



WERKSCHULHEIM FELBERTAL
ZUKUNFTS>CAMPUS

Projektmappe

Werkschulheim Felbertal

Mechatronik



Serviceroboter Symposion

Simon M. Wimmer

Klasse 8b

Abgabe am 15.12.2023 bei FÖD

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzbeschreibung.....	5
1.1	Verwendungszweck.....	5
1.2	Technische Daten	6
1.3	Kostenabschätzung	6
2	Bedienungsanleitung	7
2.1	Voraussetzungen für Installation und Betrieb	7
2.2	Geräteinbetriebnahme und Benutzung	7
2.3	Gerätewartung und Gerätereinigung	9
2.4	Mögliche Fehler und Fehlerbehebung.....	9
3	Technische Beschreibung.....	10
3.1	Blockdiagramm	10
3.1.1	Beschreibung der Komponenten und deren Zusammenwirken.....	11
3.2	Technische Dimensionierung Schlüsselkomponenten	12
3.2.1	K1: Festo Robotino v4 Steuerungseinheit	12
3.2.2	K3: Arduino Peripherie IF	13
3.2.3	M4 – Plattformantrieb	13
3.2.4	B15: Endlagenschalter	14
3.2.5	B16 – B18: ToF-Abstandssensoren.....	14
3.2.6	B20 – B25: Kapazitive Näherungsschalter.....	14
4	Projektmanagement	15
4.1	Zieldefinition	15
4.2	Beschreibung der Arbeitspakete.....	17
4.3	Projektstrukturplan	22
4.4	Gantt-Diagramm.....	23
4.5	Projektumwelten-Analyse	24
4.6	Risikoanalyse.....	25

5	Technische Beschreibung Mechanik	27
5.1	Stückliste mechanische Komponenten	27
5.2	Gesamt-Zusammenstellungszeichnung	30
5.3	Zusammenstellungszeichnung: Mechanische Achse.....	30
5.4	Zusammenstellungszeichnung: Bedienpult	30
5.5	Zusammenstellungszeichnung: Controller-Plattform.....	30
5.6	Zusammenstellungszeichnung: Plattform	30
5.7	Zusammenstellungszeichnung: Schlitten	30
5.8	Fertigungszeichnungen: Motorkonsole	30
5.9	Inbetriebnahme Mechanik	31
6	Technische Beschreibung Elektrotechnik / Elektronik	32
6.1	Stückliste elektrische Haupt-Komponenten	32
6.2	Stromlaufplan	35
6.3	Beschreibung der Verbindungskabel.....	36
6.4	Dokumentation Leiterplatte	37
6.4.1	Schaltplan	37
6.4.2	Layout.....	38
6.4.3	Bestückungsplan.....	39
6.4.4	Stückliste	40
6.5	Inbetriebnahme Elektronik	41
7	Technische Beschreibung Firmware / Software	42
7.1	Allgemeine Informationen.....	42
7.1.1	Software-Module	42
7.1.2	Bibliotheken	43
7.1.3	Allgemeine Informationen.....	44
7.2	Signalliste	45
7.2.1	K1: Festo Robotino Steuerungseinheit	45

7.2.2	K2: Soundkarte	46
7.2.3	K3: Arduino-Peripherie-IF	46
7.3	SW-Planung und Beschreibung	47
7.3.1	Anmerkung	47
7.3.2	Modulbeschreibung GUI	47
7.3.3	Modulbeschreibung Debug	47
7.3.4	Modulbeschreibung Teaching	47
7.3.5	Modulbeschreibung Route_Following	47
7.3.6	Modulbeschreibung Docking	48
7.3.7	Modulbeschreibung Platform_Referencing	48
7.3.8	Modulbeschreibung Height_Adjustment	48
7.3.9	Modulbeschreibung Bottle_Detection	48
7.3.10	Modulbeschreibung Dodge	48
7.3.11	Modulbeschreibung Station_Communication	48
7.3.12	Modulbeschreibung Distance_Measurement	48
7.3.13	Modulbeschreibung Distance_Measurement_K3	48
7.3.14	Modulbeschreibung Light Control	48
7.3.15	Modulbeschreibung Light Control_K3	48
7.4	Bedienoberfläche / GUI-Design	49
7.5	Fehlerbehandlung	53
7.6	Inbetriebnahme Softwaremodule	54
Anhang C – Auszüge aus Datenblättern		55

1 Kurzbeschreibung

Symposion ist ein vielseitiger Transportroboter, der sich autonom durch den Raum manövrieren, Hindernisse erkennen und Kollisionen vermeiden kann. Über eine höhenverstellbare Plattform kann er Gegenstände von verschiedensten Bearbeitungsstationen aufnehmen und weitertransportieren.

In der Industrie 4.0 spielen Transportroboter eine entscheidende Rolle. Roboter eignen sich für all jene Bereiche, die für menschliche Arbeiter zu gefährlich, zu schmutzig oder einfach zu eintönig sind. Angesichts des anhaltenden Fachkräftemangels in allen Bereichen ist es unerlässlich monotone und repetitive Aufgaben zu automatisieren, damit menschliche Arbeitskräfte ihren vollen Fokus auf kreativere und innovativere Aufgaben lenken können.

Förderbänder mögen zwar die zweite industrielle Revolution mitgetragen haben, doch für die schnelllebige Industrie von heute sind sie schlichtweg zu unflexibel. Die autonome Flexibilität der Industrie 4.0 wirbt mit einer Losgröße von 1, deswegen ist es notwendig, sich von einer starren Fließbandfertigung zu distanzieren und sowohl die Bearbeitungsstationen als auch den Transport zwischen ihnen so anpassbar wie nur möglich zu gestalten. Hier kommen Transportroboter ins Spiel.

1.1 Verwendungszweck

Als Universal-Transportroboter mit einer höhenverstellbaren Plattform bietet Symposion ein äußerst breites Anwendungsspektrum. Besonderes Augenmerk wird jedoch auf seine didaktische Verwendung gelegt.

Einerseits ermöglicht Symposion die Umsetzung von Programmieraufgaben, bei denen zusammen mit anderen Bearbeitungsstationen eine vollständig automatisierte Fabrik simuliert werden kann.

Andererseits ist ein spezieller Verwendungszweck die Präsentation bei Veranstaltungen und Messen. In Verbindung mit einem Robotergreifsystem kann er autonom Getränke oder Flyer an die Besucher ausliefern. So vermittelt er die Werte der Mechatronik und Robotik in spielerischer Manier und ist ein wahrer Blickfang auf jeder Veranstaltung.

1.2 Technische Daten

Elektrische Spezifikationen	
Versorgungsspannung AC	220 - 240 V
Ladespannung DC	10.8 - 18 V
Leistungsaufnahme DC (Peak)	144 W
Betriebsspannung DC	24 V
Akkuspannung	18 V
Akkukapazität	5.2 Ah
Akkuanzahl	min. 1 max. 4
Akkutechnologie	Li-Ionen
Dimensionierung	
Abmessungen eingefahren (L x B x H)	450 x 450 x 970 mm
Abmessungen ausgefahren (L x B x H)	450 x 450 x 1250 mm
Gewicht (unbeladen)	30 kg
Plattformspezifikationen	
Plattformtragekapazität	20 kg
Plattform Verfahrgeschwindigkeit maximal	17,5 mm/s
Plattformhub	280 mm
Fahrverhalten	
Abstandserkennung allseitig	40 cm
Abstandserkennung frontal	4 m
Maximalgeschwindigkeit	200 mm/s

Tabelle 1: Technische Daten

1.3 Kostenabschätzung

Komponente / Baugruppe	Kosten
Festo Robotino	€ 20.000
Sensorik	€ 3.000
Plattform und Gehäuse	€ 1.200
Linearachse	€ 500
Bildschirm	€ 200
Soundsystem	€ 200
Elektrische Basiskomponenten (Kabel, Stecker, Not-Aus, Beleuchtung, etc.)	€ 150
Befestigungsmaterial	€ 50
Summe	€ 25.300

Tabelle 2: Kostenabschätzung

2 Bedienungsanleitung

2.1 Voraussetzungen für Installation und Betrieb

Stellen Sie vor der Installation sicher, dass der Roboter über all seine in Punkt 5.1 und 6.1 definierten Komponenten verfügt. Legen Sie besonderes Augenmerk auf die Sicherheitskomponenten wie Schutzabdeckungen oder Abstandssensoren.

Der Roboter wurde für die Verwendung in Veranstaltungshallen oder Laboren konzipiert. Demnach ist er nur unter normalen Raumtemperaturen (10 bis 30 C°) zu verwenden. Jegliche Exposition gegenüber Witterungseinflüssen wie Regen oder übermäßiger Hitzebelastung ist zu vermeiden. Es gilt, die in Abschnitt 1.2 festgelegten technischen Grenzen strikt einzuhalten.

Der Kontakt mit Laien ist zulässig, sofern das Gerät keinerlei Schäden oder Mängel aufweist. Es ist jedoch unerlässlich, dass vor jeder Interaktion mit Laien eine qualifizierte Elektrofachkraft den sicherheitskonformen Zustand des Roboters überprüft. Besondere Aufmerksamkeit ist hierbei auf die einwandfreie Funktion der Schutzabdeckungen und sicherheitsrelevanten Sensoren zu legen.

Die Sicherheit des Roboters und aller beteiligten Personen liegt in der sorgfältigen Einhaltung dieser Voraussetzungen sowie in regelmäßigen Überprüfungen durch qualifiziertes Fachpersonal.

2.2 Geräteinbetriebnahme und Benutzung

1. Akkus von Symposion aufladen



Abbildung 1: Akku

Über Festool Ladestation; Akkus aus Steckplatz schieben und auf Ladegerät aufschieben.



Abbildung 2: Robotino Ladestation

Über Robotino Ladestation; Robotino zur Ladestation heben und sicherstellen, dass die Ladepins, die sich im niedrigen Frontbereich des Roboters befinden, die Kontaktflächen der Ladestation berühren.

2. Not-Aus-Schalter herausziehen und Ein-/Austaster für mehrere Sekunden drücken

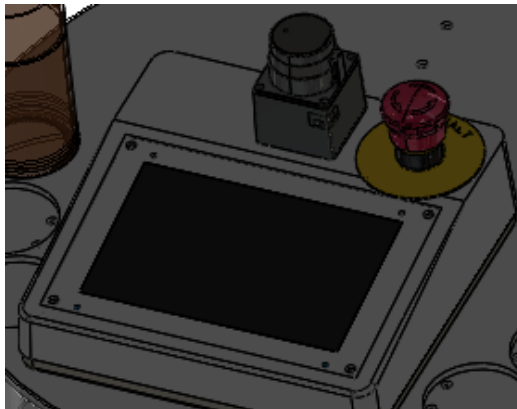


Abbildung 3: Touchpanel

3. Gewünschten Betriebsmodus über den Touchscreen auswählen. Betriebsmodi sind in Abschnitt 7 aufgelistet.

Vorschau siehe:

<https://www.figma.com/proto/qig0V0g5WzfKCeBuiD2Jkr/Symposion--DE->

4. Alternativ über ein externes Gerät im Wlan von Symposion einloggen und die Weboberfläche aufrufen.

2.3 Gerätewartung und Gerätereinigung

Alle sicherheitsbezogenen Einrichtungen wie Not-Aus-Schalter, Abstandssensoren oder Schutzabdeckungen sollten wöchentlich überprüft werden. Für die wöchentliche Überprüfung reicht eine einfache Sichtprüfung bei Gehäuse und Kabeln.

Die Linearachse sollte halbjährlich überprüft werden und bei Bedarf müssen Verschleißteile ausgetauscht werden. Genaues Augenmerk ist hierbei auf die Spindel, Mutter, Kupplung sowie Mitnehmerplattformen zu legen.

Zumindest einmal im Jahr sollte eine komplette mechanische als auch elektrische Inspektion des Robotersystems erfolgen. Hierbei werden wiederum die zuvor genannten Überprüfungshinweise befolgt, ergänzend sollte aber auch noch ein kompletter I/O-Check durchgeführt werden. Ein solcher I/O-Check ist über die Weboberfläche im Menü „Debug“ verfügbar.

Zur Wartung und Reinigung des Gerätes ist es notwendig, die Schutzabdeckungen des Roboters zu entfernen. Wenn möglich, sollte hierfür die Plattform auf eine möglichst hohe Position verfahren werden, sodass die Innenabdeckungen ohne Herausnehmen der Außenabdeckung entfernt werden können. Falls jedoch nicht anders möglich, kann auch die Außenabdeckung abgeschraubt und der Roboter über die Abdeckung gehoben werden. Die Abdeckungen sind rundherum mit Innensechskantschrauben montiert. Die innere Abdeckung besteht aus zwei Teilen, die äußere aus nur einem.

2.4 Mögliche Fehler und Fehlerbehebung

Fehler	Ursache	Behebung
Robotersystem startet nicht	Not-Aus aktiviert Zu niedrige Akkuspannung	Not-Aus Schalter überprüfen Akkus aufladen
Plattformhöhe kann nicht verändert werden	Plattform wurde über das Limit verfahren	Plattform wieder auf die Spindel aufsetzen (Spindel ist bei den Limits abgedreht)
Robotino erkennt Hindernisse nicht	Die Sicht der Sensoren ist behindert oder Kabel sind locker	Sensoren reinigen und Kabel kontrollieren
Kommunikation mit Servicestation funktioniert nicht	Infrarotsender ist verschmutzt oder zu geringe Sensitivität des Empfängers	Sender reinigen und Sensitivität des Empfängers erhöhen.
Sensorsignal kann nicht empfangen werden	Kabel ist locker	Überprüfen Sie die Kabelführungen im Inneren von Symposion

