folgenden Unterkapitel geben einen kompakten Überblick über unsere wichtigsten Lösungsansätze und Designentscheidungen.

6.12.6.1 Ablaufsteuerung

Wir haben uns entschieden, die Ablaufsteuerung in Form von CFC (Continuous Function Chart) zu erstellen, da es für uns am einfachsten war, die einzelnen Funktionsblöcke grafisch miteinander zu verbinden und dadurch eine übersichtliche und flexible Ablaufsteuerung zu entwickeln. Für jeden Cocktail haben wir eine separate Steuerung angelegt und diese individuell angepasst. Je nach Getränk variiert die Ausgabedauer, weshalb wir mithilfe von Testversuchen die jeweils passenden Zeiten ermittelt und eingestellt haben. In den folgenden Unterkapiteln erklären wir die einzelnen Bausteine der Ablaufsteuerung im Detail. Als Beispiel haben wir uns für den Ciba Libre entschieden.

6.12.6.1.1 Grundeinstellungen

Bevor wir mit den eigentlichen Ablaufsteuerungen beginnen konnten, mussten wir zunächst die verschiedenen Fahrbefehle ermitteln. Durch Tests haben wir herausgefunden, wie weit jedes einzelne alkoholische Getränk aufgehängt ist und mit welcher Geschwindigkeit wir die jeweiligen Achsen fahren lassen können. Diese Werte haben wir zentral aufgenommen und den entsprechenden Achsen zugewiesen. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, dass kleine Anpassungen direkt für alle Getränke übernommen werden können, ohne dass jeder Baustein einzeln geändert werden muss.

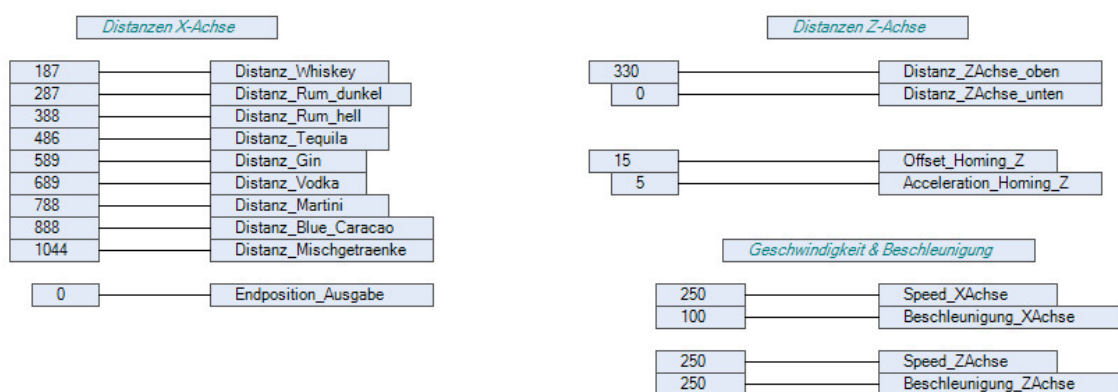


Abbildung 215: Grundeinstellungen

6.12.6.1.2 Eingabe Getränk

Unsere Ablaufsteuerung startet mit einem Impuls auf der Visualisierung, wenn der Button für das gewünschte Mischgetränk, wie in diesem Fall der Cuba Libre, betätigt wird. Gleichzeitig muss der Glassensor ein Glas erkennen, damit die Steuerung überhaupt gestartet werden kann. Zusätzlich prüft ein grosser UND-Block, dass keine andere Rezeptbearbeitung wie Mojito, Caipirinha oder ein ähnlicher Cocktail aktiv ist. Das ist wichtig, um die Cocktails gegenseitig zu verriegeln und zu verhindern, dass zwei Fahrbefehle gleichzeitig ausgeführt werden.

Erst wenn all diese Bedingungen gemeinsam erfüllt sind, wird das RS-Flipflop aktiviert und der Zustand «Bearbeitung_Cuba_Libre_aktiv» gesetzt. Dieser Zustand sorgt wiederum für die Verriegelung während der Bearbeitung. Beendet wird der Schritt entweder durch die Fertigmeldung «Cuba_Libre_fertig», die nach dem letzten Block ausgelöst wird, oder durch die allgemeine Rückstellung, welche über den Reset-Taster angesteuert werden kann. Beide Signale führen über eine ODER-Verknüpfung zum Reset des RS-Flipflops. Nach dem Reset sind die Achsparameter nicht mehr aktiv und die Bearbeitung ist abgeschlossen.

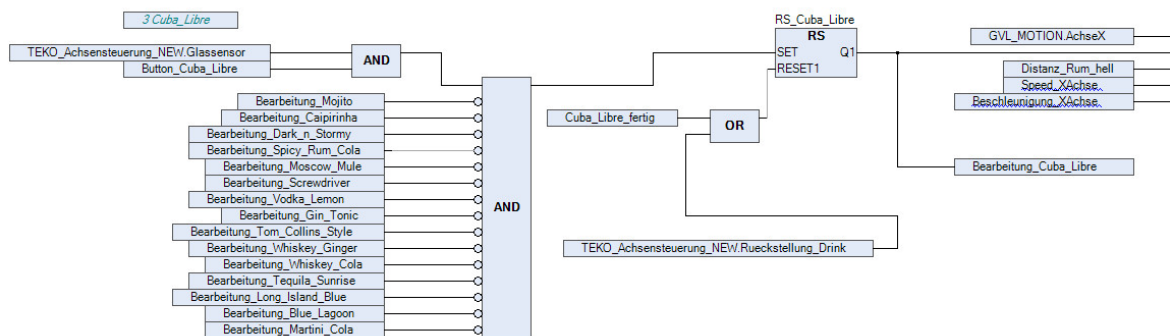


Abbildung 216: Ablaufsteuerung Eingabe

6.12.6.1.3 Fahrbefehle bis Alkohol

Über die beiden Move-Absolute-Bausteine werden absolute Zielpositionen für die X- und Z-Achse angefahren. Den Bausteinen werden dazu die zuvor ermittelten Sollwerte für Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung übergeben. Zunächst wird die Fahrt der X-Achse gestartet und läuft so lange, bis der Baustein den Zustand «Done» meldet. Erst danach wird der Execute-Eingang der Z-Achse freigegeben, sodass diese auf die vordefinierte Höhe fährt. Auch für die Z-Achse sind Geschwindigkeit und Beschleunigung vorab festgelegt. Durch diese Reihenfolge ist sichergestellt, dass die Bewegung der Z-Achse erst nach der erfolgreich abgeschlossenen X-Bewegung erfolgt und beide Achsen mit den gewünschten Fahrprofilen arbeiten.

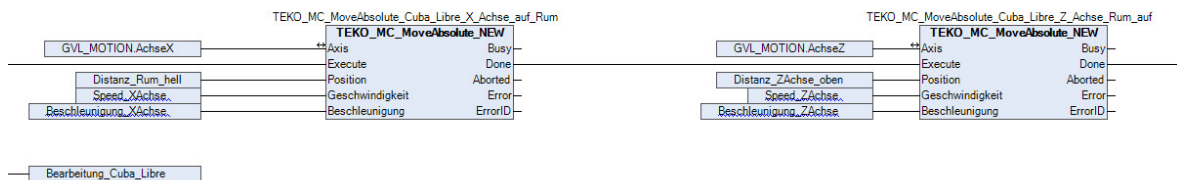


Abbildung 217: Fahrbefehl bis Alkohol

6.12.6.1.4 Ausschankzeit Alkohol

Sobald die Z-Achse ihre Zielhöhe erreicht hat, wird der Alkohol über den Dispenser ausgegeben. Da die verschiedenen Drinks unterschiedlich grosse Mengen Alkohol benötigen, haben wir hierfür einen TON-Baustein verwendet, der als Einschaltverzögerung dient, bevor der nächste Baustein aktiviert wird. Über diesen TON-Baustein stellen wir die Alkoholmenge ein, indem wir die Verzögerungszeit entsprechend anpassen. Sobald die eingestellte Zeit abgelaufen ist, wird der nächste Baustein aktiviert: Die Z-Achse fährt wieder auf die voreingestellte Ausgangshöhe zurück, wodurch der Dispenser geschlossen und die Alkoholausgabe beendet wird. Anschliessend wird erneut die X-Achse aktiviert, die nun bis zur Mischgetränkeausgabe fährt.



Abbildung 218: Ausschankzeit Alkohol

6.12.6.1.5 Ausschankzeit Mischgetränke

Die Ausschankzeit haben wir ebenfalls über eine zeitgesteuerte Lösung realisiert. Zum einen haben wir einen anzugsverzögerten Blocker eingebaut, der gleichzeitig auch die Nachtropfzeit festlegt. Im unteren Teil der Steuerung wird die eigentliche Ausschankzeit geregelt. Wir haben eine Sekunde Wartezeit eingebaut, bevor das Ventil öffnet, damit eventuell noch laufende Fahrbefehle sicher abgeschlossen sind. Mit dem TP-Baustein wurde die Ausschankzeit bestimmt. Diesen Wert haben wir durch Experimentieren für jedes Mischgetränk und jeden Drink individuell eingestellt. Der Ausgang «Laufzeit_Cuba_Libre_Cola» steuert dabei das entsprechende Süssgetränkeventil an. Die zusätzliche AND-Verknüpfung sorgt dafür, dass der Schlitten auf keinen Fall weiterfahren kann, solange das Ventil noch geöffnet ist.

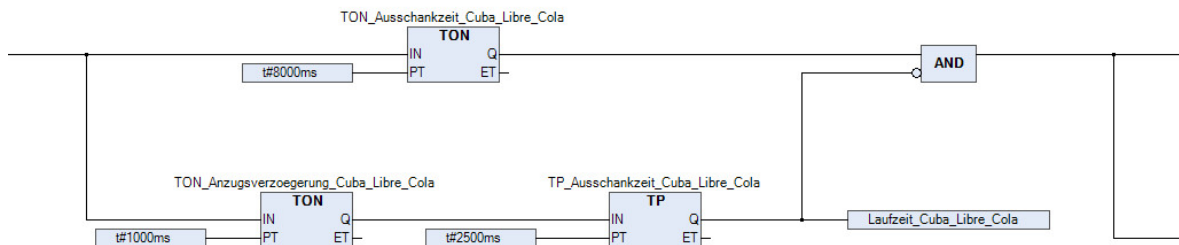


Abbildung 219: Ausschankzeit Mischgetränke

6.12.6.1.6 Fahrt auf Endposition

Zu guter Letzt fahren wir mithilfe der MoveAbsolute-Bausteine wieder auf die voreingestellte Endposition zurück, die gleichzeitig auch als Startposition dient. Die Z-Achse führt dabei zusätzlich ein Homing aus, sodass sie für den nächsten Drink sicher wieder die exakte Startposition erreicht und kein Schrittverlust auf das nächste Getränk übertragen wird. Sobald beide Fahrbefehle abgeschlossen sind, wird das Signal «Cuba_Libre_fertig» ausgegeben. Dadurch wird das RS-Flipflop zurückgesetzt und es kann ein neuer Drink ausgewählt werden.

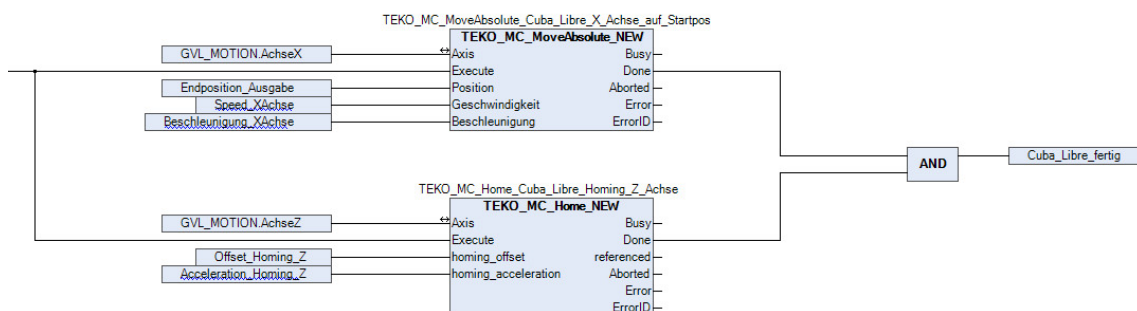


Abbildung 220: Fahrt auf Endposition

6.12.6.1.7 LED-Band Fahrschlitten

Damit für den Endkonsumenten ersichtlich ist, wann die Ablaufsteuerung starten kann und wann das Glas wieder vom Baromaten entfernt werden darf, wollten wir dies mit einem LED-Band signalisieren. Das LED-Band soll leuchten, sobald der Glassensor ein Glas erkennt. Dies liess sich relativ einfach umsetzen. Zusätzlich haben wir mit einem Blink-Baustein und dem vorgeschalteten TP-Baustein realisiert, dass das LED-Band blinkt, sobald einer der sechzehn Drinks fertig ist. Die Verriegelung mit dem Glassensor haben wir über eine negierte AND-Verknüpfung gelöst, sodass das LED-Band nur dann leuchtet bzw. blinkt, wenn die entsprechenden Bedingungen erfüllt sind.

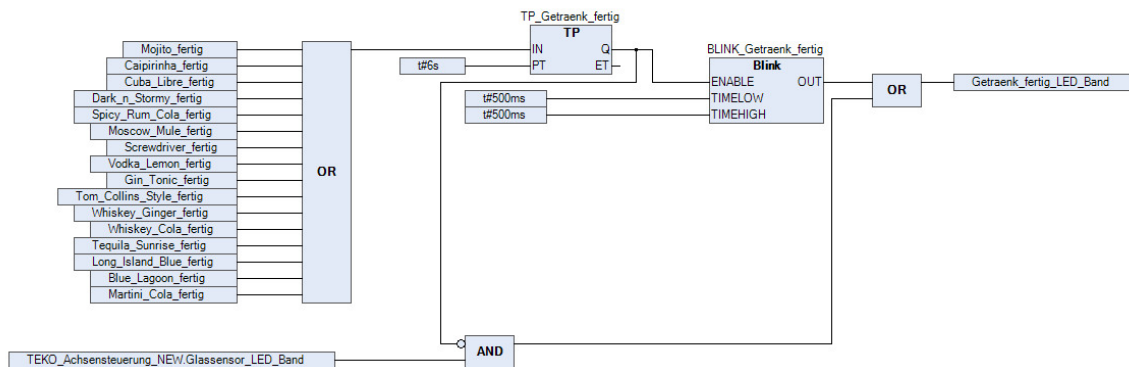


Abbildung 221: LED-Band Fahrschlitten

6.12.6.1.8 Warnmeldungen

Damit Warnleuchten wie Not-Aus oder «Getränk leer» angezeigt werden können, haben wir entsprechende Warnmeldungen generiert, die auf der Visualisierung abgebildet werden. Das Bild für den Not-Halt wird ausgegeben, sobald das Signal «Nothalt_X» aktiviert wird. Da es sich dabei um einen Ausblender handelt, wurde das Signal negiert.

Für jedes Getränk gibt es einen separaten Counter, der zählt, wie oft ein Getränk ausgegeben wurde. Abhängig von diesem Zähler wird eine Warnleuchte und ein Warnsymbol aktiviert. Da alle Getränke jeweils 1,5dl Cola benötigen, haben wir den Counter auf neun gesetzt. So bleibt immer ein gewisser Puffer, falls beim Ausschanken einmal etwas mehr Cola ausgegeben wird.

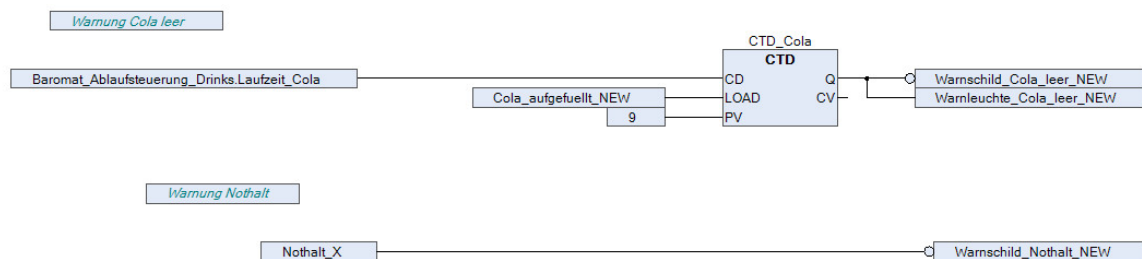


Abbildung 222: Ablaufsteuerung Warnmeldungen

6.12.6.2 Visualisierung

In diesem Unterkapitel stellen wir die grafische Benutzeroberfläche unseres Bar-Roboters vor. Die folgenden Abschnitte zeigen, wie wir die Hauptvisualisierung, die Steuerungsvisualisierung und die Warnmeldungen gestaltet und umgesetzt haben.

6.12.6.2.1 Hauptvisualisierung

Die Hauptvisualisierung bildet das zentrale Display ab. Auf diesem Display haben wir die zuvor erstellten Getränkesymbole eingefügt. Durch das Antippen des jeweiligen Symbols wird der Befehl ausgelöst, den gewählten Drink zuzubereiten. Ausserdem wollten wir unser Branding integrieren, um dem Erscheinungsbild eine persönlichere Note zu verleihen.

Da wir zusätzliche Steuerungen implementieren wollten, die jedoch nicht direkt auf der Startseite sichtbar sein sollten, haben wir mit AxpoGPT ein Zahnrad-Symbol generieren lassen. Der Zahnrad-Button dient dazu, zwischen den einzelnen Visualisierungen hin und herzuwechseln und fungiert deshalb als Zugang zu den Einstellungen.

Die von Codesys bereitgestellten Hintergrundfarben gefielen uns nicht, da sie entweder zu grell oder zu düster wirkten. Deshalb entschieden wir uns, einen Hintergrund zu verwenden, der edel erscheint und gut zu den Symbolen passt. Mit Hilfe von AxpoGPT haben wir einen braunen Hintergrund mit Holzmuster erstellt. Die Farbwahl orientierte sich an den Drinks, um einen angenehmen Kontrast und ein harmonisches Gesamtbild zu schaffen.



Abbildung 223: Hauptvisualisierung

6.12.6.2 Steuerungsvisualisierung

In der Steuerungsvisualisierung haben wir die von Codesys zur Verfügung gestellten Taster verwendet. Zunächst haben wir die Schalter in drei Gruppen aufgeteilt. Im ersten Bereich gibt es für jedes Mischgetränk einen eigenen Taster, der das entsprechende Ventil öffnet. Dadurch kann man zu Beginn das Rohr mit dem Süssgetränk füllen, es mit CO₂-Druck auspusten oder mit einer Reinigungslösung befüllen.

Im zweiten Bereich haben wir die Rückstellung der Counter implementiert. Auch hier steht für jedes Mischgetränk ein eigener Taster zur Verfügung. Die gelbe Warnleuchte neben jedem Schalter zeigt an, welches Mischgetränk aktuell leer ist. Diese Anzeige ist direkt mit den Warnmeldungen gekoppelt.

Im hinteren Bereich sind die Schalter für die Relais angeordnet. Mit diesen kann man die einzelnen Komponenten zu Beginn des Betriebs einschalten und nach Abschluss wieder ausschalten. Ganz unten rechts haben wir mithilfe von KI einen Pfeil generiert, der als Button dient. Durch Drücken gelangt man wieder zurück zur Hauptvisualisierung.

Als Hintergrund haben wir denselben verwendet wie bereits bei der Hauptvisualisierung, um ein einheitliches und harmonisches Erscheinungsbild zu gewährleisten.



Abbildung 224: Steuerungsvisualisierung

6.12.6.2.3 Warnmeldungen

Um die Warnmeldungen möglichst einfach und dennoch intuitiv zu gestalten, war es uns wichtig, dass sie jeder auf den ersten Blick erkennen und verstehen kann. Da Menschen Bilder oft schneller und besser aufnehmen als reine Textinformationen, haben wir uns bewusst für eine bildbasierte Anzeige statt einer reinen Textausgabe entschieden. So wollten wir einerseits einen kleinen, witzigen Akzent setzen, andererseits aber im Ernstfall klar und eindeutig auf einen Fehler hinweisen.

Für den Not-Halt haben wir uns, wie es üblich ist, für einen roten Hintergrund entschieden, um die Dringlichkeit sofort sichtbar zu machen. Warnmeldungen, wie etwa ein leerer Drink, haben wir in Gelb dargestellt, da hier weniger Dringlichkeit besteht, aber trotzdem Handlungsbedarf signalisiert werden soll.

Um einen einheitlichen und wiedererkennbaren Stil zu gewährleisten, haben wir, wie schon bei den Drink-Bildern, die Warnsymbole mit dem KI-Programm AxpoGPT erstellt. Dadurch wirken die Warnmeldungen optisch ansprechend und sind klar voneinander unterscheidbar. In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Warnmeldungen und ihre jeweilige Darstellung nochmals übersichtlich aufgeführt.

Fehlermeldung:	Bilder Fehlermeldung:
Nothalt ausgelöst	
Cola auffüllen	
Sprite auffüllen	




<p>Ginger Ale auffüllen</p>	
<p>Orangensaft auffüllen</p>	
<p>Mineralwasser auffüllen</p>	
<p>Tonic Water auffüllen</p>	

Tabelle 18: Fehlermeldungen

6.13 Bedienungsanleitung

Bedienungsanleitung Baromat

TEKO Schweizerische
Fachschule

Diplomarbeit 2025

Bedienungsanleitung Baromat

Andreas Gabriel und Kevin Lorber



Projektteam:	Andreas Gabriel und Kevin Lorber
Lehrgang:	Elektrotechniker HF
Auftraggeber:	TEKO Luzern
Höhere Fachschule:	TEKO Luzern
Ort, Datum:	Luzern, 07.11.2025
Version:	V01.00

Inhaltsverzeichnis

Einleitung Baromat.....	3
Sicherheitshinweise	3
Beschreibung Baromat.....	4
Standortanforderungen	10
Aufstellen des Baromaten	10
Anleitung Bestückung	10
Bedienungsanleitung Inbetriebnahme	11
Bestellablauf.....	15
Störmeldungen / Warmmeldungen	16
Störmeldungen	16
Warmmeldungen	16
Störungsbeseitigung / Troubleshooting	19
Wartung und Reinigung.....	21
Reinigung Süssgetränke.....	21
Reinigung Alkoholdispenser	21
Reinigung Roboter.....	21
Reinigung Eismaschine	21
Schaltplan	22
Kontaktangaben Hersteller.....	23

Einleitung Baromat

Der Baromat ist ein Gerät, das verschiedene alkoholische Mischgetränke in kürzester Zeit selbstständig zubereitet. Insgesamt stehen bis zu 16 unterschiedliche Getränke zur Auswahl. So findet jede und jeder etwas Passendes. Dank der intuitiven Bedienung kann der Baromat von allen problemlos genutzt werden.

In den nachfolgenden Kapiteln werden alle wichtigen Eigenschaften detailliert beschrieben. Dazu gehören Mechanik, Fördertechnik, Kühltechnik, Sensorik, Steuerung und das Display. Zudem werden die Themen Sicherheit, Inbetriebnahme, Bedienung, Reinigung und Wartung umfassend behandelt.

Sicherheitshinweise

Die Sicherheitshinweise müssen vor der ersten Inbetriebnahme vollständig gelesen werden. Bei Unklarheiten ist der Hersteller zu kontaktieren.

- Die Bedienung des Baromaten darf nur von instruierten Personen durchgeführt werden.
- Personen unter 18 Jahren ist der Zugang zum Baromaten untersagt.
- Reparaturen an elektrischen Komponenten dürfen nur durch den Hersteller durchgeführt werden. Gefahr durch elektrischen Schlag.
- Defekte Teile an mechanischen wie auch elektrischen Komponenten müssen umgehend durch den Hersteller instand gestellt werden.
- Vor dem Öffnen des Steuerkastens muss die Spannung durch Ausstecken des Steckers vom Netz getrennt werden. Gefahr durch elektrischen Schlag.
- Die Türe des Steuerkastens muss während des Betriebs und beim Auffüllen der Getränke immer geschlossen sein. Gefahr der Zerstörung der Elektronik durch Flüssigkeiten.
- CO₂-Flasche immer mit Sicherungsband gegen Verrutschen sichern. Explosionsgefahr.
- Bei Nichtgebrauch des Baromaten den Hauptabsperrhahn immer zudrehen. Erstickungsgefahr.
- Vor jedem Gebrauch die Dichtheit des CO₂-Trakts kontrollieren. Erstickungsgefahr.
- Während des Betriebs des Baromaten dürfen keine Gliedmassen in die Nähe der beweglichen X- und Z-Achse gelangen. Quetschgefahr.
- Es muss sichergestellt sein, dass die im unteren Teil befindlichen Kühlschränke ausreichend gekühlt werden. Brandgefahr.
- Beim Ersetzen der Getränkeleitungen nur lebensmittelechte Schläuche verwenden.



Beschreibung Baromat

Im folgenden Kapitel wird der gesamte Roboter mit Bildern beschrieben, damit die einzelnen Komponenten kennengelernt werden.



Bedienpanel:

Ein-/Aus-Schalter:

Zum Ein- und Ausschalten der Steuerung.

Reset-Taster:

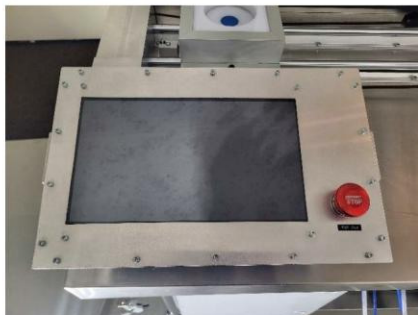
Zum Rückstellen des Programms nach einer Störung.

Homing-Taster:

Führt alle Achsen in die Nullposition.

Schlüsselschalter:

Zum Ein- und Ausschalten der 24VDC Versorgungsspannung.



Touchpanel:

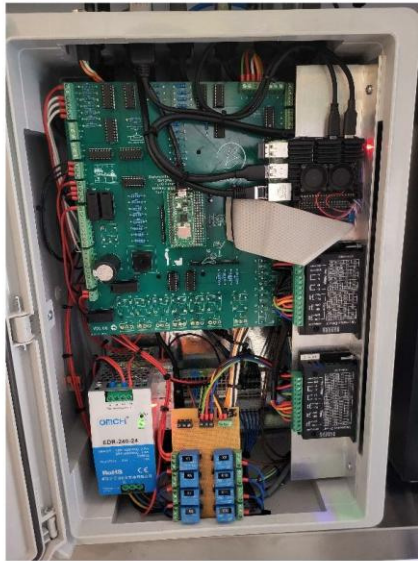
Hier können alle Funktionen des Baromaten gesteuert werden.

- Getränkeauswahl
- Einstellungen

Not-Ausschalter:

Bei Störung oder Blockade betätigen.

Bedienungsanleitung Baromat



Steuerschrank:

Wenn eine oder mehrere Funktionen ausfallen, kann dies an defekten Sicherungen liegen. In diesem Fall können im Kapitel Schaltplan gemäss Schema die Sicherungsgrösse und die Position der Sicherungen ermittelt werden.

- F1 = 3.5A
- F2 = 3.5A
- F3 = 10A
- F4 = 1A



Kühlschränke:

Getränke von links nach rechts:

- Coca-Cola
- Sprite
- Ginger Ale
- Orangensaft
- Tonic Water
- Mineralwasser



Alkoholdispenser 1+2:

Wichtig: Die Alkoholdispenser müssen in der richtigen Reihenfolge angebracht werden.

Getränke von links nach rechts:

- Whiskey
- Rum dunkel
- Rum hell
- Tequila

Bedienungsanleitung Baromat

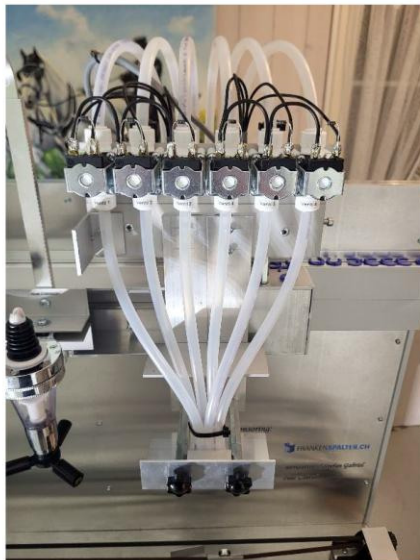


Alkoholdispenser 3+4:

Wichtig: Die Alkoholdispenser müssen in der richtigen Reihenfolge angebracht werden.

Getränke von links nach rechts:

- Gin
- Vodka
- Martini
- Blue Curaçao



Süssgetränkeventile:

Die Süssgetränkeventile haben die gleiche Reihenfolge wie die Getränke in den Kühlschränken.

Die Getränkeschläuche sind nummeriert.

1. Coca-Cola
2. Sprite
3. Ginger Ale
4. Orangensaft
5. Tonic Water
6. Mineralwasser



CO₂ Ventile:

Die CO₂-Ventile sind ebenfalls nummeriert.

Die Reihenfolge entspricht derjenigen der Süssgetränkeventile.

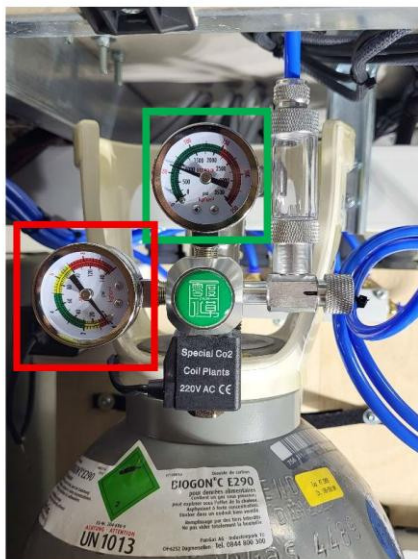
Bedienungsanleitung Baromat



CO₂ Flasche:

Zum Auswechseln der Flasche das Druckreduzierventil am Flansch der Gasflasche vorsichtig abschrauben.

Das Magnetventil an der dafür markierten Steckdose einstecken.



Druckanzeigen:

1. Manometer grün
Zeigt den noch vorhandenen Druck in der Flasche.

2. Manometer rot
Zeigt den Druck an, der an das System abgegeben wird.

Wichtig: Der abgegebene Druck sollte zwischen 1,9 und 2,2 bar liegen.

Bedienungsanleitung Baromat



Anschluss von 230V:

Kaltgeräteanschluss für 230V mit eingebautem Schalter und Sicherung.

Hauptschalter:

Hauptschalter schaltet die gesamte Stromversorgung des Baromaten ein oder aus.



Netzteil Steuerung:

Startet die Steuerung nicht, den kleinen Schalter einmal betätigen.

Bitte beachten: Es handelt sich um Touch.

Bedienungsanleitung Baromat



Riemenspanner:

Riemen dürfen weder zu stark noch zu schwach gespannt werden. Sie müssen einen schönen Zug haben, damit sie nicht aus den Halterungen fallen, dürfen aber nicht so stark gespannt sein, dass sie reißen.

Standortanforderungen

- 230V Steckdose mit ausreichender Absicherung (FI/RCD empfohlen)
- Verlängerungskabel oder Kabelrolle
- Zugang zu sauberem Trinkwasser
- Fester, waagerechter und tragfähiger Untergrund bis mind. 200kg
- Zugang zu Standort ohne Treppen möglich
- Mindest-Liftabmessungen: 155×70×170 cm (LxBxH)
- Ausreichender Platz für Bedienung, Wartung und Flaschenwechsel
- Witterungsgeschützter Innenbereich

Aufstellen des Baromaten

Bei der Aufstellung des Bar-Roboters ist auf einen sicheren, waagerechten Stand des Geräts zu achten. Um ein Wegrollen zu vermeiden, müssen die Bremsen an den hinteren beiden Rollen unbedingt angezogen werden. Anschliessend wird das Tablar auf der rechten Seite eingeschoben. Darauf wird die Eismaschine platziert und unter dem Tisch eingesteckt. Zum Schluss werden die Riemen der X-Achse gespannt. Nun ist der Baromat fertig aufgebaut.

Anleitung Bestückung

Vor dem ersten Gebrauch müssen die im Abschnitt «Aufstellen des Baromaten» erläuterten Punkte vollständig abgearbeitet werden. Wenn dies erledigt ist, kann mit dem nächsten Schritt fortgefahren werden.

Als Erstes wird eine CO₂-Flasche am Druckreduzierventil angeschlossen.

Wichtig: Der Haupthahn der Flasche bleibt vorerst geschlossen.

Als Zweites werden die Süssgetränke in den Kühlschränken angeschlossen. Dazu handelsübliche Getränkeflaschen an den Anschlüssen verbinden. Es ist darauf zu achten, dass es sich um 1,5-Liter-Flaschen handelt, ausser bei Ginger Ale und Tonic Water. Diese dürfen höchstens 1-Liter-Flaschen sein. Anschliessend die Flaschen im Kühlschrank verstauen und mit den Gittern gegen Herausfallen sichern. Zudem unbedingt die richtige Reihenfolge beachten. Diese ist mit Schildern gekennzeichnet.