Tabelle 3: Mögliche Fehler

3 Technische Beschreibung

3.1 Blockdiagramm

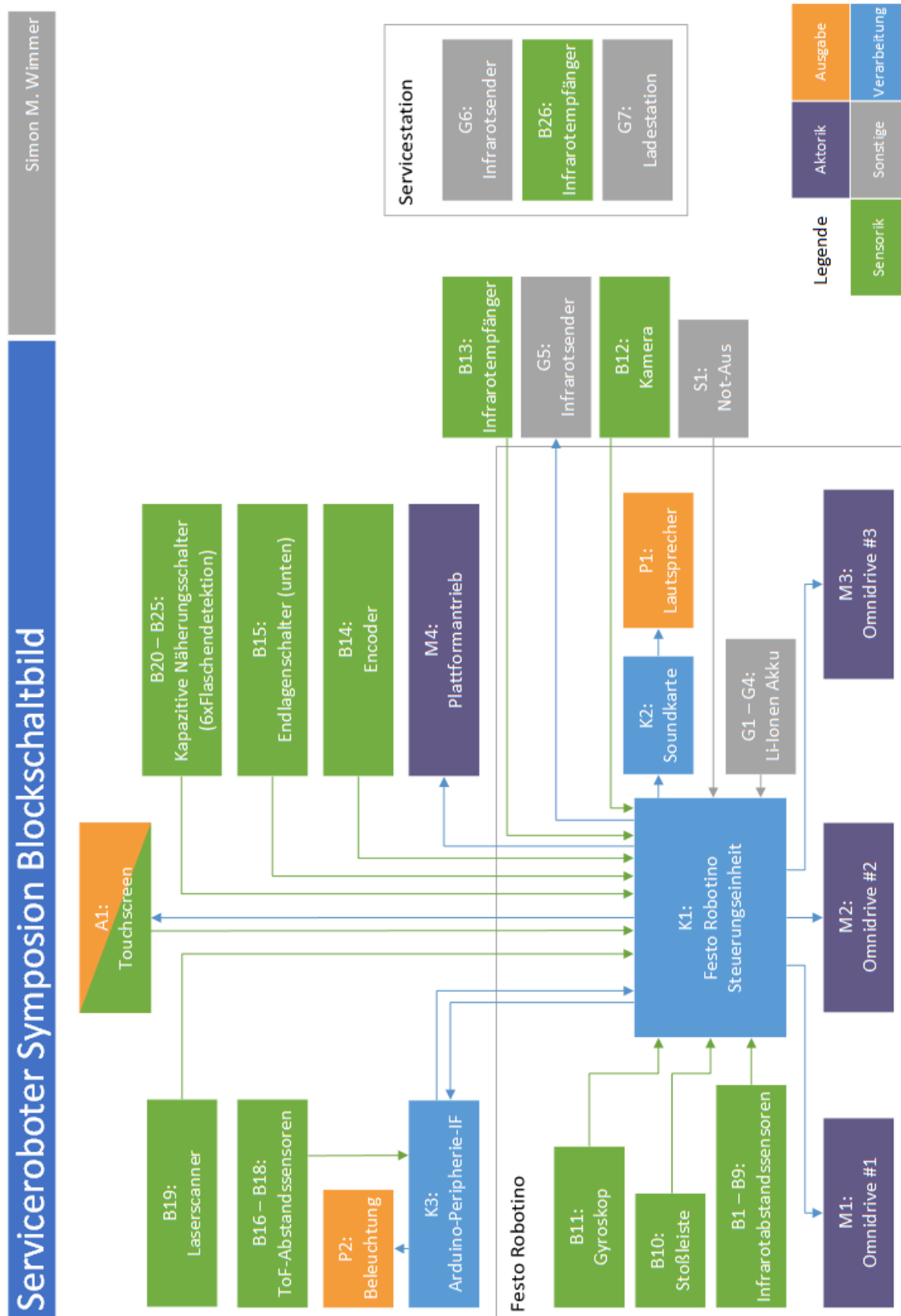


Abbildung 4: Technisches Blockdiagramm

3.1.1 Beschreibung der Komponenten und deren Zusammenwirken

BMK	Komponente	Beschreibung
K1	Festo Robotino Steuerungseinheit	Zentrale Recheneinheit des Robotersystems. Mit ihr sind alle anderen Komponenten verbunden. Verfügt über verschiedenste Ein- und Ausgänge (DI, DO, Relays, Analogeingänge, USB, etc.). Logische Spannung 24V.
K2	Soundkarte	Über USB mit K1 verbunden. Verfügt über einen Soundtreiber und einen AUX-Ein- sowie Ausgang.
K3	Arduino-Peripherie-IF	Interfaceplatine mit Arduino Nano. Die IF-Platine dient zur Steuerung von 5V-Sensoren (B16 – B18) und der Beleuchtung (P2). Der Arduino kommuniziert mit K1.
M1 – M3	Omnidrive	Integrierte Antriebsmotoren des Robotinos zur omnidirektionalen Bewegung des Roboters.
M4	Plattformantrieb	Antriebsmotor für die höhenverstellbare Plattform.
S1	Not-Aus	Not-Aus-Schalter, der bei Betätigung die Motorausgänge deaktiviert.
G1 – G4	Li-Ionen-Akkus	Stromversorgung von K1. 18 V
G5 – G6	Infrarotsender	Zur einfachen Kommunikation (1 Bit) mit der Servicestation.
G4	Ladestation	Station, an die der Roboter zum autonomen Laden andocken kann. Ist mit einem Marker zur genauen Positionierung über eine RGBD-Kamera ausgestattet.
B1 – B9	Infrarotabstands-sensoren	Ringförmig auf Bodenhöhe am Roboter angebracht, um Hindernisse in kurzer Distanz (< 40 cm) zu erkennen. In Robotino fest integriert.
B10	Stoßleiste	Erkennt Kollision im Falle einer Fehlfunktion der Abstandssensoren. In Robotino fest integriert.
B11	Gyroskop	Zur genauen Positionierung des Roboters. In Robotino fest integriert.
B12	Kamera	RGBD-Kamera, um Live-Bilder zu übertragen, als auch für Hindernis- und Objekterkennung.
B13, B26	Infrarotempfänger	In Kombination mit den Infrarotsendern (G2 und G3) dienen sie zur einfachen Kommunikation mit einer Servicestation.
B14	Encoder	Zur Winkelpositionsmessung des Plattformantriebs (M4) und damit zur Höhenbestimmung der Plattform. Verbunden mit dem Encodereingang kann er direkt vom Robotino ausgelesen werden.
B15	Endlagenschalter	Zum Referenzieren der Plattformlinearachse.
B16 – B18	ToF-Abstandssensoren	Für die weitreichende Hinderniserkennung (4 m) im frontalen Bereich. Der ToF-Sensor arbeitet mit logischen 5V-Signalen, weswegen er vom Arduino (K3) verarbeitet wird und das Signal an K1 weitergeleitet wird.
B19	Laserscanner	Angebracht auf der höhenverstellbaren Plattform zur umfassenden Hinderniserkennung im Raum.
B20 – B25	Kapazitive Näherungsschalter	Unter den Flaschenabstellpositionen der Plattform angebracht, um das Vorhandensein von Flaschen zu überprüfen.
P1	Lautsprecher	Um Informationsmitteilungen (z.B. an das Servicepersonal) akustisch abgeben zu können. Verbunden mit der Soundkarte (K2).

P2	Beleuchtung	RGB-Beleuchtung für die bessere Sichtbarkeit des Roboters. Wird über den Arduino (K3) angesteuert.
A1	Touchscreen	Zur Interaktion mit dem Roboter und Informationspräsentation ist auf der Plattform ein Touchscreen angebracht. Der Touchscreen ist direkt mit dem Robotino (K1) verbunden.

Tabelle 4: Beschreibung der Komponenten

3.2 Technische Dimensionierung Schlüsselkomponenten

3.2.1 K1: Festo Robotino v4 Steuerungseinheit

Anzahl	Schnittstelle	Sonstiges
1	RJ-45	
2	USB 2.0	
4	USB 3.0	
2	12V WAGO	max 2 A gesamt
2	PCI Express Slots	Bauraum begrenzt
8	Digital Input	Logikspannung 24 V Gegen Überlast geschützt
8	Digital Output	24 V kurzschlussfest max 1 A pro Ausgang max 2 A gesamt
8	Analog Input	0 – 10 V, 50 Hz
13	Spannungsversorgung	insgesamt max 3 A 24 V
2	Relais	24 V
1	Motor Leistungsstecker	mit H-Brücke und PWM Steuerung 24 V max 5 A
1	Encoder Eingang	5V 2-Kanal

Tabelle 5: Technische Dimensionierung Robotino v4

Parameter	Wert
Betriebssystem	Linux Ubuntu
Prozessor	Intel i5 8th Gen 2,5 – 4,2 GHz Taktrate 4 physische Kerne mit Hyperthreading
Arbeitsspeicher	8GB RAM
Festplatte	64 GB SSD
Motorregelung	32-Bit-Mikrocontroller

Tabelle 6: Robotino v4 Steuerung Spezifikationen

3.2.2 K3: Arduino Peripherie IF

Parameter	Wert
Prozessor	ATmega328P 16 MHz Taktrate
Logikspannung	5V
Flash-Speicher	32 KB
Arbeitsspeicher	2 KB SRAM
Stromverbrauch	19 mA

Tabelle 7: Arduino Nano Spezifikationen

Anzahl	Schnittstelle	Sonstiges
14	Digital Input / Output	6 x PWM fähig (8-Bit) 20 mA pro I/O-Pin insgesamt max. 200 mA UART: D0 (RX) D1 (TX) SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) I2C: A4 (SDA) A5 (SCL)
8	Analog Input	0 – 5 V, 10-Bit-Auflösung
1	Spannungsversorgung	5V max. 400 mA bei USB-Betrieb

Tabelle 8: Arduino Nano Pinout

3.2.3 M4 – Plattformantrieb

Leistungsvorgaben: Geschwindigkeit (v) mindestens 5 mm/s.

Tragekapazität der Plattform maximal 20 kg + Plattform ca. 2 kg entspricht ungefähr 220 N.

Kritische Knickkraft der Spindel (Approximation):

Größe	Zeichen	Wert
Kraft	F	220 N
Sicherheitsfaktor	γ	3
Länge	L	670 mm
Elastizitätsmodul	E	210.000 N/mm ² (C15-Stahl)

Tabelle 9: Knickkraft Berechnung

$$I [\text{mm}^4] = \frac{F[\text{N}] \times \gamma[1] \times (L[\text{mm}] \times 2)^2}{\pi^2 \times E[\text{N/mm}^2]} = \frac{220 \times 3 \times (670 \times 2)^2}{\pi^2 \times 210.000} \approx 572 \text{ mm}^4$$

$$d[\text{mm}] = \sqrt[4]{\frac{I[\text{mm}^4] \times 64}{\pi}} = \sqrt[4]{\frac{572 \times 64}{\pi}} \approx 10,4 \text{ mm}$$

Drehzahl:

Trapezgewindespindel 12 mm Durchmesser mit einer Steigung (p) von 3 mm

$$n = \frac{v}{p} = \frac{5 \text{ mm/s}}{3 \text{ mm}} = 1,6 \text{ U/s} \times 60 = 100 \text{ U/min}$$

Drehmoment:

$$M = \frac{F [\text{kN}] \times P [\text{mm}]}{2 \times \pi \times \eta_{\text{Spindel}}} = \frac{0,22 \text{ kN} \times 3 \text{ mm}}{2 \times \pi \times 0,7} \approx 0,15 \text{ Nm}$$

Sicherheitsfaktor 3 ca. 0,45 Nm

Ergebnis:

Drehzahl mindestens 100 U/min und Drehmoment mindestens 0,45 Nm.

Igus MOT-DC-43-J-H-H hat eine Nenndrehzahl von 350 U/min und ein Nenndrehmoment von 0,75 Nm. Leerlaufstrom 0,7 A. Nennstrom 1,9 A.

3.2.4 B15: Endlagenschalter

Induktiver Näherungsschalter mit PNP-Ausgang NO
 12 bis 24 V Betriebsspannung
 Erfassungsbereich 30 mm

3.2.5 B16 – B18: ToF-Abstandssensoren

5V Logikspannung – Kommunikation über I²C
 27° Sichtfeld unterteilt in 4x4 Zonen
 Max 400 cm Erfassungsbereich
 50 Hz maximale Abtastfrequenz

3.2.6 B20 – B25: Kapazitive Näherungsschalter

10 – 30 V Betriebsspannung mit Überspannungs- und Verpolungsschutz
 8 mm Erfassungsbereich mit Einstellbereich von 0 bis 6,48 mm
 Ausgang PNP NO
 Hysterese 3 bis 20%

4 Projektmanagement

4.1 Zieldefinition

Ziele		
1	Fachlich korrekte Ausführung.	☐
2	Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen gemäß Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.	☐
3	Die Abstellplattform ist elektrisch höhenverstellbar und in einem Höhenbereich von mindestens 85 cm Mindesthöhe bis mindestens 110 cm als Maximalhöhe verwendbar.	☐
4	Die Abstellplattform wird mit einer Geschwindigkeit von mindestens 5 mm/s ein- bzw. ausgefahren.	☐
5	Der Roboter kann über programmierbare Bezugspunkte eine Route durch einen Raum autonom abfahren.	☐
6	Der Roboter erkennt Hindernisse in einem Radius von mindestens 0,3 um ihn herum (Außenmaß) und leitet Schritte ein, um eine Kollision zu vermeiden.	☐
7	Der Roboter erkennt Hindernisse vor seinem Frontbereich in einem Radius von mindestens 0,6 m.	☐
8	Der Roboter findet autonom von seiner Route wieder zurück zu seiner Basisstation. Die designierte Basisstation wird mit einer Genauigkeit von mindestens +- 1 cm angefahren.	☐
9	Dem Roboter können mindestens sechs Vichy-Flaschen (genormte 0,33 l Getränkeflasche) aufgeladen werden.	☐
10	Der Roboter erkennt das Vorhandensein von Flaschen auf seinen designierten Flaschenabstellpositionen.	☐
11	Wenn der Roboter erkennt, dass er keine Flaschen mehr aufgeladen hat, begibt er sich automatisch zu seiner Basisstation.	☐
12	Der Roboter kann akustische Informationsmitteilungen abgeben, um beispielsweise das Personal über Servicebedarf zu informieren.	☐
13	Der Roboter ist beleuchtet, um auf seine Präsenz aufmerksam zu machen.	☐
14	Über einen Bildschirm können Informationen wie Begrüßungstexte oder Logos angezeigt werden.	☐

15	Der Roboter verfügt über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle (Übertragungsrate mindestens 1 Bit) mit der er sich mit einer anderen Station austauschen kann.	☐
Optionale Ziele		
1	Die Vichy-Flaschen können bei der Basisstation durch ein Aufnahmesystem automatisch aufgenommen werden.	☐
2	Verschiedene Getränkearten können je nach Softwareauswahl aufgenommen werden.	☐
3	Diese Getränkeauswahl kann auch über eine Mobiltelefonapplikation erfolgen.	☐
4	Neben dem grundsätzlichen Getränkeservice Modus, bei dem der Roboter eine definierte Route abfährt und sich Passanten Getränke von ihm herunternehmen können, gibt es auch noch einen zweiten Modus, in dem der Roboter auf Bestellung Getränke zu einer fixierten Position bringt.	☐
5	Die Getränkeauswahl kann auch über eine Sprachsteuerung erfolgen.	☐
6	Auf dem Roboter können leere Getränkeflaschen abgestellt werden, die vom Flaschenaufnahmesystem autonom abserviert werden.	☐
7	Die Beleuchtung des Roboters ist mehrfarbig und kann zur ästhetischen Verbesserungen Lichtszenarien abspielen.	☐
8	Der Roboter kann zwischen Personen und Objekten als Hindernisse unterscheiden und dementsprechend entscheiden, ob er für eine Person stehen bleibt, oder ein Objekt umfahren soll.	☐
Nicht Ziele		
1	Der Roboter kühlt die aufgenommenen Getränke.	
2	Der Roboter kann Steigungen über drei Grad bewältigen.	

Tabelle 10: Ziele

4.2 Beschreibung der Arbeitspakete

Datum	PSP	Titel	Inhalt	Ergebnis
19.09. 2023	1.1.2	Controlling	Laufendes Controlling der Projektarbeiten.	Die fachlich korrekte, planmäßige sowie qualitätsvolle Umsetzung des Projekts ist sichergestellt.
20.09. 2023	1.2.1	Beschreibung verfassen	Kurzbeschreibung über das Projektergebnis.	Beschreibung, die das Projekt erklärt und veröffentlicht werden kann.
20.09. 2023	1.2.2	Anwendungsgebiete definieren	Definieren der Einsatzgebiete für das Robotersystem.	Es ist ein klar abgegrenztes Anwendungsgebiet für den Roboter definiert.
20.09. 2023	1.2.3	Ziele definieren	Erstellung aller relevanten Ziele für das Projekt.	Eine Liste mit verpflichtenden, optionalen und Nicht-Zielen, mit Hilfe dessen der Erfolg des Projekts bewertet werden kann.
20.09. 2023	1.2.4	Kosten-voranschlag berechnen	Grobe Gesamtkosteneinschätzung für das Projekt, basierend auf unverbindlichen Angeboten und geplanten Komponenten.	Eine Kosteneinschätzung zum Projekt und all seinen Baugruppen.
03.10. 2023	1.3.1	Blockschaltbild zeichnen	Definieren aller Baugruppen in einem Blockschaltbild.	Blockschaltbild, mit Hilfe dessen die weitere technische Planung des Projekts gestartet werden kann.
10.10. 2023	1.1.3	Koordination	Erstellung des Projektmanagementplans: 1. Definition der Arbeitspakete 2. Zeitliche Planung der Arbeitspakete 3. Projektumweltanalyse 4. Meilensteine definieren	Der Projektstrukturplan ist vorhanden und so detailliert, dass eine erfolgreiche Umsetzung des Projekts gewährleistet werden kann.
11.10. 2023	1.3.2	Elektrische Komponenten definieren	Konkrete elektrische Komponenten werden basierend auf der Zielsetzung und des Blockschaltbildes ausgewählt.	Eine Liste mit konkreten Bauteilen und Zulieferern für alle Komponenten die im Blockschaltbild definiert wurden.
18.10. 2023	1.3.3	Elektrische Pläne erstellen	Zeichnung der elektrischen / elektrotechnischen Unterlagen für das Projekt: 1. Stromlaufplan	Normgerechte Ausführung von: 1. Stromlaufplan 2. Kabelplan 3. Platinendesign

			2. Kabelplan 3. Platinendesign	
07.11. 2023	1.3.4	Elektrische Komponenten konstruieren	CAD-Dateien aller elektrischen Komponenten werden von den Zulieferern bezogen oder selbst konstruiert.	Alle CAD-Dateien für die definierten elektrischen Komponenten sind vorhanden.
08.11. 2023	1.3.5	Linearachse konstruieren	Die Baugruppe des Linearantriebs für die höhenverstellbare Plattform wird konstruiert.	Eine CAD-Baugruppe mithilfe dessen das Linearantriebssystem aufgebaut werden kann.
21.11. 2023	1.3.6	Softwarekonzept erstellen	1. Beschreibung der Softwarefunktionen 2. Erstellung Flussdiagramm und / oder State-Diagramm 3. Design der grafischen Oberfläche festlegen	Dokument mit Konzeptinformationen zur Software inklusive Flussdiagramm und / oder State-Diagramm sowie ein Prototyp der grafischen Oberfläche.
28.11. 2023	1.3.7	Testaufbauten aufbauen	1. Sensoren auswerten 2. Testaufbau des Linearantriebs	Alle vorhandenen Sensorik- und Aktorik Bauteile sind funktionstüchtig und Testprogramme für die Ansteuerung existieren.
06.12. 2023	1.3.8	Gehäuse konstruieren	Außenabdeckungen des Robotersystems werden konstruiert.	CAD-Datei mit dem das Gehäuse produziert werden kann.
11.12. 2023	1.3.9	Gesamtbaugruppe konstruieren	Konstruktion einer Gesamtbaugruppe die alle Systeme des Roboteraufbaus beinhalten.	CAD-Gesamtbaugruppe des gesamten Robotersystems ist vorhanden.
12.12. 2023	1.3.10	Technische Zeichnungen anfertigen	1. Zusammenstellungszeichnung Robotergesamtsystem 2. Zusammenstellungszeichnung Plattformantrieb 3. Werkstättenzeichnung Motorkonsole	Die Zusammenstellungs- und Werkstättenzeichnung sind normgerecht ausgeführt.
13.12. 2023	1.3.11	Bedienungsanleitung verfassen	Die Bedienungsanleitung für den Transportroboter wird verfasst.	Bedienungsanleitung inklusive Abschnitte zu: 1. Installation und Betrieb 2. Wartung und Reinigung 3. Mögliche Fehler und Fehlerbehebung
14.12. 2023	1.3.12	Projektmappe fertigstellen	Alle verbleibenden Abschnitte der Projektmappe werden gemäß den Anforderungen ausgefüllt.	Die Projektmappe ist fertig ausgefüllt und alle zur Umsetzung des Projekts relevanten Informationen sind vorhanden.

20.02. 2024	1.4.1	Motorkonsole herstellen	1. Ausfräsen der Motorkonsole 2. Blech biegen 3. In Robotino einbauen	Der Plattformantriebsmotor ist im Robotino eingebaut.
20.02. 2024	1.5.1	Arduino-Peripherie-IF bestücken	1. Bauteile überprüfen 2. Platine bestücken 3. Sichtüberprüfung 4. Durchgangsprüfung 5. Funktionsprüfung	Die Beleuchtungssteuerung ist funktionstüchtig und für den Einbau am Robotino bereit.
20.02. 2024	1.4.2	Controllerplattform herstellen	1. Controllerplattform ausfräsen 2. Blech biegen 3. In Robotino einbauen	Die Controllerplattform ist im Robotino eingebaut.
23.02. 2024	1.6.1	Linearachse ansteuern	Ansteuerung der Linearachse über den Robotino.	Die Linearachse kann über eine Software am Robotino angesteuert werden.
28.02. 2024	1.4.3	ELS-Halterung herstellen	1. ELS-Halterung ausfräsen 2. Blech biegen 3. In Robotino einbauen	ELS-Halterung ist in Robotino eingebaut.
28.02. 2024	1.4.4	Anschlusshalterungen herstellen	1. Anschlusshalterungen ausfräsen 2. Blech biegen 3. Untere Halterung in Robotino einbauen	Beide Anschlusshalterungen sind produziert und die untere ist am Robotino angebracht.
04.03. 2024	1.5.2	Abstandssensor verkabeln	Zusätzliche Abstandssensoren mit Robotino Elektronik verkabeln.	Die zusätzlichen Abstandssensoren sind einsetzbar.
04.03. 2024	1.5.3	Kommunikationschnittstelle verkabeln	Verkabelung der Kommunikationschnittstelle.	Die Kommunikationschnittstelle zwischen Robotino und einer anderen Station ist einsetzbar.
04.03. 2024	1.4.5	Sensorgehäuse herstellen	1. Abstandssensorgehäuse 3D-Drucken 2. Kombisensorgehäuse 3D-Drucken 3. Auf Controllerplattform anbringen	Die Sensorgehäuse sind auf der Controllerplattform des Robotino angebracht.
06.03. 2024	1.5.4	Linearachse verkabeln	Motor und Positionsgeber mit Robotino Elektronik verkabeln.	Die Linearachse ist einsetzbar.
06.03. 2024	1.4.6	Mitnehmerplattformen fräsen	1. Untere Mitnehmerplattform ausfräsen 2. Obere Mitnehmerplattform ausfräsen	Die Mitnehmerplattformen sind ausgefräst.
11.03. 2024	1.4.7	Aluprofile zuschneiden	1. Kameraständer zuschneiden 2. Hubprofile zuschneiden 3. Benötigte Gewinde einschneiden 4. Kameraständer auf Controllerplattform anbringen	Die benötigten Aluprofile für Kameraständer und Linearachse sind zugeschnitten und der Kameraständer ist montiert.

13.03. 2024	1.4.9	Linearachse zusammenbauen	1. Spindel einbauen 2. Führung zusammenbauen 3. Linearachse aufsetzen	Linearachse ist am Robotino befestigt.
13.03. 2024	1.4.8	Spindel abdrehen	Spindel an den geplanten Stellen abdrehen.	Spindel ist montagebereit.
20.03. 2024	1.5.5	Plattform verkabeln	1. Not-Aus-Schalter 2. Ein-/Ausschalter 3. Kapazitive Näherungsschalter 4. Touchscreen	Alle sich auf der Plattform befindenden Komponenten sind verkabelt.
20.03. 2024	1.4.10	Plattform anbauen	1. Plattform ausfräsen 2. Plattform auf Linearachse anbringen 3. Sensoren an Plattform anbringen	Plattform ist auf Linearachse fixiert.
23.03. 2024	1.6.2	Abstandssensor auswerten	Auswertung der Abstandssensoren des Robotinos (sowohl interne als auch externe).	Die Abstandssensoren können über ein Programm am Robotino ausgewertet werden.
10.04. 2024	1.4.11	Bedienpult montieren	1. Frontplatte ausfräsen 2. Komponenten des Bedienpults montieren 3. Bedienpult auf Plattform montieren	Bedienpult ist auf Plattform montiert und voll ausgestattet.
17.04. 2024	1.5.6	Soundmodul einbauen	Soundmodul einbauen.	Soundmodul ist einsetzbar.
17.04. 2024	1.4.12	Lautsprecher und LED- Strip montieren	1. Lautsprecher montieren 2. LED-Strip montieren	Lautsprecher und LED-Strip sind am Robotino befestigt.
22.04. 2024	1.5.7	Lautsprecher verkabeln	1. Lautsprecher mit Soundausgang verkabeln 2. Soundsystem testen	Das Soundsystem des Robotinos ist verwendbar.
22.04. 2024	1.5.8	LED-Strip verkabeln	LED-Strip mit K3 verkabeln	LED-Strip ist einsatzbereit.
23.04. 2024	1.6.3	Kommunikations schnittstelle programmieren	Programmierung eines Kommunikations-austauschs zwischen Robotino und einer externen Station.	Datenkommunikation zwischen Robotino und einem externen System kann stattfinden.
30.04. 2024	1.6.4	Autonomen Routenfahr-modus programmieren	1. Positionen anfahren 2. Möglichkeit zum Einprogrammieren von Positionen 3. Ausrichtung bei der Basisstation	Dem Roboter können Positionen im Raum einprogrammiert werden, welche er autonom abfahren kann. Nach Beendigung seiner Route findet er wieder zurück zu seiner Basisstation.
22.05. 2024	1.6.5	Grafische Oberfläche programmieren	1. Programmausarbeitung gemäß Programmkonzeption 2. Installation 3. Testung	Die grafische Oberfläche des Robotinos' wird über ein Display angezeigt.
09.06. 2024	1.6.6	Sounddateien installieren	Benötigte Sounddateien am Robotino installieren.	Das Soundsystem des Robotinos ist voll einsatzbereit.

21.06. 2024	1.7.1	I/O-Tests	Alle Ein- und Ausgänge der diversen Steuerungseinheiten (K1, K2 und K3) werden durchgetestet. Kabel werden auf Funktionstüchtigkeit überprüft.	Der Roboter ist elektrisch voll funktionsfähig.
23.06. 2024	1.7.2	Gehäuse montieren	Montage des Außengehäuses.	Das Außengehäuse ist am Robotino montiert.
25.06. 2024	1.7.3	Software installieren und vorbereiten	Installation des Routenfahrmodus' und der grafischen Oberfläche.	Alle Programme die zur Verwendung des Robotersystems notwendig sind, sind am Robotino installiert.
27.06. 2024	1.7.4	Testprogramm erstellen	Testprogramm zur Demonstration des autonomen Routenfahrmodus' erstellen.	Ein Testprogramm zum Austesten der angestrebten Ziele ist vorhanden.

Tabelle 11: Arbeitspakete

4.3 Projektstrukturplan

Projektmanagement	Definitionsphase	Konzeptphase	Mechanische Vorarbeiten	Elektrische Vorarbeiten	Software Vorarbeiten	Prüfungsarbeiten
19.09.23 - 28.06.24 Aufw. 0h (0 MA)	20.09.23 - 11.10.23 Aufw. 0h (0 MA)	03.10.23 - 15.12.23 Aufw. 0h (0 MA)	20.02.24 - 23.04.24 Aufw. 0h (0 MA)	20.02.24 - 23.04.24 Aufw. 0h (0 MA)	23.02.24 - 10.06.24 Aufw. 0h (0 MA)	21.06.24 - 28.06.24 Aufw. 0h (0 MA)
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
Projekt gestartet 19.09.23	Beschreibung verfassen 20.09.23 - 02.10.23 Aufw. 0h (0 MA)	Blockschaltbild zeichnen 03.10.23 - 09.10.23 Aufw. 0h (0 MA)	Motorconsole herstellen 20.02.24 - 27.02.24 Aufw. 0h (0 MA)	Arduino-Peripherie-IF ... 20.02.24 - 27.02.24 Aufw. 0h (0 MA)	Linearachse ansteuern 23.02.24 - 29.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	I/O-Tests 21.06.24 - 22.06.24 Aufw. 0h (0 MA)
1.1.1	1.2.1 WIMMER, Simon	1.3.1 WIMMER, Simon	1.4.1 WIMMER, Simon	1.5.1 WIMMER, Simon	1.6.1 WIMMER, Simon	1.7.1 WIMMER, Simon
Controlling 19.09.23 - 28.06.24 Aufw. 0h (0 MA)	Anwendungsgebiete defi... 20.09.23 - 02.10.23 Aufw. 0h (0 MA)	Elektrische Komponente... 11.10.23 - 17.10.23 Aufw. 0h (0 MA)	Controllerplattform he... 20.02.24 - 27.02.24 Aufw. 0h (0 MA)	Abstandssensor verkabeln 04.03.24 - 05.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	Abstandssensor auswerten 23.03.24 - 29.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	Gehäuse montieren 23.06.24 - 24.06.24 Aufw. 0h (0 MA)
1.1.2 FÖDINGER, Lukas	1.2.2 WIMMER, Simon	1.3.2 WIMMER, Simon	1.4.2 WIMMER, Simon	1.5.2 WIMMER, Simon	1.6.2 WIMMER, Simon	1.7.2 WIMMER, Simon
Koordination 10.10.23 - 11.10.23 Aufw. 0h (0 MA)	Ziele definieren 20.09.23 - 02.10.23 Aufw. 0h (0 MA)	Elektrische Pläne erst... 18.10.23 - 06.11.23 Aufw. 0h (0 MA)	ELS-Halterung herstellen 28.02.24 - 05.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	Kommunikationsschnitts... 04.03.24 - 05.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	Kommunikationsschnitts... 23.04.24 - 29.04.24 Aufw. 0h (0 MA)	Software installieren ... 25.06.24 - 26.06.24 Aufw. 0h (0 MA)
1.1.3 WIMMER, Simon	1.2.3 WIMMER, Simon	1.3.3 WIMMER, Simon	1.4.3 WIMMER, Simon	1.5.3 WIMMER, Simon	1.6.3 WIMMER, Simon	1.7.3 WIMMER, Simon
Abschluss aller Vorarb... 12.06.24	Kostenvoranschlag bere... 20.09.23 - 02.10.23 Aufw. 0h (0 MA)	Elektrische Komponente... 07.11.23 - 07.11.23 Aufw. 0h (0 MA)	Anschlusshalterungen h... 28.02.24 - 05.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	Linearachse verkabeln 06.03.24 - 19.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	Autonomen Routenfahrmo... 30.04.24 - 21.05.24 Aufw. 0h (0 MA)	Testprogramm erstellen 27.06.24 - 28.06.24 Aufw. 0h (0 MA)
1.1.4	1.2.4 WIMMER, Simon	1.3.4 WIMMER, Simon	1.4.4 WIMMER, Simon	1.5.4 WIMMER, Simon	1.6.4 WIMMER, Simon	1.7.4 WIMMER, Simon
Projekt abgeschlossen 28.06.24	Projektfreigabe 11.10.23	Linearachse konstruieren 08.11.23 - 20.11.23 Aufw. 0h (0 MA)	Sensorgehäuse herstellen 04.03.24 - 05.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	Plattform verkabeln 20.03.24 - 16.04.24 Aufw. 0h (0 MA)	Grafische Oberfläche p... 22.05.24 - 10.06.24 Aufw. 0h (0 MA)	Projekt abgeschlossen 28.06.24
1.1.5	1.2.5	1.3.5 WIMMER, Simon	1.4.5 WIMMER, Simon	1.5.5 WIMMER, Simon	1.6.5 WIMMER, Simon	1.7.5
		Softwarekonzept erstellen 21.11.23 - 27.11.23 Aufw. 0h (0 MA)	Mitnehmerplattformen f... 06.03.24 - 12.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	Soundmodul einbauen 17.04.24 - 17.04.24 Aufw. 0h (0 MA)	Sounddateien installieren 09.06.24 - 10.06.24 Aufw. 0h (0 MA)	
		1.3.6 WIMMER, Simon	1.4.6 WIMMER, Simon	1.5.6 WIMMER, Simon	1.6.6 WIMMER, Simon	
		Testaufbauten aufbauen 28.11.23 - 05.12.23 Aufw. 0h (0 MA)	Aluprofile zuschneiden 11.03.24 - 12.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	Lautsprecher verkabeln 22.04.24 - 23.04.24 Aufw. 0h (0 MA)	Abschluss Software Vor... 10.06.24	
		1.3.7 WIMMER, Simon	1.4.7 WIMMER, Simon	1.5.7 WIMMER, Simon	1.6.7	
		Gehäuse konstruieren 06.12.23 - 10.12.23 Aufw. 0h (0 MA)	Spindel abdrehen 13.03.24 - 19.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	LED-Strip verkabeln 22.04.24 - 23.04.24 Aufw. 0h (0 MA)		
		1.3.8 WIMMER, Simon	1.4.8 WIMMER, Simon	1.5.8 WIMMER, Simon		
		Gesamtbaugruppe konstr... 11.12.23 - 12.12.23 Aufw. 0h (0 MA)	Linearachse zusammenbauen 13.03.24 - 19.03.24 Aufw. 0h (0 MA)	Abschluss elektrische ... 23.04.24		
		1.3.9 WIMMER, Simon	1.4.9 WIMMER, Simon	1.5.9		