Im dritten Schritt werden die alkoholischen Getränke bestückt. Es dürfen maximal 1-Liter-Flaschen verwendet werden. Um die Getränkehalter zu entnehmen, die zwei schwarzen Halteschrauben lösen. Die Reihenfolge ist zwingend einzuhalten. Den Haltearm herausziehen und auf den Kopf stellen. Danach die Flasche einsetzen.

Wichtig: Die Flaschen mit den Händen greifen, nicht den Halter, um ein Herausfallen zu vermeiden. Nach dem Bestücken den Flaschenhalter wieder mit den zwei Halteschrauben befestigen. Diesen Arbeitsschritt insgesamt viermal ausführen.

Als Letztes die Eismaschine mit sauberem Trinkwasser befüllen und einschalten.

Wichtig: Dies mindestens zwei bis drei Stunden vor Gebrauch des Baromaten durchführen, damit ausreichend Eis bereitsteht.

Nun ist der Baromat einsatzbereit.

Bedienungsanleitung Inbetriebnahme

1. Netzstecker einstecken.
2. Hauptschalter einschalten.
3. Schlüsselschalter drehen.



4. Funktion des Bildschirms prüfen. Wenn der Bildschirm funktioniert, ist alles ok. Wenn nicht, den kleinen Schalter am Netzteil auf der Rückseite betätigen.
5. System per Doppelklick mit dem Icon «GUI.sh» öffnen und mit «Execute» bestätigen.
6. Auf Programmbereitschaft warten.



Bedienungsanleitung Baromat

7. Einschaltknopf unter dem Tisch betätigen und 5 Sekunden abwarten.



8. Prüfen, ob das Not-Halt-Symbol verschwindet.



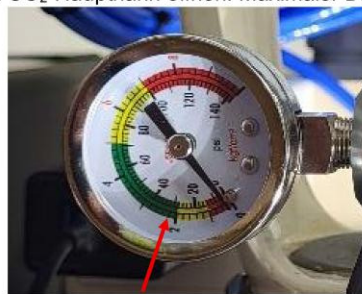
9. Zu «Einstellungen» wechseln und alle Leerschalter betätigen, bis alle Kontrollleuchten erloschen sind.



Bedienungsanleitung Baromat



10. CO₂-Hauptthahn öffnen. Maximaler Druck am linken Manometer: 2,1 bar.



11. Alle Verbraucher einschalten. Der Zustand «Ein» ist erreicht, wenn die Schalter-LED leuchtet.



Bedienungsanleitung Baromat

12. Alle Süssgetränkeleitungen mit den Tastern entlüften, bis keine Luft mehr austritt.
Achtung: Vor dem Betätigen der Taster einen Eimer unter die Süssgetränkestelle stellen.



13. Homing durchführen.



14. Zur Hauptvisualisierung zurückkehren.



Bestellablauf

1. Glas auf den Schlitten stellen. Schlitten-LED muss dauerhaft grün leuchten.
2. Getränk in der Hauptvisualisierung auswählen.
3. Warten und staunen.
4. Glas in der Start- bzw. Endposition entnehmen, erst wenn Schlitten-LED blinkt.
5. Drink mit Hilfe der Getränkekarte verfeinern.

Störmeldungen / Warnmeldungen

Störmeldungen

Fehlermeldung:	Bilder Fehlermeldung:
Nothalt ausgelöst	

Not-Halt aktiv:


1. Not-Halt durch Drehung nach rechts ausschalten.
2. Reset-Taste 3 Sekunden gedrückt halten.
3. Ein-/Ausschalter betätigen und ausschalten. Das Licht muss aus sein.
4. 5 Sekunden warten.
5. Ein-/Ausschalter betätigen und einschalten. Das Licht muss an sein.
6. Homing durchführen.

Achse im Endschalter:






1. Achse aus dem Endschalter herausschieben.
2. Reset-Taste 3 Sekunden gedrückt halten.
3. Ein-/Ausschalter betätigen und ausschalten. Das Licht muss aus sein.
4. 5 Sekunden warten.
5. Ein-/Ausschalter betätigen und einschalten. Das Licht muss an sein.
6. Homing durchführen.

Warnmeldungen

Es gibt sechs verschiedene Warnmeldungen. Diese sind unten aufgeführt.

Fehlermeldung:	Bilder Fehlermeldung:
Cola auffüllen	

Bedienungsanleitung Baromat

<p>Sprite auffüllen</p>	
<p>Ginger Ale auffüllen</p>	
<p>Orangensaft auffüllen</p>	
<p>Mineralwasser auffüllen</p>	
<p>Tonic Water auffüllen</p>	

Treten eine oder mehrere der oben genannten Warnmeldungen auf, müssen die entsprechenden Getränke ausgetauscht werden. Anschliessend können sie in den Einstellungen in der Spalte «Rückstellung Getränke» zurückgestellt werden. Leuchtet die LED-Anzeige hinter dem Schalter nicht mehr, war die Rückstellung erfolgreich. Danach kann wieder zur Hauptvisualisierung gewechselt werden.

Bedienungsanleitung Baromat



Getränkemeldung aktiv



Getränkemeldung zurückgestellt

Störungsbeseitigung / Troubleshooting

Symptom:	Mögliche Ursache:	Massnahme:
Keine Anzeige am Touchpanel	Netzstecker nicht eingesteckt; Hauptschalter aus; Netzteil-Schalter hinten aus	Netzstecker prüfen; Hauptschalter einschalten; kleinen Schalter am Netzteil betätigen
Not-Halt aktiv / System startet nicht	Not-Halt gedrückt; Sicherheitskreis nicht quitiert	Not-Halt nach rechts drehen; Reset-Taste 3 Sek. halten; Ein-/Ausschalter aus, 5 Sek. warten, wieder einschalten; Homing durchführen
Achse im Endschalter / Schlitten bewegt sich nicht	Endschalter ausgelöst; mechanische Blockade; Riemenspannung falsch	Achse aus Endschalter herausschieben; Hindernisse entfernen; Riemen mit «schönem Zug» korrekt spannen; Homing durchführen
Schlitten-LED bleibt aus	Glas nicht korrekt platziert; Sensor verschmutzt/verdeckt; Steuerung nicht bereit; Metallstück von Glas verloren	Glas korrekt auf Schlitten stellen; Sensor reinigen; Hauptvisualisierung prüfen; Anderes Glas verwenden; ggf. System neu starten
Süssgetränk wird nicht ausgegeben	Flasche leer; falsche Reihenfolge/Zuordnung; CO ₂ -Druck zu niedrig; Luft in Leitung; Ventil nicht freigegeben	Flasche wechseln; Reihenfolge gemäss Beschriftung prüfen; CO ₂ -Hauptahn öffnen, Druck 1,9–2,2 bar einstellen; Leitung mit Tastern entlüften (Eimer unterstellen); Leerschalter in «Einstellungen» betätigen bis Kontrollleuchten aus
Warnmeldung «Getränk auffüllen»	Füllstand leer/niedrig	Getränk austauschen; in «Einstellungen» Rückstellung Getränke durchführen; prüfen, ob LED hinter dem Schalter erlischt; zurück zur Hauptvisualisierung
Alkoholisches Getränk wird nicht dosiert	Falsche Flaschengrösse (>1L); Dispenser verstopft/verschmutzt; Haltearm nicht korrekt montiert; Reihenfolge falsch	Max. 1-Liter-Flasche verwenden; Dispenser zerlegen/reinigen/spülen und trocknen; Haltearm korrekt montieren und mit zwei Halteschrauben befestigen; Reihenfolge strikt einhalten
Süssgetränk spritzt oder kommt mit Luft	Leitung nicht entlüftet; CO ₂ -Druck zu hoch/niedrig; lose Schlauchverbindung	Leitung vollständig entlüften; Druck auf 1,9–2,2 bar einstellen; Schlauchverbindungen prüfen und festziehen

Bedienungsanleitung Baromat

Kühlschränke kühlen nicht ausreichend	Lüftungsabstände nicht eingehalten; Türen nicht richtig geschlossen; Gerät nicht waagrecht; Umgebung zu warm	Mindestabstände sicherstellen; Türen schliessen; waagerechten Stand prüfen; Aufstellort kühlen/belüften
Touch reagiert nicht	Bedienfehler; System nicht bereit; Display verschmutzt	Kurz tippen, nicht drücken; Programmbereitschaft abwarten; Display mit trockenem Mikrofasertuch reinigen; Netzteil-Schalter prüfen ggf. System neu starten
«GUI.sh» startet nicht / «Execute» ohne Wirkung	Software nicht geladen; Rechteproblem; Stromversorgung instabil	System neu starten; prüfen, ob die Programm-Datei vorhanden ist; Stromversorgung und Sicherungen prüfen
CO ₂ -Geruch oder Kopfschmerz in Umgebung	CO ₂ -Leck; Haupthahn offen bei Stillstand	Bereich lüften; CO ₂ -Hauptahn schliessen; Dichtheit des CO ₂ -Trakts prüfen (Lecksuchspray/Seifenwasser); Betrieb erst nach Behebung aufnehmen
Sicherung löst wiederholt aus (F1–F4)	Kurzschluss/Überlast an Baugruppe	Gerät spannungsfrei schalten; betroffene Baugruppe identifizieren; Kabel/Komponenten prüfen; nur baugleiche Sicherungen einsetzen; Hersteller kontaktieren
Eis fehlt / Eismaschine liefert zu wenig	Zu spät eingeschaltet; Wasser fehlt; Maschine verschmutzt; Eiswürfelsieb zu voll	Eismaschine 2–3 Std. vor Nutzung einschalten; mit Trinkwasser befüllen; Reinigung gemäss Hersteller durchführen; Gestaute Eiswürfel entfernen

Wartung und Reinigung

Nach jedem Einsatz des Baromaten muss eine gründliche Reinigung durchgeführt werden, um Schimmelbildung und Bakterienvermehrung zu vermeiden. Dies ist auch nach längeren Standzeiten zwingend erforderlich. Nach dem fünften Gebrauch sollten die Getränkeleitungen vorbeugend ausgetauscht werden, um Ausfälle und Hygienrisiken zu minimieren.

Reinigung Süssgetränke

1. Alle Süssgetränke entfernen.
2. Sauberes Leitungswasser mit Reinigungs-Tablette oder -Lösung versetzen.
3. Reinigungslösung in eine saubere PET-Flasche abfüllen, ca. 0,8 L.
4. Flasche mit Reinigungslösung am Getränkeanschluss anschliessen.
5. Einen Eimer unter die Süssgetränkestation stellen.
6. Leitungen durchspülen. Hierzu die Taster „Spülung Ventile“ verwenden.
7. Den kompletten Inhalt der Flasche zum Spülen verwenden.
8. Mit sauberem Wasser nachspülen.
9. Wenn die Wasserflasche leer ist, den Taster weiter gedrückt halten, bis das gesamte Wasser aus dem System entwichen ist.
10. Vorgang bei allen Süssgetränken wiederholen.
11. Leitungen bei den Getränkeventilen abhängen, damit die Leitungen abtrocknen können.
12. **Wichtig:** CO₂-Flasche am Haupthahn schliessen.

Reinigung Alkoholdispenser

1. Alle Flaschenhalter demontieren und Flaschen entfernen.
2. Schnapsflaschen wieder verschliessen und einlagern.
3. Getränkedispenser zerlegen und mit Reinigungsmittel reinigen.
4. Gereinigte Dispenser mit klarem Leitungswasser gründlich nachspülen.
5. Den Federmechanismus mehrmals drücken, damit sich kein Stauwasser bildet.
6. Gut trocknen lassen.
7. Dispenser im zerlegten Zustand einlagern.

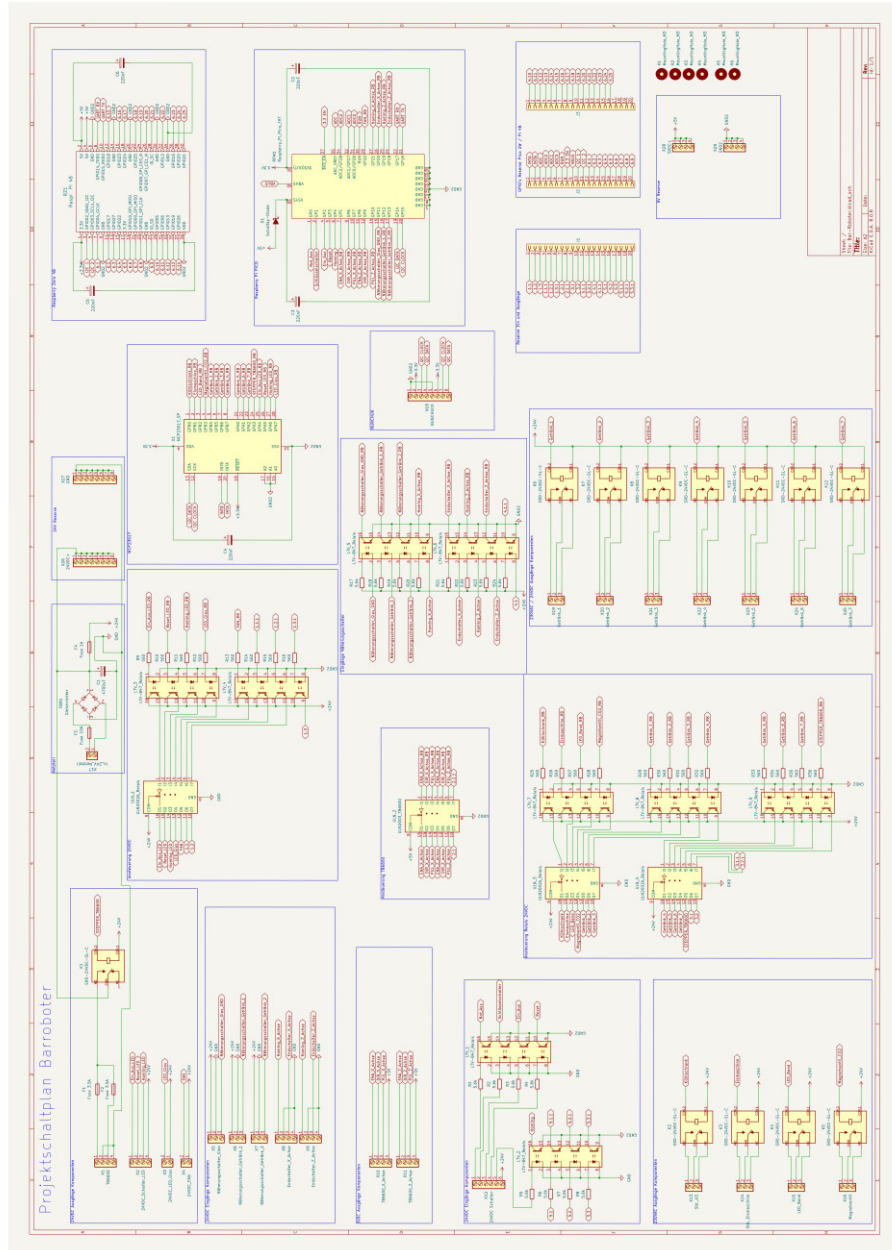
Reinigung Roboter

1. Laufschiene, Laufschiene, Tischplatte und Rückwand mit warmem Wasser und etwas Spülmittel reinigen.
2. Die Flächen anschliessend mit einem sauberen Lappen nachwischen.
3. Display mit sauberem Mikrofasertuch reinigen. Das Tuch darf nicht nass sein.
4. Kühlschränke ebenfalls mit warmem Wasser und Spülmittel reinigen.
5. Die Flächen anschliessend mit einem sauberen Lappen nachwischen.
6. Türen offen lassen.

Reinigung Eismaschine

1. Ablassstopfen entfernen.
2. Pumpe kurz ohne Wasser laufen lassen, um Wasserreste zu entfernen.
3. Weitere Reinigung gemäss Herstellerangaben durchführen.

Schaltplan



Bedienungsanleitung Baromat

TEKO Schweizerische
Fachschule

Kontaktangaben Hersteller

Herr
Andreas Gabriel

Herr
Kevin Lorber

Abbildung 225: Bedienungsanleitung

6.14 Kostenkontrolle

Die Kostenkontrolle wurde von uns fortlaufend gepflegt, indem wir alle anfallenden Ausgaben zeitnah eingetragen haben. Dadurch hatten wir jederzeit einen Überblick über den aktuellen Stand unseres Budgets und konnten zuverlässig einschätzen, wie viel finanzieller Spielraum noch vorhanden war. Das durch Sponsoring erhaltene Geld haben wir bewusst nicht von den Gesamtkosten abgezogen, da wir die Ausgaben für den Bau eines möglichen zweiten Roboters vollständig dokumentieren und das Ergebnis nicht verfälschen wollten.

Minusbeträge in der Kostenaufstellung stammen aus Rückerstattungen von Firmen, bei denen wir defektes Material beanstandet haben und die uns daraufhin einen Teilbetrag oder den gesamten Betrag zurückerstattet haben. Alle Kassenzettel wurden abfotografiert und sauber in unserer Ordnerstruktur abgelegt. Auch die Bestellscheine wurden als PDF-Dateien in den entsprechenden Ordnern archiviert, sodass die Kosten jederzeit nachvollziehbar und lückenlos dokumentiert sind.

Sämtliche Kosten, einschliesslich der ersten Befüllung mit Alkohol für den Testdurchlauf mit unseren Familienangehörigen und Freunden, wurden in die Kostenkontrolle aufgenommen. Nachträgliche Nachkäufe für weitere Testläufe oder spätere Anwendungen sind darin jedoch nicht mehr enthalten. Nicht berücksichtigt wurden hingegen indirekte Kosten wie Wasser- und Stromverbrauch, Maschinenabnutzung sowie die Benzinkosten für Fahrten zueinander. Diese Faktoren hätten den Rahmen der Kostenkontrolle gesprengt. In der Übersicht sind daher ausschliesslich die direkten Projektkosten enthalten.

Produkt:	Bestellnummer:	Datum:	Shop:	Bezahler:	Preis gesamt:
Grundkomponenten	3056061285324548	22.06.2025	AliExpress	Andy	CHF 319.89
Schiene & Barbutler	305-6092744-9441139 / 305-4627266-6170720	22.06.2025	Amazon	Andy	CHF 108.20
Schiene	305-7694666-4393966	23.06.2025	Amazon	Andy	CHF 55.80
Schiene	305-7424423-5078765	26.06.2025	Amazon	Andy	CHF 55.80
Raspberry Pico W		26.06.2025	Dimitri Mathis	Andy	CHF 5.00
Rückerstattung Schiene	305-7694666-4393966	26.06.2025	Amazon	Andy	CHF -55.30
Eiswürfelmaschine	305-8958154-6827565	28.06.2025	Amazon	Andy	CHF 78.00
Rückerstattung Schiene	305-6092744-9441139	28.06.2025	Amazon	Andy	CHF -58.15
SD-Karte	151953204	02.07.2025	Galaxus	Andy	CHF 13.70
Übergangsstecker		05.07.2025	Mediamarkt	Kevin	CHF 6.70
Arbeitstisch Edelstahl	6438302	05.07.2025	Gonser	Andy	CHF 179.90
Grundkomponenten Steuerbox	3056867602074548	05.07.2025	AliExpress	Andy	CHF 63.86
Rückerstattung Barbutler	305-4627266-6170720	08.07.2025	Amazon	Andy	CHF -10.64
Arretierung Barbutler		09.07.2025	Jumbo	Kevin	CHF 38.05
Rückerstattung Arbeitstisch Edelstahl	6438302	11.07.2025	Gonser	Andy	CHF -40.00
Aluprofile		12.07.2025	Hornbach	Kevin	CHF 43.65
Schrauben		12.07.2025	Jumbo	Kevin	CHF 9.70
Aluprofile, Holz		15.07.2025	Hornbach	Kevin	CHF 33.75
Kleber		16.07.2025	Jumbo	Kevin	CHF 12.70
Bohrer, Holz, Schrauben		22.07.2025	Jumbo	Kevin	CHF 47.95
Schrauben, Holz		22.07.2025	Jumbo	Kevin	CHF 5.95
Aluprofil, Plexiglas		22.07.2025	Hornbach	Kevin	CHF 45.75
Messingrohr		24.07.2025	Hornbach	Kevin	CHF 10.80
Schrauben, Aluprofil, Bohrer		25.07.2025	Jumbo	Kevin	CHF 72.45
Gläser, Löffel, Schalen		26.07.2025	IKEA	Andy	CHF 18.55
Kabelschlauch, HDMI-Übergang	3057896725694548	26.07.2025	AliExpress	Andy	CHF 20.91
Aluprofile		26.07.2025	Jumbo	Kevin	CHF 35.10
Schrauben, Alublech		29.07.2025	Hornbach	Kevin	CHF 38.75
Diverses Kleinmaterial		31.07.2025	Jumbo	Kevin	CHF 18.50
Getränkekühlschrank	0307924	02.08.2025	Frankenspalter	Andy	CHF 90.00
Plexiglas		02.08.2025	Jumbo	Kevin	CHF 4.50
Aluprofil		02.08.2025	Hornbach	Kevin	CHF 30.20
Aluprofile, Schrauben		04.08.2025	Hornbach	Kevin	CHF 23.20
Luftverteiler und Zubehör	3058719713494548	05.08.2025	AliExpress	Andy	CHF 75.75
Lebensmittelechte Magnetventile	305-7964225-7903540	05.08.2025	Amazon	Andy	CHF 53.60
Leiterplatte	9035225A2028081221324619	10.08.2025	JLPCB	Andy	CHF 132.00
Leiterplattenbestückung	I-841348	11.08.2025	Reichelt	Andy	CHF 142.61
Aluprofil, Schrauben		18.08.2025	Hornbach	Kevin	CHF 18.50
Zollabfertigung	1ZJ449G90417026779	19.08.2025	UPS	Andy	CHF 37.80
Getränkekühlschrank	157455506	26.08.2025	Galaxus	Andy	CHF 122.00
Winkel		28.08.2025	Hornbach	Kevin	CHF 8.00
Kabelbinder		29.08.2025	Jumbo	Kevin	CHF 11.90
Bierschlauch	672195	06.09.2025	Brau- und Rauchshop	Andy	CHF 63.00
Schwerlastrollen	6660772	06.09.2025	Gonser	Andy	CHF 26.80
Edelstahl Wandregal	PO-192-15111869898870951	06.09.2025	TEMU	Andy	CHF 26.07
Kleinmaterial	3060385322634548	06.09.2025	AliExpress	Andy	CHF 21.87
Kabelbinder		09.09.2025	Jumbo	Kevin	CHF 16.90
Holz, Aluprofil		10.09.2025	Jumbo	Kevin	CHF 21.65
Holz, Aluprofil		11.09.2025	Hornbach	Kevin	CHF 36.30
Plexiglas		13.09.2025	Jumbo	Kevin	CHF 10.95
Schrauben		13.09.2025	Hobbyshop	Kevin	CHF 8.30
Rückerstattung Edelstahl Wandregal	PO-192-15111869898870951-D01	19.09.2025	TEMU	Andy	CHF -26.07
Anschlusskabel / Zubehör	44058861	23.09.2025	Brack.ch	Andy	CHF 26.50
Kleber Logo / Kartenhalter		30.09.2025	TEMU	Andy	CHF 34.61
Diverses Kleinmaterial	3061928528854548	06.10.2025	AliExpress	Andy	CHF 11.90
Kleinmaterial		07.10.2025	Jumbo	Kevin	CHF 30.00
Rohrschellen, Rohrverbindungsmaterial	305-4317539-7729110	09.10.2025	Amazon	Andy	CHF 56.65
Reservemotor	3062023229084548	09.10.2025	AliExpress	Andy	CHF 17.01
Aluprofile		10.10.2025	Hornbach	Kevin	CHF 60.30
Flaschenanschlüsse		14.10.2025	Gisler	Kevin	CHF 54.30
Kleinmaterial		18.10.2025	Jumbo	Kevin	CHF 10.00
Kleinmaterial		22.10.2025	Jumbo	Kevin	CHF 11.50
Lötmaterial		23.10.2025	Jumbo	Kevin	CHF 59.45
Lötgas		23.10.2025	Jumbo	Kevin	CHF 10.00
Kleinmaterial		23.10.2025	Jumbo	Kevin	CHF 46.15
Rundrohr, Edelstahlbürsten		24.10.2025	Hornbach	Andy	CHF 32.30
Netzteil 65W, USB-Kabel	44483058	24.10.2025	Brack.ch	Andy	CHF 25.40
Montagekleber		24.10.2025	Jumbo	Kevin	CHF 10.95
Dichtband, Bürste		25.10.2025	Jumbo	Kevin	CHF 12.45
Trinkgläser	CHINV2500000890773	27.10.2025	IKEA	Andy	CHF 28.75
Tonic Water 0.5l		27.10.2025	TopShop	Kevin	CHF 13.25
Dichtungen		27.10.2025	Jumbo	Kevin	CHF 15.60
Orangensaft		28.10.2025	Denner	Andy	CHF 11.70
Kleinmaterial		28.10.2025	Coop	Kevin	CHF 20.00
6er Pack Valser Wasser		29.10.2025	Coop	Kevin	CHF 6.00
Getränke		29.10.2025	Coop	Kevin	CHF 6.00
Dichtungen		29.10.2025	Jumbo	Kevin	CHF 7.80
Spirituosen / Apero für Testpersonen		29.10.2025	TopCC	Andy	CHF 179.58
Mischgetränke		30.10.2025	Denner	Andy	CHF 26.65
Getränke		31.10.2025	Coop	Kevin	CHF 11.90
Getränke		01.11.2025	Coop	Kevin	CHF 15.40
Ergebnis					CHF 2'983.25

Tabelle 19: Kostenkontrolle

6.15 Zukunft Baromat

In diesem Kapitel beschreiben wir, für welche Anlässe und Personenzahlen der Bar-Roboter geeignet ist, welche Zielgruppen und Einsatzumgebungen wir ansprechen und wie die Bedienung sowie das Getränkeangebot gestaltet sind. Zudem skizzieren wir ein mögliches Geschäftsmodell inklusive organisatorischer und logistischer Rahmenbedingungen. Ziel ist, den praktischen Einsatz klar zu umreissen und die wichtigsten Punkte für Planung, Durchführung und Nachbereitung eines Events kompakt darzustellen.

6.15.1 Eventgrösse / Personenanzahl

Unser Bar-Roboter ist für kleinere Anlässe mit etwa 20–30 Personen ausgelegt. Zu Beginn eines Events kann es kurzzeitig zu Warteschlangen kommen, bis alle Gäste ihr erstes Getränk erhalten haben. Im weiteren Verlauf des Abends verteilt sich die Nachfrage erfahrungsgemäss gleichmässiger, sodass der Betrieb kontinuierlich und ohne grössere Staubildung abläuft.

6.15.2 Veranstaltungsart

Der Bar-Roboter eignet sich besonders für private Feiern wie Geburtstage, Jubiläen, Gartenpartys und kleinere Hochzeitsfeiern sowie für Teamanlässe, kleinere Weihnachtsfeiern und Firmenapéros. In der Gastronomie kann er bei Themenabenden, auf Sommerterrassen, bei Bar-Nights oder in temporären Pop-up-Installationen eingesetzt werden. Darüber hinaus ist er sehr gut für Infoabende im Rahmen elektrotechnischer Weiterbildungen oder für Technik-Demonstrationen an Schulen und Hochschulen geeignet. Auch Kulturanlässe wie Vereinsfeste bieten sich als Einsatzorte an.

6.15.3 Zielgruppe

Unsere primäre Zielgruppe sind jüngere, technisch versierte und interessierte Personen, die Freude an Innovation und automatisierten Lösungen haben. Aufgrund des Technik- und Show-Aspekts erwarten wir mehrheitlich ein männliches Publikum, wobei das System ebenso für neugierige Technikbegeisterte unabhängig vom Geschlecht attraktiv ist. Gleichzeitig haben wir im Gespräch mit unterschiedlichen Personen festgestellt, dass der Bar-Roboter über alle Alterskategorien hinweg und sowohl bei Frauen als auch bei Männern sehr gut ankommt.

6.15.4 Einsatzumgebung

Der Bar-Roboter ist vorwiegend für den Einsatz im Indoor-Bereich ausgelegt, zum Beispiel in Eventhallen, Bars, Firmenräumen oder privaten Wohnbereichen. Er kann jedoch auch Outdoor betrieben werden, sofern der Standort zuverlässig vor Regen und starker Sonneneinstrahlung geschützt ist, etwa unter einem Zelt, Pavillon oder einer überdachten Terrasse.

6.15.5 Bedienkonzept

Grundsätzlich wird der Bar-Roboter am Veranstaltungsort platziert und von einer betreuenden Person überwacht, die Getränke nachfüllt und bei Bedarf unterstützt. Im Freundeskreis oder bei kleineren, informellen Anlässen kann das Nachfüllen auch durch die Gäste selbst erfolgen, sodass keine fixe Betreuung erforderlich ist. Die Bedienung der Drinks erfolgt selbständig durch die Endnutzerinnen und Endnutzer über das Touch-Panel. Eine kurze Einführung zu Beginn des Events ist empfehlenswert, damit die Bedienung, das Nachfüllen und grundlegende Hinweise z. B. Alterskontrolle und Hygiene klar sind.

6.15.6 Getränkeangebot

Das Getränkeangebot kann jederzeit angepasst werden. Da die einzelnen Drinks fix im Programm hinterlegt sind, erfordert jede Änderung einen gewissen Programmieraufwand sowie eine kurze Testphase zur Optimierung des Rezepts. Es ist möglich, saisonale Drinks vorzubereiten und bei Bedarf auf den Roboter zu laden. Ebenso können alkoholfreie Optionen, sogenannte Mocktails, angeboten werden, beispielsweise für Anlässe mit Familien und Kindern. Diese Flexibilität erlaubt es, das Sortiment passend zum Event und zur Zielgruppe zu gestalten.

6.15.7 Geschäftsmodell

Das Geschäftsmodell ist bislang noch nicht abschliessend geklärt, da uns dafür schlicht die Zeit im Rahmen der Diplomarbeit fehlte. Dennoch haben wir bereits mehrmals augenzwinkernd darüber gesprochen, dass der Bar-Roboter als kleiner Nebenerwerb denkbar wäre, sofern er im praktischen Einsatz zuverlässig funktioniert und gut ankommt. Grundsätzlich wäre eine Vermietung möglich, jedoch würden wir nur den Roboter ausmieten. Die Getränke müssten durch den Eventbetreiber selbst bereitgestellt werden. Der Getränketyp müsste dabei zwingend mit den im System hinterlegten Rezepten übereinstimmen. In die Offerte beziehungsweise Kalkulation würden Transport (Lieferung per Anhänger oder Kleinlastwagen), die Vermietung des Roboters, eine kurze Instruktion vor Ort sowie die abschliessende Reinigung und Rücknahme eingerechnet. Perspektivisch könnten wir diese Leistungen modular anbieten, je nach Bedarf des Veranstalters.

Neben Transport, Vermietung, Instruktion und Reinigung sollten wir verbindlich einen Standortcheck vor dem Event einplanen, also Stromversorgung, Absicherung, Platzbedarf, Zugang und Wetterschutz prüfen und die vom Veranstalter bereitgestellten Getränke mit den im System hinterlegten Rezepten abstimmen. Dies prüfen wir idealerweise mit einem kurzen Testlauf. Zur Vorbereitung gehören eine klare Packliste und die Bereitstellung von Material wie Schläuche, Adapter, Reiniger, Ersatzteile und Werkzeug sowie die Kalibrierung und das Setup vor Ort mit Dosierprüfung, Sensorüberprüfung und Software-/Display-Check. Falls erforderlich ist auch die Kühlkette beziehungsweise das Eismanagement zu organisieren. Während des Events sind laufende Nachfüll- und Spülzyklen sowie einfache Störungsbehebung und technischer Support sicherzustellen.

Ausarbeitung der Variante «Allrounder»

Nach dem Einsatz folgen die vollständige Reinigung und Desinfektion, Trocknung, ein Funktionscheck mit kleiner Wartung, der Rücktransport und die fachgerechte Entsorgung von Restflüssigkeiten. Administrativ brauchen wir klare Verträge und AGB, Haftungsregelungen und Jugendschutz/Alterskontrolle, eine transparente Preisgestaltung inklusive möglicher Zuschläge für Distanz, Nacht oder Wochenende sowie Zahlungsabwicklung und Kautions. Ergänzend ist ein Risiko- und Ersatzkonzept sinnvoll, bei dem wir Ersatzteile wie Pumpen, Schläuche und Dichtungen mitführen und einen einfachen Notfallplan für Stromausfall oder Hardwaredefekt bereithalten. Diese Punkte erhöhen die Betriebssicherheit und Verlässlichkeit im Eventeinsatz.

7 Messungen / Funktionskontrollen / Tests

Dieses Kapitel fasst die Inbetriebnahme, Funktionsprüfungen und Messnachweise unseres Bar-Roboters zusammen. Zuerst prüfen wir die Steuerplatine und führen die Erstinbetriebnahme anhand eines Prüfprotokolls durch. Anschliessend dokumentieren wir im Messprotokoll die elektrischen Kennwerte, die Sicherheitsfunktionen und die Prozessqualität u. a. Dosiergenauigkeit und Wiederholbarkeit. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für die Freigabe der nächsten Schritte und die Übergabe an den Endkunden.