Technische Zeichnungen... 12.12.23 - 12.12.23 Aufw. 0h (0 MA) 1.3.10 WIMMER, Simon	Plattform anbauen 20.03.24 - 09.04.24 Aufw. 0h (0 MA) 1.4.10 WIMMER, Simon
Bedienungsanleitung ve... 13.12.23 - 13.12.23 Aufw. 0h (0 MA) 1.3.11 WIMMER, Simon	Bedienpult montieren 10.04.24 - 16.04.24 Aufw. 0h (0 MA) 1.4.11 WIMMER, Simon
Projektmappe fertigste... 14.12.23 - 15.12.23 Aufw. 0h (0 MA) 1.3.12 WIMMER, Simon	Lautsprecher und LED-S... 17.04.24 - 22.04.24 Aufw. 0h (0 MA) 1.4.12 WIMMER, Simon
Abgabe Projektmappe 15.12.23 1.3.13	Abschluss mechanische ... 23.04.24 1.4.13

4.4 Gantt-Diagramm

Balkenplan (GANNT)



1.4.3	ELS-Halterung her...	
1.4.4	Anschlusshalterun...	
1.4.5	Sensorgehäuse her...	
1.4.6	Mitnehmerplattfor...	
1.4.7	Aluprofile zuschn...	
1.4.8	Spindel abdrehen	
1.4.9	Linearachse zusam...	
1.4.10	Plattform anbauen	
1.4.11	Bedienpult montieren	
1.4.12	Lautsprecher und ...	
1.4.13	Abschluss mechani...	
1.5	Elektrische Vorar...	
1.5.1	Arduino-Peripheri...	
1.5.2	Abstandssensor ve...	
1.5.3	Kommunikationssch...	
1.5.4	Linearachse verka...	
1.5.5	Plattform verkabeln	
1.5.6	Soundmodul einbauen	
1.5.7	Lautsprecher verk...	
1.5.8	LED-Strip verkabeln	
1.5.9	Abschluss elektri...	
1.6	Software Vorarbeiten	
1.6.1	Linearachse anste...	
1.6.2	Abstandssensor au...	
1.6.3	Kommunikationssch...	
1.6.4	Autonomen Routenf...	
1.6.5	Grafische Oberflä...	
1.6.6	Sounddateien inst...	
1.6.7	Abschluss Softwar...	
1.7	Prüfungsarbeiten	
1.7.1	I/O-Tests	
1.7.2	Gehäuse montieren	
1.7.3	Software installi...	
1.7.4	Testprogramm erst...	
1.7.5	Projekt abgeschlo...	

4.5 Projektumwelten-Analyse

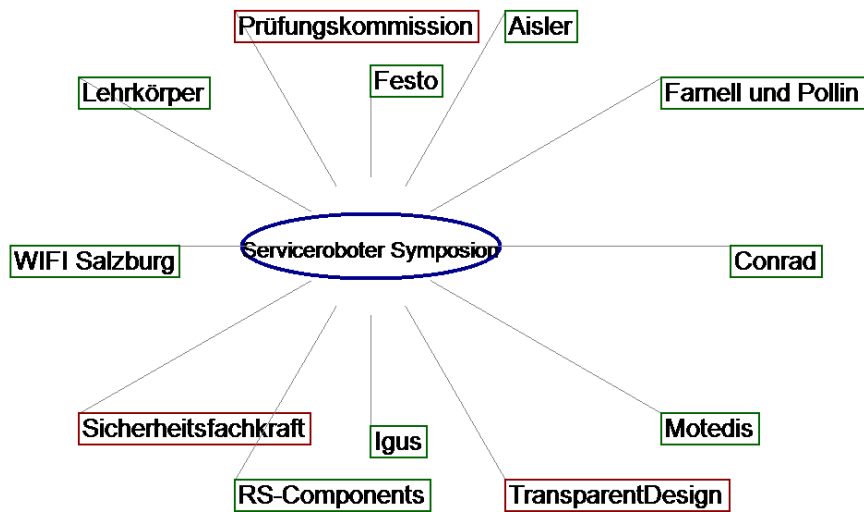


Abbildung 5: Projektumwelt

Umwelt	Bewertung	Beziehung	Aktion
WIFI Salzburg	unterstützend	Projektauftraggeber	Zufriedenstellen
Lehrkörper	unterstützend	Projektcontrolling und Unterstützung	Informationsaustausch
Prüfungskommission	kritisch	Bewertet Projektumsetzung	Zufriedenstellen
Sicherheitsfachkraft	kritisch	Kontrolliert Einhaltung der Sicherheitsmaßnahmen	Zufriedenstellen
Aisler	neutral	Zulieferer	Kontrollieren
Conrad	neutral	Zulieferer	Kontrollieren
Farnell	neutral	Zulieferer	Kontrollieren
Festo	neutral	Zulieferer	Kontrollieren
Igus	neutral	Zulieferer	Kontrollieren
Motedis	neutral	Zulieferer	Kontrollieren
TransparentDesign	kritisch	Zulieferer, der schwer substituierbar ist	Kontrollieren
Pollin	neutral	Zulieferer	Kontrollieren
RS-Components	neutral	Zulieferer	Kontrollieren

Tabelle 12: Projektumwelt

4.6 Risikoanalyse

Risikoanalyse zu allen Arbeitspaketen der Vorarbeits- sowie Prüfungsarbeiten. Die Arbeitspakete können unter Nachschlagen der Nummern in Kapitel 4.2 nachgelesen werden.

		Mechanische Vorarbeiten (1.4.x)			
Wahrscheinlichkeit	häufig				
	wahrscheinlich				
	gelegentlich				
	entfernt vorstellbar				
	unwahrscheinlich				2
	unvorstellbar	12	11	1, 3, 4, 5	6, 7, 8, 9, 10
		unwesentlich	geringfügig	kritisch	katastrophal
Ausmaß					

		Elektrische Vorarbeiten (1.5.x)			
Wahrscheinlichkeit	häufig				
	wahrscheinlich				
	gelegentlich				
	entfernt vorstellbar				
	unwahrscheinlich				
	unvorstellbar	6, 7, 8	3	1, 2	4, 5
		unwesentlich	geringfügig	kritisch	katastrophal
Ausmaß					

		Software Vorarbeiten (1.6.x)			
Wahrscheinlichkeit	häufig				
	wahrscheinlich				
	gelegentlich				
	entfernt vorstellbar				4
	unwahrscheinlich				5
	unvorstellbar	6	3	2	1
		unwesentlich	geringfügig	kritisch	katastrophal
Ausmaß					

		Prüfungsarbeiten (1.7.x)			
Wahrscheinlichkeit	häufig				
	wahrscheinlich				
	gelegentlich				
	entfernt vorstellbar				2
	unwahrscheinlich				4
	unvorstellbar				1, 3
		unwesentlich	geringfügig	kritisch	katastrophal
		Ausmaß			

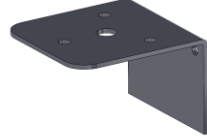
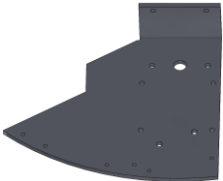
Tabelle 13: Risikoanalysen

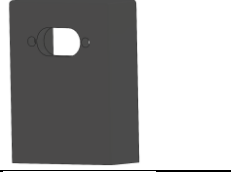
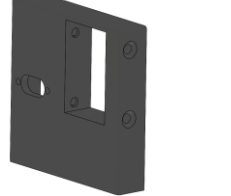
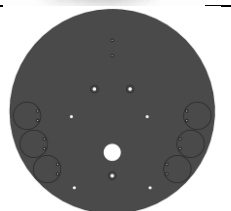
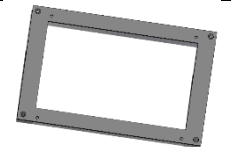
AP	Titel	Prävention
1.4.2	Controllerplattform herstellen	Konsultieren von Maschinenbauern zur Bewertung der mechanischen Konstruktion.
1.6.4	Autonomen Routenfahrmodus programmieren	Konsultieren und regelmäßige Rücksprache mit Robotikexperten (Lukas Födinger).
1.6.5	Grafische Oberfläche programmieren	Konsultieren von Softwareexperten (Robert Mutter).
1.7.2	Gehäuse montieren	Auslagern der Gehäuseproduktion auf einen externen Dienstleister.
1.7.4	Testprogramm erstellen	Konsultieren und regelmäßige Rücksprache mit Software- und Robotikexperten (Lukas Födinger und Robert Mutter).

Tabelle 14: Risikominderungsmaßnahmen

5 Technische Beschreibung Mechanik

5.1 Stückliste mechanische Komponenten

Pos.Nr.	Bezeichnung	Abbildung	Anzahl	Beschreibung	Lieferant Bestell-Nr.	Gesamt- preis
101	Spindel		1	Trapezgewinde Durchmesser: 12 mm Steigung: 3 mm Länge: 670 mm Material: C15-Stahl	Igus; PTGSG-12X3-01-R	11,22 €
102	Mitnehmer- mutter		1	mit Flansch max 2.309 N statisch 48 mm Außendurchmesser	Igus; JFRM-2835TR12X3	15,18 €
103	Mitnehmer- Plattform unten		1	Frästeil POM 9 mm 120x260x9 mm	Eigen- produktion	21,84 €
104	Mitnehmer- Plattform oben		1	Frästeil POM 9 mm 120x260x9 mm	Eigen- produktion	21,84 €
105	Motorkonsole		1	Aluminium Biegeteil 60x106x2 mm	Eigen- produktion	1,89 €
106	Axiallager			Statisch 200 N Dynamisch 250 N Maximal 600 U/min Innen: 10 mm Außen: 24 mm Höhe: 9 mm	Igus; BB-51100-B180-ES	9,42 €
107	Lagerflansch		1	Frästeil POM 9 – 60x30 mm Bohrung 23,8 mm	Eigen- produktion	0,48 €
108	Wellen- kupplung		1	Klauenkupplung schwingungsdämpfend steckbar max 15.000 U/min Innen: 8 / 10 mm Außen: 25 mm Höhe: 26 mm	Igus; COU-AR-K-080-100-25-26-B-AAAA	41,10 €
109	Motorwelle		1	steckbare Motorwelle DIN 5481 7x8	Igus; NOR-22301	16,73 €
110	Controller- Plattform		1	Biegeteil Aluminium 4mm 200x200 mm	Eigen- produktion	16,02 €

111	Hubprofil			Aluminiumprofil 30x30 B-Typ Länge 470 mm	Motedis; 30x30 B-Typ Nut 8	11,67 €
112	Schleppkette		75	3D-Energiekette Durchmesser: 60 mm Leitungen: 3x20,5 mm Biegeradius 87 mm Leitungen werden reingedrückt	Igus; TRL.60.087.0	103,50 €
113	Abstands- sensorgehäuse		2	3D-Druckteil 30x12x40 mm	Eigen- produktion	2,00 €
114	Kommunikator- kombigehäuse		1	3D-Druckteil 60x12x40 mm	Eigen- produktion	1,50 €
115	Kameraständer		1	Aluminiumprofil 20x20 I-Typ Länge 100 mm	Motedis; 20x20 I-Typ Nut 5	0,51 €
116	Plattform		1	Frästeil MDF schwarz 19 mm Durchmesser 470 mm	Eigen- produktion	15,00 €
117	Display- gehäuse		1	Kombi-Pultgehäuse ABS (UL 94 HB) 228x216x76	Farnell; 775113	70,72 €
118	Gehäusefront- platte		1	Frästeil Polystyrol 1,5 mm 130x200 mm	Eigen- produktion	2,94 €
119	ELS-Halterung		1	Biegeteil Aluminium 2 mm 74,8x47,2 mm	Eigen- produktion	1,11 €
120	Anschluss- element Energiekette unten		1	85x80x37 mm mit kurzer Zugentlastung	Igus; TL.60.01.Z1	9,83 €

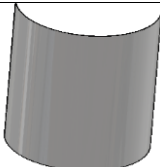
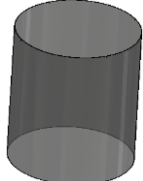
121	Anschluss- element Energiekette oben		1	85x80x37 mm ohne Zugentlastung	Igus; TL.60.01.Z0	9,47 €
122	Anschluss- halterung unten		1	Biegeteil Aluminium 2 mm 220x65 mm	Eigen- produktion	4,35 €
123	Profilwinkel		4	Aluwinkel verzinkt 30x30x30 mm M6	Motedis; BR30STS	4,96 €
124	Innen- abdeckung vorne		1	Polystyrol silber 1,5mm 810x500 mm Radius 225 mm	Eigen- produktion	40,50 €
125	Innen- abdeckung hinten		1	Polystyrol silber 1,5 mm 710x500 mm Radius 225 mm Höhe 500 mm	Eigen- produktion	35,50 €
126	Außen- abdeckung		1	Acrylglas 3 mm Zylinder Außendurchmesser 460 mm Höhe 570 mm	Transparent Design; Sonder- anfertigung	610,00 €
127	Filzgleiter		1	beliebig zuschneidbar Stärke 3 mm	Pollin; 490029	2,28 €
128	Nutenstein		4	für 30x30 B-Typ mit Feder M6	Motedis; S8BSSNM6	2,00 €
129	Plattform- stabilisator		1	Aluminiumprofil 20x20 I-Typ Länge 90,5 mm	Motedis; 20x20 I-Typ Nut 5	0,46 €
Summe (inkl. USt):						1.084,02 €

Tabelle 15: Stückliste aller mechanischen Komponenten

5.2 Gesamt-Zusammenstellungszeichnung

001_Gesamtbaugruppe_ZUS

SYM-001-03

5.3 Zusammenstellungszeichnung: Mechanische Achse

002_Linearachsenbaugruppe_ZUS

SYM-002-03

5.4 Zusammenstellungszeichnung: Bedienpult

003_Bedienpultbaugruppe_ZUS

SYM-003-02

5.5 Zusammenstellungszeichnung: Controller-Plattform

004_Controller-Plattformbaugruppe_ZUS

SYM-004-03

5.6 Zusammenstellungszeichnung: Plattform

005_Plattformbaugruppe_ZUS

SYM-005-01

5.7 Zusammenstellungszeichnung: Schlitten

006_Schlitten_ZUS

SYM-006-02

5.8 Fertigungszeichnungen: Motorkonsole

105_Motorkonsole_WZ

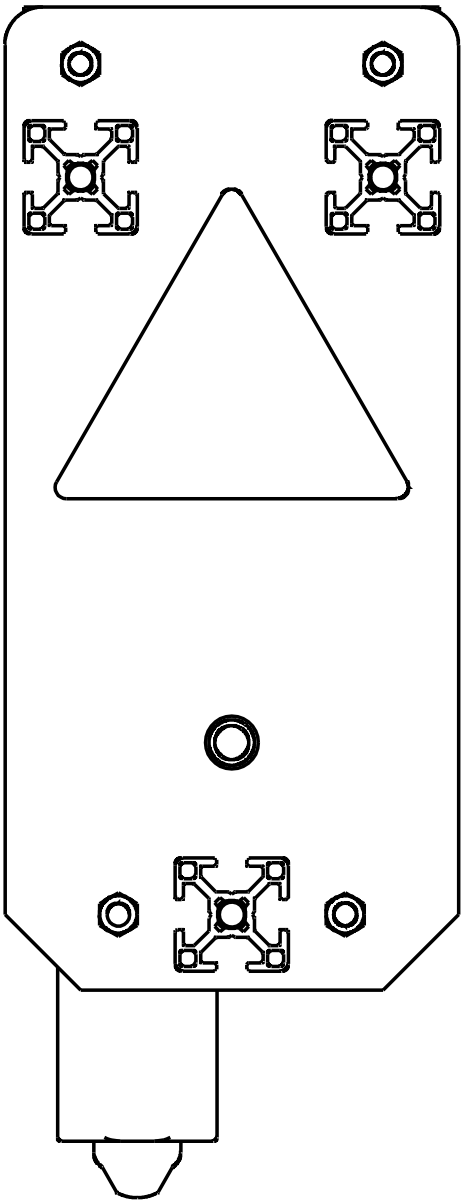
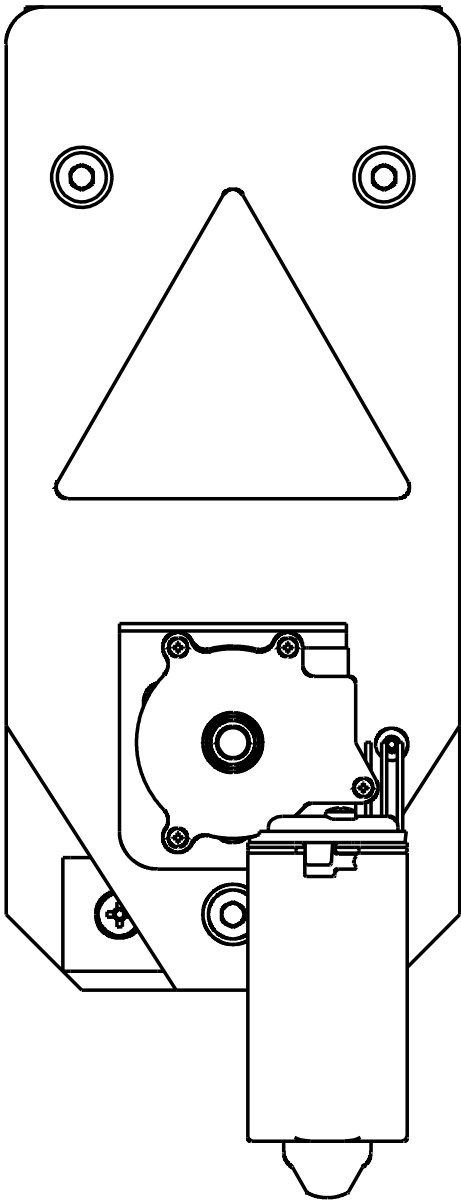
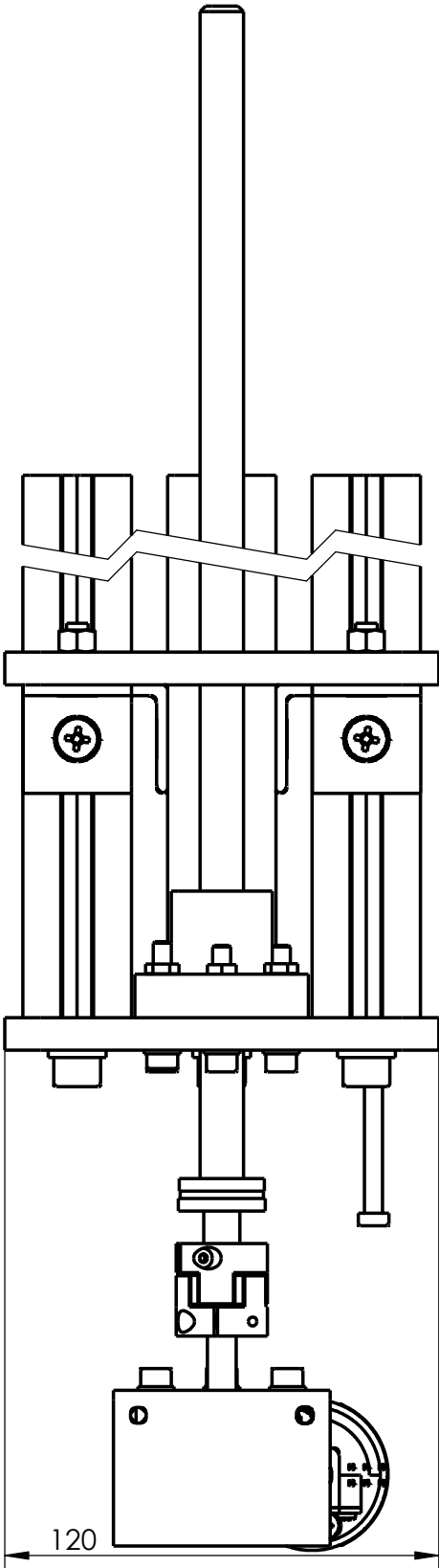
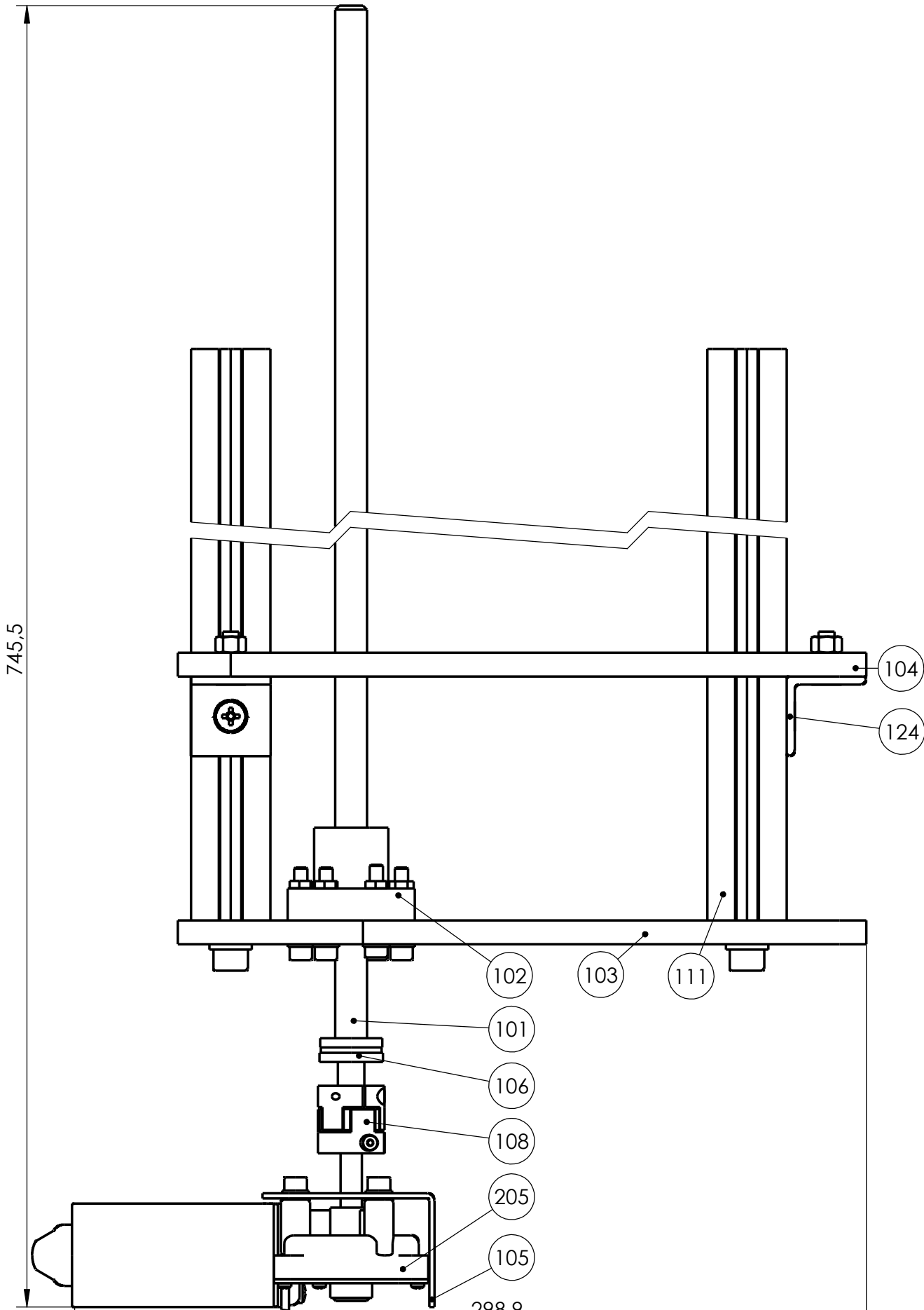
SYM-105-02