7.1 Funktionskontrollen / IBN

Die Inbetriebnahme unseres Bar-Roboters erfolgt in zwei klar getrennten Schritten. Zunächst prüfen wir die eigens entwickelte Steuerplatine gründlich auf korrekte Verdrahtung, stabile Versorgungsspannungen und mögliche Fehlerquellen. Diese technische Überprüfung bildet die notwendige Grundlage, damit alle nachfolgenden Komponenten zuverlässig betrieben werden können.

Anschliessend starten wir die Erstinbetriebnahme des Gesamtsystems anhand eines eigens erstellten und standardisierten Prüfprotokolls. Darin erfassen wir systematisch die elektrischen Basisprüfungen, testen die Funktionen aller Baugruppen und beurteilen die Sicherheitsmechanismen. Die dokumentierten Ergebnisse dienen als Freigabe für die weiteren Inbetriebnahmeschritte und den Aufbau des Hauptprogramms. So stellen wir einen sicheren und stabilen Start des Systems sicher.

7.1.1 Inbetriebnahme Platine

Bevor wir mit der eigentlichen Inbetriebnahme des Bar-Roboters starten konnten, haben wir die Platine sorgfältig auf mögliche Fehler überprüft. Zunächst haben wir mithilfe eines Multimeters alle Leiterbahnen einzeln durchgemessen und mit dem Schaltplan abgeglichen, um sicherzustellen, dass sämtliche Verbindungen korrekt ausgeführt wurden. Anschliessend haben wir sämtliche Abgänge von der Platine zum Bar-Roboter durchgeprüft, um eventuelle Verdrahtungsfehler frühzeitig zu erkennen. Für den weiteren Ablauf haben wir alle Sicherungen aus der Platine entfernt, das Netzkabel eingesteckt und die Netzspannung auf der Eingangsseite kontrolliert. Im Anschluss wurde die Spannung am Netzteil mit dem Multimeter gemessen und mittels Verstellungsschraube präzise auf 24VDC eingestellt. Nachdem wir den Schlüsselschalter betätigt und damit das Relais die 24VDC auf die Platine freigegeben hatte, setzten wir als Erstes die Sicherung F3 ein und überprüften die Spannung an den Abgangsklemmen X27 und X28. Da die Gleichrichterdiode etwa 1V Spannungseinbruch verursachte, wurde die Netzteilspannung nochmals auf exakt 25VDC nachgeregelt. Schrittweise folgten die weiteren Sicherungen F1 und F2 sowie schliesslich F4. Alle Sicherungen konnten ohne Probleme eingesetzt werden. Ein Kurzschluss auf der Platine war zu keinem Zeitpunkt feststellbar. Abschliessend haben wir die Versorgungsspannungen auf dem Pico W und dem Pi 4B überprüft und die gewünschten 3,3V beziehungsweise 5V gemessen.

7.1.2 Erstinbetriebnahme

Für die erste Inbetriebnahme unseres Bar-Roboters verwenden wir das unten eingefügte, selbst erstellte Protokoll als Leitfaden. Nach der Inbetriebnahme werden in diesem Protokoll alle relevanten Messwerte, Funktionsprüfungen und Bewertungen erfasst. Im Fokus stehen dabei die elektrischen Basisprüfungen wie Schutzleiterprüfung und Kontrolle der Versorgungsspannungen, gefolgt von einer schrittweisen Funktionskontrolle aller Baugruppen mithilfe einfacher Testprogramme. Ebenso wird die Wirksamkeit der Sicherheitsfunktionen bewertet. Zusätzlich führen wir erste Prozessüberprüfungen durch und kontrollieren insbesondere die Versorgung und Anbindung der einzelnen Komponenten. Geprüft werden dabei unter anderem die Funktion von Relais, Motoren, Endschaltern, Homing, Näherungssensor, Ventilator, LED-Leuchten, Schaltern und deren Beleuchtung, Touchdisplay sowie Kühlgeräte und die Eiswürfelmaschine. Sämtliche Ergebnisse werden nachvollziehbar dokumentiert. Allfällige Abweichungen oder Auffälligkeiten werden festgehalten und mit konkreten Massnahmen ergänzt. Das ausgefüllte Protokoll bildet die Grundlage für die Freigabe der nächsten Inbetriebnahmeschritte und für den Aufbau des Hauptprogramms.

7.1.2.1 Protokoll Erstinbetriebnahme

Erstinbetriebnahmeprotokoll

TEKO Schweizerische
Fachschule

Diplomarbeit 2025

Erstinbetriebnahmeprotokoll

Andreas Gabriel und Kevin Lorber

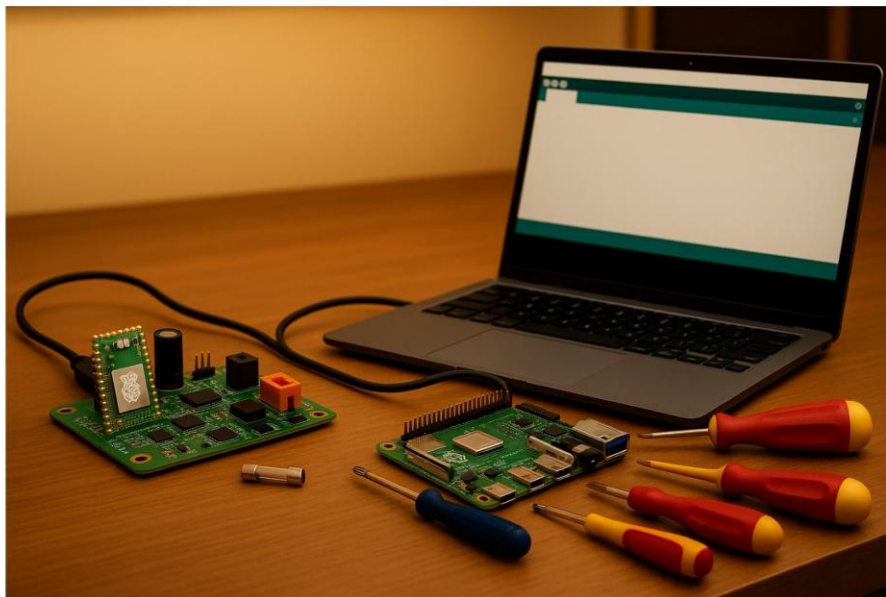


Abbildung 1: Titelbild
<https://gpt.axpo.com/chat/ddb98de6-717e-4563-9309-947747f98b36>

Projektteam:	Andreas Gabriel und Kevin Lorber
Lehrgang:	Elektrotechniker HF
Auftraggeber:	TEKO Luzern
Höhere Fachschule:	TEKO Luzern
Ort, Datum:	Luzern, 05.10.2025

Erläuterung der Aufgabenstellung

Dieses Protokoll dient der ersten Inbetriebnahme des Bar-Roboters. Wir aktivieren dabei Schritt für Schritt alle Baugruppen mit kleinen Testprogrammen und prüfen jeweils, ob die Funktion stimmt. Gemessen und dokumentiert werden elektrische Basiswerte, Sicherheitsfunktionen und Prozessgrundlagen. Auffälligkeiten werden festgehalten und mit Massnahmen/Bemerkungen versehen. Ziel ist die Freigabe für weitere Tests und den Aufbau des Hauptprogrammes. Gleichzeitig erlangen wir die Sicherheit, dass alle Bauteile funktionstüchtig arbeiten.

Aufgabenstellung:

- Vorbereitung: Sichtprüfung, sichere Arbeitsumgebung, Spannungsversorgung geprüft, Messmittel bereit und wenn möglich kalibriert.
- Schrittweises Aktivieren: Pro Baugruppe ein einfaches Testprogramm (z. B. Ein/Aus, definierte Drehzahl/Hub, Schaltvorgang) ausführen.
- Prüfen und protokollieren: Messwerte erfassen, Erwartung vergleichen, Bemerkungen eintragen.
- Sicherheit zuerst: Not-Aus, Endschalter, Verriegelungen früh prüfen; Funktionen nur im sicheren Bereich freigeben.

Ziel und Zweck des Versuchs:

- Verifizieren der elektrischen Basis (PE, Versorgungsspannungen).
- Nachweisen der Sicherheitsfunktionen (Not-Aus, Endschalter, Verriegelungen, sichere Softwarezustände).
- Prüfen der Grundfunktionen der Komponenten (Antriebe, Ventile, Sensoren, Kühlgeräte, Lüfter, LED).
- Durchführen erster Prozesschecks.
- Erkennen und dokumentieren von Auffälligkeiten, Festlegen von Massnahmen und Freigabe für weiterführende Tests und das Hauptprogramm.

Relevanz des Versuchs:

- Sicherstellen, dass der Bar-Roboter nach Aufbau und Verdrahtung technisch und sicherheitstechnisch einsatzfähig ist.
- Frühzeitiges Erkennen von Verdrahtungsfehlern, Parametrierungsproblemen und defekten Komponenten, bevor komplexe Tests starten.
- Nachweis der grundlegenden Sicherheitsfunktionen (Not-Aus, Endschalter, Verriegelungen), um Risiken für Personen und Anlage zu minimieren.
- Bestätigung der elektrischen Basisgrössen und der Steuerbarkeit aller Baugruppen als Voraussetzung für stabile Folgetests.
- Aufbau einer verlässlichen Dokumentation für die Diplomarbeit und als Referenz für Wartung, Fehlersuche und spätere Optimierungen.

Erstinbetriebnahmeprotokoll



Theoretische Annahmen

- Schutzleiter ist durchgängig und niederohmig.
- Versorgungsspannungen (AC/DC) sind stabil innerhalb Toleranz.
- Not-Aus, Endschalter und Verriegelungen führen zeitnah zu sicherem Stillstand.
- Softwarezustände sind korrekt, Fehler führen in sicheren Zustand.
- Aktoren (Motoren, Ventile, Lüfter, LED) reagieren wie erwartet; Sensoren liefern plausible Signale.

Beschreibung des gewählten Messverfahrens

Kurzbeschreibung des Messverfahrens:

Elektrische Basisprüfungen:

- Optik: Suchen nach nicht isolierten oder defekten Anschlüssen
- Versorgungsspannungen: Multimeterprüfung an Netzteil, Steuerung, Sensor- und Motorversorgungen.

Funktionsprüfungen der Baugruppen (IBN-Tests):

- Schrittweise Aktivierung per einfachem Testprogramm: Antriebe, Ventile, Lüfter, LED-Band, Schalter/Schalterleuchten, Touch-Display, Kühlschränke, Eiswürfelmaschine, Näherungssensor.
- Sicht- und Funktionskontrolle, Messwerte protokollieren, Auffälligkeiten notieren.

Begründung der Wahl des Verfahrens:

Elektrische Basisprüfungen

- Optische Kontrolle: Eine schnelle Sichtprüfung deckt fehlende Isolation, lose/defekte Anschlüsse und Montagefehler auf, bevor Messgeräte eingesetzt werden. Das verhindert Folgeschäden und verkürzt die Fehlersuche.
- Versorgungsspannungen per Multimeter: Die direkte Messung an Netzteil, Steuerung sowie Sensor- und Motorversorgungen bestätigt in kurzer Zeit die richtige Spannungsversorgung und Polarität. Abweichungen werden früh erkannt und können sofort korrigiert werden.

Funktionsprüfungen der Baugruppen (IBN-Tests):

- Schrittweise Aktivierung mit einfachen Testprogrammen: Durch das gezielte Ansteuern einzelner Komponenten (Antriebe, Ventile, Lüfter, LED-Band, Schalter/Leuchten, Touch-Display, Kühlschränke, Eiswürfelmaschine, Näherungssensor) lassen sich Verdrahtungs-, Parametrierungs- oder Komponentenfehler eindeutig zuordnen. Risiken werden minimiert, da nur jeweils ein Teil aktiv ist.
- Sicht- und Funktionskontrolle mit Protokollierung: Das direkte Beobachten der Reaktion und das parallele Erfassen von Messwerten liefern nachvollziehbare, reproduzierbare Ergebnisse. Auffälligkeiten werden strukturiert festgehalten und bilden die Basis für schnelle Korrekturmaßnahmen und die Freigabe der nächsten Testschritte.

Erstinbetriebnahmeprotokoll

TEKO Schweizerische
Fachschule**Gerätedaten Messgeräte**

Gerät:	Typ / Modell:	Seriennummer:
Multimeter	Voltcraft VC 850	H170638087
Serial Monitor	HP Spectre	CND208325G

Versuchsaufbau

Schaltbild:



Abbildung 2: Schaltbild Messaufbau

Erstinbetriebnahmeprotokoll

Verwendete Bauteile:

Bauteil:	Typ / Bezeichnung:	Wert / Parameter:
Relais 24V	SRD-24VDC-SL-C	24V, 15A
Schottky-Diode	BAT41	100V, 750mA, 100mA
Gleichrichter	KBPC1010	1000V, 10A
Widerstand	RN 1/2WS 5K6 F T/B A1	5.6kΩ, 0.5W
Widerstand	RN 1WS 560R F T/B A1	560Ω, 1W
Kondensator	KS224M050C07RR0VH2FP0	220nF
Kondensator	KM478M050N35RR0VH2FP0	4700nF
Druckschalter	Red FP, Green FP, Blue FP	9-30V, 15A
CO ₂ -Druckreduzierv.	ZRDR	230V, W21.8
Trafo	EDR-240	24V, 240W
Spindelmotor	Nema11	50mm, 4mm pitch
Endschalter	TLZWLA	1A, 125V
Relais	GEYA GR8-116	24V, 16A
Lüfter	YOUNUON	8010, Sleeve
Magnetventil Luft	2V025-1/4	24V NC
Riemenmotor	Cloudray 17CS04A-170DE	24V, 1,7A
Schlüsselschalter	2801	250V, 1A
Motorentreiber	Usongshine TB6600	9-42V, 4,0 A
Näherungsschalter	GTRIC LR30-10N1	6-36V 3-Wires
Not-Aus-Schalter	MushRoom Head	19mm, 2NO2NC
Magnetventil Flüssig.	MAGT	24V
I/O-Expander	MCP 23017-E/SP	16-Bit
Darlington-Arrays	ULN 2003A	30V, 1.35A
Darlington-Arrays	ULN 2002A	30V, 1.25A
Optokoppler	LTV 847	1.4V, 50mA
Nunchuck	TECTINTER Nintendo Wii	3.3V

Detaillierte Beschreibung des Aufbaus:

Mit dem Laptop haben wir die Programme über die USB-Schnittstelle auf den Raspberry Pico W geladen. Über den Serial Monitor in der Arduino-Software konnten wir auf dem Bildschirm live verfolgen, welche Werte gemessen wurden und wie der Zustand der Schalter ist. So liessen sich Funktionsprüfungen und Fehlerdiagnosen effizient durchführen. Parallel dazu haben wir mit einem zweiten Laptop das Erstinbetriebnahmeprotokoll ausgefüllt und alle Messergebnisse sowie Beobachtungen direkt dokumentiert.

Erstinbetriebnahmeprotokoll

**Messwerte****Erstinbetriebnahmen:****I2C-Check (MCP23017):**

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	I2C-Scan: Adresse(n) gefunden	0X20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Bus-Fehler (SDA/SCL, Pull-Ups)	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Kommunikation stabil (Read/Write)	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Bus auf anderen Buseingang gehängt (Auskreuzungsplatine)			

Relais K1 (Steppermotoren):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPA3 = 11			

Relais K2 (Kühlschrank):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	230VAC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPB0 = 8			

Relais K3 (Eismaschine):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	230VAC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPB1 = 9			

Erstinbetriebnahmeprotokoll

**Relais K4 (Reserve):**

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPB2 = 10 (Reserve)			

Relais K5 (Magnetventil CO₂):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	230VAC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPB3 = 11			

Relais K6 (Getränk 1):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPB4 = 12			

Relais K7 (Getränk 2):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPB5 = 13			

Relais K8 (Getränk 3):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPB6 = 14			

Erstinbetriebnahmeprotokoll

Relais K9 (Getränk 4):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPB7 = 15			

Relais K10 (Getränk 5):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPA0 = 0			

Relais K11 (Getränk 6):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPA1 = 1			

Relais K12 (LED-Band):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Relais schaltet	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ausgangsspannung	5VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPA2 = 2			

Erstinbetriebnahmeprotokoll

Nunchuk (I2C):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Gerät erkannt (Adresse)	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nr. 02	Joystick-Werte plausibel	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nr. 03	Buttons (C/Z) reagieren	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Bemerkung:	Nunchuk wird nicht eingesetzt, da er unplausible Messwerte liefert oder zum Teil nicht erkannt wird. Dies weist auf einen Defekt hin.			

Ein-Aus-LED:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Helligkeit/Farbe korrekt	Grün	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Versorgungsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPA4 = 4			

Glashalter-LED:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Helligkeit/Farbe korrekt	Grün	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Versorgungsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPA7 = 7			

Homing-LED:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Helligkeit/Farbe korrekt	Blau	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Versorgungsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPA6 = 6			

Erstinbetriebnahmeprotokoll

Reset-LED:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Helligkeit/Farbe korrekt	Rot	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Versorgungsspannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	GPA5 = 5			

Schalter einlesen:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Ein-Aus Schalter wird erkannt	GP2 = 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Homing Schalter wird erkannt	GP14 = 14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Reset Schalter wird erkannt	GP3 = 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Not-Aus Schalter	GP0 = 0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Alle werden korrekt eingelesen Schlüsselschalter schaltet den 24VDC Hauptstromkreis			

Motor X-Achse:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	X-Achse fährt manuell	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	X-Achse Position plausibel	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Spannung im Sollbereich	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Auffälligkeiten (Geräusch/Vibration)	Weder Geräusche noch Vibrationen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Läuft sehr ruhig und sauber			

Erstinbetriebnahmeprotokoll

Motor Z-Achse:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Z-Achse fährt manuell	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Z-Achse Position plausibel	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Spannung im Sollbereich	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Auffälligkeiten (Geräusch/Vibration)	Weder Geräusche noch Vibrationen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Läuft sehr ruhig und sauber			

Endschalter:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Endschalter X-Achse reagiert	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Homing X-Achse funktioniert	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Endschalter Z-Achse reagiert	Nicht verbaut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Homing Z-Achse funktioniert	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Endschalter Z-Achse fällt weg nur Homing ist vorhanden			

Näherungssensor:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Erkennung zuverlässig	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Schaltabstand (mm)	10mm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Versorgung (V) korrekt	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Erkennt Glas allein nicht nur mit Metallplättchen am Glassockel			

Erstinbetriebnahmeprotokoll

Ventilator:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Ein/Aus	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Drehrichtung/Luftstrom	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Spannung	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Auffälligkeiten (Geräusch/Schwingung)	Sehr leise	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Kaum Geräusche wahrnehmbar			

Touch-Display Funktion:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Touch-Erkennung	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Helligkeit/Darstellung	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Sehr feinfühlig			

Zusammenfassung und Unterschrift**Zusammenfassung der Ergebnisse / Schlussfolgerung:**

Die Erstinbetriebnahme des Bar-Roboters erfolgte strukturiert und gemäss dem vorgegebenen Protokoll. Die elektrischen Basisprüfungen, wie die Kontrolle des Schutzleiters und der Versorgungsspannungen, wurden sorgfältig durchgeführt. Anschliessend haben wir die Funktionsprüfungen der einzelnen Baugruppen mithilfe einfacher Testprogramme schrittweise abgearbeitet. Zu den getesteten Komponenten zählten die Relais K1 bis K12, die Motoren für X- und Z-Achse, Endschalter und Homing-Funktion, der Näherungssensor, Ventilator, LED-Leuchten, Schalter samt deren Beleuchtung, das Touchdisplay, die Kühlschränke sowie die Eiswürfelmaschine. Alle Auffälligkeiten oder Abweichungen wurden direkt im Protokoll festgehalten und mit entsprechenden Massnahmen versehen.

Die im Anschluss durchgeführten Sicherheitstests, darunter Not-Aus, Endschalter, Verriegelungen und Softwarezustände, bestätigten, dass die grundlegenden Schutzfunktionen der Anlage gegeben sind. Abweichungen wurden dokumentiert und für die nächste Fehlerbehebungsrunde eingeplant. Nach Abschluss aller Prüfungen ist die Anlage für die weiteren Schritte der Inbetriebnahme und den Aufbau des Hauptprogramms freigegeben.

Erstinbetriebnahmeprotokoll

Auffälligkeiten oder Abweichungen:

Beim Test der I2C-Schnittstelle traten zunächst Abweichungen auf, da wir zu Beginn keine Daten einlesen konnten. Nach sorgfältiger Überprüfung stellten wir fest, dass der I2C-Bus versehentlich auf die falschen GPIOs gelegt worden war. Um dieses Problem zu beheben, haben wir eine Auskreuzplatine verwendet, mit der wir die richtigen Verbindungen herstellen konnten. Nach dieser Korrektur funktionierte die Kommunikation über die I2C-Schnittstelle wie vorgesehen und alle Messwerte konnten fehlerfrei eingelesen werden.

Kritische Diskussion:

Im Anschluss an die Problemlösung diskutierten wir zusammen, ob wir den Schwierigkeiten mit dem Nunchuck-Controller weiter nachgehen sollen. Da wir den Nunchuck nicht zwingend für die grundlegenden Funktionen des Bar-Roboters benötigen und unser Zeitplan bereits sehr eng ist, haben wir abgewogen, ob ein weiterer Aufwand an dieser Stelle sinnvoll wäre. Schliesslich entschieden wir uns, das Thema vorerst zurückzustellen, um unsere Ressourcen gezielt auf die wesentlichen Projektziele zu konzentrieren.

Verbesserungsmöglichkeiten und zukünftige Schritte:

Insgesamt sind wir mit dem Ablauf der Messungen und den erzielten Ergebnissen sehr zufrieden. Auch das verwendete Protokoll hat sich bewährt und ermöglichte eine strukturierte und nachvollziehbare Dokumentation aller Prüfschritte. Lediglich bei einigen kleineren Problemen, bei denen wir uns teilweise selbst im Weg standen, sehen wir Verbesserungspotenzial. Zum Beispiel hätten wir darauf achten können, die Spannungsversorgung für bestimmte Messungen, wie etwa die 5.1 V-Versorgung rechtzeitig wieder einzustecken. Solche Details werden wir beim nächsten Mal gezielter berücksichtigen, um noch effizienter und fehlerfreier arbeiten zu können.

Unterschrift

Mit dieser Unterschrift bestätigen die Teammitglieder die Echtheit der gemessenen Resultate unter Einhaltung der vorgegebenen Richtlinien.



05. Oktober 2025

Andreas Gabriel



05. Oktober 2025

Kevin Lorber

Abbildung 226: Erstinbetriebnahmeprotokoll

7.2 Messprotokoll

Dieses Unterkapitel dokumentiert den Nachweis der elektrischen Sicherheit, der Sicherheitsfunktionen und der Prozessqualität unseres Bar-Roboters. Grundlage hierfür ist das unten eingefügte, selbst erstellte Protokoll, in das nach der Erstinbetriebnahme alle relevanten Messwerte, Funktionsprüfungen und Bewertungen eingetragen werden. Ziel des Mess- und Prüfprotokolls ist es, die elektrischen Basisanforderungen wie Schutzleiterwiderstand, Isolationswiderstand, Ableit- beziehungsweise Berührstrom sowie die relevanten Versorgungsspannungen zu verifizieren. Darüber hinaus werden die Stoppzeiten bei Not-Aus und Endschaltern erfasst, die Funktionsfähigkeit aller Komponenten geprüft und die sicherheitsrelevanten Funktionen, einschliesslich Verriegelungen, Softwarezuständen und mechanischer Schutzmassnahmen, bewertet.

Die Prozessqualität beurteilen wir anhand von Dosiermessungen und Wiederholbarkeitsanalysen, sodass die Genauigkeit und Stabilität der Rezepte nachvollziehbar belegt werden kann. Sämtliche Ergebnisse werden nachvollziehbar dokumentiert. Auffälligkeiten und Abweichungen werden festgehalten und mit gezielten Massnahmen hinterlegt. Das ausgefüllte Protokoll bildet schliesslich die Entscheidungsgrundlage für die Freigabe des Bar-Roboters für den Endkunden und dient zugleich als Basis für weitere Optimierungsschritte.

7.2.1 Mess- und Prüfprotokoll

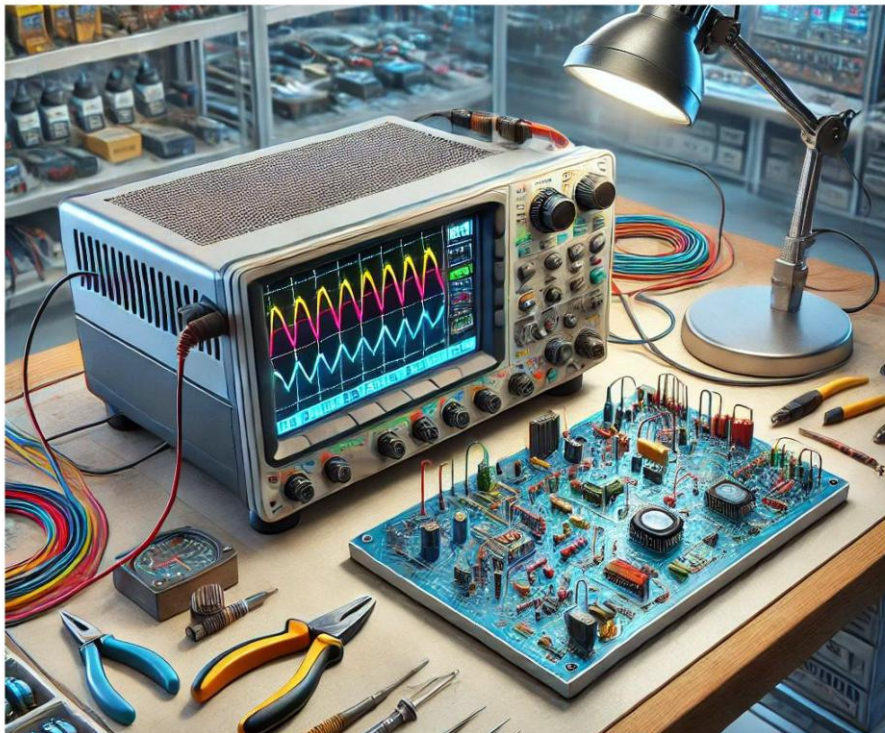
Messprotokoll

TEKO Schweizerische
Fachschule

Diplomarbeit 2025

Mess- und Prüfprotokoll

Andreas Gabriel und Kevin Lorber



<https://chatgpt.com/c/678961f2-f050-800c-b60d-566bc345ba28>

Projektteam:	Andreas Gabriel und Kevin Lorber
Lehrgang:	Elektrotechniker HF
Auftraggeber:	TEKO Luzern
Höhere Fachschule:	TEKO Luzern
Ort, Datum:	Luzern, 01.11.2025

Erläuterung der Aufgabenstellung

Im Rahmen der Diplomarbeit wird der Bar-Roboter hinsichtlich elektrischer Sicherheit sowie Prozessqualität (Dosieren, Mischen, Wiederholbarkeit) geprüft. Ziel ist die dokumentierte Verifizierung der Schutzfunktionen und der Getränkequalität unter definierten Bedingungen.

Aufgabenstellung:

- Erstellung und Durchführung eines Mess- und Prüfprotokolls
- Durchführung elektrischer Sicherheitsprüfungen
- Erhebung von Dosier- und Mischdaten für definierte Rezepte
- Bewertung der Wiederholbarkeit über mehrere Zyklen
- Dokumentation von Abweichungen und Ableitung von Massnahmen

Ziel und Zweck des Versuchs:

- Nachweis der sicheren und zuverlässigen Funktion des Gesamtsystems
- Bestätigung von Dosiergenauigkeit und Mischhomogenität
- Quantitative Beurteilung der Wiederholbarkeit
- Grundlage für Erstinbetriebnahme und Optimierungsschritte

Relevanz des Versuchs:

- Erhöhung der Betriebssicherheit
- Sicherstellung reproduzierbarer Produktqualität
- Nachvollziehbare Dokumentation für die Diplomarbeit und spätere Wartung

Theoretische Annahmen

- Schutzleiterpfad ist durchgängig, PE-Widerstand niedrig
- Isolationswiderstand der relevanten Baugruppen ausreichend hoch
- Die nötigen Spannungen sind vorhanden
- Not-Aus führt innerhalb Zielzeit zum sicheren Stillstand
- Endschalter führen zum sicheren Stillstand
- Dosierabweichungen liegen im definierten Toleranzband
- Mischprozess erreicht innerhalb vorgegebener Zeit eine homogene Verteilung

Beschreibung des gewählten Messverfahrens

Kurzbeschreibung des Messverfahrens:

Elektrik:

- Schutzleiterwiderstand mit ≥ 200 mA Prüfstrom
- Isolationswiderstand, typ. 500 V DC
- Ableit-/Berührstrom im Betrieb
- Spannungen an Komponenten
- Stoppzeitmessung Not-Aus
- Stoppzeitmessung Endschalter
- Funktion Lüfter
- Funktion Touch-Display
- Funktion aller Schalter
- Funktion der Leuchten in den Schaltern
- Funktion Eiswürfelmaschine
- Funktion Kühlschränke und des integrierten Lichts
- Funktion LED-Band Rückseite
- Funktion Näherungssensor

Sicherheit:

- Not-Aus wirkt sicher
- Verriegelungen/Abdeckungen: sichere Betriebsfreigabe
- Näherungssensor: zuverlässige Erkennung
- Klemmstellen, Quetsch-/Scherstellen: keine unzulässige Gefährdung
- Software-Zustände: Idle, Betrieb, Fehler, Not-Aus mit sicherem Verhalten
- Fehlerreaktion: sicherer Zustand bei Sensor-/Aktorausfall

Prozess:

- Dosiermessung mit Waage
- Wiederholbarkeit per Standardabweichung und mit Waage

Begründung der Wahl des Verfahrens:

- Messungen sind mit verfügbarer Werkstattausrüstung gut durchführbar
- Ergebnisse sind objektiv, reproduzierbar und direkt bewertbar
- Decken die wichtigsten Sicherheits- und Qualitätsaspekte des Systems ab

Gerätedaten Messgeräte

Gerät:	Typ / Modell:	Seriennummer:
NIV-Messgerät	Fluke 1663	SN60531488
Multimeter	Voltcraft VC 850	H170638087
Waage	Soehnle Roma	65847
Massbecher	Massbecher 1L	708155000000
Stoppuhr	Samsung Galaxy 21 FE	RFCRC1V2NNJ

Messprotokoll

TEKO Schweizerische
Fachschule

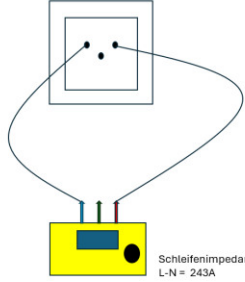
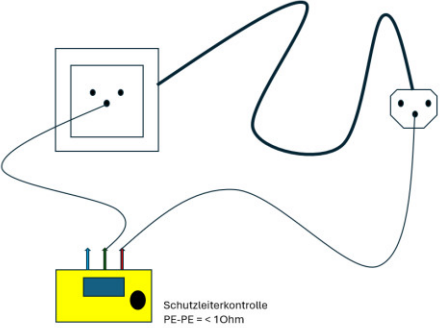
Messgeräte

Foto Messgerät:	Typ / Bezeichnung:
	Fluke 1663
	Voltcraft VC 850

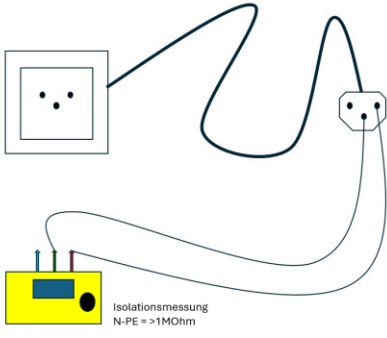
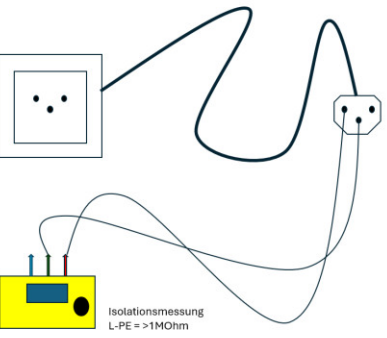
Verwendete Bauteile:

Bauteil:	Typ / Bezeichnung:	Wert / Parameter:
Relais 24V	SRD-24VDC-SL-C	24V, 15A
Schottky-Diode	BAT41	100V, 750mA, 100mA
Gleichrichter	KBPC1010	1000V, 10A
Widerstand	RN 1/2WS 5K6 F T/B A1	5.6kΩ, 0.5W
Widerstand	RN 1WS 560R F T/B A1	560Ω, 1W
Kondensator	KS224M050C07RR0VH2FP0	220nF
Kondensator	KM478M050N35RR0VH2FP0	4700nF
Druckschalter	Red FP, Green FP, Blue FP	9-30V, 15A
CO ₂ -Druckreduzierv.	ZRDR	230V, W21.8
Trafo	EDR-240	24V, 240W
Spindelmotor	Nema11	50mm, 4mm pitch
Endschalter	TLZWLA	1A, 125V
Relais	GEYA GR8-116	24V, 16A
Lüfter	YOUNUON	8010, Sleeve
Magnetventil Luft	2V025-1/4	24V NC
Riemenmotor	Cloudray 17CS04A-170DE	24V, 1,7A
Schlüsselschalter	2801	250V, 1A
Motorentreiber	Usongshine TB6600	9-42V, 4,0 A
Näherungsschalter	GTRIC LR30-10N1	6-36V 3-Wires
Not-Aus-Schalter	MushRoom Head	19mm, 2NO2NC
Magnetventil Flüssig.	MAGT	24V
I/O-Expander	MCP 23017-E/SP	16-Bit
Darlington-Arrays	ULN 2003A	30V, 1.35A
Darlington-Arrays	ULN 2002A	30V, 1.25A
Optokoppler	LTV 847	1.4V, 50mA

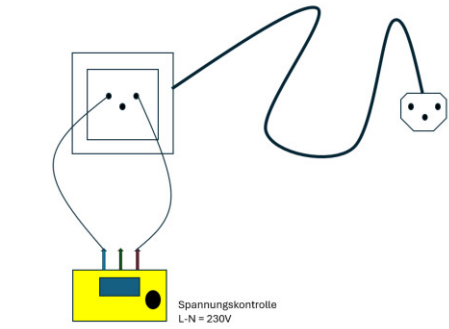
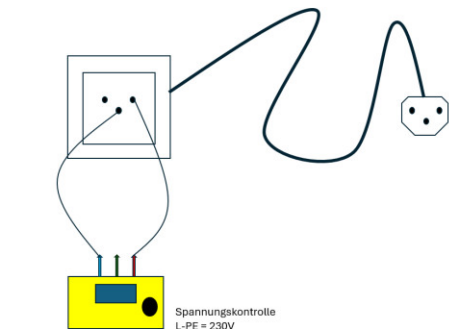
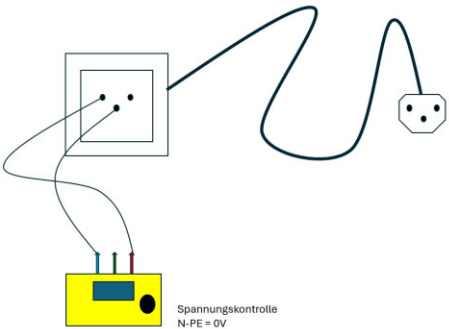
Detaillierte Beschreibung des Aufbaus:

 <p style="text-align: center;">Schleifenimpedanzmessung L-N = 243A</p>	<p>Schleifenimpedanz: Bei dieser Messung wird ein Prüfstrom von 10A über das Messgerät geleitet. Da die Spannung durch die Belastung etwas absinkt, lässt sich mit Hilfe des gemessenen Stroms und der Differenzspannung der Widerstand der Leitung berechnen. Im Anschluss wird daraus der theoretische Kurzschlussstrom ermittelt. Mit dieser Methode können mögliche Wackelkontakte oder unerwünschte Übergangswiderstände zuverlässig festgestellt werden.</p>
 <p style="text-align: center;">Schutzleiterkontrolle PE-PE = < 10hm</p>	<p>Schutzleiterkontrolle: Bei dieser Messung wird die Funktion des Schutzleiters überprüft. Dabei wird bei einer Prüfspannung von 4 bis 24VDC ein Strom von mindestens 200mA durch den Schutzleiter geleitet. So lässt sich der Widerstand des Schutzleiters bestimmen, der einen Wert von 1 Ohm nicht überschreiten darf.</p>

Messprotokoll

 <p>Isolationsmessung N-PE >1MΩm</p>	<p>Isolationsmessung: Bei den beiden folgenden Messungen wird der Isolationswiderstand geprüft. Dazu wird eine Prüfspannung von 500VDC an die Leitungen angelegt. Über die Höhe des fließenden Leckstroms lässt sich der Isolationswiderstand bestimmen.</p>
 <p>Isolationsmessung L-PE >1MΩm</p>	

Messprotokoll

 <p>Spannungskontrolle L-N = 230V</p>	<p>Spannungskontrolle: Bei den drei folgenden Messungen werden die Spannungen zwischen den einzelnen Leitern überprüft.</p>
 <p>Spannungskontrolle L-PE = 230V</p>	
 <p>Spannungskontrolle N-PE = 0V</p>	

Messprotokoll


 Schweizerische
Fachschule
Messwerte**Elektrische Prüfungen:****Schutzleiterwiderstand ($\geq 200\text{mA}$):**

Punkt:	Beschreibung:	Messwert (Ω):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	PE zu Gehäuse	< 0,5 Ohm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	PE zu Steckdose Kühlschrank	< 0,5 Ohm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	PE zu Steckdose Eismaschine	< 0,5 Ohm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	PE zu Steckdose CO ₂ - Druckreduzierventil	< 0,5 Ohm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 05	PE zu Steckdose Steuerung	< 0,5 Ohm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Der Maximalwert liegt bei 1 Ohm, somit ist alles in Ordnung.			

Isolationswiderstand (500VDC):

Punkt:	Beschreibung:	Messwert (Ω):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	L gegen PE in Unterverteilung	>1 MOhm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	N gegen PE in Unterverteilung	>1 MOhm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	L gegen PE bei Kühlschrank	>1 MOhm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	N gegen PE bei Kühlschrank	>1 MOhm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 05	L gegen PE bei Eismaschine	>1 MOhm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 06	N gegen PE bei Eismaschine	>1 MOhm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 07	L gegen PE bei CO ₂ - Druckreduzierventil	>1 MOhm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 08	N gegen PE bei CO ₂ - Druckreduzierventil	>1 MOhm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Der Mindestwert liegt bei 1 MOhm, somit ist alles in Ordnung.			

Messprotokoll

TEKO Schweizerische
Fachschule**Schleifenimpedanzmessung (IK)**

Punkt:	Beschreibung:	Messwert (A):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Steckdose Steuerung	235A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Steckdose CO ₂ -Ventil	243A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Steckdose Eismaschine	234A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Steckdose Kühlschrank	236A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Die Messwerte der Schleifenimpedanzmessungen liegen alle in einem ähnlichen Bereich. Das zeigt, dass alle Klemmstellen gleichwertig ausgeführt sind und keine Wackelkontakte vorhanden sind.			

Messprotokoll

Spannungen an Komponenten:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert (V):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Eingang UV (AC)	236VAC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Netzteil Ausgang (DC)	25VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Nach Gleichrichter (DC)	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Steuerung 24 V (DC)	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 05	Hilfsspannung 3.3V (DC)	3,3VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 06	Hilfsspannung 5.1V (DC)	5VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 07	Riemenmotor X-Achse	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 08	Spindelmotor Z-Achse	24VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 09	Ventil 01 Luft	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 10	Ventil 02 Luft	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 11	Ventil 03 Luft	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 12	Ventil 04 Luft	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 13	Ventil 05 Luft	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 14	Ventil 06 Luft	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 15	Ventil 01 Flüssigkeit	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 16	Ventil 02 Flüssigkeit	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 17	Ventil 03 Flüssigkeit	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 18	Ventil 04 Flüssigkeit	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 19	Ventil 05 Flüssigkeit	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 20	Ventil 06 Flüssigkeit	23,8VDC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Alle gemessenen Spannungen liegen im gewünschten und normgerechten Bereich.			

Messprotokoll

**Stoppzeit Not Aus:**

Punkt:	Beschreibung:	Messwert (s):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Versuch 01		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Versuch 02		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Versuch 03		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Versuch 04		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Beim Auslösen des Not-Ausschalters werden alle laufenden Aktionen umgehend gestoppt.			

Stoppzeit Endschalter:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert (s):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Endschalter X-Achse		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Homing X-Achse		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Endschalter Z-Achse		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Homing Z-Achse		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Beim Ansprechen der Homing- oder Endschalter werden alle laufenden Aktionen sofort gestoppt.			

Lüfter Funktion:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Ein/Aus		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Luftstrom/Drehrichtung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Auffälligkeiten (Geräusch/Schwingung)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Die Lüftung der Steuerung funktioniert einwandfrei und arbeitet zudem sehr leise.			

Messprotokoll

**Touch-Display Funktion:**

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Touch-Erkennung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Reaktionszeit		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Helligkeit/Darstellung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Die Bedienung des Touchpanels ist sehr feinfühlig und gestaltet sich angenehm und benutzerfreundlich.			

Schalter Funktion:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Funktion Schlüsselschalter		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Funktion Homing-Taster		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Funktion Reset-Taster		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Funktion Ein- /Ausschalter		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Die Befehle werden zuverlässig übertragen.			

Leuchten Schalter:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Lampe Homing-Taster		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Lampe Reset-Taster		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Lampe Ein-/Ausschalter		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Die Funktion ist erfüllt.			

Messprotokoll

**Eiswürfelmaschine:**

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Ein/Aus		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Produktionszyklus startet		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Statusmeldung Behälter voll		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Statusmeldung Wassertank leer		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Alle Meldungen und Funktionen arbeiten zuverlässig.			

Kühlschränke inkl. Licht:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Kühlleistung Kurztest Kühlschrank 01		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Kühlleistung Kurztest Kühlschrank 02		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Funktion Licht Kühlschrank 01		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Funktion Licht Kühlschrank 01		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Alle Funktionen wurden getestet und erfolgreich bestanden.			

LED Band Rückseite:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Ein/Aus		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Helligkeit/Farbe		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Funktion Fernbedienung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Alle Funktionen wurden getestet und haben den Test erfolgreich bestanden.			

Näherungssensor

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Erkennung zuverlässig		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Schaltabstand		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Die Glaserkennung funktioniert einwandfrei.			

Messprotokoll


Sicherheitsüberprüfungen:**Not Aus:**

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Energiearmer Zustand erreicht		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Antrieb abgeschaltet		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Keine unkontrollierte Bewegung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Funktioniert zuverlässig.			

Endschalter Sicherheitswirkung:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Endschalter X-Achse		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Homing X-Achse		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Endschalter Z-Achse		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Homing Z-Achse		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Funktioniert zuverlässig.			

Softwarezustände und Fehlerreaktion:

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Zustände korrekt		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Fehlerfall → sicherer Zustand		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Fehlermeldung vorhanden		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Fehler rückstellbar		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Alle Funktionen sind erfüllt. Fahrbefehle werden gestoppt und eine Fehlermeldung wird ausgegeben.			

Messprotokoll

TEKO Schweizerische
Fachschule**Mechanische Sicherheit:**

Punkt:	Beschreibung:	Messwert:	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Quetsch-/Scherstellen abgesichert		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Abstände/Abdeckungen ausreichend		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Keine scharfen Kanten vorhanden		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 04	Keine elektrischen Schläge möglich		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:	Alle Aspekte wurden geprüft und haben mit Bravour bestanden.			

Messprotokoll


 Schweizerische
Fachschule
Prozessprüfungen:**Getränke 01 Mojito:**

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Rum weiss	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mineralwasser	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Rum weiss	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mineralwasser	15cl	14cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Rum weiss	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mineralwasser	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Getränke 02 Caipirinha:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Rum weiss	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mineralwasser	10cl	11cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Rum weiss	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mineralwasser	10cl	10cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Rum weiss	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mineralwasser	10cl	10cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Messprotokoll



Getränke 03 Cuba Libre:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Rum weiss	4cl	4.2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Rum weiss	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	14cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Rum weiss	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	14cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Getränke 04 Dark'n'Stormy:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Rum dunkel	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ginger Ale	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Rum dunkel	4cl	3cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ginger Ale	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Rum dunkel	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ginger Ale	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Messprotokoll



Getränke 05 Spicy Rum Cola:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Rum dunkel	5cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Rum dunkel	5cl	5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Rum dunkel	5cl	5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	14cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Getränke 06 Moscow Mule:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Vodka	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ginger Ale	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Vodka	4cl	5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ginger Ale	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Vodka	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ginger Ale	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Messprotokoll

Getränke 07 Screwdriver:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Vodka	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Orangensaft	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Vodka	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Orangensaft	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Vodka	4cl	5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Orangensaft	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Getränke 08 Vodka Lemon:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Vodka	5cl	5.5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sprite	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Vodka	5cl	5.5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sprite	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Vodka	5cl	5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sprite	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Messprotokoll

Getränke 09 Gin Tonic:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Gin	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Tonic-Water	17cl	17cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Gin	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Tonic-Water	17cl	17cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Gin	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Tonic-Water	17cl	17cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Getränke 10 Tom Collins Style:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Gin	4cl	5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sprite	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Gin	4cl	4.5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sprite	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Gin	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sprite	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Messprotokoll



Getränke 11 Whiskey Ginger:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Whiskey	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ginger Ale	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Whiskey	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ginger Ale	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Whiskey	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ginger Ale	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Getränke 12 Whiskey Cola:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Whiskey	5cl	5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	17cl	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nr. 02	Whiskey	5cl	5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Whiskey	5cl	5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:		Der Druck am Gasflaschenventil wurde entsprechend angepasst.			

Messprotokoll

Getränke 13 Tequila Sunrise:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Tequila	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Blue Curacao	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Orangensaft	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Tequila	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Blue Caracao	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Orangensaft	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Tequila	4cl	4cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Blue Caracao	2cl	3cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Orangensaft	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Messprotokoll

Getränke 14 Long Island Blue:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Rum weiss	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Tequila	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Gin	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Vodka	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Blue Curaçao	1cl	2cl	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Rum weiss	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Tequila	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Gin	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Vodka	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Blue Curaçao	1cl	1cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Rum weiss	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Tequila	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Gin	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Vodka	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Blue Curaçao	1cl	1cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Messprotokoll



Getränke 15 Blue Lagoon:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Vodka	3cl	3cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Blue Curaçao	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sprite	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 01	Vodka	3cl	3cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Blue Curaçao	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sprite	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Vodka	3cl	3cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Blue Curaçao	2cl	2cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sprite	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Getränke 16 Martini Cola:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Martini	5cl	4.5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Martini	5cl	4.5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Martini	5cl	5cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cola	15cl	15cl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Messprotokoll

Spülvorgang:

Versuch:	Beschreibung:	Sollmenge (cl):	Ist-Menge (cl):	OK:	Nicht OK:
Nr. 01	Ventil 1	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 2	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 3	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 4	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 5	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 6	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 02	Ventil 1	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 2	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 3	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 4	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 5	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 6	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nr. 03	Ventil 1	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 2	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 3	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 4	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 5	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ventil 6	5dl	5dl	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung:					

Messprotokoll

TEKO Schweizerische
Fachschule

Zusammenfassung und Unterschrift

Zusammenfassung der Ergebnisse / Schlussfolgerung:

Art:	Bestanden:		Begründung:
	Ja:	Nein:	
Elektrische Prüfungen:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alle nötigen elektrischen Prüfungen wurden erfolgreich abgeschlossen.
Sicherheitsüberprüfungen:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alle Aspekte wurden geprüft und haben mit Bravour bestanden.
Prozessprüfungen:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jedes Getränk wurde drei Mal getestet und die Mengenabgabe stimmt.
Freigabe für Endkunden:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Da alle Tests bestanden wurden, ist das Endprodukt freigegeben.

Auffälligkeiten oder Abweichungen:

Bei den Süssgetränken kann es zu leichten Abweichungen bei der Dosierung kommen. Dies ist auf die Kohlensäure in den Getränken zurückzuführen, die sich im Rohr ansammelt. Allerdings trat dieses Phänomen hauptsächlich bei stark kohlenensäurehaltigen Getränken wie Tonic Water und Ginger Ale auf.

Kritische Diskussion:


Es wurde mit Fachpersonen darüber diskutiert, ob die starke Schaumbildung durch die Kohlensäure mithilfe eines Anti-Schaummittels reduziert werden kann. Dieses Mittel ist lebensmitteltauglich und wird in der Getränkeindustrie häufig für die Abfüllung von stark kohlenensäurehaltigen Getränken verwendet. Es basiert auf Silikon und bindet die Kohlensäure während des Abfüllvorgangs. Felix Kellenberger hat sich bereit erklärt, uns dieses Mittel zu Testzwecken zur Verfügung zu stellen.

Verbesserungsmöglichkeiten und zukünftige Schritte:

Alle relevanten Normen wurden eingehalten und das Produkt ist bereit für die Auslieferung an den Kunden. Die Ausgabedauer der Süssgetränke kann bei Bedarf noch leicht optimiert werden, und das oben beschriebene Problem mit der Kohlensäure wird weiter bearbeitet.

Unterschrift

Mit dieser Unterschrift bestätigen die Teammitglieder die Echtheit der gemessenen Resultate unter Einhaltung der vorgegebenen Richtlinien.



01. November 2025

Andreas Gabriel



01. November 2025

Kevin Lorber

Andreas und Kevin

Diplomarbeit Bar-Roboter

Seite 26

Abbildung 227: Mess- & Prüfprotokoll

7.2.2 Fazit Messungen

Die Messungen und Funktionstests haben bestätigt, dass keine elektrischen oder mechanischen Probleme mehr vorliegen. Dies zeigt, dass wir sehr sauber und gewissenhaft gearbeitet und alle relevanten Normen eingehalten haben. Auch die Ablauftests haben eine gute Wiederholbarkeit beim Ausschicken der Getränke ergeben und stimmen uns positiv für die bevorstehenden Testdurchläufe mit unseren Testpersonen. Zudem wurden alle erforderlichen Sicherheits- und Fehlertests erfolgreich und entsprechend unseren Vorgaben durchgeführt. Der Bar-Roboter ist somit bereit für die Übergabe an den Kunden.

7.3 Testdurchläufe mit Testpersonen

Am 1. November war es endlich soweit. Wir konnten unsere zuvor eingeladenen Familienangehörigen und Freunde in Sulz begrüßen, um gemeinsam unseren Bar-Roboter im Rahmen eines Stresstests auszuprobieren. Insgesamt hatten wir 12 externe Testpersonen eingeladen, die ein breites Altersspektrum von 22 bis 80 Jahren abdeckten. Nach der Begrüßung gaben wir eine kurze Einführung zum Aufbau und zur Funktionsweise des Roboters sowie zu den wichtigsten Abläufen. Anschliessend konnten unsere Gäste noch Fragen stellen, bevor der eigentliche Test begann.

Während der Getränketests haben wir einen kleinen Apéro veranstaltet, sodass die Testpersonen in lockerer Atmosphäre die verschiedenen Drinks direkt probieren konnten. Schnell entwickelte sich eine ausgelassene und lustige Stimmung, und die Begeisterung für unseren Bar-Roboter war bei allen spürbar. Sogar Personen, die sonst selten Alkohol trinken, probierten gleich mehrere Cocktails aus. Die Drinks waren so beliebt, dass der Vodka bereits vor dem Ende des Abends ausgetrunken war.

Im eigentlichen Testdurchlauf konnten alle Gäste sämtliche Drinks verkosten. Das war für uns besonders wichtig, um gezielt Rückmeldungen zum Mischverhältnis zu erhalten. Wir passten die Programmierung direkt während des Betriebs an und liessen die neuen Varianten sofort wieder testen. So wurde jeder Drink mehrfach optimiert, bis am Schluss das Mischverhältnis für alle Cocktails stimmte.

Während des Tests zeigte sich, dass insbesondere Ginger Ale und Tonic Water sehr stark schäumten. Um ein Überschäumen zu verhindern, haben wir die Programmierung spontan so angepasst, dass diese Getränke in zwei Portionen mit einer kurzen Wartezeit dazwischen ausgeschenkt werden. Durch diese Änderung konnten wir auch dieses Problem erfolgreich lösen.

Ein kleiner Wermutstropfen war, dass unsere Getränkekarte zum Zeitpunkt des Tests noch nicht fertiggestellt war. Daher mussten die Gäste die Zutaten, die sie selbst noch ergänzen mussten, von einem Laptop ablesen. Für den nächsten Testlauf würden wir die Getränkekarte auf jeden Fall im Voraus ausdrucken, um den Ablauf für alle zu erleichtern.

Der Stresstest war für uns eine wertvolle Gelegenheit, das System im Realbetrieb zu erproben, direktes Feedback zu sammeln, notwendige Anpassungen sofort umzusetzen. Nebenbei war es für alle ein rundum gelungener und unterhaltsamer Abend.



Abbildung 228: Testdurchlauf

8 Projektabschluss

Im Kapitel «Projektabschluss» werden die letzten und entscheidenden Schritte unseres Projekts dokumentiert. Dazu gehören die Überwachung und Auswertung der Ablaufplanung, die Zeitauswertung sowie die Budgetkontrolle. Ein besonderer Fokus liegt auf dem Soll-Ist-Vergleich, der zeigt, wie sich die tatsächliche Projektumsetzung gegenüber der ursprünglichen Planung entwickelt hat und welche Anpassungen erforderlich waren.

Darüber hinaus evaluieren wir die Zielerreichung des Projekts und reflektieren unsere Erfahrungen im Team. Die Abschnitte «Lessons Learned» und die persönlichen Rückblicke geben einen Einblick in die wichtigsten Erkenntnisse aus der gemeinsamen Arbeit und zeigen, wie wir uns als Team weiterentwickelt haben. Das Kapitel bietet damit einen umfassenden Abschluss, der sowohl die fachlichen Ergebnisse als auch die persönlichen und organisatorischen Entwicklungen beleuchtet.

8.1 Projektüberwachung

Im Kapitel «Projektüberwachung» analysieren wir die wichtigsten Steuerungs- und Kontrollinstrumente unseres Projekts. Dabei nehmen wir die Ablaufplanung, die Zeitauswertung und die Budgetauswertung genauer unter die Lupe. Ziel dieses Kapitels ist es, die tatsächlichen Abläufe mit den ursprünglichen Planungen zu vergleichen, Abweichungen zu erkennen und daraus wertvolle Erkenntnisse für die weitere Projektarbeit abzuleiten. So schaffen wir Transparenz über den Projektverlauf und können beurteilen, wie effizient und zielgerichtet das Projekt umgesetzt wurde.

8.1.1.1 Auswertung Ablaufplanung

Aus dem Soll-Ist-Vergleich ist auf den ersten Blick ersichtlich, dass viele Arbeitsschritte nicht exakt mit den ursprünglich geplanten Abläufen übereinstimmen. Die Phase der Projektinitialisierung verlief recht planmässig. Die meisten Aufgaben wurden pünktlich begonnen und auch abgeschlossen. Die Namensfindung startete zwar einige Wochen später, stellte aber keinen Engpass dar, da sie weniger zeitkritisch war und schneller als erwartet erledigt werden konnte. Das Lastenheft wurde mit Andreas Holzer etwas verspätet besprochen, was zu einer kleinen Verzögerung führte. Da das Pflichtenheft jedoch termingerecht unterzeichnet wurde, kam es in der Projektinitialisierung zu keinen grösseren Verspätungen.

In der Planungsphase haben wir uns jedoch deutlich verschätzt und dieser Abschnitt erhielt zu wenig Aufmerksamkeit. Der Start mit dem Projektstrukturplan verlief noch wie geplant, doch das Gantt-Diagramm wurde verspätet fertiggestellt, wodurch der Netzplan nicht mehr rechtzeitig erstellt werden konnte. Die Kommunikationsplanung dauerte in Wirklichkeit weniger lang als oben gekennzeichnet, allerdings wurde die Besprechung zur Planung mit Andreas Holzer erst spät angesetzt, sodass der entsprechende Meilenstein mit deutlicher Verzögerung erreicht wurde.

Die Projektrealisierung verlief dagegen überwiegend nach Plan. Fast alle Arbeiten wurden zum vorgesehenen Zeitpunkt abgeschlossen, was angesichts des engen Zeitrahmens in der Ausführungsphase besonders wichtig war. Einige Aufgaben haben wir sogar deutlich früher begonnen, um die vorgegebenen acht Wochen optimal zu nutzen. Die Platine wurde möglichst früh bestellt, sodass im Fall von Fehlern im Schema noch Anpassungen und eine Nachbestellung möglich waren. Auch der Zusammenbau startete frühzeitig, damit alle Komponenten rechtzeitig geplant, gefertigt und verbaut werden konnten. Das war im Nachhinein betrachtet auch absolut notwendig, da wir erst eine Woche später als ursprünglich geplant fertig wurden. Die Kostenkontrolle wurde ab der ersten Bestellung kontinuierlich geführt und begann daher ebenfalls früher als vorgesehen, da sie eng mit dem Aufbau verknüpft war. Im späteren Verlauf konnten wir die Termine wieder besser einhalten, wobei auch die Programmierung teils früher begann als geplant.

In der Abschlussphase lagen wir dann wieder voll im Zeitplan. Praktisch alle Aufgaben konnten zum geplanten Zeitpunkt abgeschlossen werden. Die Übergabe an den Kunden, die wir mit den Abschlusstests kombiniert haben, erfolgte sogar einen Tag früher als ursprünglich vorgesehen.

8.1.1.2 Fazit Ablaufplanung

Der Soll-Ist-Vergleich zeigt, dass eine sorgfältige und realistische Planung zwar unerlässlich ist, aber Flexibilität und vorausschauendes Handeln während des Projektverlaufs oft entscheidend sind. Gerade in komplexen Projekten treten immer wieder unerwartete Verzögerungen oder zusätzliche Vorarbeiten auf, die flexibel angepasst werden müssen. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, frühzeitig mit kritischen Aufgaben zu beginnen und ausreichend Puffer für unvorhergesehene Ereignisse einzuplanen. So konnten wir trotz einzelner Abweichungen alle wesentlichen Projektziele erreichen und die Abschlussarbeiten sogar vor dem ursprünglich angesetzten Termin abschliessen, sodass einer pünktlichen Abgabe nichts im Wege stand.

8.1.2 Zeitauswertung

Seit Beginn des Projekts haben wir mithilfe einer Excel-Tabelle unsere jeweils investierten Stunden kontinuierlich dokumentiert. Die untenstehenden Auswertungen zeigen, wie viele Arbeitsstunden jeder von uns im Verlauf des Projekts aufgewendet hat.

8.1.2.1 Zeitauswertung Andreas Gabriel

Datum:	Zeit (h):	Tätigkeit / Arbeitsbeschreibung:
29.04.2025	4.00	Ideensammlung erstellt / Videos von ähnlichen Produkten studiert
04.05.2025	2.00	Erste Skizze Produkt gezeichnet / Erste Produktesuche / Erstellen von Teamsgruppe und OneNote
08.05.2025	2.00	Abgleich mit Kevin / Ideenpräsentation an Andy Holzer
09.05.2025	2.00	Erstellen von Kostenkontrolle / Produkteliste / 1. Entwurf Sponsoringanfrage
10.05.2025	2.50	Produktesuche
11.05.2025	3.00	Produktesuche
15.05.2025	1.00	Materialbesprechung
16.05.2025	1.00	Produktesuche
17.05.2025	5.00	Startsitzung Projekt / Produktesuche / Themeneingabe vorbereiten / Sponsoringanfragen
18.05.2025	3.00	Zielscheibe vorbereitet / Schriftliche Arbeit vorbereitet / Lebenslauf erstellt
24.05.2025	5.00	Arbeitsbesprechung, Zielscheibe, Besprechung Schema / Versand Sponsoringanfragen
25.05.2025	1.00	Namensvorschläge gesucht / Suche Lieferant Metallprofile
31.05.2025	1.50	Produktesuche / Ablagesystem vereinfacht
01.06.2025	2.00	Produktesuche / Projektdoku
03.06.2025	0.50	Projektdoku
04.06.2025	1.00	Projektdoku
05.06.2025	0.75	Abgleich mit Kevin
08.06.2025	2.00	Projektdoku
09.06.2025	2.50	Abgleich / Themeneingabe
14.06.2025	2.00	Sponsoringanfrage / Dokumentation / Logo erstellen
15.06.2025	6.00	Bestellliste erstellen / weiteres vorgehen besprechen / Dokumentation
17.06.2025	0.50	Sponsoringanfrage Legrand
19.06.2025	5.00	Schema Zeichnen / diverse Abklärungen / Mind-Map
22.06.2025	6.50	Materialbestellung / Mind-Map / Morphologischer Kasten
23.06.2025	1.00	Bestellung neue Schiene
24.06.2025	1.50	Rückerstattungsgesuche / Weitere Abklärungen Amazon
26.06.2025	2.50	Besprechung weiteres Vorgehen / Bestellung neue Schiene
28.06.2025	4.50	Variantenbildung / Ausarbeitung Varianten / Bewertungskriterien
29.06.2025	4.00	Variantenbewertung / Kontrolle Schema
03.07.2025	0.50	Klärung Fragen mit Andreas Holzer
05.07.2025	8.00	Materialsuche / Projektdoku / Bestellungen
06.07.2025	0.75	Ausarbeitung Variante
07.07.2025	1.25	Produkteliste ergänzt
08.07.2025	2.00	Mängelrüge Barbutler und Tisch / Produkteliste ergänzt
09.07.2025	2.00	Produkteliste ergänzt / QR-Code erstellt und eingefügt
12.07.2025	3.00	Abgleich / Produktesuche
16.07.2025	3.00	Suche nach geeigneten Kühlschränken
21.07.2025	1.00	Sponsoringanfrage Kühlschränke
22.07.2025	3.00	Projektdoku SWOT-Analyse / Kommunikationsplanung
24.07.2025	4.00	Kommunikationsplanung / Ausgearbeitete Variante dokumentiert
25.07.2025	9.50	Zusammenbau Roboter
26.07.2025	4.00	Einkauf AliExpress, Ikea / Ausgearbeitete Variante dokumentiert / Produkteliste ergänzt
27.07.2025	3.00	Ausgearbeitete Variante dokumentiert / Zusammenbau Roboter
28.07.2025	2.00	Ausgearbeitete Variante dokumentiert
29.07.2025	2.00	Ausgearbeitete Variante dokumentiert / Abklärung Frankenspalter
30.07.2025	2.00	Ausgearbeitete Variante dokumentiert / Abklärung Frankenspalter
01.08.2025	4.00	Schema bearbeitet / Footprint hinterlegt
02.08.2025	8.00	Schema bearbeitet / Footprint hinterlegt / Abholung Kühlschränke in Buchs SG
03.08.2025	10.00	Zusammenbau Roboter
04.08.2025	3.00	Footprints anpassen
05.08.2025	3.50	Material raussuchen und bestellen
06.08.2025	2.00	Infos Rooting gesucht
07.08.2025	1.50	Besprechung Schema
08.08.2025	2.00	Schemaanpassungen
09.08.2025	12.75	Schema fertiggestellt / Rooting
10.08.2025	5.50	Rooting / Bestellung Platine
11.08.2025	3.00	Materialliste ergänzt / QR-Code generiert / Kontrolle JLCPCB
13.08.2025	1.50	Materialliste ergänzt / QR-Code generiert
15.08.2025	1.00	Material entgegengenommen und kontrolliert / Dokumentation
16.08.2025	5.00	Betriebssystem Pico laden
17.08.2025	4.00	Betriebssystem Pico laden
18.08.2025	2.00	Schema anpassen / Bilder von Visualisierung
19.08.2025	1.50	Schema anpassen / Bilder von Visualisierung
20.08.2025	2.00	Dokumentation
22.08.2025	2.00	Fehlersuche Pico
23.08.2025	3.00	Pico Fehler beheben und aktualisieren / MAC-Adresse ändern
24.08.2025	9.00	Zusammenbau Roboter
25.08.2025	1.50	Dokumentation / Pico Lüfter tauschen
26.08.2025	2.00	Bestellung Kühlschrank / Dokumentation