Seitenansicht rechts

Rückansicht

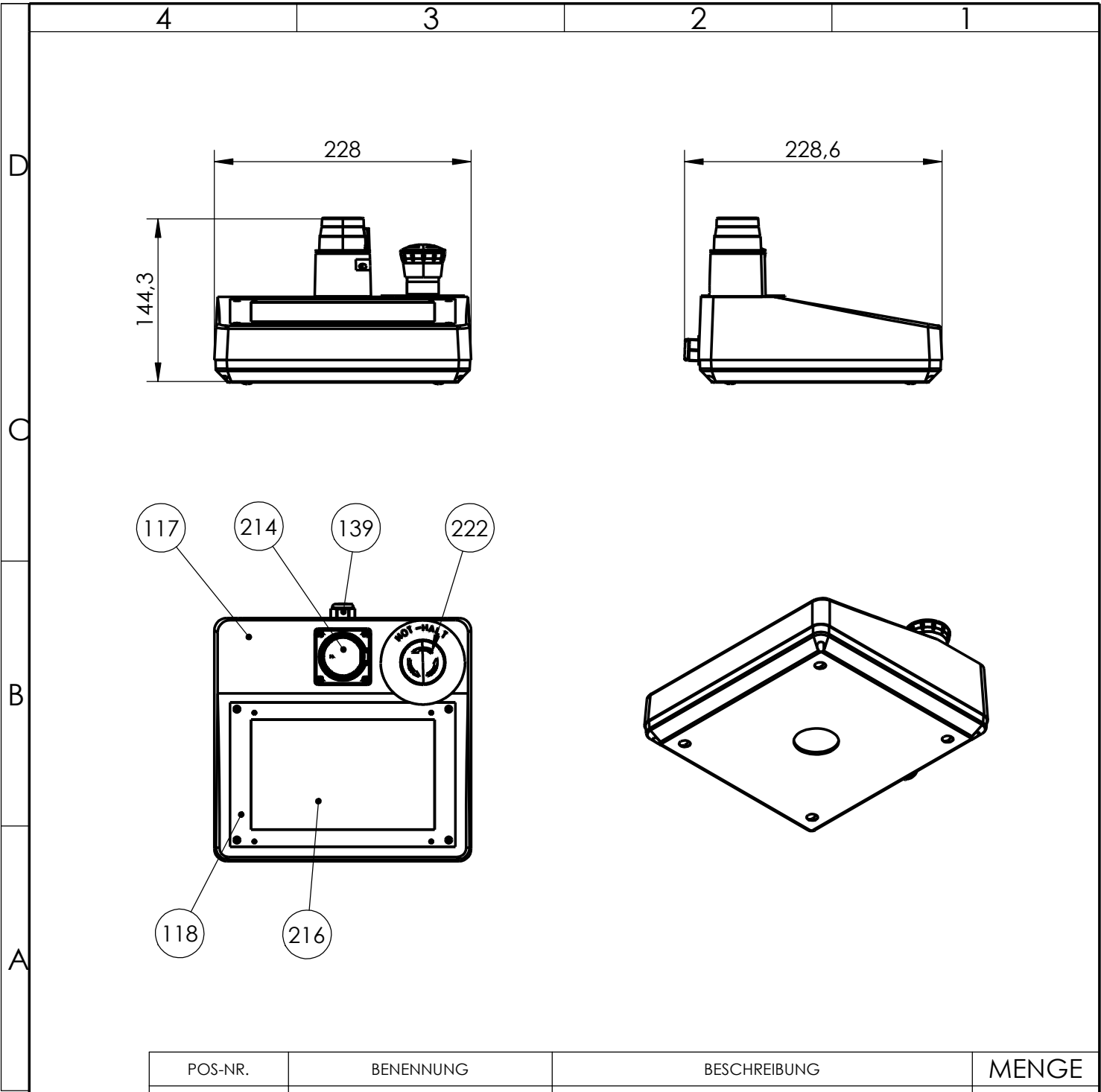
Untersicht

Draufsicht

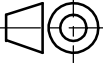


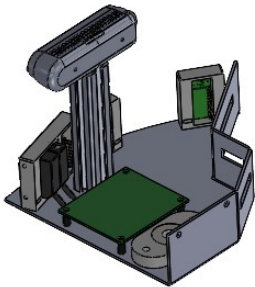
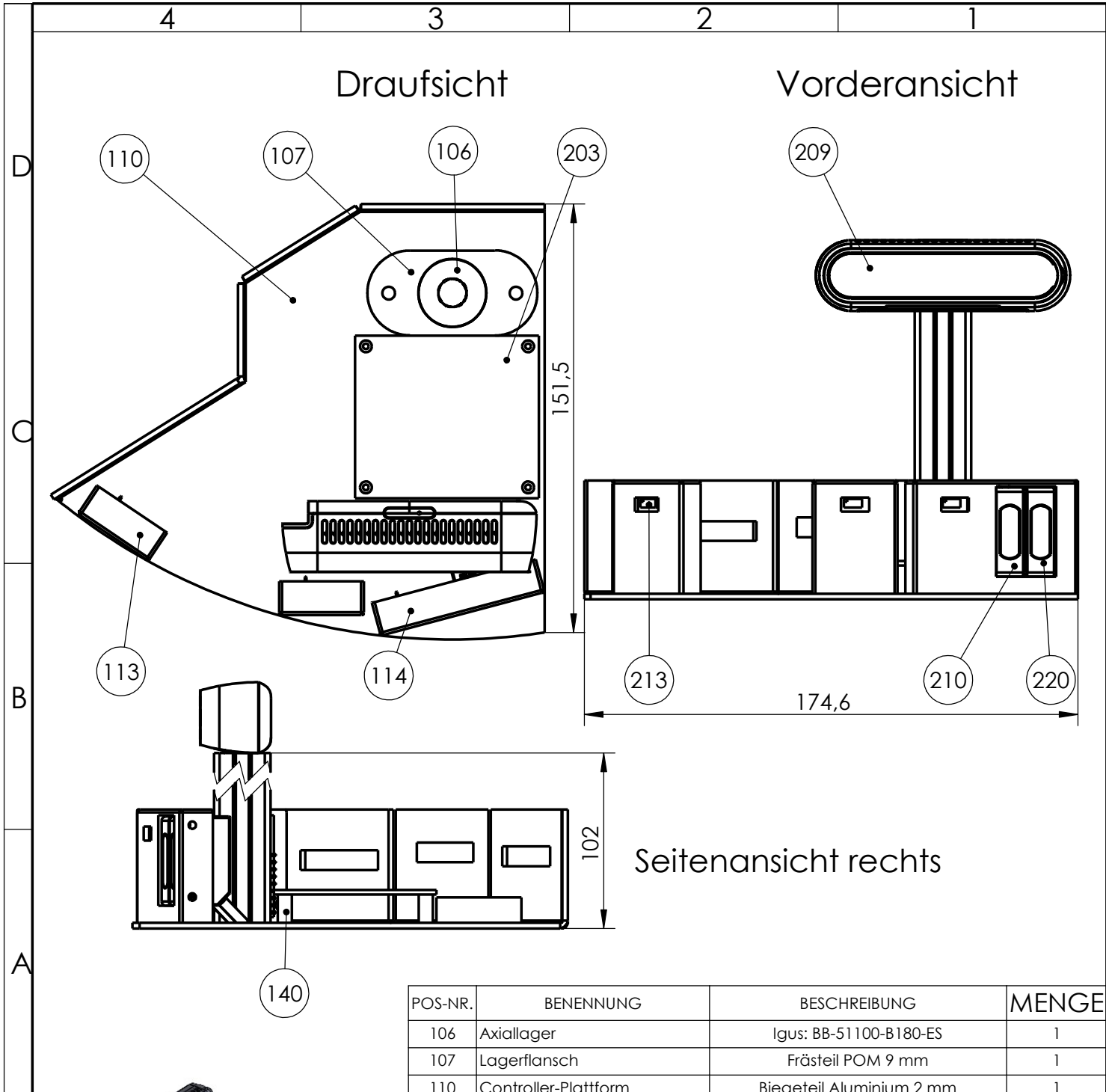
POS-NR.	BENENNUNG	BESCHREIBUNG	MENGE
101	Spindel	Igus: PTGSG-12X3-01-R	1
102	Mitnehmermutter	Igus: PTGSG-12X3-01-R	1
103	Mitnehmerplattform unten	Frästeil POM 9 mm	1
104	Mitnehmerplattform oben	Frästeil POM 9 mm	1
105	Motorkonsole	Biegeteil Aluminium 2 mm	1
106	Axiallager	Igus: BB-51100-B180-ES	1
108	Wellenkupplung	Igus: COU-AR-K-080-100-25-26-B-AAAA	1
111	Hubprofil	Motedis: 30x30 B-Typ Nut 8	3
124	Profilwinkel	Motedis: 30x30 B-Typ Nut 8	4
205	Plattformantrieb	Igus: MOT-DC-42-J-H-H	1

			Datum	Name	Klasse:	Abteilung:	Schuljahr:		Werkschulheim Felbertal Ebenau				
		bearbeitet	20.02.2024	simon	8B	Mechatronik	2023/2024						
		geprüft:			Name:								
		normgepr.:			Simon M. Wimmer								
		Maßstab: 1:2	Benennung:						Zeichnungsnummer:				
			Linearachse						SYM-002-03				
	Freimaßtoleranz												
	ON EN 22768 mittel												
									Ausgabedatum: Dienstag, 20. Februar 2024 19:07:18				
									Ersatz für:				
									Ersetzt durch:				



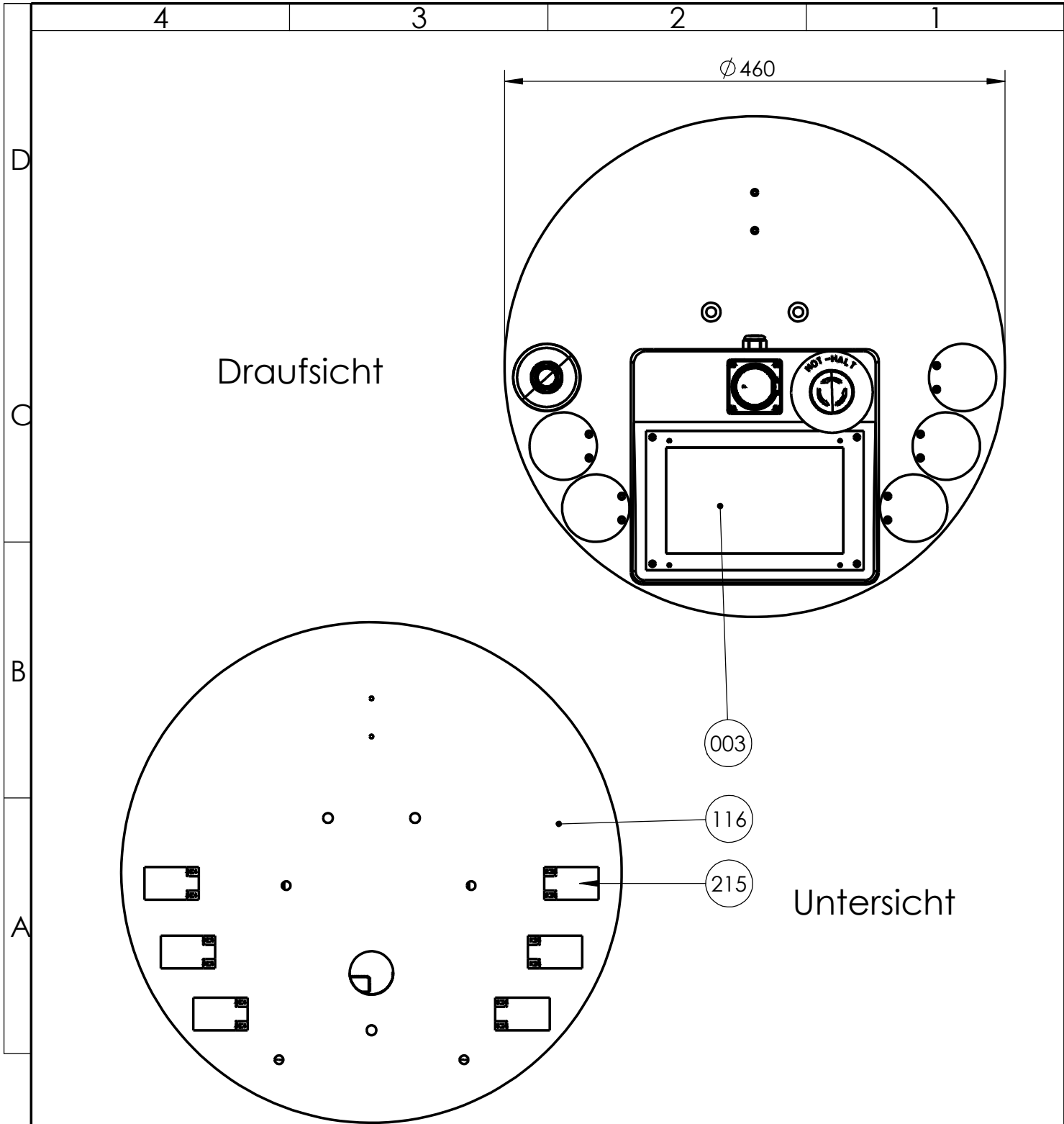
POS-NR.	BENENNUNG	BESCHREIBUNG	MENGE
117	Displaygehäuse	Farnell: 775113	1
118	Gehäusefrontplatte	Frästeil Aluminium 2 mm	1
139	Kabelverschraubung	PG9	1
214	Laserscanner	Festo: 8029454	1
216	Touchscreen	Conrad: 1543962	1
222	Not-Aus	RS-Components: 193-2789	1

		Datum	Name	Klasse: 8B Abteilung: Mechatronik Name: Simon M. Wimmer	Schuljahr: 2023/2024		Werkschulheim Felbertal Ebenau
	bearbeitet	20.02.2024	simon				
	geprüft:						
	normgepr.:						
	Maßstab: 1:5	Benennung: Bedienpult					Zeichnungsnummer: SYM-003-02
Freimaßtoleranz ON EN 22768 mittel						Ausgabedatum: Dienstag, 20. Februar 2024 19:09:38 Ersatz für: Ersetzt durch:	



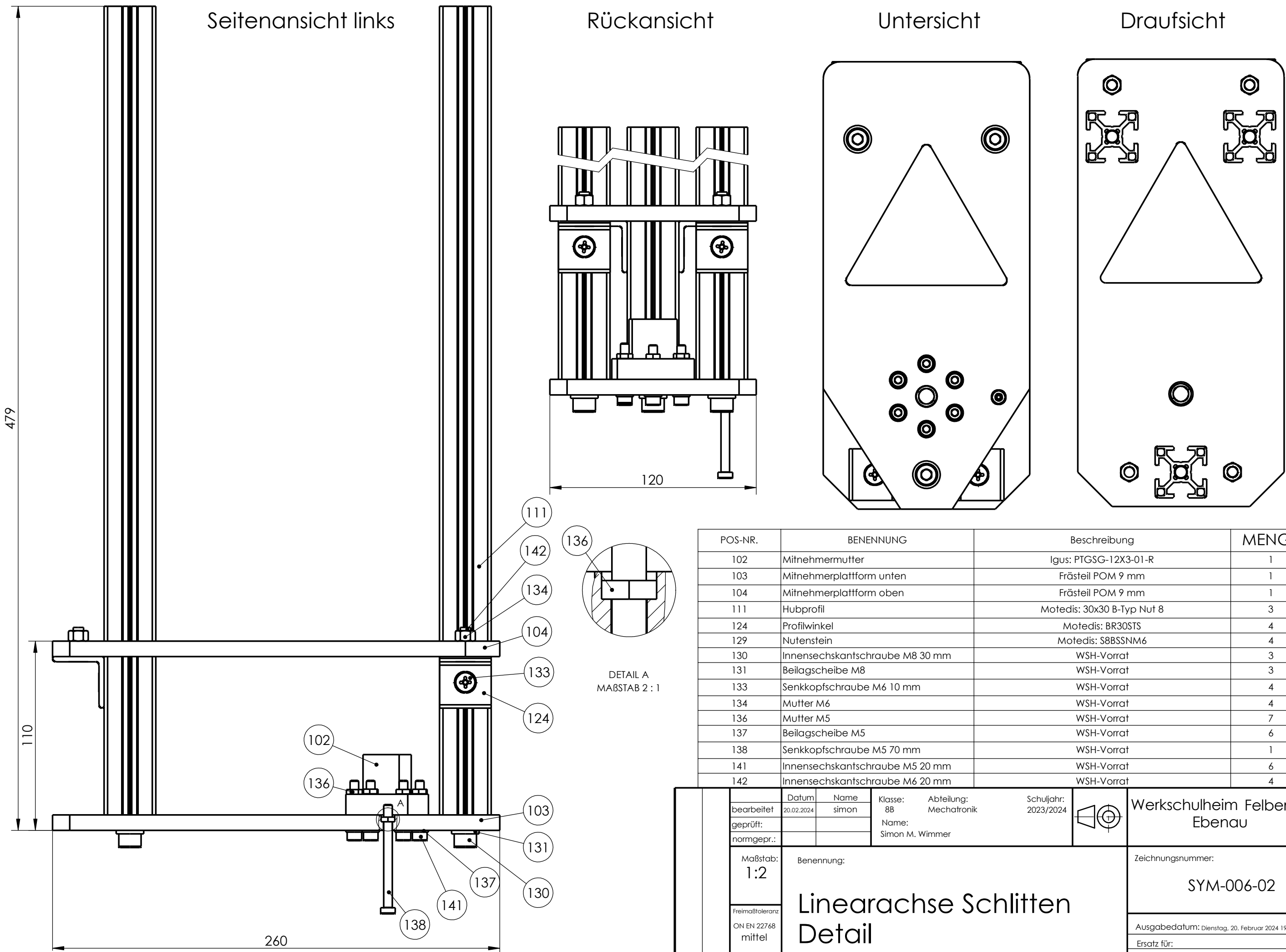
POS-NR.	BENENNUNG	BESCHREIBUNG	MENGE
106	Axiallager	Igus: BB-51100-B180-ES	1
107	Lagerflansch	Frästeil POM 9 mm	1
110	Controller-Plattform	Biegeteil Aluminium 2 mm	1
113	Abstandssensorgehäuse	3D-Druckteil	2
114	Kommunikatorkombigehäuse	3D-Druckteil	1
115	Kameraständer	Aluminiumprofil 20x20x100 I-Typ	1
140	Abstandshülse	Höhe 5 mm, Kerndurchmesser 4,2 mm	4
203	Arduino-Peripherie-IF	Board 65x57,5 mm	1
209	Kamera	Intel RealSense	1
210	Infrarotempfänger	Conrad: 182202 - VQ	1
213	ToF-Abstandssensoren	Farnell: 3772972	3
220	Infrarotsender	Conrad: 282202 - VQ	1

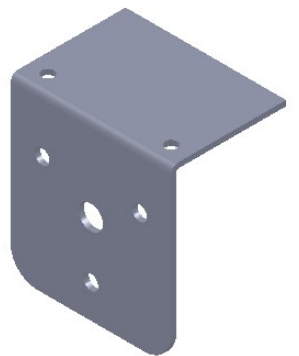
		Datum	Name	Klasse: 8B Abteilung: Mechatronik Name: Simon M. Wimmer	Schuljahr: 2023/2024		Werkschulheim Felbertal Ebenau
	bearbeitet	20.02.2024	simon				
	geprüft:						
	normgepr.:						
	Maßstab: 1:1	Benennung: Controller-Plattform					Zeichnungsnummer: SYM-004-03
Freimaßtoleranz ON EN 22768 mittel						Ausgabedatum: Dienstag, 20. Februar 2024 19:11:20 Ersatz für: Ersetzt durch:	



POS-NR.	BENENNUNG	BESCHREIBUNG	MENGE
116	Plattform	Frästeil POM 9 mm Durchmesser 450 mm	1
215	Kapazitiver Näherungsschalter	RS-Components: 896-7282	6
003	Bedienpultbaugruppe	SYM-003-xx	1

		bearbeitet	Datum	Name	Klasse: 8B	Abteilung: Mechatronik	Schuljahr: 2023/2024		Werkschulheim Felbertal Ebenau	
		geprüft:								
		normgepr.:								
		Benennung:	Plattformbaugruppe							Zeichnungsnummer:
Maßstab:									Ausgabedatum: Freitag, 15. Dezember 2023 11:35:38	
1:5									Ersatz für:	
Freimaßtoleranz									Ersetzt durch:	
ON EN 22768										
mittel										





		Datum		Name		Klasse: 8B	Abteilung: Mechatronik	Schuljahr: 2023/2024		Werkschulheim Felbertal Ebenau
		bearbeitet	14.01.2024		wims					
		geprüft:								
		normgepr.:								
Maßstab: 1:1		Benennung: Motorkonsole								Zeichnungsnummer: SYM-105-02
Freimaßtoleranz ON EN 22768 mittel										Ausgabedatum: Sonntag, 14. Januar 2024 21:03:57
										Ersetzt für: Ersetzt durch:

5.9 Inbetriebnahme Mechanik

Als Erstes wird der Motor mittels der Motorkonsole an das Innengehäuse des Roboters befestigt.