27.08.2025	2.00	Dokumentation / Zusammenbau Roboter
29.08.2025	2.00	Dokumentation / Zusammenbau Roboter
30.08.2025	9.00	Lasten- und Pflichtenheft / Dokumentation
31.08.2025	4.00	Dokumentation / Produktesuche Bierschlauch
01.09.2025	2.00	Dokumentation / Zusammenbau Roboter
02.09.2025	1.50	Dokumentation / Zusammenbau Roboter
03.09.2025	1.00	Dokumentation / Zusammenbau Roboter
04.09.2025	1.50	Besprechung Lasten- und Pflichtenheft / Anpassung Doku
06.09.2025	9.00	Anpassung Lasten- und Pflichtenheft / Bestellung Material
07.09.2025	5.00	Erstellen Protokollvorlage / Versand Dokumente / Dokumentation
08.09.2025	0.50	rapportieren / Rückfragen bei Andi Holzer
09.09.2025	1.50	Dokumentation / Zusammenbau Roboter
10.09.2025	2.00	Dokumentation / Zusammenbau Roboter
11.09.2025	3.00	Besprechung Lasten und Pflichtenheft / Dokumentation / Zusammenbau Roboter
13.09.2025	4.00	Gantt-Diagramm / Dokumentation / Zusammenbau Roboter
14.09.2025	8.00	Zusammenbau Roboter / IBN
15.09.2025	1.50	Dokumentation / Zusammenbau Roboter
16.09.2025	2.50	Besprechung Gantt-Diagramm / Dokumentation / Zusammenbau Roboter
17.09.2025	1.00	Dokumentation / Zusammenbau Roboter
18.09.2025	1.00	Besprechung vor Ort
19.09.2025	1.50	Dokumentation / Zusammenbau Roboter / Erstellung Testprogramme
20.09.2025	7.50	Zusammenbau Roboter / Testversuche
21.09.2025	7.50	Zusammenbau Roboter / Testversuche
22.09.2025	2.00	Netzplan
23.09.2025	2.00	Dokumentation / Erstellung Testprogramme
24.09.2025	2.00	Dokumentation / Erstellung Testprogramme
26.09.2025	7.50	Zusammenbau Roboter / Testversuche / Fehlerbehebungen
27.09.2025	4.00	Erstellung Testprogramme
28.09.2025	7.00	Dokumentation / Erstellung Testprogramme
29.09.2025	2.00	Dokumentation / Erstellung Testprogramme
30.09.2025	2.00	Bestellung Materialien
01.10.2025	2.50	Recherche Alkohollieferanten / Dokumentation
03.10.2025	6.00	Erstellung Messprotokolle
04.10.2025	7.00	Erstellung Messprotokolle / Dokumentation
05.10.2025	9.00	Durchführung Erstinbetriebnahme / Fehlersuche Dispenser
06.10.2025	2.00	Tests Hauptprogramm Arduino
07.10.2025	2.00	Dokumentation
08.10.2025	2.00	Dokumentation
09.10.2025	10.00	Anpassung Motor / Bestellung Komponenten / Beschriftungen Roboter
11.10.2025	9.00	Programmierung Arduino / Getränkliste / Bilder Getränke / Preisvergleich Alkohol
12.10.2025	10.00	Dokumentation Zukunft Roboter / Getränkliste / Zusammenbau / Preisvergleich Alkohol
13.10.2025	2.00	Dokumentation Planung
14.10.2025	2.00	Dokumentation Planung / AVOR Meilensteingespräch
15.10.2025	7.00	Herstellung Schnittstelle Codesys zu Arduino / Meilensteingespräch
16.10.2025	8.50	Code Arduino anpassen / Start Codesys / Protokoll Besprechung / Planung
17.10.2025	2.00	Dokumentation Planung
18.10.2025	10.00	Programmierung Codesys / Tests Ablaufsteuerungen / Dokumentation
19.10.2025	10.50	Programmierung Codesys / Tests Ablaufsteuerungen / Dokumentation / Projektstatusbericht
20.10.2025	2.00	Dokumentation Planung
21.10.2025	5.00	Fehlersuche am Roboter / Kioskmodus mit Andi
22.10.2025	9.00	Programmierung Codesys / Tests Ablaufsteuerungen / Dokumentation / Fehlersuche
23.10.2025	11.00	Programmierung Codesys / Tests Ablaufsteuerungen / Dokumentation / Fehlersuche
24.10.2025	14.00	Programmierung Codesys / Tests Ablaufsteuerungen / Dokumentation / Fehlersuche / Bestellung Material
25.10.2025	12.00	Programmierung Codesys / Tests Ablaufsteuerungen / Dokumentation / Fehlersuche / Bestellung Material
26.10.2025	6.00	Programmierung Codesys / Erstellung Visualisierung / Projektstatusbericht
27.10.2025	3.00	Dokumentation
28.10.2025	2.50	Dokumentation
29.10.2025	2.50	Dokumentation
30.10.2025	9.50	Dokumentation / Zusammenbau Roboter
31.10.2025	4.00	Programmierung Warnmeldung / Verfeinerung Programm
01.11.2025	11.50	Feineinstellungen Bar-Roboter / Vorbereitung Testdurchläufe / Tests mit Testpersonen
02.11.2025	9.00	Erstellung Protokolle / Dokumentation
03.11.2025	2.50	Dokumentation
04.11.2025	3.00	Dokumentation
05.11.2025	3.00	Dokumentation
06.11.2025	10.00	Dokumentation
07.11.2025	8.00	Dokumentation
08.11.2025	8.00	Dokumentation
09.11.2025	8.00	Dokumentation
Ergebnis	568.00	

Tabelle 20: Zeitauswertung Andreas

8.1.2.2 Zeitauswertung Kevin Lorber

Datum:	Zeit (h):	Tätigkeit / Arbeitsbeschreibung:
08.05.2025	2.00	Ideeensammlung + Abklärungen
13.05.2025	2.00	Materialsuche
15.05.2025	1.00	Materialbesprechung
17.05.2025	3.00	Startsitzung Projekt
21.05.2025	1.75	Sponsorenanfragen bearbeiten Starten mit Schema
24.05.2025	3.00	Arbeitsbesprechung, Zielscheibe, Besprechung Schema
05.06.2025	0.75	Abgleich mit Andy
09.06.2025	2.50	Abgleich Themeneingabe
15.06.2025	5.00	Bestellliste erstellen, weiteres vorgehen besprechen
19.06.2025	4.00	Schema Zeichnen / diverse Abklärungen
22.06.2025	6.50	Materialbestellung / Mind-Map / Morphologischer Kasten
26.06.2025	4.00	Schema Zeichnen
28.06.2025	1.50	Variantenbildung
29.06.2025	4.00	Variantenbewertung / Kontrolle Schema
02.07.2025	2.50	Schema Zeichnen
03.07.2025	0.50	Klärung Fragen mit Andreas Holzer
05.07.2025	4.00	Materialsuche / Projektdoku
08.07.2025	1.00	Bau Roboter
09.07.2025	2.50	Zusammenbau Roboter
11.07.2025	1.00	Zusammenbau Roboter
12.07.2025	5.75	Zusammenbau Roboter
13.07.2025	3.50	Zusammenbau Roboter
15.07.2025	3.00	Zusammenbau Roboter
16.07.2025	4.00	Zusammenbau Roboter
22.07.2025	4.75	Zusammenbau Roboter
24.07.2025	4.50	Zusammenbau Roboter
25.07.2025	9.50	Zusammenbau Roboter
26.07.2025	2.50	Zusammenbau Roboter
28.07.2025	1.25	Zusammenbau Roboter
29.07.2025	4.25	Zusammenbau Roboter
30.07.2025	4.00	Zusammenbau Roboter
31.07.2025	2.00	Zusammenbau Roboter
02.08.2025	3.25	Zusammenbau Roboter
03.08.2025	9.25	Zusammenbau Roboter
04.08.2025	5.00	Zusammenbau Roboter
05.08.2025	3.00	Material raussuchen und bestellen
07.08.2025	1.50	Besprechung Schema
09.08.2025	12.75	Schema fertiggestellt / Rooting
10.08.2025	5.00	Rooting / Bestellung Platine
18.08.2025	3.00	Zusammenbau Roboter
19.08.2025	3.00	Zusammenbau Roboter
24.08.2025	9.75	Zusammenbau Roboter
27.08.2025	4.25	Zusammenbau Roboter
30.08.2025	7.50	Dokumentation
31.08.2025	5.25	Zusammenbau Roboter
03.09.2025	3.00	Verdrahten der Steuerung
06.09.2025	7.00	Lasten und Pflichtenheft + Mat. bestellen
08.09.2025	2.50	Zusammenbau + Verdrahten
10.09.2025	4.75	Zusammenbau Roboter
13.09.2025	4.25	Gantt-Diagramm / Dokumentation / Zusammenbau Roboter
14.09.2025	8.00	Zusammenbau Roboter
15.09.2025	1.00	Umbau von Kühlschranks
16.09.2025	2.75	Zusammenbau Z-Achse, Besprechung Gantt Diagramm
17.09.2025	3.75	Zusammenbau Z-Achse und X-Achse, Einbau von Kühlschranks
20.09.2025	7.75	Zusammenbau Roboter
21.09.2025	5.75	Zusammenbau Roboter, Drinkzusammenstellung, Programmierung
23.09.2025	2.50	Dokumentation von Zusammenbau
24.09.2025	4.00	Dokumentation, Getränkeliste, Kostenkontrolle
25.09.2025	3.00	Dokumentation
26.09.2025	10.00	Zusammenbau, IBS, Reperatur
05.10.2025	8.75	IBS, Roboter testen, Dispenser testen
07.10.2025	4.50	Fehlersuche Z-Achse, Tablar zusammenbauen, Tischrollen

08.10.2025	3.00	Montage von Räder, Tabler
09.10.2025	10.00	Z-Achse anpassen, Montage Räder, Beschriftung, Test Z-Achse
10.10.2025	1.00	Räder abkitten, Material organisieren
11.10.2025	11.00	Dokumentation, Programmierung, Montage von Abdeckungen
12.10.2025	9.50	Montage von Abdeckungen, Dokumentation
14.10.2025	2.00	Anschlüsse Getränke, Sitzung Programmierung
16.10.2025	7.00	Programmierung,
18.10.2025	10.25	Programmierung,
19.10.2025	10.25	Programmierung, Umbau Platine
20.10.2025	7.50	Umbau Platine, Programmieren und Relais testen
21.10.2025	5.50	Programmierung, Einbau von Freilaufdioden
22.10.2025	8.00	Zusammenbau, Getränkeanschlüsse anpassen
23.10.2025	12.25	Zusammenbau Roboter, Getränkeanschlüsse
24.10.2025	13.75	Zusammenbau Roboter, Tests
25.10.2025	10.00	Zusammenbau Roboter, Tests
26.10.2025	3.00	Zusammenbau
27.10.2025	4.00	Anschlüsse Getränke anpassen, Reinigen, Rep LED, Testen von Counter und Fehlermeldungen
28.10.2025	4.25	X-Achse einstellen, Getränke testen und einstellen, Anschlüsse undicht Lösung suchen
29.10.2025	5.50	Flaschenanschlüsse, Dokumentation
30.10.2025	8.75	Dokumentation
31.10.2025	0.50	Material besorgen
01.11.2025	12.00	Einstellungen, Tests mit Personen, Material organisieren
02.11.2025	7.75	Dokumentation, Bedienungsanleitung
03.11.2025	1.50	Dokumentation
04.11.2025	3.00	Dokumentation
05.11.2025	2.00	Dokumentation, Bedienungsanleitung
06.11.2025	6.75	Dokumentation
07.11.2025	8.00	Dokumentation
08.11.2025	8.00	Dokumentation
09.11.2025	8.00	Dokumentation
Ergebnis	461.25	

Tabelle 21: Zeitauswertung Kevin

8.1.2.3 Fazit Zeitauswertung

Die Mehrstunden bei Andy sind vor allem darauf zurückzuführen, dass Kevin während des Projekts eine Woche Ferien hatte und Andy bereits in der Vorprojektierungsphase deutlich mehr Zeit investiert hat. Im weiteren Verlauf des Projekts haben wir die Arbeitszeit dann weitgehend gleichmässig aufgeteilt. Auffällig ist auch, dass wir beide deutlich mehr Stunden investiert haben, als in der offiziellen Vorgabe vorgesehen war. Laut Vorgabe sollte eine Diplomarbeit pro Student zwischen 150 und 250 Stunden in Anspruch nehmen. Uns war zwar bewusst, dass wir für ein solch umfangreiches Projekt mehr Zeit einplanen müssen, jedoch haben wir das tatsächliche Ausmass unterschätzt. Dazu beigetragen hat sicher auch unser Anspruch, sowohl beim Bau als auch bei der Dokumentation besonders sorgfältig und perfektionistisch zu arbeiten.

8.1.3 Budgetauswertung

Wie im Kapitel Kostenkontrolle ersichtlich ist, beliefen sich unsere Gesamtausgaben auf 2'983.25 CHF. Das ursprünglich eingeplante Budget von 3'000 CHF haben wir damit ganz knapp eingehalten. In diesem Betrag sind die finanziellen Sponsoringbeiträge unserer Unterstützer allerdings noch nicht berücksichtigt. Da wir von unseren Sponsoren grosszügige 700 CHF erhalten haben, liegen die effektiven Ausgaben für unser Projekt am Ende bei lediglich 2'283.25 CHF.

Wie bereits beschrieben, wurden sämtliche indirekten Kosten wie Wasser- und Stromverbrauch, Maschinenabnutzung oder Fahrtkosten nicht in die Kostenzusammenstellung aufgenommen, da dies den Rahmen der Kostenkontrolle gesprengt hätte.

Aus Jux haben wir zusätzlich grob überschlagen, für welchen Betrag man diesen Bar-Roboter eigentlich verkaufen müsste, wenn auch die Entwicklungskosten und die gesamte Dokumentation einberechnet wären. Dafür haben wir den Stundenansatz von 155 CHF verwendet, wie er bei unserem Arbeitgeber üblich ist. Mithilfe der Zeitauswertung konnten wir die aufgewendeten Stunden erfassen und mit diesem Ansatz multiplizieren. Insgesamt sind wir von etwa 1'000 Stunden ausgegangen, wobei rund 200 Stunden allein für die Dokumentation investiert wurden, die für das eigentliche Projekt keinen unmittelbaren Mehrwert brachte. Die verbleibenden 800 Stunden multipliziert mit dem Stundensatz ergeben bereits ca. 124'000 CHF. Rechnet man die Materialkosten von knapp 3'000 CHF dazu, käme man auf einen Mindestbetrag von etwa 130'000 CHF, den man verlangen müsste.

Diese Rechnung zeigt sehr anschaulich, weshalb viele elektronische Komponenten oder Systeme so teuer erscheinen, obwohl die eigentlichen Produktionskosten oft gering sind. Der wirklich grosse Kostenanteil liegt in der Entwicklung, ein Aspekt, der leicht unterschätzt wird.

8.2 Evaluation der Zielerreichung Anforderungen Lastenheft

Die Evaluation der Zielerreichung ist ein zentraler Schritt, um den Erfolg unseres Projekts zu beurteilen. Dabei analysieren wir, inwieweit die im Lastenheft definierten Anforderungen tatsächlich umgesetzt wurden und ob das Endprodukt diesen Vorgaben entspricht. Am einfachsten gelingt dies, indem wir die erreichten Ergebnisse den im Lastenheft festgelegten Anforderungen gegenüberstellen.

8.2.1 Anforderung Getränkeausgabe

Der Baromat soll in der Lage sein, verschiedene Getränke, sowohl alkoholische als auch nicht alkoholische, automatisiert zu mischen und auszugeben. Die Auswahl der gewünschten Getränke sowie die Menge erfolgt über ein benutzerfreundliches Bedienoberfläche. Die einzelnen Zutaten werden automatisch und präzise dosiert und in ein Glas gefüllt. Die Ausgabe erfolgt hygienisch und ohne Tropfen.

Das Ziel, mit dem Baromat verschiedene Getränke automatisiert zu mischen und auszugeben, wurde vollumfänglich erreicht. Die Auswahl der gewünschten Getränke erfolgt über eine benutzerfreundliche Bedienoberfläche, die von den Testpersonen als intuitiv und klar verständlich beurteilt wurde.

Im Praxistest wurden alle Zutaten automatisch und präzise dosiert und zuverlässig in das Glas gefüllt. Die Ausgabe verlief hygienisch und nahezu tropffrei, sodass die Anforderungen an eine saubere und kontrollierte Getränkeausgabe erfüllt wurden.

8.2.2 Anforderung Hygiene und Sicherheit

Alle Komponenten, die mit Getränken in Kontakt kommen, müssen lebensmittelecht, korrosionsbeständig und leicht zu reinigen sein. Die Konstruktion soll so gestaltet werden, dass keine Rückstände oder Toträume entstehen, in denen sich Verunreinigungen ablagern können. Elektrische Sicherheit ist durch geeignete Schutzmassnahmen wie Not-Aus, Schutzleiter, Absicherungen und Berührungsschutz zu gewährleisten.

Alle Komponenten, die mit Getränken in Kontakt kommen, wurden aus lebensmittelechten und korrosionsbeständigen Materialien gefertigt. Die Konstruktion wurde so gestaltet, dass keine Rückstände oder Toträume entstehen, in denen sich Verunreinigungen ablagern könnten. Die Reinigung der Bauteile ist problemlos möglich und wurde im praktischen Einsatz erfolgreich getestet.

Auch die elektrische Sicherheit wurde durch geeignete Schutzmassnahmen gewährleistet. Not-Aus-Schalter, Schutzleiter, Absicherungen und Berührungsschutz sind umgesetzt und wurden im Rahmen der Abnahmeprüfungen kontrolliert. Damit sind sowohl die Anforderungen an die Hygiene als auch an die elektrische Sicherheit gemäss den Vorgaben vollständig erfüllt.

8.2.3 Anforderung Bedienung

Die Bedienoberfläche, sei es ein Touchdisplay oder ein Tastenfeld, muss intuitiv und selbsterklärend gestaltet sein. Fehlermeldungen und Statusanzeigen müssen klar verständlich und gut sichtbar dargestellt werden, damit der Benutzer jederzeit über den aktuellen Betriebszustand informiert ist. Zusätzlich soll die Benutzerführung logisch aufgebaut sein, um eine breite Nutzergruppe anzusprechen.

Die Bedienoberfläche wurde als Touchdisplay umgesetzt und ist intuitiv sowie selbsterklärend gestaltet. Fehlermeldungen und Statusanzeigen werden klar verständlich und gut sichtbar dargestellt, sodass der Benutzer jederzeit über den aktuellen Betriebszustand informiert ist. Die Benutzerführung ist logisch aufgebaut und ermöglicht eine einfache Bedienung, wodurch auch Nutzer ohne Vorkenntnisse problemlos mit dem System zurechtkommen. Damit werden die Anforderungen an eine benutzerfreundliche und zugängliche Bedienoberfläche vollständig erfüllt.

8.2.4 Anforderung Aufbau

Das System soll so konstruiert werden, dass einzelne Baugruppen, wie zum Beispiel Pumpen, Steuerung oder Kühlung, leicht ausgetauscht, gewartet oder erweitert werden können. Eine modulare Bauweise erleichtert die Wartung, Reparatur und spätere Erweiterungen oder Anpassungen an neue Anforderungen. Schnittstellen und Verbindungen zwischen den Modulen sollen standardisiert und klar dokumentiert sein, damit auch ein Austausch durch technisch versierte Dritte problemlos möglich ist.

Das System wurde modular aufgebaut, sodass einzelne Baugruppen wie CO₂-Trakt, Steuerung oder Kühlung leicht ausgetauscht, gewartet oder erweitert werden können. Die modulare Bauweise hat sich im Testbetrieb bewährt und ermöglicht sowohl eine einfache Wartung als auch Reparaturen und Anpassungen an neue Anforderungen. Schnittstellen und Verbindungen zwischen den Modulen sind standardisiert und klar dokumentiert, sodass auch technisch versierte Dritte problemlos Komponenten austauschen oder das System erweitern können. Damit sind die Anforderungen an Wartungsfreundlichkeit, Erweiterbarkeit und Dokumentation vollständig erfüllt.

8.2.5 Anforderung Dokumentation

Alle Entwicklungsschritte, Schaltpläne, Stücklisten, Software und die Bedienungsanleitung müssen sauber dokumentiert und nachvollziehbar abgelegt werden. Die Dokumentation muss den Anforderungen der TEKO Luzern entsprechen und so gestaltet sein, dass sie eine lückenlose Nachvollziehbarkeit des gesamten Entwicklungsprozesses ermöglicht. Änderungen und Versionen sind eindeutig zu kennzeichnen. Die Unterlagen sind zentral und strukturiert abzulegen, sodass sie für alle Projektbeteiligten jederzeit zugänglich sind.

Alle Entwicklungsschritte, Schaltpläne, Stücklisten, Software sowie die Bedienungsanleitung wurden vollständig und nachvollziehbar dokumentiert. Die Dokumentation entspricht den Vorgaben der TEKO Luzern und ermöglicht eine lückenlose Nachverfolgung des gesamten Entwicklungsprozesses. Änderungen und Versionen wurden eindeutig gekennzeichnet. Sämtliche Unterlagen sind zentral und strukturiert auf Microsoft Teams abgelegt, sodass sie für alle Projektbeteiligten jederzeit zugänglich sind. Damit erfüllt die Dokumentation sämtliche Anforderungen an Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Zugänglichkeit.

8.3 Evaluation der Zielerreichung Zielscheibe

Die Evaluation der Zielerreichung ist ein zentraler Schritt, um den Erfolg unseres Projekts zu beurteilen. Dabei analysieren wir, inwieweit die in der Zielscheibe des Pflichtenhefts definierten Ziele tatsächlich erreicht wurden. Dies gelingt am einfachsten, indem wir die Endergebnisse mit den dort festgelegten Erfolgskriterien vergleichen.

1. Es liegt eine vollständige Projektdokumentation im Format A4 vor.
 - Es können keine Abweichungen zum 4-Phasenmodell festgestellt werden und es müssen max. 10 Verständnisfragen geklärt werden.

Die Dokumentation ist vollständig und wurde im A4-Format verfasst. Sie orientiert sich am 4-Phasenmodell und wurde entsprechend strukturiert erstellt. Seitens des Betreuers gab es keine Verständnisfragen, was die Nachvollziehbarkeit und Klarheit der Ausarbeitung bestätigt.

2. Eine Analyse der Ausgangslage ist durchgeführt und beschrieben.
 - Die Analyse der Funktion des Bar-Roboters liefert belegbare Daten und Erkenntnisse, die als Grundlage für weitere Entscheidungen und Massnahmen dienen.

Es wurde eine umfassende Analyse durchgeführt, die uns bei weiteren Entscheidungen und beim Zusammenbau des Systems unterstützt hat.

3. Die Projektstruktur- sowie Projektablaufplanung ist erstellt.
 - Der Detaillierungsgrad sowie die logische Abfolge der Arbeitspakete wird durch den Experten als sinnvoll und zweckmässig beurteilt.

Der Ablauf und die Struktur wurden von uns selbst ausgearbeitet und sind in der Dokumentation klar ersichtlich. Der Betreuer empfand diese als sinnvoll und angemessen.

4. Es liegen drei Grobvarianten vor.
 - Es sind drei verschiedene Varianten im Dokument vorhanden, die sich min. 30% voneinander unterscheiden.

Es wurden drei Grobvarianten erstellt, die unterschiedliche Aspekte abdecken und sich in ihren Ausprägungen jeweils um mehr als 30 % unterscheiden.

5. Die Varianten sind bewertet
 - Für die Experten sind min. 50% der Kriterien sinnvoll gewählt und bewertet.

Der Betreuer hat weniger als 50% der Kriterien als nicht sinnvoll erachtet, was im Umkehrschluss einer Zustimmung von über 50% entspricht.

Projektabschluss

6. Die favorisierte Variante ist korrekt ausgearbeitet
- In Bezug auf Verständlichkeit und Konkretisierung müssen max. 5 Verständnisfragen geklärt werden.

Die favorisierte Variante wurde von uns ausgearbeitet. Seitens der Experten gab es keine Verständnisfragen.

7. Der Bau des Bar-Roboters bleibt innerhalb des festgelegten Budgets.
- Die geplanten Kosten von 3'000 CHF wurden in einer Budgettabelle mit den Ist-Kosten gegenübergestellt. Die Abweichung liegt bei max. +10 % des ursprünglichen Budgets. Belege und Sponsoring-Anteile sind dokumentiert.

Die geplanten Kosten von 3'000 CHF wurden knapp eingehalten. Alle entstandenen Ausgaben wurden in einer Exceltabelle erfasst und in die Dokumentation aufgenommen. Auch die erhaltenen Sponsoringbeiträge sind in der Arbeit entsprechend ausgewiesen.

8. Mit dem Roboter können mindestens 10 verschiedenen Mischgetränke erstellt werden.
- Der Roboter kann min. 10 vordefinierte Rezepte aufrufen, korrekt dosieren und reproduzierbar mischen. Die Rezepte sind dokumentiert und wurden im Rahmen von Tests überprüft.

Der Roboter kann 16 verschiedene Getränke zuverlässig und reproduzierbar mischen. Die jeweiligen Rezepte der einzelnen Getränke sind in der Dokumentation festgehalten.

9. Der Bar-Roboter kann mindestens fünf verschiedene Schnapsflaschen aufnehmen.
- Mindestens fünf Schnapsflaschen werden sicher und funktionsfähig gehalten und können einfach ersetzt werden.

Der Bar-Roboter kann acht verschiedene Alkoholflaschen aufnehmen. Dank der selbst konstruierten Halterung lassen sich die Flaschen einfach austauschen und sind während des Betriebs sicher fixiert.

10. Der Getränke-roboter ist für handelsübliche Alkohol- und Süssgetränkeflaschen geeignet.
- Handelsübliche Flaschen lassen sich problemlos einsetzen und betreiben.

Handelsübliche Alkoholflaschen lassen sich einfach auf der Halterung montieren und befestigen. Auch in den Kühlschränken können dank der Anschlussstücke handelsübliche Süssgetränkeflaschen problemlos eingesetzt und genutzt werden.

Projektabschluss

11. Eine CO₂-Flasche reicht für die Zubereitung von mindestens 20 Getränken.
- Mit einer CO₂-Füllung können ohne Unterbruch mindestens 20 Getränke ausgegeben werden.

Inklusive aller Testversuche haben wir über 100 verschiedene Getränke zubereitet. Dabei hat die Gasflasche nur etwa 10 % ihres ursprünglichen Drucks verloren. Die geforderte Mindestanzahl von 20 Getränken wurde somit deutlich überschritten.

12. Der autonome Betrieb des Bar-Roboters ist bei Anschluss an eine funktionierende 230V-Steckdose möglich.
- Der Roboter arbeitet selbstständig und zuverlässig, sobald er an eine 230V-Steckdose angeschlossen ist und kann so autonom betrieben werden.

Nach dem Einstecken in eine 230V-Steckdose nimmt der Roboter den Betrieb selbstständig auf und arbeitet zuverlässig ohne weitere Eingriffe. Damit ist ein durchgehend autonomer Betrieb gewährleistet.

13. Für den Bar-Roboter liegt eine vollständige Betriebsanleitung vor.
- Die Betriebsanleitung ermöglicht eine sichere und eigenständige Inbetriebnahme und Bedienung durch Dritte.

Die Bedienungsanleitung liegt dem Roboter bei, sodass ein eigenständiger Betrieb durch Dritte jederzeit möglich ist. Sie enthält alle wesentlichen Informationen zu Sicherheit, Inbetriebnahme, Bedienung, Wartung sowie Störungsbehebung und wird in der jeweils aktuellen Fassung mitgeliefert.

14. In den Kühlschränken können mindestens vier verschiedene Süssgetränkeflaschen untergebracht werden.
- Mindestens vier Süssgetränkeflaschen passen gleichzeitig in die Kühlschränke und sind für den Betrieb verfügbar.

In jeden Kühlschrank passen drei Sorten Süssgetränke mit jeweils zwei Flaschen. Da zwei Kühlschränke verbaut sind, können insgesamt zwölf Flaschen gleichzeitig verstaut werden.

15. Die hygienischen und sicherheitstechnischen Anforderungen sind eingehalten.
- Alle flüssigkeitsführenden Teile sind lebensmitteltauglich. Es bestehen keine elektrischen Gefahrenstellen, wodurch Personen elektrifiziert werden können.

Sämtliche im Flüssigkeitstrakt eingesetzten Komponenten sind laut Angaben der Lieferanten lebensmitteltauglich. Alle elektrischen Gefahrenstellen sind berührungssicher abgedeckt, sodass keine Gefahr durch Elektrifizierung besteht.

Projektabschluss

16. Es ist ein lessons learned Bericht pro Studenten verfasst und in der Dokumentation berücksichtigt.

- Die Berichte zeigen mind. 2 Erkenntnisse auf, die in zukünftigen Projekten besonderer Beachtung benötigen.

Für jeden Studenten wurde ein eigenes Kapitel im Abschnitt «Lessons Learned» verfasst. Jeder dieser Berichte enthält mindestens zwei konkrete Erkenntnisse, die wir für zukünftige Projekte berücksichtigen wollen.

17. Die Projektarbeit ist anlässlich eines Vortrages dem Betreuer und Experten präsentiert.

- Sämtliche Vorgaben zu den Inhalten der Präsentation wurden berücksichtigt.

Die Präsentation wird am 1. Dezember 2025 zwischen 17:00 und 18:00 Uhr bei der CKW Gebäudetechnik AG in Reussbühl von uns beiden durchgeführt. Die Inhalte entsprechen den Vorgaben aus dem Projektauftrag.

8.4 Lessons Learned

Im Verlauf unseres Projekts haben wir sowohl Herausforderungen gemeistert als auch Erfolge gefeiert. Jeder einzelne Schritt war bedeutend und hat uns neue Erkenntnisse vermittelt. Das Kapitel «Lessons Learned» dient dazu, zurückzublicken und die wichtigsten Lehren zu reflektieren, die wir aus dieser gemeinsamen Projektarbeit mitnehmen konnten.

8.4.1 Team Rekapitulation

Die Entwicklung unseres Bar-Roboters war eine intensive und sehr lehrreiche Zeit für uns beide. Von der ersten Idee bis zur Inbetriebnahme des Prototyps wurden wir sowohl fachlich als auch persönlich gefordert und konnten wertvolle Erfahrungen sammeln. Schon bei der Themenwahl war uns klar, dass wir ein Projekt umsetzen wollten, das verschiedene technische Disziplinen verbindet und ein greifbares Ergebnis liefert. Die Entscheidung für einen Bar-Roboter erwies sich als richtig, da das Projekt uns stets zu kreativen Lösungen motivierte und eine Vielzahl spannender Herausforderungen bot.

Eine der wichtigsten Erkenntnisse war, wie entscheidend eine strukturierte Planung ist. Die Arbeit mit Lasten- und Pflichtenheft, Zeitplanung und regelmässigen Meilensteinen half uns, den Überblick zu behalten und systematisch vorzugehen. Dennoch zeigte sich, dass kein Plan alle Eventualitäten abdecken kann. Flexibilität und die Bereitschaft, spontan zu reagieren, waren unverzichtbar. Termine und Abläufe mussten immer wieder angepasst werden, um unvorhergesehene Schwierigkeiten abzufedern.

Besonders wertvoll war die Zusammenarbeit im Team. Wir konnten uns stets aufeinander verlassen und voneinander profitieren. Dass wir beide zuverlässig, strukturiert und gewissenhaft arbeiten, erwies sich als grosser Vorteil und half uns, Herausforderungen effizient zu meistern. Unser Vier-Augen-Prinzip sorgte dafür, dass Fehler früh erkannt und Missverständnisse vermieden wurden.

Im technischen Bereich mussten wir uns mit verschiedenen Herausforderungen auseinandersetzen. Durch gezielte Recherche, Austausch mit Fachpersonen und praktische Tests konnten wir jedoch für alle auftretenden Probleme passende Lösungen finden.

Zusammengefasst haben wir nicht nur unser technisches Wissen und unser Projektmanagement vertieft, sondern auch gelernt, dass trotz sorgfältiger Planung immer wieder unvorhergesehene Schwierigkeiten auftreten. Entscheidend ist dann, ruhig zu bleiben, lösungsorientiert zu handeln und das Ziel nicht aus den Augen zu verlieren. Rückblickend sind wir sehr zufrieden mit dem Ergebnis und stolz darauf, alle Herausforderungen gemeinsam gemeistert zu haben. Der Bar-Roboter erfüllt die gestellten Anforderungen zuverlässig, und wir nehmen viele Erkenntnisse mit, die uns in zukünftigen Projekten weiterhelfen werden.

8.4.2 Reflexion - Andreas Gabriel

Während der Umsetzung unseres Bar-Roboter-Projekts habe ich viele wertvolle Erfahrungen gesammelt, die mir für zukünftige Arbeiten weiterhelfen werden. Besonders eindrücklich war für mich der enorme Zeitaufwand, den dieses Projekt erfordert hat. Wir haben extrem viele Stunden investiert, oft auch abends und an den Wochenenden. Daraus habe ich gelernt, künftig bei der Projektwahl vielleicht eine kleinere Aufgabe in Betracht zu ziehen oder mich früher mit einer guten, statt einer perfekten Lösung zufriedenzugeben. Perfektionismus ist zwar ein Antrieb, kann aber schnell zu unnötigem Mehraufwand führen.

Die Arbeit im Team ist für mich ein zentraler Erfolgsfaktor geworden. Es hat sich gezeigt, wie wichtig es ist, einen verlässlichen und harmonischen Projektpartner zu haben, wie ich ihn mit Kevin gefunden habe. Da man im Laufe eines solchen Projekts sehr viele Stunden miteinander verbringt, ist es entscheidend, dass die Zusammenarbeit auf persönlicher Ebene funktioniert. Wenn dies nicht der Fall ist, können die vielen gemeinsamen Stunden schnell zur Belastung werden. Umso mehr habe ich es geschätzt, dass wir uns stets aufeinander verlassen konnten und auch bei unterschiedlichen Meinungen gemeinsam eine Lösung fanden.