Anschließend wird die Controller-Plattform aufgebaut. Die Controller-Plattform beinhaltet das Arduino-Peripherie-IF, die zusätzlichen Abstandssensoren, die Kommunikationsschnittstelle und die Kamera. Die genaue Konstruktion kann der Zusammenstellungszeichnung SYM-004 entnommen werden. Die vollausgestattete Controllerplattform wird nun über der Motorkonsole, ebenfalls am Innengehäuse des Roboters, befestigt.

Als Nächstes werden der kapazitive Endlagenschalter und das Schleppkettenanschlusselement über die zugehörigen Konsolen am Innengehäuse befestigt.

Jetzt kann die Spindel eingeführt und mittels Wellenkupplung und Axiallager befestigt werden.

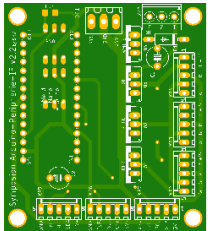
Daraufhin kann die Montage der Linearachse beginnen. Als Erstes wird die untere Mitnehmerplattform mit dem Hubprofil aufgesetzt. Dann die Mitnehmermutter auf die Spindel gesetzt. Die Linearachse wird durch die obere Plattform abgeschlossen. Zunächst muss der angegebene Führungsabstand abgemessen werden, woraufhin die Mitnehmermutter dann auf die Mitnehmerplattform geschraubt werden kann. Der genaue Aufbau ist in SYM-002, respektive SYM-006 ersichtlich.

Auf die Linearachse wird die Plattform aufgeschraubt, unter der sich kapazitive Näherungsschalter befinden. Auf der Oberseite befindet sich das Bedienpult. Hierfür wird auf die Zusammenstellungszeichnungen SYM-003 und SYM-005 verwiesen.

Zu guter Letzt werden zunächst die beiden Innenabdeckungen am Außengehäuse befestigt und anschließend die Außenabdeckung seitlich an der Plattform verschraubt.

6 Technische Beschreibung Elektrotechnik / Elektronik

6.1 Stückliste elektrische Haupt-Komponenten

Pos.Nr.	BMK	Bezeichnung	Abbildung	Anzahl	Beschreibung	Lieferant Bestell-Nr.	Gesamt-preis
201	K1	Festo Robotino Steuerungseinheit v4		1	Eingang 18V (Li-Ionen) Logik 24 V Intel i5 1xEthernet 6xUSB 2x12V 2xPCIe 1xHDMI 8xDI; 8xDO 8xAI; 13x24V 2xRelais 1xMotor OUT 1xEncoder IN 450x450x325 mm 20 kg	Festo; 8101344	16.943,53€
202	K2	Soundkarte		1	USB auf AUX IN und OUT Soundtreiber inklusive	Conrad; 1406215 - 62	8,49 €
203	K3	Arduino-Peripherie-IF		1	inklusive Arduino Nano 3xRGBW OUT für LED Strips 3xI ² C-Anschluss für ToF 2 Layers beidseitig bestückt 65x57,5 mm	Eigenentwicklung	29,97 €
204	M1 – M3	Integrierter Omnidrive		3	DC-Motor max 3.600 U/min Getriebe 32:1 omni-direktionale Räder 120 mm Durchmesser	K1 integriert	- €
205	M4	Plattformantrieb		1	24 V DC-Motor mit Schneckengetriebe 350 U/min 0,75 Nm 1,9 A	Igus; MOT-DC-42-J-H-H	79,20 €
206	B1-B9	Integrierte Infrarotabstossensoren		9	4 – 30 cm 5V Vcc Analogsignal Spannung sinkt mit steigendem Abstand	K1 integriert	- €

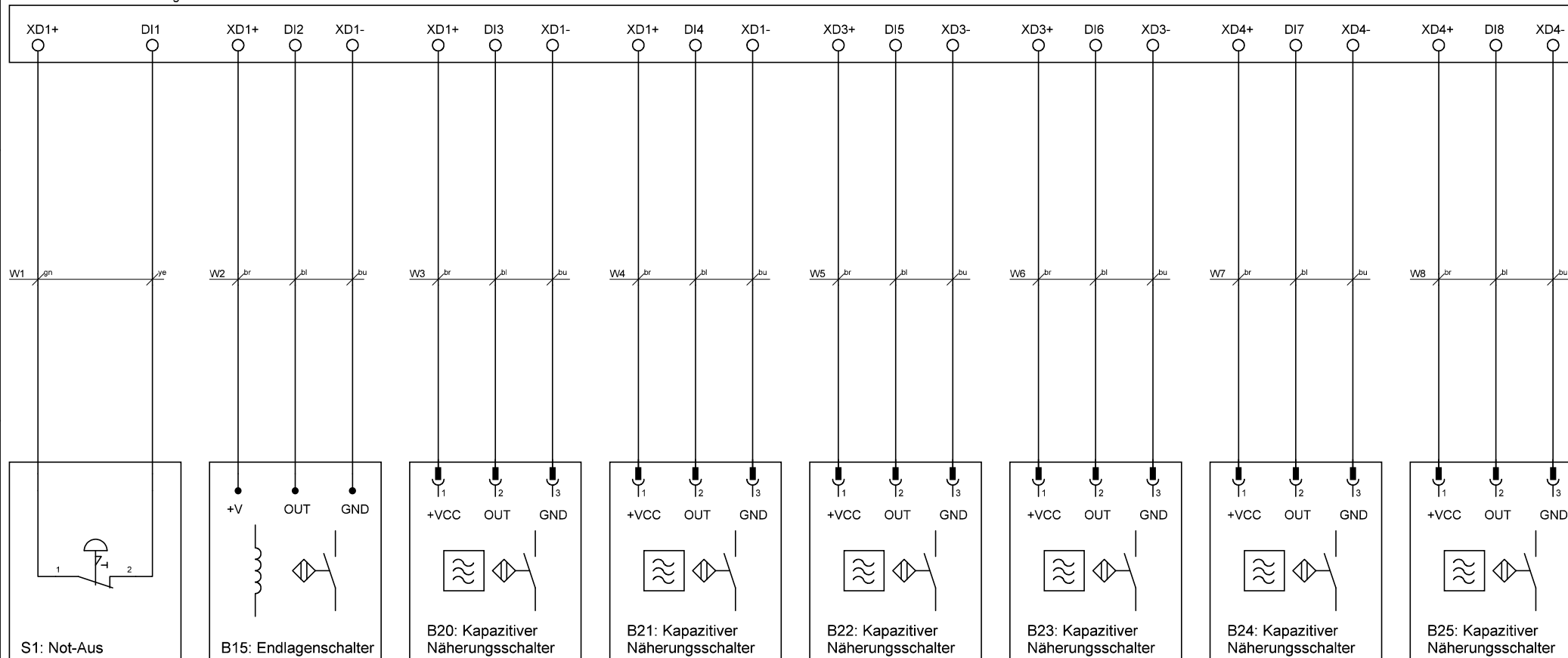
207	B10	Integrierte Stoßleiste		1	IP40 max 24V Schalter	K1 integriert	- €
208	B11	Integriertes Gyroskop		1	9-Achsig Gyroskop Beschleunigung Winkel I ² C und UART	K1 integriert	- €
209	B12	Kamera		1	RGBD Webcam + Tiefenmess- system	K1 integriert	- €
210	B13, B26	Infrarot- empfänger		2	12 – 24 V PNP NO	Conrad; 182202 – VQ	89,99 €
211	B14	In Motor integrierter Encoder		1	5 – 24 V 2-Kanal Hall 5 Impulse / Motordrehung 70 Impulse / Abtriebsdrehung	M4 integriert	- €
212	B15	Endlagen- schalter		1	Induktiv 12 – 24 V PNP NO 0 – 30 mm 100 Hz Abtastr. M30	RS- Components: 805-4888	36,28 €
213	B16– B18	ToF- Abstands- sensoren		3	5V, I ² C 27° Sichtfeld unterteilt in 4x4 50 Hz Abtastr. 40 – 4.000 mm Auflösung 1 mm	WSH	22,50 €
214	B19	Laserscanner		1	5V; USB (SCIP2.0) 240° Sichtfeld 20 – 4.000 mm 683 Schritte	Festo: 8029454	2.206,32 €
215	B20- B25	Kapazitive Näherungs- schalter		6	10 – 30 V Erkennungs- bereich 0-8 mm Einstellbereich 0 – 6,48 mm PNP NO	RS- Components: 896-7282	287,16€
216	A1	Touchscreen		1	7" 1024x600 px Strom und Bild über HDMI Touch über MicroUSB Kapazitiver Touch (5 Multi- Touch)	Conrad: 1543962 – VQ	89,00 €
217	P1	Lautsprecher		2	Strom über USB Audio über AUX 140Hz – 20kHz 120mW	Conrad: 1681257 - 62	13,99 €

218	P2	Beleuchtung		1	24 V RGBW Common-anode 2,5 m	Conrad: 2345002 – 62	25,60 €
219	G1 – G4	Li-Ionen Akkus		1	18V Li-Ionen 5,2 Ah	Festo: 8100249	- €
220	G5 – G6	Infrarot-sender		2	12 – 24 V 15 mA max 10 m (einstellbar)	Conrad: 282202 – VQ	89,99 €
221	G7	Ladestation		1	24V max 10 A 14 kg 535x212x152 mm	Festo: 8134659	2.695,03 €
222	S1	Not-Aus		1	2xÖffner max 500 V max 10 A 300.000 Schaltspiele	RS- Components: 193-2789	69,00 €
Summe (inkl. USt):							22.686,50€

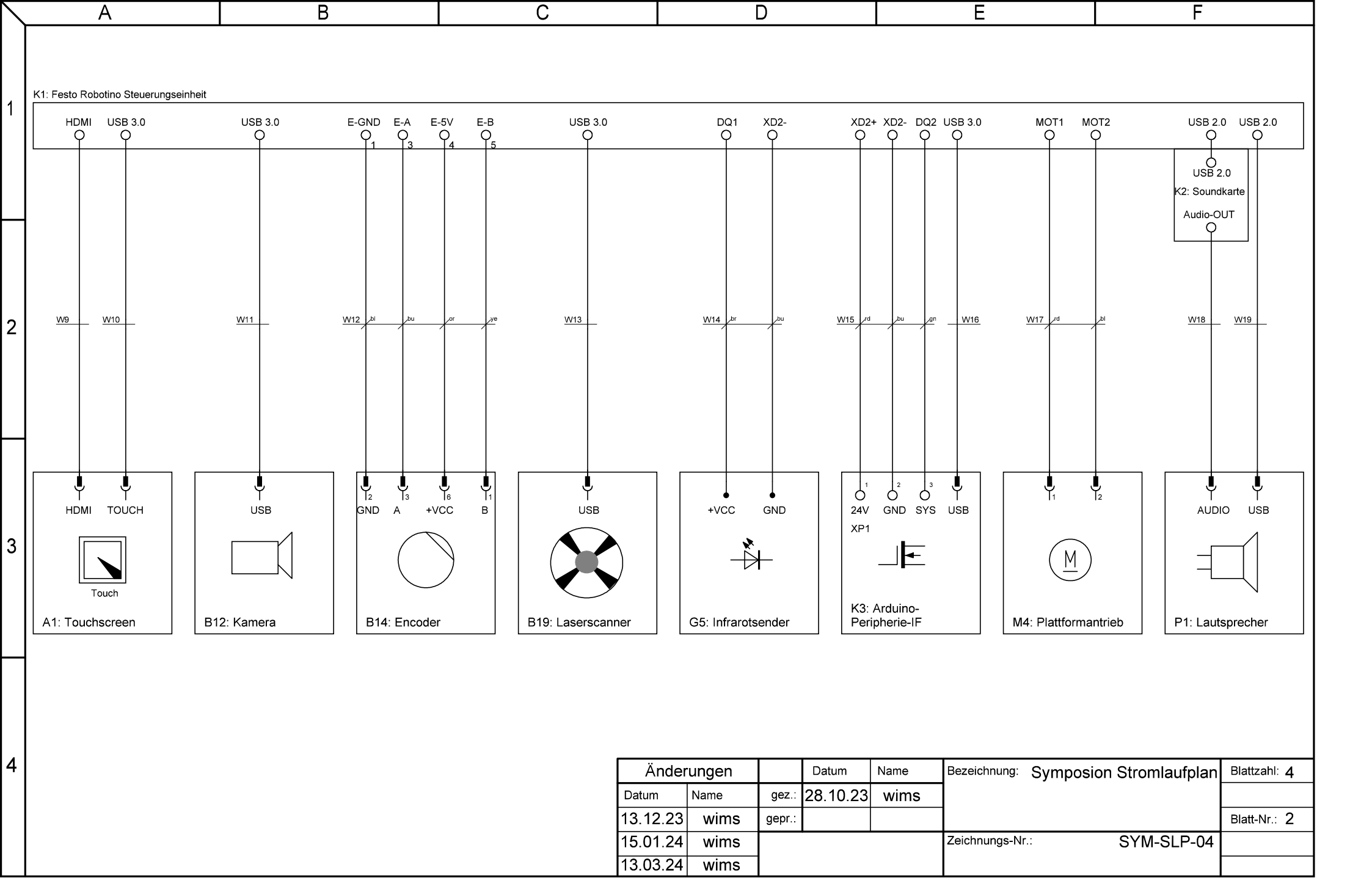
Tabelle 16: Stückliste aller elektrischen Komponenten