Technisch gesehen war das Projekt in vielen Bereichen fordernd. Die Integration der verschiedenen Systeme und das Verständnis für die Zusammenhänge zwischen Mechanik, Elektronik und Software haben Zeit und Geduld verlangt. Viele Details wurden erst nach mehreren Tests und Anpassungen richtig klar. Das hat mir gezeigt, wie wichtig es ist, sich frühzeitig mit den verwendeten Komponenten vertraut zu machen und eine durchdachte Planung zu haben.

Besonders faszinierend finde ich, dass ich mir vor drei Jahren nicht hätte vorstellen können, einmal in der Lage zu sein, ein solches Projekt erfolgreich umzusetzen. Heute können wir auf eine sehr gelungene und anspruchsvolle Arbeit zurückblicken, auf die wir beide selbst stolz sein dürfen.

Insgesamt war das Projekt für mich eine bereichernde Erfahrung, sei dies fachlich, aber auch organisatorisch und menschlich. Ich habe gelernt, wie wichtig eine realistische Zeit- und Zielplanung ist, wie sehr Perfektionismus die Arbeitsbelastung steigern kann, und wie zentral eine gute Zusammenarbeit im Team ist. Die Erfahrungen aus diesem Projekt werden mich auch bei zukünftigen Arbeiten begleiten und prägen.

8.4.3 Reflexion - Kevin Lorber

Nach reiflicher Überlegung zum Thema meiner Diplomarbeit schlug Andreas vor, einen Bar-Roboter zu entwickeln. Die Idee überzeugte mich schnell, da die Arbeit für eine Einzelperson viel zu umfangreich gewesen wäre. Es war besonders hilfreich, von bereits gemachten Erfahrungen zu profitieren und typische Herausforderungen frühzeitig zu erkennen.

Im Verlauf des Projekts wurde mir zunehmend bewusst, wie entscheidend eine durchdachte Planung ist. Ohne klare Struktur gerät man schnell in Zeitnot und setzt sich unnötigem Stress aus. Gleichzeitig habe ich gelernt, dass man sich beim Umfang der Arbeit auch leicht übernehmen kann. Wichtig war für mich die Erkenntnis, dass es nicht nur darum geht, Aufgaben einfach abzuarbeiten, sondern auch flexibel zu bleiben, wenn unerwartete Probleme auftreten.

Besonders die Teamarbeit erwies sich als grosser Vorteil. Der regelmässige Austausch mit meinem Teamkollegen ermöglichte es uns, uns gegenseitig zu unterstützen, Fehler schneller zu identifizieren und verschiedene Lösungsansätze zu diskutieren. Allein wäre ich oft in meiner eigenen Perspektive gefangen gewesen. Gemeinsam konnten wir viel voneinander lernen, effizienter arbeiten und unnötige Verzögerungen vermeiden.

Das Projekt hat mir sowohl fachlich als auch methodisch viel gebracht. Ich habe ein tieferes Verständnis für den Ablauf eines Projekts gewonnen und wertvolle Erfahrungen im Umgang mit Problemen gesammelt. Besonders wichtig war für mich die Erkenntnis, dass trotz sorgfältiger Planung immer wieder unvorhergesehene Schwierigkeiten auftreten können und dass es dann entscheidend ist, ruhig zu bleiben und lösungsorientiert zu handeln. Trotz aller Herausforderungen hat mir die Arbeit an diesem Projekt viel Freude bereitet, und ich nehme wichtige Erkenntnisse mit, die mir in zukünftigen Projekten weiterhelfen werden.

9 Redlichkeitserklärung

Die Verfasserinnen und Verfasser bestätigen mit ihrer 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.



Luzern, 9. November 2025

Andreas Gabriel



Luzern, 9. November 2025

Kevin Lorber

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Titelblatt Bar-Roboter	1
Abbildung 2: Lebenslauf Andreas Gabriel	11
Abbildung 3: Lebenslauf Kevin Lorber	12
Abbildung 4: Projektauftrag / Richtlinien	15
Abbildung 5: Beurteilungsformular Diplomarbeit	16
Abbildung 6: Farbpalette Logo	20
Abbildung 7: Logo App	20
Abbildung 8: Logo komplett	21
Abbildung 9: Erster Entwurf Bar-Roboter	22
Abbildung 10: Themeneingabe	23
Abbildung 11: Sponsorentafel	29
Abbildung 12: Lastenheft	54
Abbildung 13: Pflichtenheft	80
Abbildung 14: Beschreibung Netzplan	85
Abbildung 15: Edelstahl Tisch	103
Abbildung 16: Schiene	103
Abbildung 17: Zahnriemen	104
Abbildung 18: Riemenspanner	105
Abbildung 19: Wellenkupplung	105
Abbildung 20: Lagerböcke	105
Abbildung 21: Zahnrad	105
Abbildung 22: Aluprofil	106
Abbildung 23: Steckbuchse	107

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 24: Trafo	107
Abbildung 25: Relais	107
Abbildung 26: TB6600	108
Abbildung 27: Motor Riemenantrieb	108
Abbildung 28: Spindelmotor	109
Abbildung 29: Barbutler	110
Abbildung 30: BIOGON	112
Abbildung 31: Luftverteiler	112
Abbildung 32: Anschlussnippel	112
Abbildung 33: Ventil Luft	113
Abbildung 34: Magnetventil Süssgetränk	113
Abbildung 35: Luftschlauch	114
Abbildung 36: Getränkeschlauch	114
Abbildung 37: Endschalter	115
Abbildung 38: Näherungsschalter	116
Abbildung 39: Touch-Panel	117
Abbildung 40: Not-Aus-Schalter	118
Abbildung 41: Homing-Taster	118
Abbildung 42: Reset-Taster	119
Abbildung 43: Ein- / Aus-Schalter	119
Abbildung 44: Schlüsselschalter	120
Abbildung 45: Pico W	120
Abbildung 46: Pi 4B	121
Abbildung 47: Nunchuk	121
Abbildung 48: Kühlschranks	121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 49: Eiswürfelmaschine	122
Abbildung 50: Brainstorming Risiken	128
Abbildung 51: Übersichtsschema	137
Abbildung 52: Schaltplanentwurf mit Netzteil	140
Abbildung 53: Schaltplanentwurf Andreas Holzer	141
Abbildung 54: Schaltplan	142
Abbildung 55: Leiterplattendesign	143
Abbildung 56: 3D-Modell	144
Abbildung 57: Startdesign	153
Abbildung 58: Tischgrössen	154
Abbildung 59: Aufbau Schnapsflaschenhalter	155
Abbildung 60: Displayhalterung	155
Abbildung 61: Bedienleiste	156
Abbildung 62: Linearschiene	156
Abbildung 63: Transsportschlitten	157
Abbildung 64: Antrieb X-Achse	158
Abbildung 65: Konstruktion Rückwand	159
Abbildung 66: CO ₂ -Trakt	160
Abbildung 67: Anschlussstück Mischgetränke	161
Abbildung 68: Antrieb Z-Achse	162
Abbildung 69: Endschalter X-Achse	163
Abbildung 70: Laufrollen	163
Abbildung 71: Fertig aufgebauter Tisch	190
Abbildung 72: Beule	190
Abbildung 73: Distanzplatte	191

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 74: Verstrebungen _____	191
Abbildung 75: Montage Verstärkung _____	191
Abbildung 76: Fertige Verstärkung _____	191
Abbildung 77: Schnapsflaschenhalter _____	192
Abbildung 78: Schnapsflaschenhalter Seitenansicht _____	192
Abbildung 79: Flaschenhalter zerlegt _____	193
Abbildung 80: Modifizierter Flaschenhalter _____	193
Abbildung 81: Fertiger Flaschenhalter _____	193
Abbildung 82: Flaschenhalter Nahaufnahme _____	193
Abbildung 83: Grundrahmen _____	194
Abbildung 84: Fertiger Displayhalter _____	194
Abbildung 85: Eingebautes Display _____	195
Abbildung 86: Fertiges Display _____	195
Abbildung 87: Displayhalter Front _____	195
Abbildung 88: Displayhalter Rückseite _____	195
Abbildung 89: Montiertes Display Seite _____	196
Abbildung 90: Montiertes Display Front _____	196
Abbildung 91: Schalterpanel Front _____	197
Abbildung 92: Schalterpanel Rückansicht _____	197
Abbildung 93: Fertiges Bedienpanel _____	198
Abbildung 94: Grober Aufbau _____	199
Abbildung 95: Ausrichtung auf Tisch _____	199
Abbildung 96: Montagehilfe _____	200
Abbildung 97: Fertig montierte Schienen _____	200
Abbildung 98: Zuschnitt _____	202

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 99: Bohrlochbestimmung	202
Abbildung 100: Löcher übertragen	202
Abbildung 101: Montage Gleitschienen	202
Abbildung 102: Plexi-Aufbau	203
Abbildung 103: Beleuchtung Schlitten	203
Abbildung 104: Montierter Schlitten	203
Abbildung 105: Schlitten Front	203
Abbildung 106: Montierte Spannrolle	204
Abbildung 107: Montierter Motor	204
Abbildung 108: Übersicht Antrieb	205
Abbildung 109: Fertiger Antrieb	205
Abbildung 110: Führungsrollen für Riemen	205
Abbildung 111: Grundkonstruktion Rückwand	207
Abbildung 112: Profilverbindung	207
Abbildung 113: Grundkonstruktion für Getränkehalter	207
Abbildung 114: LED-Beleuchtung	207
Abbildung 115: Fertige Getränkehalter	207
Abbildung 116: Übersicht Rückwand	207
Abbildung 117: Ausschnitt Kühlschrank	209
Abbildung 118: Isolierung von Kühlschrank	209
Abbildung 119: Dekorfront Kühlschrank	209
Abbildung 120: Teflonabdichtung	211
Abbildung 121: CO ₂ Verteiler	211
Abbildung 122: Süssgetränkeventile	211
Abbildung 123: Fertige Ventile und Verteiler	211

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 124: Leitungen für Süssgetränke	212
Abbildung 125: Süssgetränkeventile	212
Abbildung 126: Anschluss Süssgetränkeventile	212
Abbildung 127: Montage CO ₂ -Ventile	212
Abbildung 128: Platine	214
Abbildung 129: Lüfter Steuerung	214
Abbildung 130: Treiber	214
Abbildung 131: Grundaufbau Steuerung	214
Abbildung 132: Durchführungen	214
Abbildung 133: 230V Anschluss	214
Abbildung 134: Anschluss	215
Abbildung 135: Einspeisepunkt	215
Abbildung 136: Kabelkanal	216
Abbildung 137: Verkabelung von vorne	216
Abbildung 138: Verkabelung von hinten	216
Abbildung 139: Kabeleinführungen	216
Abbildung 140: Kabelbeschriftungen	217
Abbildung 141: Verkabelung Hauptplatine	217
Abbildung 142: Fertige Verdrahtung	217
Abbildung 143: Verteilung von hinten	217
Abbildung 144: Gummimatte	218
Abbildung 145: Flaschenhalter mit Sicherungen	218
Abbildung 146: Montierter Kühlschrank	219
Abbildung 147: Eingeführte Leitungen	219
Abbildung 148: Montierte Kühlschränke	220

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 149: Innenleben Kühlschranks	220
Abbildung 150: Spindeltrieb Z-Achse	221
Abbildung 151: Z-Achse	221
Abbildung 152: Seitenansicht Z-Achse	222
Abbildung 153: Z-Achse von oben	222
Abbildung 154: Fertige Z-Achse	222
Abbildung 155: Homing-Endschalter X-Achse	223
Abbildung 156: Endschalter X-Achse	223
Abbildung 157: Laufrollenhalterung	224
Abbildung 158: Laufrollen Bar-Roboter	224
Abbildung 159: Auskreuzplatine Seitenansicht	225
Abbildung 160: Auskreuzplatine von unten	225
Abbildung 161: Auskreuzplatine auf Platine	226
Abbildung 162: Nema11 Motor	228
Abbildung 163: Nema11 vs Nema17 Motor	228
Abbildung 164: Umgebaute Z-Achse	228
Abbildung 165: Eingebaute Z-Achse	228
Abbildung 166: Endschalter von Z-Achse	229
Abbildung 167: Verschalung von Z-Achse	229
Abbildung 168: Provisorische Verschalung Seitenansicht	229
Abbildung 169: Verschalung von hinten	229
Abbildung 170: Ursprüngliche Platine	231
Abbildung 171: Rückseite Platine	231
Abbildung 172: Frontansicht Platine	231
Abbildung 173: Neue Relais 24V	232

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 174: Rückseite 24V Relais _____	232
Abbildung 175: Neue Relais 230V _____	232
Abbildung 176: Rückseite 230V Relais _____	232
Abbildung 177: 24V Relais und Platine _____	233
Abbildung 178: Anschlüsse von 24V Relais an Platine _____	233
Abbildung 179: Einbau _____	233
Abbildung 180: Fertiger Einbau _____	233
Abbildung 181: Modifizierter Dispenser _____	235
Abbildung 182: Getränkeanschlüsse _____	236
Abbildung 183: Montage Aluprofile _____	237
Abbildung 184: Rückwand _____	237
Abbildung 185: X-Achsenmotor Abdeckung _____	238
Abbildung 186: Getränkeventile Abdeckung _____	238
Abbildung 187: Montage Abdeckung Z-Achse _____	238
Abbildung 188: Fertige Z-Achse _____	238
Abbildung 189: Zierleisten _____	239
Abbildung 190: Fertig montierter Roboter _____	239
Abbildung 191: Logo Baromat _____	240
Abbildung 192: Logo Sponsoren _____	240
Abbildung 193: Bar-Roboter _____	241
Abbildung 194: Steuerschrank _____	241
Abbildung 195: Touchdisplay _____	241
Abbildung 196: Kühlschränke _____	241
Abbildung 197: Schalterpanel _____	242
Abbildung 198: CO ₂ -Druckanlage _____	242

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 199: Süssgetränkeventile	242
Abbildung 200: Abdeckung Ventile	242
Abbildung 201: CO ₂ -Ventile	243
Abbildung 202: Alkoholdispenser	243
Abbildung 203: Bar-Roboter 1	243
Abbildung 204: Bar-Roboter 2	243
Abbildung 205: Bar-Roboter 3	243
Abbildung 206: Bar-Roboter 4	243
Abbildung 207: Anwendungsfälle	254
Abbildung 208: Systemdesign Getränkezubereitung	256
Abbildung 209: Systemdesign Fahrbefehle	257
Abbildung 210: Komponentendesign Visualisierung	261
Abbildung 211: Komponentendesign Schalterfunktionen	262
Abbildung 212: Komponentendesign Ablaufsteuerung 1	263
Abbildung 213: Komponentendesign Ablaufsteuerung 2	264
Abbildung 214: Komponentendesign Mengenregelung	265
Abbildung 215: Grundeinstellungen	269
Abbildung 216: Ablaufsteuerung Eingabe	270
Abbildung 217: Fahrbefehl bis Alkohol	271
Abbildung 218: Ausschankzeit Alkohol	271
Abbildung 219: Ausschankzeit Mischgetränke	272
Abbildung 220: Fahrt auf Endposition	272
Abbildung 221: LED-Band Fahrschlitten	273
Abbildung 222: Ablaufsteuerung Warmmeldungen	273
Abbildung 223: Hauptvisualisierung	274

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 224: Steuerungsvisualisierung	275
Abbildung 225: Bedienungsanleitung	300
Abbildung 226: Erstinbetriebnahmeprotokoll	320
Abbildung 227: Mess- & Prüfprotokoll	347
Abbildung 228: Testdurchlauf	349

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswertung Projektnamen.....	19
Tabelle 2: Sponsoringkontrolle.....	28
Tabelle 3: Kommunikationsplanung	87
Tabelle 4: Offene Punkte-Liste.....	88
Tabelle 5: Morphologischer Kasten.....	93
Tabelle 6: Präferenzmatrix.....	99
Tabelle 7: Nutzwertanalyse.....	99
Tabelle 8: Präferenzmatrix Sensitivitätsanalyse	100
Tabelle 9: Nutzwertanalyse Sensitivitätsanalyse	101
Tabelle 10: SWOT-Analyse.....	125
Tabelle 11: Risikotabelle	132
Tabelle 12: Leiterbahndimensionen	139
Tabelle 13: Bilder Platine	146
Tabelle 14: Komponentenliste JLCPCB	150
Tabelle 15: Komponentenliste Bar-Roboter	188
Tabelle 16: Mängelliste Platine	234
Tabelle 17: Getränkeliste	252
Tabelle 18: Fehlermeldungen	277
Tabelle 19: Kostenkontrolle.....	302
Tabelle 20: Zeitauswertung Andreas.....	355
Tabelle 21: Zeitauswertung Kevin	357

12 Diagrammverzeichnis

Formel 1: Projektstrukturplan	82
Formel 2: Gantt-Diagramm	84
Formel 3: Netzplan.....	85
Formel 4: Mind-Map.....	92
Formel 5: Risikomatrix	133
Formel 6: Gantt-Diagramm Controlling.....	351
Formel 7: Projektstatusbericht KW 38.....	384
Formel 8: Projektstatusbericht KW 39.....	384
Formel 9: Projektstatusbericht KW 40.....	385
Formel 10: Projektstatusbericht KW 41.....	385
Formel 11: Projektstatusbericht KW 42.....	386
Formel 12: Projektstatusbericht KW 43.....	386
Formel 13: Projektstatusbericht KW 44.....	387
Formel 14: Projektstatusbericht KW 45.....	387

13 Literaturverzeichnis

- Andreas Gabriel. (2025). *Messprotokoll*. Andreas Gabriel.
- Andreas Holzer. (2025). *SPS TEL 22 Transfer Kaffeemaschine*. TEKO Luzern.
- Arduino Store. (2025). *Arduino Store*. Von www.store.arduino.cc abgerufen
- Axpo AG. (2025). *AxpoGPT*. Von www.gpt.axpo.com abgerufen
- Canva Pty Ltd. (2025). *Canva*. Von www.canva.com abgerufen
- CODESYS GmbH. (2025). *Codesys*. Von www.codesys.com abgerufen
- Cool Down Drink. (2025). *Cocktails für Geniesser*. SCALORIC GmbH.
- DRINKS.CH. (2025). *Drinks*. Von www.drinks.ch abgerufen
- Electrosuisse. (2025). *CES*. www.electrosuisse.ch/de/normung/ces/.
- Electrosuisse. (2025). *NIN Online*. Von www.ninonline.electrosuisse.ch/dashboard abgerufen
- Elektronik Kompendium. (2025). *Elektronik Kompendium*. Von www.elektronik-kompendium.de/sites/raspberry-pi abgerufen
- eschwellinger. (2025). *Codesys Forge*. Von www.forge.codesys.com/forge/talk/Runtime/thread/805fe89fc4/ abgerufen
- Foundata GmbH. (2025). *QR Code Generator*. Von www.goqr.me abgerufen
- GitHub, Inc. (2025). *GitHub, Inc*. Von www.github.com abgerufen
- Google. (2025). *Google*. Von www.google.com abgerufen
- Gruppe 4. (2023). *Semesterarbeit Projekt Insektensterben*. TEKO Luzern: A, D, J, K.
- Jean-Pierre Charras. (2025). *KiCAD*. www.kicad.org.
- JLPCB. (2025). *PCB Prototype & PCB Manufacturing*. jlpcb.com.
- Josef Räber. (2023). *Skript Digitaltechnik*. TEKO Olten.
- Looka Inc. (2025). *Looka*. Von www.looka.com abgerufen
- Mind-Map-online.de. (2025). *Mind-Map-online.de*. Von www.mind-map-online.de abgerufen

- multi-cb. (2025). *multi-cb Leiterplatten*. Von <https://www.multi-circuit-boards.eu/leiterplatten-design-hilfe/oberflaeche/leiterbahn-strombelastbarkeit.html> abgerufen
- OpenAI. (2025). *ChatGPT*. <https://chatgpt.com/>.
- Photoroom Inc. (2025). *Photoroom*. Von www.photoroom.com abgerufen
- Raspberry Pi. (2025). *Raspberry Pi*. Von www.raspberrypi.com abgerufen
- Raspberry Pi Forum. (2025). *Raspberry Pi Forum*. Von www.forum-raspberrypi.de/forum/ abgerufen
- Redaktion. (2025). *Techox Blog*. Von www.techox.de/blog/einrichten-des-kiosk-modus-raspberry-pi abgerufen
- Schweizerische Eidgenossenschaft. (2025). *Bundesgesetz über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände*. Von www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/62/de abgerufen
- Schweizerische Normen-Vereinigung. (2025). *SNV*. www.snv.ch.
- Spirituosenworld.de. (2025). *Spirituosenworld.de*. Von www.spirituosenworld.de abgerufen
- TEKO Luzern. (2025). *Beurteilung Diplomarbeit*. TEKO Luzern. Von Beurteilung Diplomarbeit abgerufen
- TEKO Luzern. (2025). *Richtlinien Diplomarbeit*. TEKO Luzern.
- TEKO Luzern. (2025). *Themeneingabe Diplomarbeit*. TEKO Luzern.
- TEKO Olten. (2023). *Leitfaden_Semesterarbeit_Modul Projektmanagement zweiseitig_zweiseitig*.
- Vorlage-Muster. (2025). *Vorlage-Muster*. Von www.vorlage-muster.ch/protokollvorlage abgerufen
- Wikipedia. (2025). *Wikipedia*. Von <https://de.wikipedia.org> abgerufen
- Wollvieh. (2025). *Codesys Forge*. Von www.forge.codesys.com/forge/talk/Deutsch/thread/d7d0088f61/ abgerufen
- Youtube.com. (2025). *Youtube.com*. Von <https://www.youtube.com/watch?v=O-zo63L6ESM> abgerufen

14 Anhang

14.1 Projektstatusberichte

Projekt: Bar-Roboter (BAROMAT)		Statusbericht: KW 38			
Projektleiter Andreas Gabriel Kevin Lorber	Projektziele Entwicklung und Herstellung eines funktionstüchtigen Bar-Roboters zur automatisierten Zubereitung von Mischgetränken.	Verteiler Andreas Holzer Andreas Gabriel, Kevin Lorber			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ■ ■ ■	Projektklima ■ ■ ■	Termine ■ ■ ■	Risiken ■ ■ ■	Ressourcen ■ ■ ■
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau Roboter steht • Testen der einzelnen Komponenten • Beginn mit Testprogrammen 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau des Bar-Roboters • Inbetriebnahme der Platine Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Testprogramme / Programmierung 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Weiterfahren mit Programmierung • Buskomponenten miteinander verbinden (Raspberry Pi4 B, Raspberry Pico W, MCP23017) • Weiterfahrt bei Inbetriebnahme der Steuerung 					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Formel 7: Projektstatusbericht KW 38

Projekt: Bar-Roboter (BAROMAT)		Statusbericht: KW 39			
Projektleiter Andreas Gabriel Kevin Lorber	Projektziele Entwicklung und Herstellung eines funktionstüchtigen Bar-Roboters zur automatisierten Zubereitung von Mischgetränken.	Verteiler Andreas Holzer Andreas Gabriel, Kevin Lorber			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ■ ■ ■	Projektklima ■ ■ ■	Termine ■ ■ ■	Risiken ■ ■ ■	Ressourcen ■ ■ ■
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau Roboter steht • Erste Testprogramme geschrieben • Funktion von Raspberry Pico W wieder hergestellt • Erste Inbetriebnahmen durchgeführt • Fehler auf Platine festgestellt (Kontakte I2C) 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Erste Inbetriebnahmen der Komponenten • Fehlersuche der Platine Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Konstruktionsanpassungen an Roboter notwendig • Nur teilstabile Verbindung zwischen Pico W und Laptop 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Anpassung der konstruktionsbedingten Fehler • Fertigstellung aller Testprogramme und Teilinbetriebnahme der Steuerung • Dokumentation des Zusammenbaus 					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Formel 8: Projektstatusbericht KW 39

Projekt: Bar-Roboter (BAROMAT)

Statusbericht: KW 40

Projektleiter Andreas Gabriel Kevin Lorber		Projektziele Entwicklung und Herstellung eines funktionstüchtigen Bar-Roboters zur automatisierten Zubereitung von Mischgetränken.			Verteiler Andreas Holzer Andreas Gabriel, Kevin Lorber	
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ■ ■ ■	Projektklima ■ ■ ■	Termine ■ ■ ■	Risiken ■ ■ ■	Ressourcen ■ ■ ■	
Tendenz	➔	➔	➔	➔	➔	
Aktueller Projektstand				Was läuft gut?		
<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau Roboter steht • Testprogramme funktionieren • Achsen laufen sauber • Erste Inbetriebnahmen durchgeführt • Erste Tests mit Dispenser 				<ul style="list-style-type: none"> • Erste Inbetriebnahmen der Komponenten • Testprogramme erfolgreich angepasst und getestet 		
				Was läuft nicht gut?		
				<ul style="list-style-type: none"> • Relais fallen nicht immer ab nach Test mit neuem Programm • Getränkedispenser funktionieren noch nicht richtig 		
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen						
<ul style="list-style-type: none"> • Anpassung der Konstruktion der Getränkespender • Dokumentation des Zusammenbaus • Test Getränkeventile 						

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Formel 9: Projektstatusbericht KW 40

Projekt: Bar-Roboter (BAROMAT)

Statusbericht: KW 41

Projektleiter Andreas Gabriel Kevin Lorber		Projektziele Entwicklung und Herstellung eines funktionstüchtigen Bar-Roboters zur automatisierten Zubereitung von Mischgetränken.			Verteiler Andreas Holzer Andreas Gabriel, Kevin Lorber	
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ■ ■ ■	Projektklima ■ ■ ■	Termine ■ ■ ■	Risiken ■ ■ ■	Ressourcen ■ ■ ■	
Tendenz	➔	➔	➔	➔	➔	
Aktueller Projektstand				Was läuft gut?		
<ul style="list-style-type: none"> • Alle Erstinbetriebnahmen durchgeführt • Z-Achse umgebaut • Problem Getränkedispenser Alkohol gelöst • Dokumentation Zusammenbau fast fertig • Programmierung gestartet 				<ul style="list-style-type: none"> • Alle Testprogramme laufen • Alle Achsen funktionieren nun einwandfrei 		
				Was läuft nicht gut?		
				<ul style="list-style-type: none"> • Schnittstelle zwischen Arduino und Codesys unklar • Schnittstelle zwischen Codesys und Touch-Display 		
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen						
<ul style="list-style-type: none"> • Programmierung von Codesys und Arduino • Besprechung Schnittstellen mit Andi • Herstellung der Süssgetränkeanschlüsse 						

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Formel 10: Projektstatusbericht KW 41

Projekt: Bar-Roboter (BAROMAT)

Statusbericht: KW 42

Projektleiter Andreas Gabriel Kevin Lorber	Projektziele Entwicklung und Herstellung eines funktionstüchtigen Bar-Roboters zur automatisierten Zubereitung von Mischgetränken.	Verteiler Andreas Holzer Andreas Gabriel, Kevin Lorber			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen
Tendenz					
Aktueller Projektstand			Was läuft gut?		
<ul style="list-style-type: none"> • Schnittstelle Codesys und Arduino fertiggestellt • Material Süssgetränkeanschlüsse gekauft • Erste Ablaufsteuerungen erstellt • Erste Testfahrten über Codesys ausprobiert • Alle Eingänge auf Codesys eingelesen 			<ul style="list-style-type: none"> • Schnittstelle zwischen Arduino und Codesys • Alle Eingänge auf Codesys sichtbar <p>Was läuft nicht gut?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relais geben induktive Störung ab wenn sie abfallen • Motoren gehen dauerhaft in Störung 34 und 183 		
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen					
<ul style="list-style-type: none"> • Umbau von Relais auf separate Platine mit Freilaufdiode • Störungsbehebung von Motoren • Herstellung der Süssgetränkeanschlüsse 					

Projekt-Statusbericht: Stefan Thöni, Josef Räber

Formel 11: Projektstatusbericht KW 42

Projekt: Bar-Roboter (BAROMAT)

Statusbericht: KW 43

Projektleiter Andreas Gabriel Kevin Lorber	Projektziele Entwicklung und Herstellung eines funktionstüchtigen Bar-Roboters zur automatisierten Zubereitung von Mischgetränken.	Verteiler Andreas Holzer Andreas Gabriel, Kevin Lorber			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen
Tendenz					
Aktueller Projektstand			Was läuft gut?		
<ul style="list-style-type: none"> • Programmierung Arduino fertiggestellt • Ablaufsteuerungen Codesys fertiggestellt • Testfahrten mit Wasser durchgeführt • Erste Testversuche mit Mischgetränken durchgeführt • Alle Eingänge auf Codesys eingelesen 			<ul style="list-style-type: none"> • Motor fährt ruhig und ruckelfrei • Alle Ablaufsteuerungen funktionieren einwandfrei <p>Was läuft nicht gut?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cola schäumt sehr stark, wodurch System zuerst spritzt • Einstellung von richtigem Gasdruck sehr schwierig 		
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen					
<ul style="list-style-type: none"> • Anschlüsse Mischgetränke mit neuen Dichtungsringen abdichten • Getränketests mit Alkohol, Mischgetränken und Testpersonen • Dokumentation weiterschreiben 					

Projekt-Statusbericht: Stefan Thöni, Josef Räber

Formel 12: Projektstatusbericht KW 43

Projekt: Bar-Roboter (BAROMAT)

Statusbericht: KW 44

Projektleiter Andreas Gabriel Kevin Lorber		Projektziele Entwicklung und Herstellung eines funktionstüchtigen Bar-Roboters zur automatisierten Zubereitung von Mischgetränken.			Verteiler Andreas Holzer Andreas Gabriel, Kevin Lorber	
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ■ ■ ■	Projektklima ■ ■ ■	Termine ■ ■ ■	Risiken ■ ■ ■	Ressourcen ■ ■ ■	
Tendenz	➔	➔	➔	➔	➔	
Aktueller Projektstand			Was läuft gut?			
<ul style="list-style-type: none"> • Ablaufsteuerungen Codesys fertiggestellt • Tests mit Mischgetränken und Alkohol durchgeführt • Alle Anschlüsse der Mischgetränke abgedichtet • Härte-tests mit externen Personen durchgeführt • Projektdokumentation in Bearbeitung 			<ul style="list-style-type: none"> • Rückmeldungen der Testpersonen waren sehr positiv • Alle Anschlüsse der Mischgetränke sind dicht 			
			Was läuft nicht gut?			
			<ul style="list-style-type: none"> • Programm hängt sich manchmal auf (Neustart erforderlich) • Einstellung von Süssgetränk schwierig, da sie sich unterschiedliches Verhalten 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen						
<ul style="list-style-type: none"> • Fertigstellung der Gebrauchsanweisung • Fertigstellen des Mess- und Prüfprotokolls • Dokumentation fertigschreiben und Versand an Betreuer und Sekretariat 						

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Formel 13: Projektstatusbericht KW 44

Projekt: Bar-Roboter (BAROMAT)

Statusbericht: KW 45

Projektleiter Andreas Gabriel Kevin Lorber		Projektziele Entwicklung und Herstellung eines funktionstüchtigen Bar-Roboters zur automatisierten Zubereitung von Mischgetränken.			Verteiler Andreas Holzer Andreas Gabriel, Kevin Lorber	
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ■ ■ ■	Projektklima ■ ■ ■	Termine ■ ■ ■	Risiken ■ ■ ■	Ressourcen ■ ■ ■	
Tendenz	➔	➔	➔	➔	➔	
Aktueller Projektstand			Was läuft gut?			
<ul style="list-style-type: none"> • Projektdokumentation in den letzten Bearbeitungsschritten • Endreinigung des Baromaten • Gläser für Baromat anpassen (Metallchips aufkleben) • Letzte Feinjustierungen der Getränke 			<ul style="list-style-type: none"> • Bearbeitung Dokumentation • Pünktliche Projektabgabe 			
			Was läuft nicht gut?			
			<ul style="list-style-type: none"> • Programm hängt sich manchmal auf (Neustart erforderlich) • Word aufgrund von Datenmenge sehr langsam 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen						
<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation ausdrucken und binden (ein Exemplar für Präsentation) • Präsentation vorbereiten • Micro-Website erstellen 						

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Formel 14: Projektstatusbericht KW 45

14.2 Protokolle

1. Meilenstein 01 Kick-Off-Meeting
2. Meilenstein 02 Projektablaufplanung
3. Meilenstein 03 Schema Platine
4. Meilenstein 04 Fertigstellung Aufbau Roboter
5. Meilenstein 05 Fertigstellung Programmierung
6. Meilenstein 06 Abnahme
7. Bedienungsanleitung

Diplomarbeit 2025

Bar-Roboter

Protokoll Kick-Off-Meeting

Thema der Besprechung:	
Kick-Off-Meeting	
Datum / Zeit:	Ort / Raum:
Donnerstag, 04.09.2025 16:30 Uhr – 17:15 Uhr	TEKO Luzern Schulzimmer 15
Anwesende:	Abwesende:
Andreas Gabriel (Gala) Kevin Lorber (Lork) Andreas Holzer (Hola)	-
Leitung der Besprechung:	Protokollführung:
Andreas Gabriel Kevin Lorber	Andreas Gabriel
Abkürzungen:	
A = Auftrag B = Beschluss I = Information K= Kontrolle	

1 Traktanden:

1. Vorstellung der Diplomarbeit / Projektüberblick
2. Besprechung Lastenheft
3. Besprechung Pflichtenheft
4. Offene Punkte / Änderungsbedarf

2 Aufträge / Beschlüsse / Vereinbarungen

2.1 Lastenheft

Traktandum:	Art:	Zuständigkeit:	Enddatum:
Angaben der Termine und Daten gemäss dem aktuellen Leitfaden anpassen.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Layout etwas übersichtlicher gestalten. Jede Anforderung auf separate Seite.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Risiken und Vergleich mit bestehenden Lösungen aus Lastenheft entfernen.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Feld mit Unterschrift Auftraggeber entfernen.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Versand von angepassten Lastenheft an Hola.	A	Gala	07.09.2025
Aktuellster Leitfaden für Semesterarbeit zusenden.	A	Hola	05.09.2025
Unterschrift Lastenheft und Retournierung an Gala.	A	Hola	11.09.2025

2.2 Pflichtenheft

Traktandum:	Art:	Zuständigkeit:	Enddatum:
Angaben der Termine und Daten gemäss dem aktuellen Leitfaden anpassen.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Meilenstein 6 auf «Abnahme inkl. Abnahmetests durch Kunden» umbenennen.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Kapitel mit Standort Präsentation ergänzen.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Blockschaltbild von Idee und Ablauf zeichnen und einfügen.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Layout etwas übersichtlicher gestalten. Jede Anforderung auf separate Seite.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Vergleich mit bestehenden Lösungen aus Lastenheft in Pflichtenheft ergänzen.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Zielscheibe mit weiteren Zielen ergänzen, welche spezifischer auf das Endprodukt bezogen sind.	A	Gala / Lork	07.09.2025
Versand von angepassten Pflichtenheft an Hola.	A	Gala	07.09.2025
Aktuellster Leitfaden für Semesterarbeit zusenden.	A	Hola	05.09.2025
Unterschrift Pflichtenheft und Retournierung an Gala.	A	Hola	11.09.2025

3 Offene Punkte / Fragen

Im Moment sind keine offenen Punkte oder Fragen vorhanden.

4 Nächste Schritte / Folgetermine

1. Arbeiten gem. Traktandenliste
2. Besprechung Meilenstein 02, nach Beendigung der Projektplanung

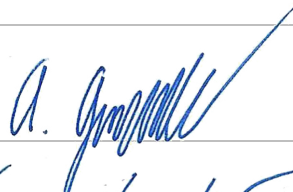
5 Unterschriften / Freigabe

Mit der Unterschrift gilt das Protokoll als genehmigt und die darin festgehaltenen Inhalte und Vereinbarungen werden verbindlich.

Datum:

Sonntag, 07.09.2025

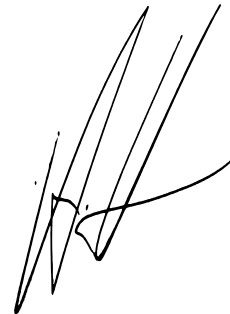
**Unterschrift Projektleiter
Andreas Gabriel:**



**Unterschrift Projektleiter
Kevin Lorber:**



**Unterschrift Betreuer
Andreas Holzer:**



Diplomarbeit 2025

Bar-Roboter

Protokoll Projektablaufplanung

Thema der Besprechung:	
Projektablaufplanung	
Datum / Zeit:	Ort / Raum:
Donnerstag, 25.09.2025 11:00 Uhr – 11:30 Uhr	TEKO Luzern Schulzimmer 15
Anwesende:	Abwesende:
Andreas Gabriel (Gala) Kevin Lorber (Lork) Andreas Holzer (Hola)	-
Leitung der Besprechung:	Protokollführung:
Andreas Gabriel Kevin Lorber	Andreas Gabriel
Abkürzungen:	
A = Auftrag B = Beschluss I = Information K= Kontrolle	

1 Traktanden:

1. Vorstellung Projektstrukturplan
2. Vorstellung Gantt-Diagramm
3. Vorstellung Netzplan
4. Vorstellung Kommunikationsplanung
5. Offene Punkte / Änderungsbedarf

2 Aufträge / Beschlüsse / Vereinbarungen

Traktandum:	Art:	Zuständigkeit:	Enddatum:
Keine Anpassungen nötig.	I	Gala / Lork	25.09.2025

3 Offene Punkte / Fragen

Im Moment sind keine offenen Punkte oder Fragen vorhanden.

4 Nächste Schritte / Folgetermine

1. Arbeiten gem. Traktandenliste
2. Besprechung Meilenstein 03, nach Fertigstellung Schema Platine

5 Anhang

1. Projektstrukturplan
2. Gantt-Diagramm
3. Netzplan
4. Kommunikationsplanung

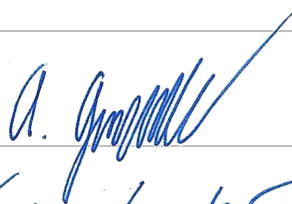
6 Unterschriften / Freigabe

Mit der Unterschrift gilt das Protokoll als genehmigt und die darin festgehaltenen Inhalte und Vereinbarungen werden verbindlich.

Datum:

Samstag, 27.09.2025

**Unterschrift Projektleiter
Andreas Gabriel:**

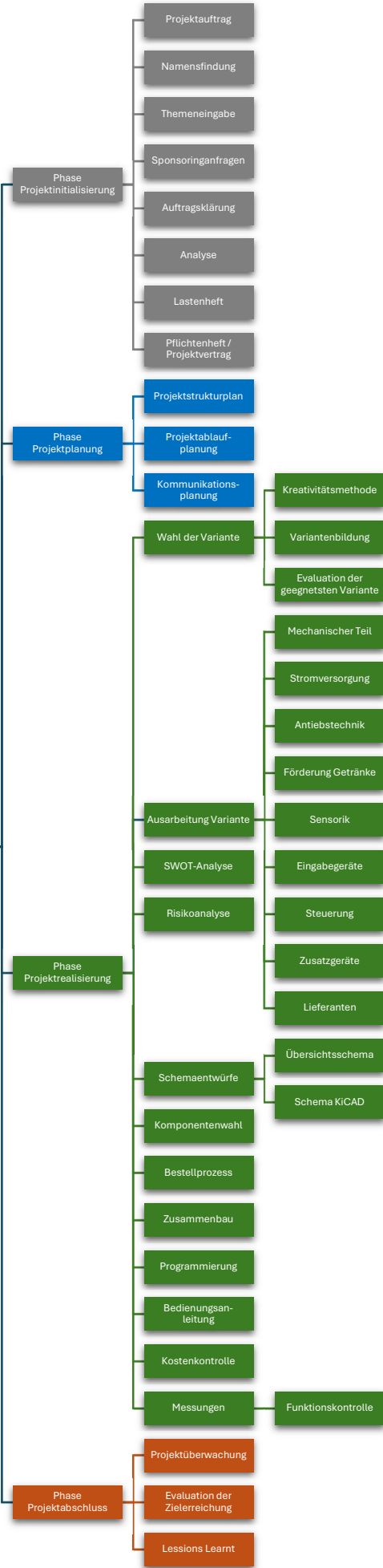


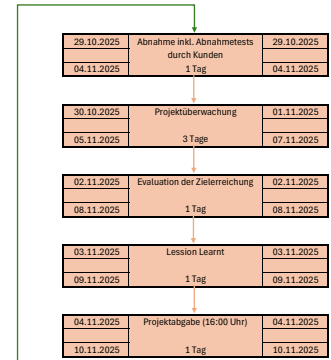
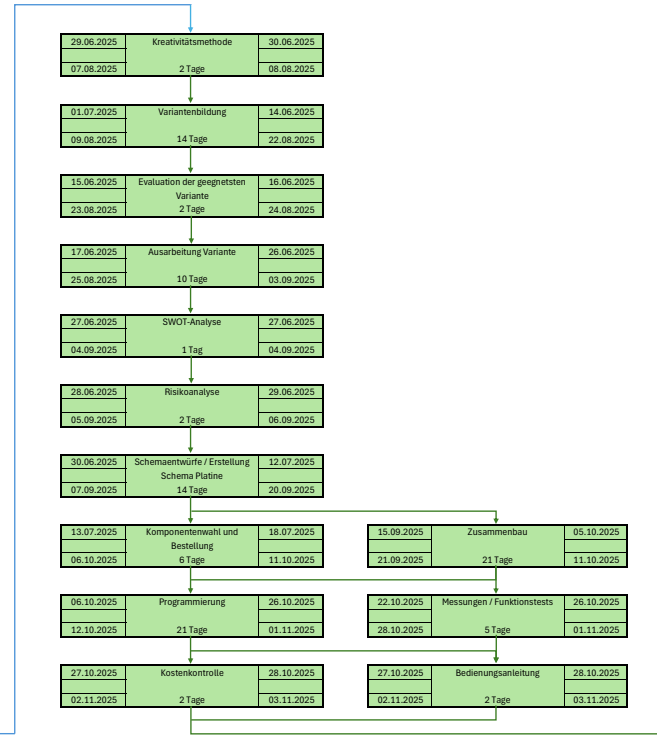
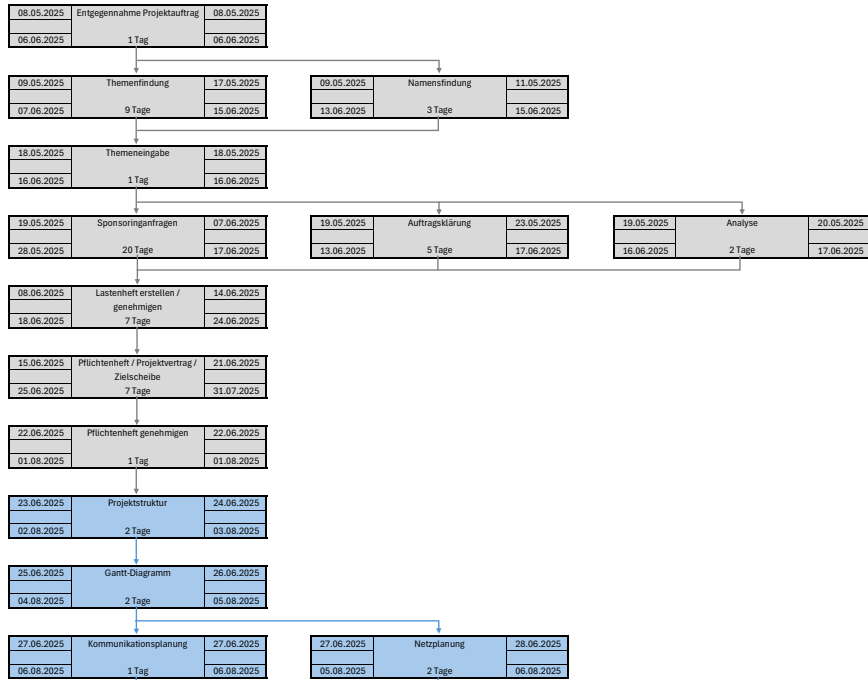
**Unterschrift Projektleiter
Kevin Lorber:**



**Unterschrift Betreuer
Andreas Holzer:**

Bar-Roboter





Projekttitle:	Bar-Roboter
Projektleiter:	Andreas Gabriel, Kevin Lorber

Anspruchsgruppe:	Themen / Inhalte:	Periodizität / Termine:	Kanal / Gefäss:	Verantwortung:
Auftraggeber / Betreuender Dozent	Ideenskizzen, Varianten, Entscheide, Ressourcen	wöchentlich	Meeting / Projektstatusbericht	Projektleiter (Andy)
Projektteam / Projektleiter	Entwicklung, Probleme, Lösungen, Pendenzen	jeden Donnerstag nach dem Unterricht	Status-Meeting	Projektleiter (Andy, Kevin)
Angehörige / Freunde	Einladung Testversuch	KW 42	WhatsApp	Projektleiter (Andy, Kevin)
Sponsoren	Dank und Anerkennung für die Unterstützung	Projektende	E-Mail	Projektleiter (Andy)

Diplomarbeit 2025

Bar-Roboter

Protokoll Schema Platine

Thema der Besprechung:	
Schema Platine	
Datum / Zeit:	Ort / Raum:
Donnerstag, 07.08.2025 17:00 Uhr – 18:30 Uhr	TEKO Luzern Schulzimmer 15
Anwesende:	Abwesende:
Andreas Gabriel (Gala) Kevin Lorber (Lork) Andreas Holzer (Hola)	-
Leitung der Besprechung:	Protokollführung:
Andreas Gabriel Kevin Lorber	Andreas Gabriel
Abkürzungen:	
A = Auftrag B = Beschluss I = Information K= Kontrolle	

1 Traktanden:

1. Vorstellung des Schemas
2. Erläuterung der Grundgedanken und Infos
3. Einarbeiten der Bemerkungen
4. Offene Punkte / Änderungsbedarf

2 Aufträge / Beschlüsse / Vereinbarungen

Traktandum:	Art:	Zuständigkeit:	Enddatum:
Einarbeiten der besprochenen Bemerkungen in das Schema.	A	Gala / Lork	17.08.2025
Layout etwas übersichtlicher gestalten	A	Gala / Lork	17.08.2025
Anpassen der hinterlegten Produkte bei den abgeänderten Bauteilen.	A	Gala / Lork	17.08.2025

3 Offene Punkte / Fragen

Im Moment sind keine offenen Punkte oder Fragen vorhanden.

4 Nächste Schritte / Folgetermine

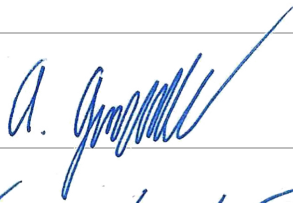

1. Arbeiten gem. Traktandenliste
2. Besprechung Meilenstein 04, nach Fertigstellung des Aufbaus vom Roboter

5 Anhang

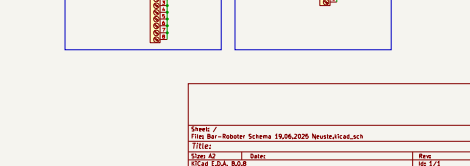
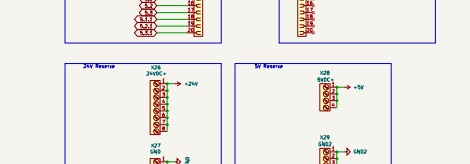
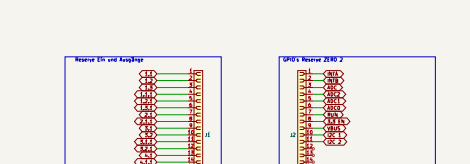
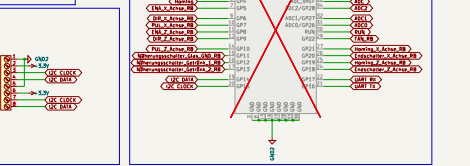
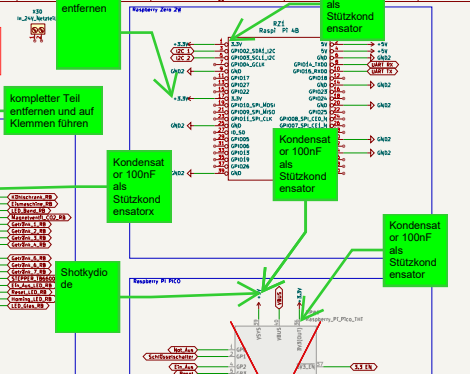
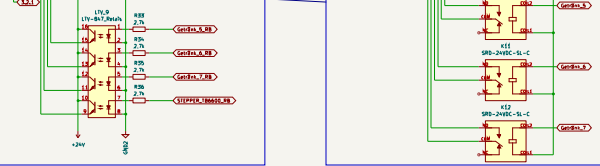
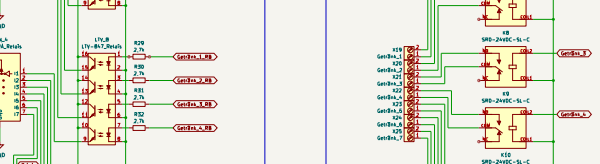
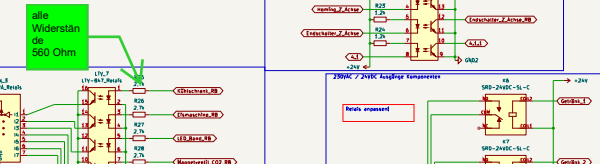
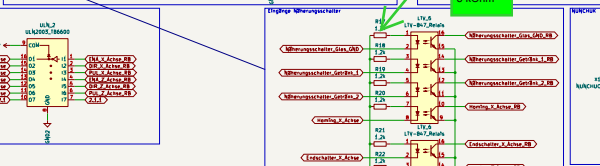
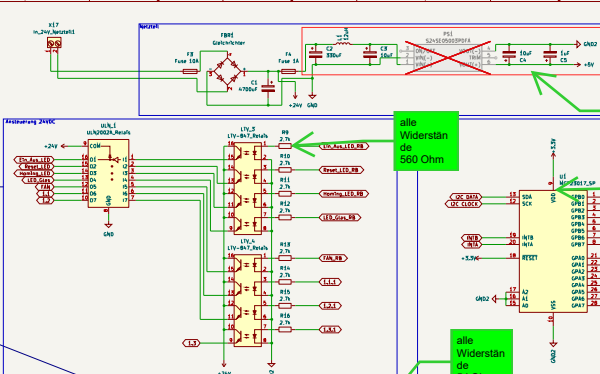
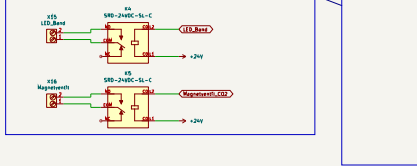
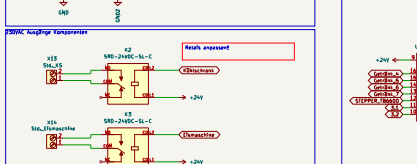
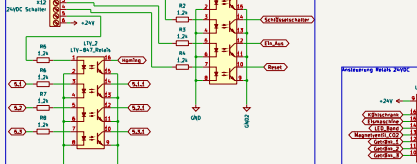
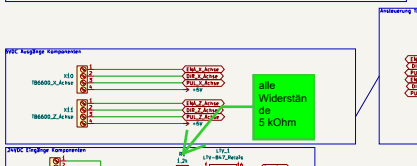
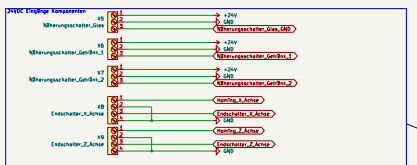
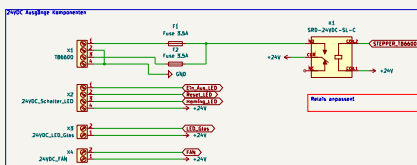
1. Schema Bar-Roboter

6 Unterschriften / Freigabe

Mit der Unterschrift gilt das Protokoll als genehmigt und die darin festgehaltenen Inhalte und Vereinbarungen werden verbindlich.

Datum:	Samstag, 09.08.2025
Unterschrift Projektleiter Andreas Gabriel:	
Unterschrift Projektleiter Kevin Lorber:	
Unterschrift Betreuer Andreas Holzer:	

Projektschaltplan Barroboter



Diplomarbeit 2025

Bar-Roboter

Protokoll Aufbau Roboter

Thema der Besprechung:	
Aufbau Roboter	
Datum / Zeit:	Ort / Raum:
Mittwoch, 15.10.2025 18:00 Uhr – 01:30 Uhr	TEKO Luzern Schulzimmer 21
Anwesende:	Abwesende:
Andreas Gabriel (Gala) Kevin Lorber (Lork) Andreas Holzer (HOLA)	-
Leitung der Besprechung:	Protokollführung:
Andreas Gabriel Kevin Lorber	Andreas Gabriel
Abkürzungen:	
A = Auftrag B = Beschluss I = Information K = Kontrolle	

1 Traktanden:

1. Präsentation von Aufbau mittels Fotos
2. Kontrolle von vorbereiteter Arduino-Steuerung
3. Klärung und Erarbeitung Schnittstelle Codesys und Arduino
4. Fragenklärung Visualisierung
5. Festlegung Termin Präsentation
6. Klärung Aufbau Ablaufsteuerung

2 Aufträge / Beschlüsse / Vereinbarungen

Traktandum:	Art:	Zuständigkeit:	Enddatum:
GP 26 & GP 27 von Pico W mit GPIO 2 & GPIO 3 von Pi 4B verbinden	A	Gala / Lork	19.10.2025
Relais K1 in Arduino implementieren	A	Gala / Lork	16.10.2025
Versand von Steuerung Codesys, Arduino und Bibliothek an Hola	A	Gala	16.10.2025
Textzeile mit MCP in Arduino aktivieren	A	Gala	16.10.2025
In Raspberry Pi 4B Kioskmodus und Schnittstelle I2C aktivieren	A	Gala / Lork	19.10.2025
Löten von Süssgetränkespender	A	Lork	19.10.2025
Termin von Präsentation am 01.12.2025 um 17:00 Uhr bei der CKW Gebäudetechnik, Täschmattstrasse 4, 6015 Reussbühl	I	Gala / Lork / Hola	01.12.2025
Versand von fertiger Kaffeemaschinensteuerung	A	Hola	16.10.2025

3 Offene Punkte / Fragen

Im Moment sind keine offenen Punkte oder Fragen vorhanden.

4 Nächste Schritte / Folgetermine

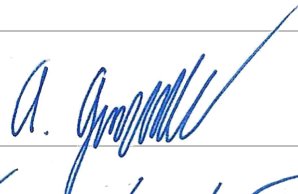

1. Aufbau Ablaufsteuerung in Codesys
2. Löten und Test von Süssgetränkspender
3. Implementierung Steuerung auf Roboter inkl. Feinjustierung
4. Besprechung Meilenstein 05, nach Fertigstellung der Programmierung des Roboters

5 Anhang

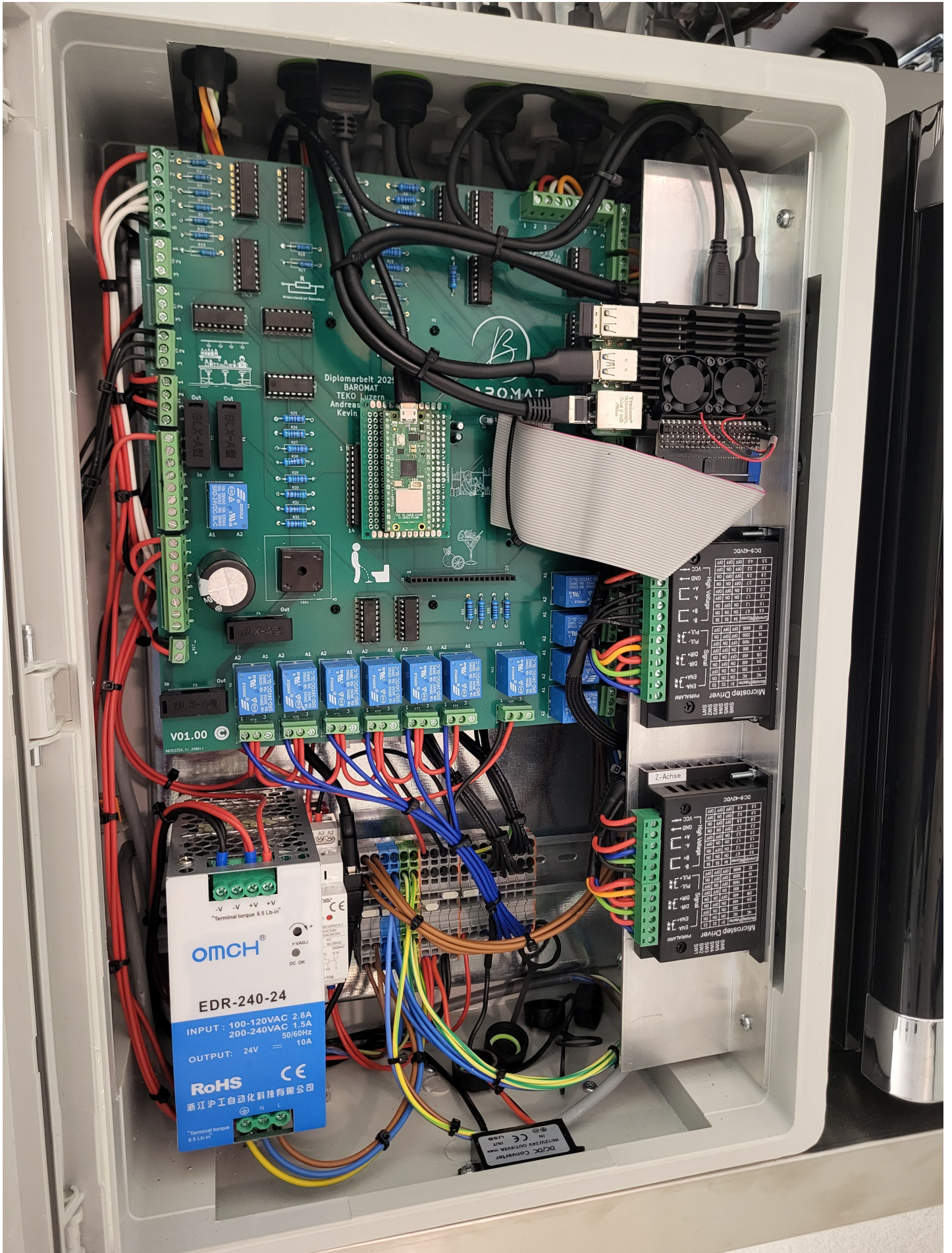
1. Bilder Aufbau Roboter

6 Unterschriften / Freigabe

Mit der Unterschrift gilt das Protokoll als genehmigt und die darin festgehaltenen Inhalte und Vereinbarungen werden verbindlich.

Datum:	Donnerstag, 16.10.2025
Unterschrift Projektleiter Andreas Gabriel:	
Unterschrift Projektleiter Kevin Lorber:	
Unterschrift Betreuer Andreas Holzer:	





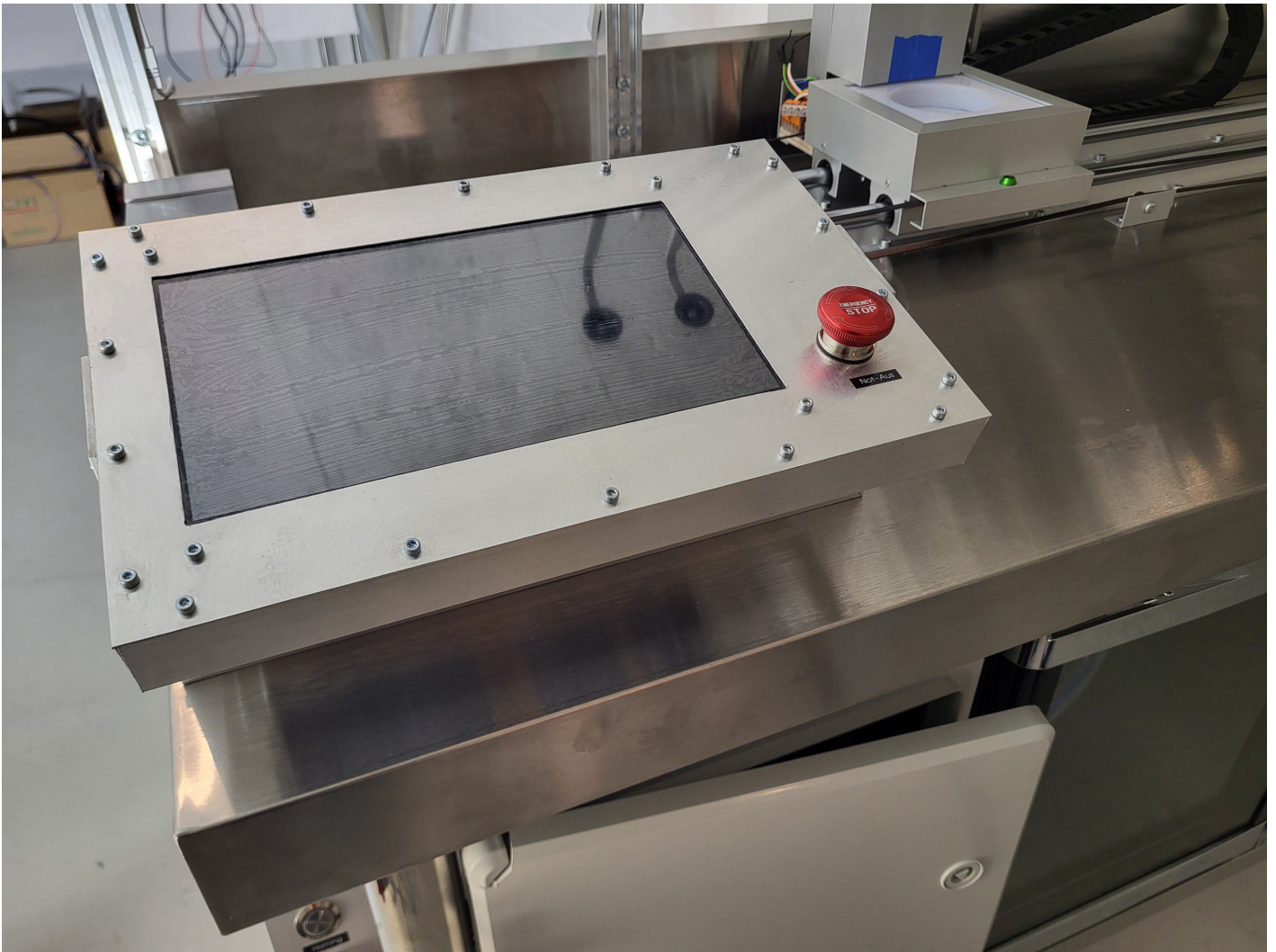
Diplomarbeit 2021
BAROMAT
TEKO Luzern
Andreas
Kevin

OMCH
EDR-240-24
INPUT: 100-120VAC 2.8A
200-240VAC 1.5A
50/60Hz
OUTPUT: 24V = 10A
RoHS CE
浙江沪工自动化科技有限公司
Terminal torque 6.5 Lb-in

DCS-42VDC
High Voltage
VCC
GND
A+
A-
B+
B-
PUL+
DIR+
DIR-
EMV+
EMV-
Signal
PWR/LAMP

Z-Achse
DCS-42VDC
High Voltage
VCC
GND
A+
A-
B+
B-
PUL+
DIR+
DIR-
EMV+
EMV-
Signal
PWR/LAMP

DC/DC Converter
IN: 12V/24V OUT: 5V
500mA
RoHS CE
USA





Diplomarbeit 2025

Bar-Roboter

Protokoll Fertigstellung Programmierung

Thema der Besprechung:	
Fertigstellung Programmierung	
Datum / Zeit:	Ort / Raum:
Sonntag, 26.10.2025 16.00 Uhr – 18.00 Uhr	Cheisersponstrasse 8, 6284 Sulz Hobbyraum
Anwesende:	Abwesende:
Andreas Gabriel (Gala) Kevin Lorber (Lork)	Andreas Holzer (Hola)
Leitung der Besprechung:	Protokollführung:
Andreas Gabriel Kevin Lorber	Andreas Gabriel
Abkürzungen:	
A = Auftrag B = Beschluss I = Information K = Kontrolle	

1 Traktanden:

1. Präsentation des aktuellen Aufbaus
2. Besprechung der Arduino-Steuerung
3. Anpassung Schnittstelle Codesys und Arduino
4. Fragenklärung Kioskmodus
5. Präsentation Ablaufsteuerung

2 Aufträge / Beschlüsse / Vereinbarungen

Traktandum:	Art:	Zuständigkeit:	Enddatum:
Schnittstelle I2C anpassen	A	Gala / Lork	30.10.2025
Kioskmodus mit App abbilden	A	Gala / Lork	30.10.2025
Ablaufsteuerungen mit Süssgetränken einstellen	A	Gala / Lork	01.11.2025
Fehlermeldungen und Fehlertests durchführen	A	Gala / Lork	01.11.2025
Testdurchläufe mit Alkohol durchführen	A	Gala / Lork	02.11.2025
Funktion wurde angeschaut, keine vorgängige Abgabe an Kunden erforderlich. Präsentation am 1. Dezember 2025 reicht aus.	I	Hola	10.11.2025
Dokumentation online lassen, damit diese jederzeit eingesehen werden kann.	A	Gala / Lork	10.11.2025

3 Offene Punkte / Fragen

Im Moment sind keine offenen Punkte oder Fragen vorhanden.

4 Nächste Schritte / Folgetermine

1. Ablauftests mit Alkohol und Mischgetränken durchführen
2. Langzeittests mit Testpersonen durchführen
3. Dokumentation fertigstellen
4. Besprechung Meilenstein 06, bei Diplompräsentation

5 Anhang

Kein Anhang

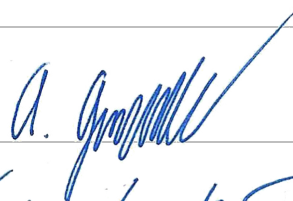
6 Unterschriften / Freigabe

Mit der Unterschrift gilt das Protokoll als genehmigt und die darin festgehaltenen Inhalte und Vereinbarungen werden verbindlich.

Datum:

Sonntag, 26.10.2025

**Unterschrift Projektleiter
Andreas Gabriel:**



**Unterschrift Projektleiter
Kevin Lorber:**



**Unterschrift Betreuer
Andreas Holzer:**

Diplomarbeit 2025

Bar-Roboter

Protokoll Abnahmetests

Thema der Besprechung:	
Abnahmetests	
Datum / Zeit:	Ort / Raum:
Samstag, 01.11.2025 16.00 Uhr – 20.30 Uhr	Cheisersponstrasse 8, 6284 Sulz Hobbyraum
Anwesende:	Abwesende:
Andreas Gabriel (Gala) Kevin Lorber (Lork) Gemäss Teilnehmerliste	Andreas Holzer (Hola)
Leitung der Besprechung:	Protokollführung:
Andreas Gabriel Kevin Lorber	Andreas Gabriel
Abkürzungen:	
A = Auftrag B = Beschluss I = Information K= Kontrolle	

1 Traktanden:

1. Vorbereitung Apero
2. Begrüssung aller Teilnehmer
3. Präsentation des Aufbaus
4. Erklärung der Bedienung
5. Fragenklärung
6. Einarbeitung der Rückmeldungen

2 Aufträge / Beschlüsse / Vereinbarungen

Traktandum:	Art:	Zuständigkeit:	Enddatum:
Anpassung der Laufzeit vom Ginger Ale in zwei Etappen, um Überschäumen zu verhindern	A	Gala / Lork	10.11.2025
Anpassung der Laufzeit vom Tonic Water in zwei Etappen, um Überschäumen zu verhindern	A	Gala / Lork	10.11.2025
Spicy Rum Cola etwas stärker anmischen (+1cl Rum dunkel)	A	Gala / Lork	10.11.2025
Erstellen einer Cocktailkarte	A	Gala / Lork	01.12.2025
Der Baromat kam bei allen Teilnehmenden von jung bis alt sehr gut an und konnte auch von Personen in höheren Altersgruppen ohne Probleme bedient werden.	I	Gala / Lork	01.11.2025

3 Teilnehmerliste

Andreas Gabriel	Chantal Wallimann	Raphael Budliger
Kevin Lorber	Mary Lorber	Sabrina Budliger
Bernadette Gabriel	Franz Lorber	Leo Heller
Stefan Gabriel	Xaver Scherer	Lisbeth Heller
Bernadette Kellenberger	Felix Kellenberger	

4 Offene Punkte / Fragen

Im Moment sind keine offenen Punkte oder Fragen vorhanden.

5 Nächste Schritte / Folgetermine

1. Einarbeitung der Steuerungsanpassungen
2. Fertigstellung und Abgabe der schriftlichen Arbeit bis am 10.11.2025
3. Erstellen der Micro Website bis am 24.11.2025
4. Präsentation der Arbeit an Andreas Holzer und Peter Lischer am 01.12.2025

6 Anhang

Kein Anhang

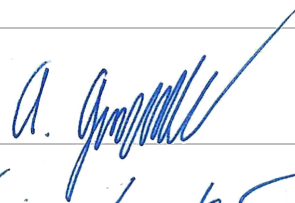
7 Unterschriften / Freigabe

Mit der Unterschrift gilt das Protokoll als genehmigt und die darin festgehaltenen Inhalte und Vereinbarungen werden verbindlich.

Datum:

Sonntag, 02.11.2025

**Unterschrift Projektleiter
Andreas Gabriel:**



**Unterschrift Projektleiter
Kevin Lorber:**



**Unterschrift Betreuer
Andreas Holzer:**



Diplomarbeit 2025

Bedienungsanleitung Baromat

Andreas Gabriel und Kevin Lorber



Projektteam:	Andreas Gabriel und Kevin Lorber
Lehrgang:	Elektrotechniker HF
Auftraggeber:	TEKO Luzern
Höhere Fachschule:	TEKO Luzern
Ort, Datum:	Luzern, 07.11.2025
Version:	V01.00

Inhaltsverzeichnis

Einleitung Baromat.....	3
Sicherheitshinweise	3
Beschreibung Baromat.....	4
Standortanforderungen	10
Aufstellen des Baromaten	10
Anleitung Bestückung	10
Bedienungsanleitung Inbetriebnahme	11
Bestellablauf.....	15
Störmeldungen / Warnmeldungen	16
Störmeldungen	16
Warnmeldungen	16
Störungsbeseitigung / Troubleshooting	19
Wartung und Reinigung.....	21
Reinigung Süssgetränke.....	21
Reinigung Alkoholdispenser	21
Reinigung Roboter.....	21
Reinigung Eismaschine	21
Schaltplan	22
Kontaktangaben Hersteller.....	23

Einleitung Baromat

Der Baromat ist ein Gerät, das verschiedene alkoholische Mischgetränke in kürzester Zeit selbstständig zubereitet. Insgesamt stehen bis zu 16 unterschiedliche Getränke zur Auswahl. So findet jede und jeder etwas Passendes. Dank der intuitiven Bedienung kann der Baromat von allen problemlos genutzt werden.

In den nachfolgenden Kapiteln werden alle wichtigen Eigenschaften detailliert beschrieben. Dazu gehören Mechanik, Fördertechnik, Kühltechnik, Sensorik, Steuerung und das Display. Zudem werden die Themen Sicherheit, Inbetriebnahme, Bedienung, Reinigung und Wartung umfassend behandelt.

Sicherheitshinweise

Die Sicherheitshinweise müssen vor der ersten Inbetriebnahme vollständig gelesen werden. Bei Unklarheiten ist der Hersteller zu kontaktieren.

- Die Bedienung des Baromaten darf nur von instruierten Personen durchgeführt werden.
- Personen unter 18 Jahren ist der Zugang zum Baromaten untersagt.
- Reparaturen an elektrischen Komponenten dürfen nur durch den Hersteller durchgeführt werden. Gefahr durch elektrischen Schlag.
- Defekte Teile an mechanischen wie auch elektrischen Komponenten müssen umgehend durch den Hersteller instand gestellt werden.
- Vor dem Öffnen des Steuerkastens muss die Spannung durch Ausstecken des Steckers vom Netz getrennt werden. Gefahr durch elektrischen Schlag.
- Die Türe des Steuerkastens muss während des Betriebs und beim Auffüllen der Getränke immer geschlossen sein. Gefahr der Zerstörung der Elektronik durch Flüssigkeiten.
- CO₂-Flasche immer mit Sicherungsband gegen Verrutschen sichern. Explosionsgefahr.
- Bei Nichtgebrauch des Baromaten den Hauptabsperrhahn immer zudreuen. Erstickungsgefahr.
- Vor jedem Gebrauch die Dichtheit des CO₂-Trakts kontrollieren. Erstickungsgefahr.
- Während des Betriebs des Baromaten dürfen keine Gliedmassen in die Nähe der beweglichen X- und Z-Achse gelangen. Quetschgefahr.
- Es muss sichergestellt sein, dass die im unteren Teil befindlichen Kühlschränke ausreichend gekühlt werden. Brandgefahr.
- Beim Ersetzen der Getränkeleitungen nur lebensmittelechte Schläuche verwenden.



Beschreibung Baromat

Im folgenden Kapitel wird der gesamte Roboter mit Bildern beschrieben, damit die einzelnen Komponenten kennengelernt werden.



Bedienpanel:

Ein-/Aus-Schalter:

Zum Ein- und Ausschalten der Steuerung.

Reset-Taster:

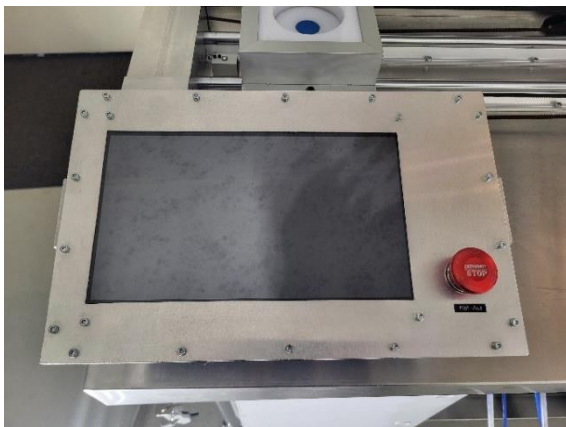
Zum Rückstellen des Programms nach einer Störung.

Homing-Taster:

Führt alle Achsen in die Nullposition.

Schlüsselschalter:

Zum Ein- und Ausschalten der 24VDC Versorgungsspannung.



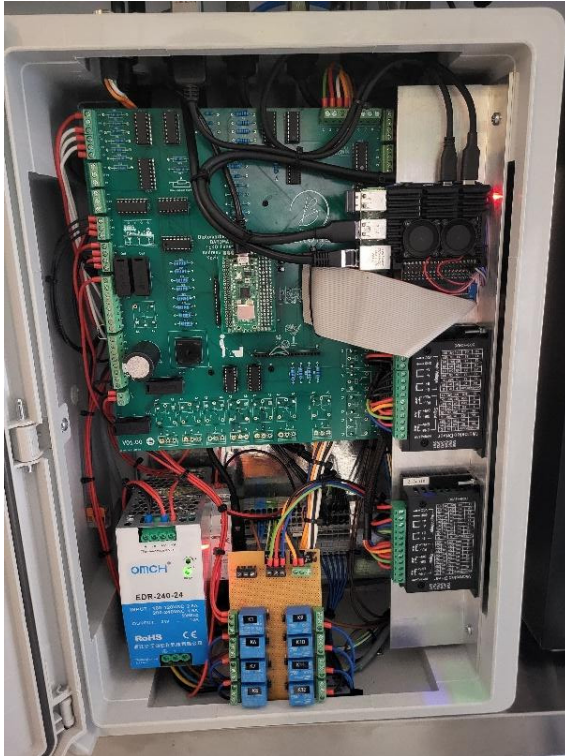
Touchpanel:

Hier können alle Funktionen des Baromaten gesteuert werden.

- Getränkeauswahl
- Einstellungen

Not-Ausschalter:

Bei Störung oder Blockade betätigen.



Steuerschrank:

Wenn eine oder mehrere Funktionen ausfallen, kann dies an defekten Sicherungen liegen. In diesem Fall können im Kapitel Schaltplan gemäss Schema die Sicherungsgrösse und die Position der Sicherungen ermittelt werden.

- F1 = 3.5A
- F2 = 3.5A
- F3 = 10A
- F4 = 1A



Kühlschränke:

Getränke von links nach rechts:

- Coca-Cola
- Sprite
- Ginger Ale
- Orangensaft
- Tonic Water
- Mineralwasser



Alkoholdispenser 1+2:

Wichtig: Die Alkoholdispenser müssen in der richtigen Reihenfolge angebracht werden.

Getränke von links nach rechts:

- Whiskey
- Rum dunkel
- Rum hell
- Tequila

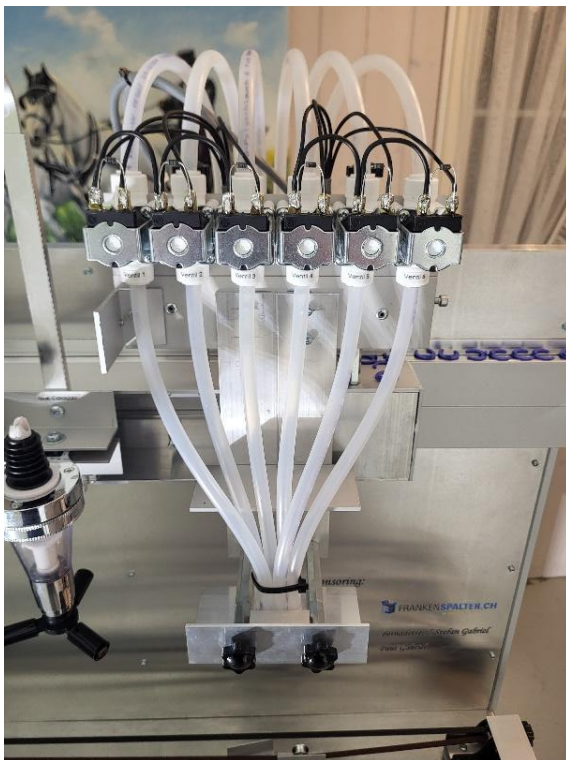


Alkoholdispenser 3+4:

Wichtig: Die Alkoholdispenser müssen in der richtigen Reihenfolge angebracht werden.

Getränke von links nach rechts:

- Gin
- Vodka
- Martini
- Blue Curaçao

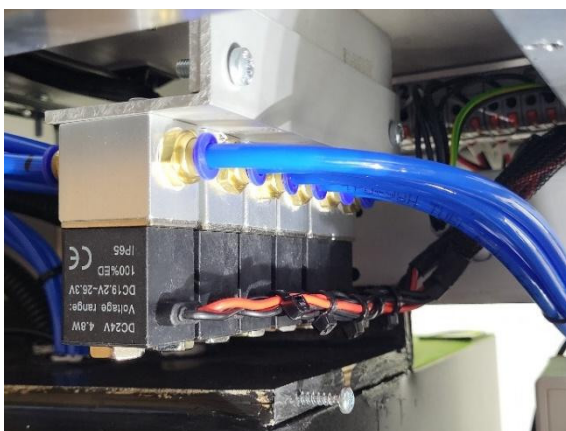


Süssgetränkeventile:

Die Süssgetränkeventile haben die gleiche Reihenfolge wie die Getränke in den Kühlschränken.

Die Getränkeschläuche sind nummeriert.

1. Coca-Cola
2. Sprite
3. Ginger Ale
4. Orangensaft
5. Tonic Water
6. Mineralwasser



CO₂ Ventile:

Die CO₂-Ventile sind ebenfalls nummeriert.

Die Reihenfolge entspricht derjenigen der Süssgetränkeventile.



CO₂ Flasche:

Zum Auswechseln der Flasche das Druckreduzierventil am Flansch der Gasflasche vorsichtig abschrauben.

Das Magnetventil an der dafür markierten Steckdose einstecken.



Druckanzeigen:

1. Manometer grün
Zeigt den noch vorhandenen Druck in der Flasche.
2. Manometer rot
Zeigt den Druck an, der an das System abgegeben wird.

Wichtig: Der abgegebene Druck sollte zwischen 1,9 und 2,2 bar liegen.



Anschluss von 230V:

Kaltgeräteanschluss für 230V mit eingebautem Schalter und Sicherung.

Hauptschalter:

Hauptschalter schaltet die gesamte Stromversorgung des Baromaten ein oder aus.



Netzteil Steuerung:

Startet die Steuerung nicht, den kleinen Schalter einmal betätigen.

Bitte beachten: Es handelt sich um Touch.



Riemenspanner:

Riemen dürfen weder zu stark noch zu schwach gespannt werden. Sie müssen einen schönen Zug haben, damit sie nicht aus den Halterungen fallen, dürfen aber nicht so stark gespannt sein, dass sie reißen.

Standortanforderungen

- 230V Steckdose mit ausreichender Absicherung (FI/RCD empfohlen)
- Verlängerungskabel oder Kabelrolle
- Zugang zu sauberem Trinkwasser
- Fester, waagerechter und tragfähiger Untergrund bis mind. 200kg
- Zugang zu Standort ohne Treppen möglich
- Mindest-Liftabmessungen: 155×70×170 cm (LxBxH)
- Ausreichender Platz für Bedienung, Wartung und Flaschenwechsel
- Witterungsgeschützter Innenbereich

Aufstellen des Baromaten

Bei der Aufstellung des Bar-Roboters ist auf einen sicheren, waagerechten Stand des Geräts zu achten. Um ein Wegrollen zu vermeiden, müssen die Bremsen an den hinteren beiden Rollen unbedingt angezogen werden. Anschliessend wird das Tablar auf der rechten Seite eingeschoben. Darauf wird die Eismaschine platziert und unter dem Tisch eingesteckt. Zum Schluss werden die Riemen der X-Achse gespannt. Nun ist der Baromat fertig aufgebaut.

Anleitung Bestückung

Vor dem ersten Gebrauch müssen die im Abschnitt «Aufstellen des Baromaten» erläuterten Punkte vollständig abgearbeitet werden. Wenn dies erledigt ist, kann mit dem nächsten Schritt fortgefahren werden.

Als Erstes wird eine CO₂-Flasche am Druckreduzierventil angeschlossen.

Wichtig: Der Haupthahn der Flasche bleibt vorerst geschlossen.

Als Zweites werden die Süssgetränke in den Kühlschränken angeschlossen. Dazu handelsübliche Getränkeflaschen an den Anschlüssen verbinden. Es ist darauf zu achten, dass es sich um 1,5-Liter-Flaschen handelt, ausser bei Ginger Ale und Tonic Water. Diese dürfen höchstens 1-Liter-Flaschen sein. Anschliessend die Flaschen im Kühlschrank verstauen und mit den Gittern gegen Herausfallen sichern. Zudem unbedingt die richtige Reihenfolge beachten. Diese ist mit Schildern gekennzeichnet.

Im dritten Schritt werden die alkoholischen Getränke bestückt. Es dürfen maximal 1-Liter-Flaschen verwendet werden. Um die Getränkehalter zu entnehmen, die zwei schwarzen Halteschrauben lösen. Die Reihenfolge ist zwingend einzuhalten. Den Haltearm herausziehen und auf den Kopf stellen. Danach die Flasche einsetzen.

Wichtig: Die Flaschen mit den Händen greifen, nicht den Halter, um ein Herausfallen zu vermeiden. Nach dem Bestücken den Flaschenhalter wieder mit den zwei Halteschrauben befestigen. Diesen Arbeitsschritt insgesamt viermal ausführen.

Als Letztes die Eismaschine mit sauberem Trinkwasser befüllen und einschalten.

Wichtig: Dies mindestens zwei bis drei Stunden vor Gebrauch des Baromaten durchführen, damit ausreichend Eis bereitsteht.

Nun ist der Baromat einsatzbereit.

Bedienungsanleitung Inbetriebnahme

1. Netzstecker einstecken.
2. Hauptschalter einschalten.
3. Schlüsselschalter drehen.



4. Funktion des Bildschirms prüfen. Wenn der Bildschirm funktioniert, ist alles ok. Wenn nicht, den kleinen Schalter am Netzteil auf der Rückseite betätigen.
5. System per Doppelklick mit dem Icon «GUI.sh» öffnen und mit «Execute» bestätigen.
6. Auf Programmbereitschaft warten.



7. Einschaltknopf unter dem Tisch betätigen und 5 Sekunden abwarten.



8. Prüfen, ob das Not-Halt-Symbol verschwindet.



9. Zu «Einstellungen» wechseln und alle Leerschalter betätigen, bis alle Kontrollleuchten erloschen sind.





10. CO₂-Haupthahn öffnen. Maximaler Druck am linken Manometer: 2,1 bar.



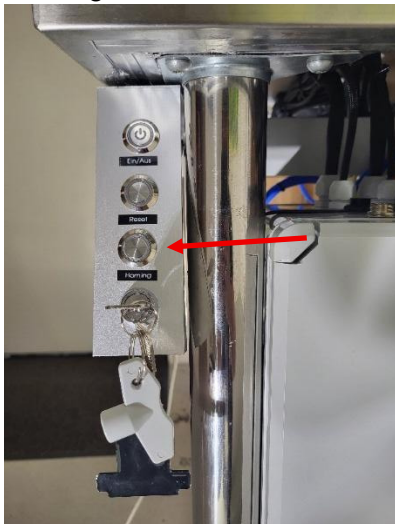
11. Alle Verbraucher einschalten. Der Zustand «Ein» ist erreicht, wenn die Schalter-LED leuchtet.



12. Alle Süssgetränkeleitungen mit den Tastern entlüften, bis keine Luft mehr austritt.
Achtung: Vor dem Betätigen der Taster einen Eimer unter die Süssgetränkestelle stellen.



13. Homing durchführen.



14. Zur Hauptvisualisierung zurückkehren.



Bestellablauf

1. Glas auf den Schlitten stellen. Schlitten-LED muss dauerhaft grün leuchten.
2. Getränk in der Hauptvisualisierung auswählen.
3. Warten und staunen.
4. Glas in der Start- bzw. Endposition entnehmen, erst wenn Schlitten-LED blinkt.
5. Drink mit Hilfe der Getränkekarte verfeinern.

Störmeldungen / Warnmeldungen

Störmeldungen

Fehlermeldung:	Bilder Fehlermeldung:
Nothalt ausgelöst	

Not-Halt aktiv:


1. Not-Halt durch Drehung nach rechts ausschalten.
2. Reset-Taste 3 Sekunden gedrückt halten.
3. Ein-/Ausschalter betätigen und ausschalten. Das Licht muss aus sein.
4. 5 Sekunden warten.
5. Ein-/Ausschalter betätigen und einschalten. Das Licht muss an sein.
6. Homing durchführen.






Achse im Endschalter:

1. Achse aus dem Endschalter herausschieben.
2. Reset-Taste 3 Sekunden gedrückt halten.
3. Ein-/Ausschalter betätigen und ausschalten. Das Licht muss aus sein.
4. 5 Sekunden warten.
5. Ein-/Ausschalter betätigen und einschalten. Das Licht muss an sein.
6. Homing durchführen.

Warnmeldungen

Es gibt sechs verschiedene Warnmeldungen. Diese sind unten aufgeführt.

Fehlermeldung:	Bilder Fehlermeldung:
Cola auffüllen	

<p>Sprite auffüllen</p>	
<p>Ginger Ale auffüllen</p>	
<p>Orangensaft auffüllen</p>	
<p>Mineralwasser auffüllen</p>	
<p>Tonic Water auffüllen</p>	

Treten eine oder mehrere der oben genannten Warnmeldungen auf, müssen die entsprechenden Getränke ausgetauscht werden. Anschliessend können sie in den Einstellungen in der Spalte «Rückstellung Getränke» zurückgestellt werden. Leuchtet die LED-Anzeige hinter dem Schalter nicht mehr, war die Rückstellung erfolgreich. Danach kann wieder zur Hauptvisualisierung gewechselt werden.



Getränkemeldung aktiv



Getränkemeldung zurückgestellt

Störungsbeseitigung / Troubleshooting

Symptom:	Mögliche Ursache:	Massnahme:
Keine Anzeige am Touchpanel	Netzstecker nicht eingesteckt; Hauptschalter aus; Netzteil-Schalter hinten aus	Netzstecker prüfen; Hauptschalter einschalten; kleinen Schalter am Netzteil betätigen
Not-Halt aktiv / System startet nicht	Not-Halt gedrückt; Sicherheitskreis nicht quitiert	Not-Halt nach rechts drehen; Reset-Taste 3 Sek. halten; Ein-/Ausschalter aus, 5 Sek. warten, wieder einschalten; Homing durchführen
Achse im Endschalter / Schlitten bewegt sich nicht	Endschalter ausgelöst; mechanische Blockade; Riemenspannung falsch	Achse aus Endschalter herauschieben; Hindernisse entfernen; Riemen mit «schönem Zug» korrekt spannen; Homing durchführen
Schlitten-LED bleibt aus	Glas nicht korrekt platziert; Sensor verschmutzt/verdeckt; Steuerung nicht bereit; Metallstück von Glas verloren	Glas korrekt auf Schlitten stellen; Sensor reinigen; Hauptvisualisierung prüfen; Anderes Glas verwenden; ggf. System neu starten
Süssgetränk wird nicht ausgegeben	Flasche leer; falsche Reihenfolge/Zuordnung; CO ₂ -Druck zu niedrig; Luft in Leitung; Ventil nicht freigegeben	Flasche wechseln; Reihenfolge gemäss Beschriftung prüfen; CO ₂ -Haupthahn öffnen, Druck 1,9–2,2 bar einstellen; Leitung mit Tastern entlüften (Eimer unterstellen); Leerschalter in «Einstellungen» betätigen bis Kontrollleuchten aus
Warnmeldung «Getränk auffüllen»	Füllstand leer/niedrig	Getränk austauschen; in «Einstellungen» Rückstellung Getränke durchführen; prüfen, ob LED hinter dem Schalter erlischt; zurück zur Hauptvisualisierung
Alkoholisches Getränk wird nicht dosiert	Falsche Flaschengrösse (>1L); Dispenser verstopft/verschmutzt; Haltearm nicht korrekt montiert; Reihenfolge falsch	Max. 1-Liter-Flasche verwenden; Dispenser zerlegen/reinigen/spülen und trocknen; Haltearm korrekt montieren und mit zwei Halteschrauben befestigen; Reihenfolge strikt einhalten
Süssgetränk spritzt oder kommt mit Luft	Leitung nicht entlüftet; CO ₂ -Druck zu hoch/niedrig; lose Schlauchverbindung	Leitung vollständig entlüften; Druck auf 1,9–2,2 bar einstellen; Schlauchverbindungen prüfen und festziehen

Kühlschränke kühlen nicht ausreichend	Lüftungsabstände nicht eingehalten; Türen nicht richtig geschlossen; Gerät nicht waagrecht; Umgebung zu warm	Mindestabstände sicherstellen; Türen schliessen; waagerechten Stand prüfen; Aufstellort kühlen/belüften
Touch reagiert nicht	Bedienfehler; System nicht bereit; Display verschmutzt	Kurz tippen, nicht drücken; Programmbereitschaft abwarten; Display mit trockenem Mikrofasertuch reinigen; Netzteil-Schalter prüfen ggf. System neu starten
«GUI.sh» startet nicht / «Execute» ohne Wirkung	Software nicht geladen; Rechteproblem; Stromversorgung instabil	System neu starten; prüfen, ob die Programm-Datei vorhanden ist; Stromversorgung und Sicherungen prüfen
CO ₂ -Geruch oder Kopfschmerz in Umgebung	CO ₂ -Leck; Haupthahn offen bei Stillstand	Bereich lüften; CO ₂ -Hauptahn schliessen; Dichtheit des CO ₂ -Trakts prüfen (Lecksuchspray/Seifenwasser); Betrieb erst nach Behebung aufnehmen
Sicherung löst wiederholt aus (F1–F4)	Kurzschluss/Überlast an Baugruppe	Gerät spannungsfrei schalten; betroffene Baugruppe identifizieren; Kabel/Komponenten prüfen; nur baugleiche Sicherungen einsetzen; Hersteller kontaktieren
Eis fehlt / Eismaschine liefert zu wenig	Zu spät eingeschaltet; Wasser fehlt; Maschine verschmutzt; Eiswürfelsieb zu voll	Eismaschine 2–3 Std. vor Nutzung einschalten; mit Trinkwasser befüllen; Reinigung gemäss Hersteller durchführen; Gestaute Eiswürfel entfernen

Wartung und Reinigung

Nach jedem Einsatz des Baromaten muss eine gründliche Reinigung durchgeführt werden, um Schimmelbildung und Bakterienvermehrung zu vermeiden. Dies ist auch nach längeren Standzeiten zwingend erforderlich. Nach dem fünften Gebrauch sollten die Getränkeleitungen vorbeugend ausgetauscht werden, um Ausfälle und Hygienrisiken zu minimieren.

Reinigung Süssgetränke

1. Alle Süssgetränke entfernen.
2. Sauberes Leitungswasser mit Reinigungs-Tablette oder -Lösung versetzen.
3. Reinigungslösung in eine saubere PET-Flasche abfüllen, ca. 0,8 L.
4. Flasche mit Reinigungslösung am Getränkeanschluss anschliessen.
5. Einen Eimer unter die Süssgetränkestation stellen.
6. Leitungen durchspülen. Hierzu die Taster „Spülung Ventile“ verwenden.
7. Den kompletten Inhalt der Flasche zum Spülen verwenden.
8. Mit sauberem Wasser nachspülen.
9. Wenn die Wasserflasche leer ist, den Taster weiter gedrückt halten, bis das gesamte Wasser aus dem System entwichen ist.
10. Vorgang bei allen Süssgetränken wiederholen.
11. Leitungen bei den Getränkeventilen abhängen, damit die Leitungen abtrocknen können.
12. **Wichtig:** CO₂-Flasche am Haupthahn schliessen.

Reinigung Alkoholdispenser

1. Alle Flaschenhalter demontieren und Flaschen entfernen.
2. Schnapsflaschen wieder verschliessen und einlagern.
3. Getränkedispenser zerlegen und mit Reinigungsmittel reinigen.
4. Gereinigte Dispenser mit klarem Leitungswasser gründlich nachspülen.
5. Den Federmechanismus mehrmals drücken, damit sich kein Stauwasser bildet.
6. Gut trocknen lassen.
7. Dispenser im zerlegten Zustand einlagern.

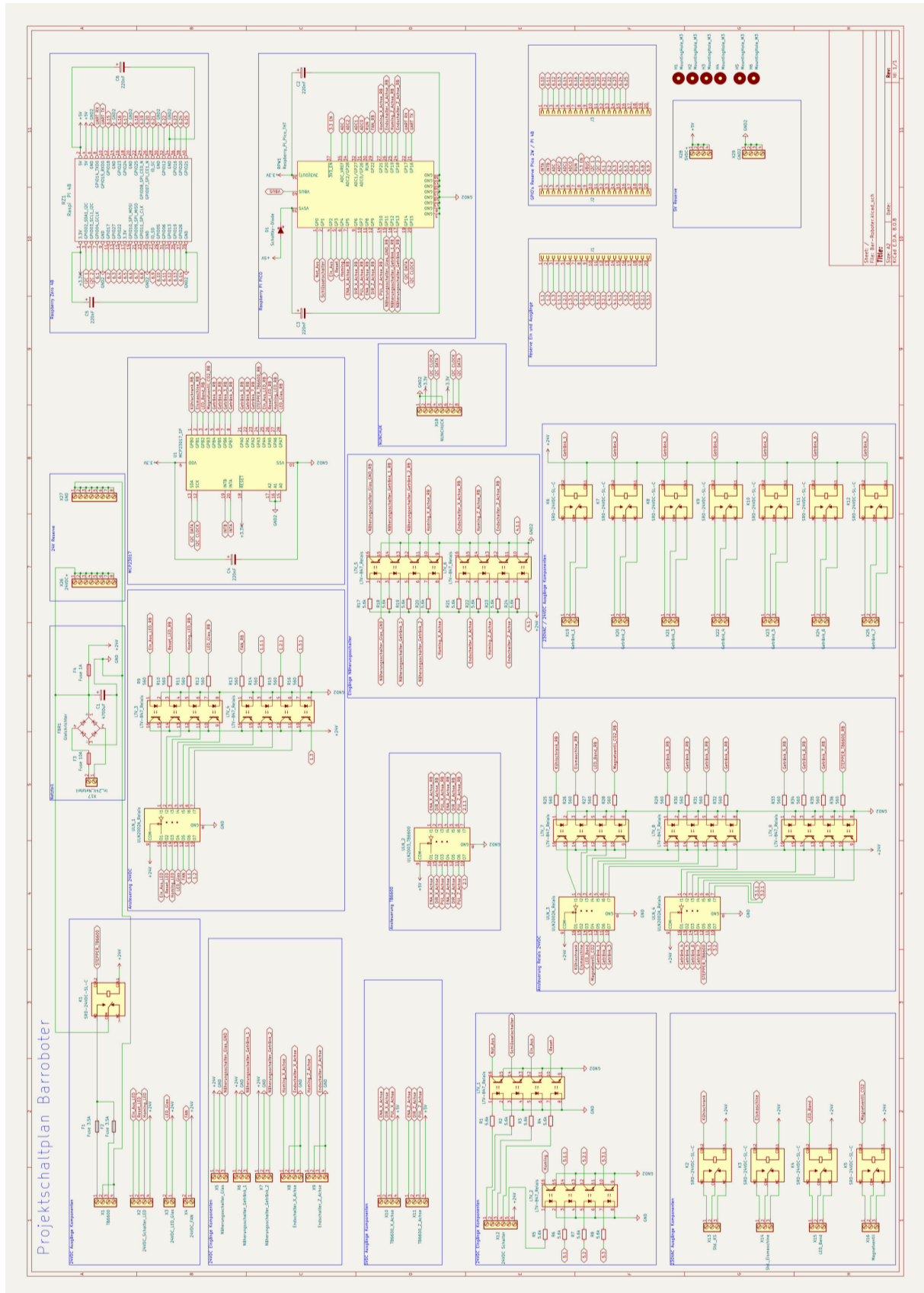
Reinigung Roboter

1. Laufschiene, Laufschiene, Tischplatte und Rückwand mit warmem Wasser und etwas Spülmittel reinigen.
2. Die Flächen anschliessend mit einem sauberen Lappen nachwischen.
3. Display mit sauberem Mikrofasertuch reinigen. Das Tuch darf nicht nass sein.
4. Kühlschränke ebenfalls mit warmem Wasser und Spülmittel reinigen.
5. Die Flächen anschliessend mit einem sauberen Lappen nachwischen.
6. Türen offen lassen.

Reinigung Eismaschine

1. Ablassstopfen entfernen.
2. Pumpe kurz ohne Wasser laufen lassen, um Wasserreste zu entfernen.
3. Weitere Reinigung gemäss Herstellerangaben durchführen.

Schaltplan



Kontaktangaben Hersteller

Herr
Andreas Gabriel

Herr
Kevin Lorber