6.2 Stromlaufplan

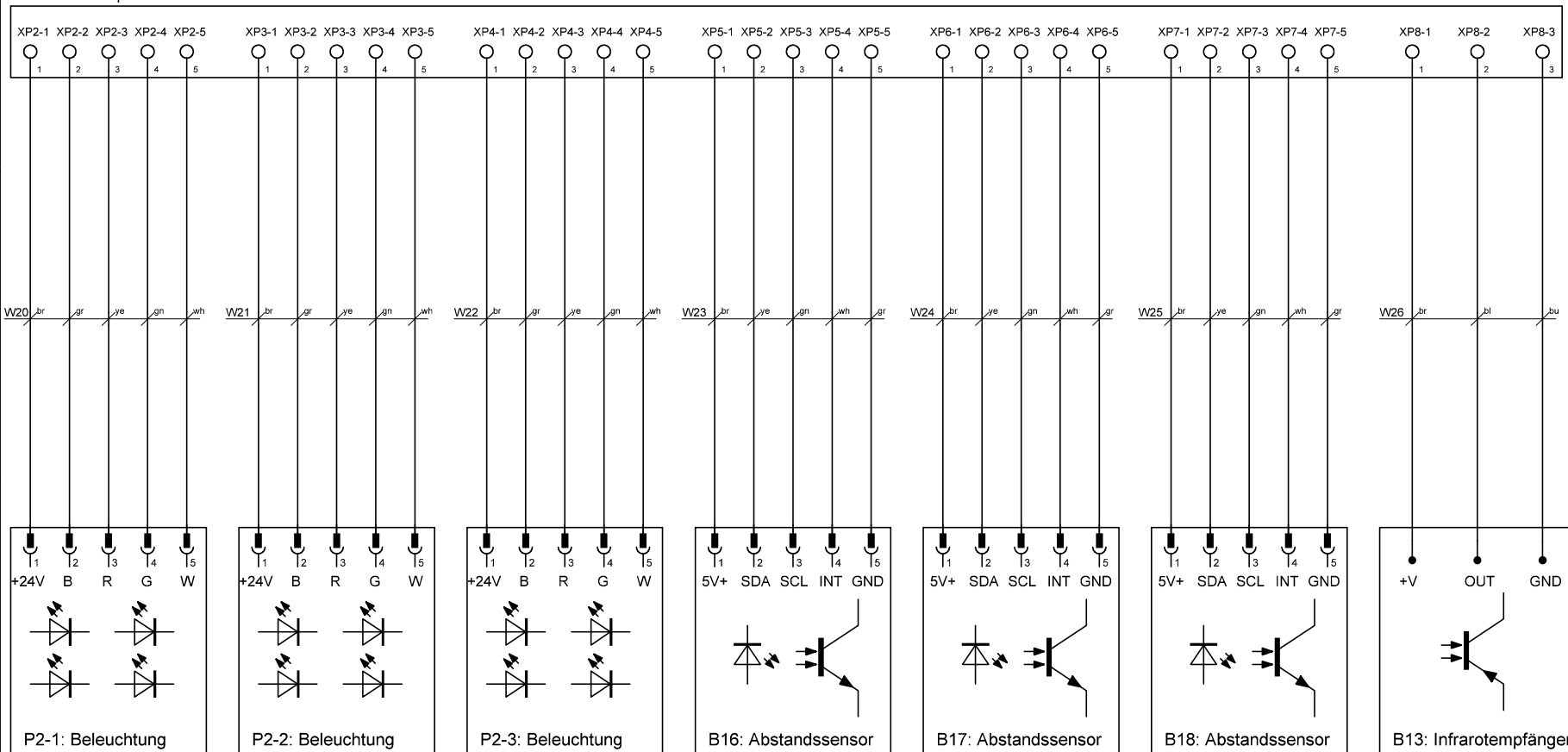
K1: Festo Robotino Steuerungseinheit



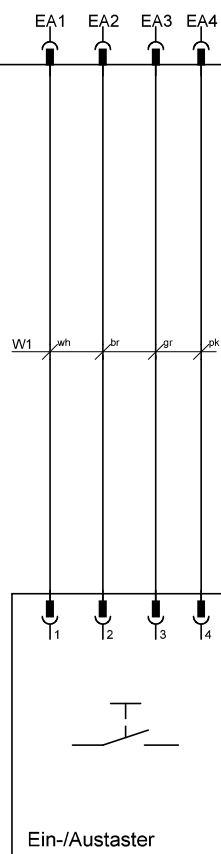
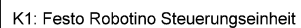
Änderungen			Datum	Name	Bezeichnung: Symposium Stromlaufplan	Blattzahl: 4
Datum	Name	gez.:	28.10.23	wims		
13.12.23	wims	gepr.:				Blatt-Nr.: 1
15.01.24	wims				Zeichnungs-Nr.: SYM-SLP-05	
13.03.24	wims					



K3: Arduino-Peripherie-IF



Änderungen			Datum	Name	Bezeichnung: Symposium Stromlaufplan	Blattzahl: 4
Datum	Name	gez.:	28.10.23	wims		
13.12.23	wims	gepr.:				Blatt-Nr.: 3
15.01.24	wims				Zeichnungs-Nr.: SYM-SLP-04	
13.03.24	wims					



Änderungen			Datum	Name	Bezeichnung: Symposium Stromlaufplan	Blattzahl: 4
Datum	Name	gez.:	28.10.23	wims		
13.12.23	wims	gepr.:				Blatt-Nr.: 4
15.01.24	wims				Zeichnungs-Nr.: SYM-SLP-04	
13.03.24	wims					

6.3 Beschreibung der Verbindungskabel

BMK	Bezeichnung	Länge	Anschlussart 1	Anschlussart 2
W1	Rundkabel, Litze, 7 x 0,25 mm ² , tordierbar	1.800 mm	Federzugklemme und Lötspunkt	Federzugklemme
W2	Rundkabel, Litze, 3 x 0,33 mm ²	250 mm	Federzugklemme	Lötspunkt
W3 - W8	Rundkabel, Litze, 3 x 0,33 mm ²	1.000 mm	Federzugklemme	Lötspunkt
W9	HDMI-A auf HDMI-A	2.000 mm	HDMI	HDMI
W10	USB-A auf MicroUSB, geschirmt	200 mm	USB-A	MicroUSB
W11	USB-A auf USB-C, geschirmt	500 mm	USB-A	USB-C
W12	Flachbandkabel, 6-pol, AWG 28	150 mm	MPE RM 2,54 2x3-pol.	Lötspunkt
W13	USB-A auf USB-A, geschirmt	300 mm	USB-A	USB-A
W14	Rundkabel, Litze, 2 x 0,5 mm ²	200 mm	Federzugklemme	Lötspunkt
W15	Rundkabel, Litze, 3 x 0,33 mm ²	350 mm	Federzugklemme	Schraubklemme
W16	USB-A auf USB-C, geschirmt	500 mm	USB-A	USB-C
W17	Zwillings-Litze, 2 x 1 mm ²	150 mm	Wago 721-462 2-pol.	Lötspunkt
W18	In Gerät integriertes Klinkenkabel mit 3,5 mm Stecker	300 mm	Klinkenbuchse 3,5 mm	Lötspunkt
W19	In Gerät integriertes USB-A Kabel	300 mm	USB-A	Lötspunkt
W20 - W22	Rundkabel, Litze, 5 x 0,5 mm ²	400 mm	Molex Buchsengehäuse 5-pol.	DuPont Stechergehäuse 5-pol.
W23 - W25	Rundkabel, Litze, 5 x 0,25 mm ²	100 mm	Molex Buchsengehäuse 5-pol.	DuPont Buchsengehäuse 6-pol.
W26	Rundkabel, Litze, 3 x 0,33 mm ²	300 mm	Molex Buchsengehäuse 3-pol.	Lötspunkt
W27	Flachbandkabel, 6-pol, AWG 28	100 mm	MPE RM 2,54 2x3-pol.	Lötspunkt
W28	Rundkabel, Litze, 4 x 0,33 mm ²	300 mm	Federzugklemme	Lötspunkt
W29	Rundkabel, Litze, 2 x 0,5 mm ²	300 mm	Federzugklemme	Federzugklemme
W30	USB-A auf USB-A, geschirmt	1.800 mm	USB-A	USB-A

Tabelle 17: Verbindungskabel

6.4 Dokumentation Leiterplatte

6.4.1 Schaltplan

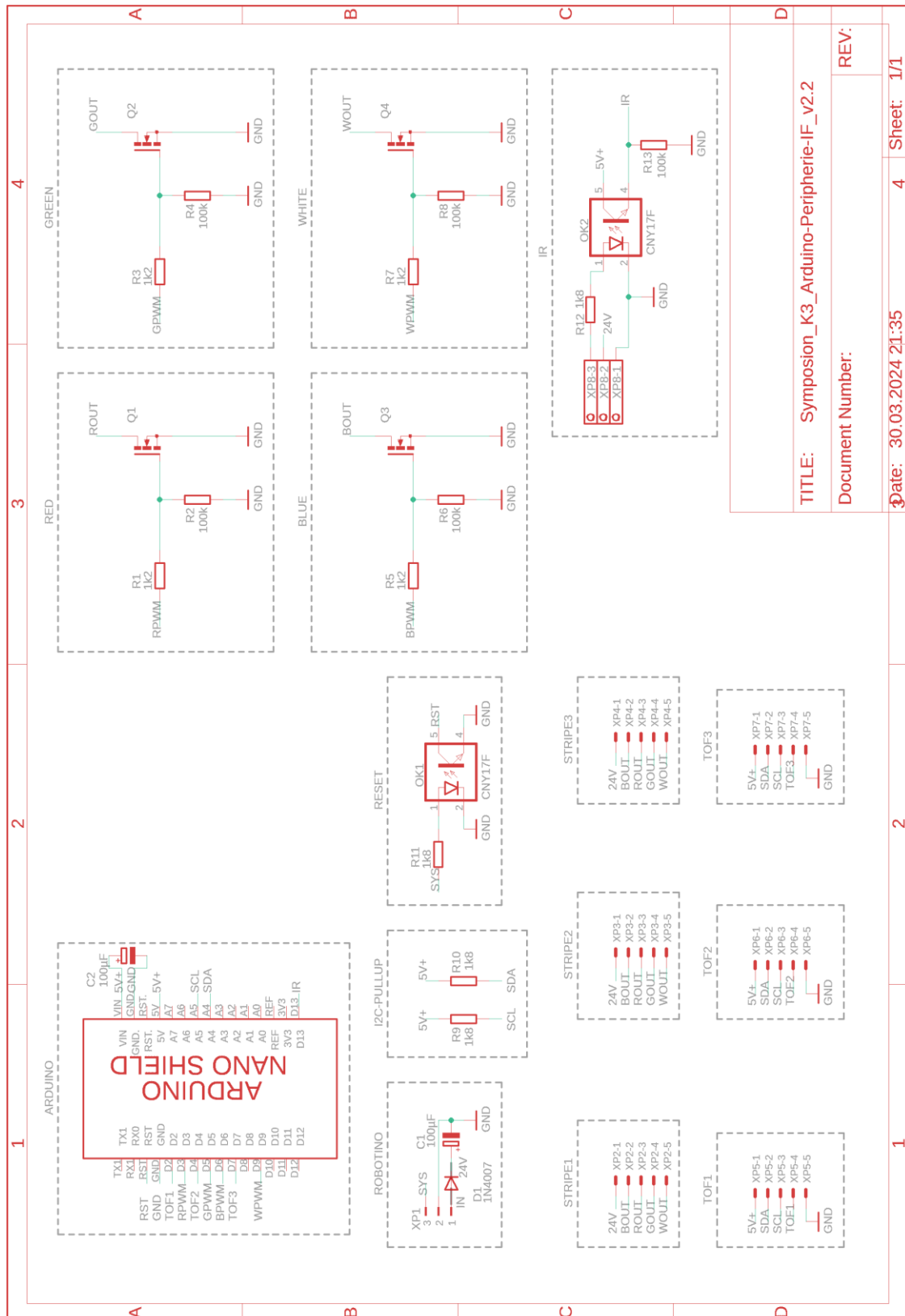


Abbildung 6: Schaltplan Interface Platine

6.4.2 Layout

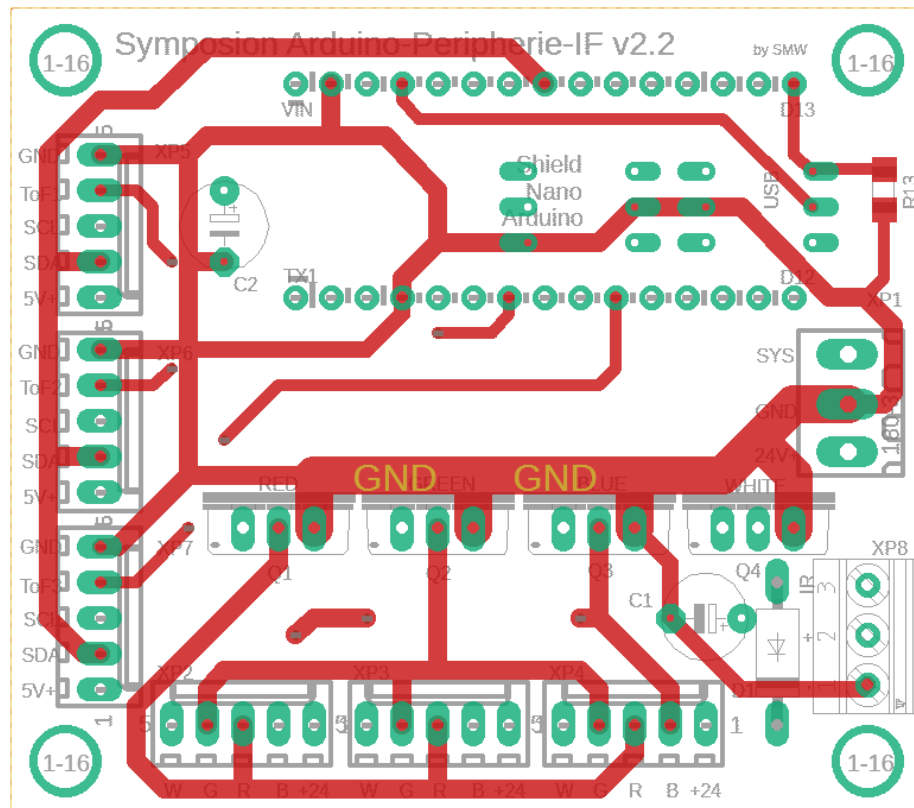


Abbildung 7: Interface Platine Layout TOP

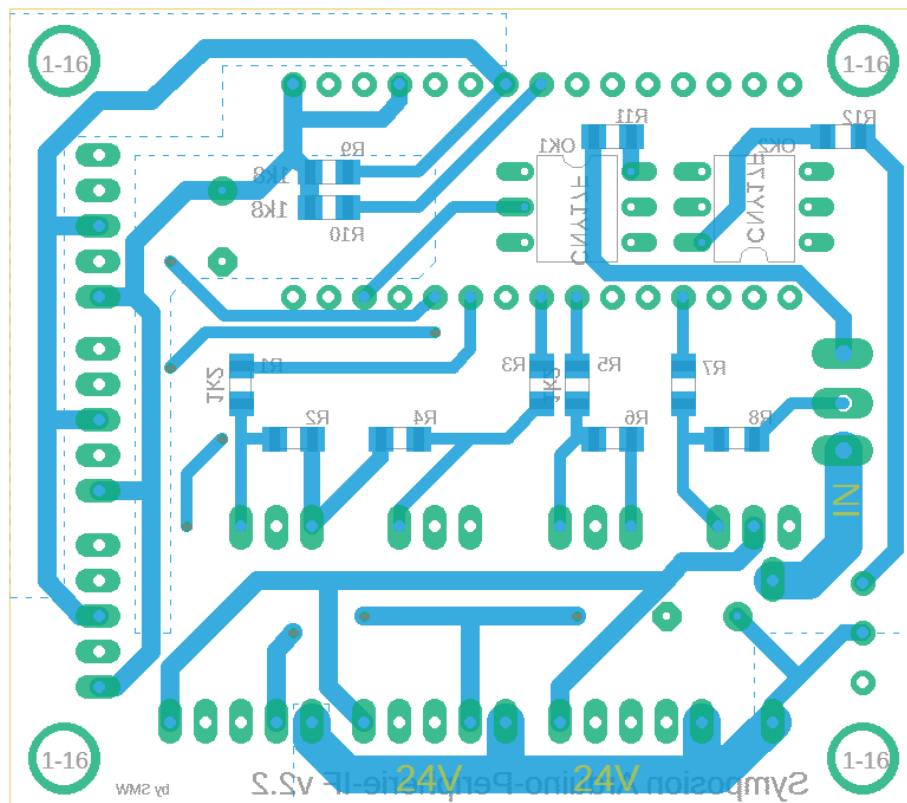


Abbildung 8: Interface Platine Layout BOTTOM

6.4.3 Bestückungsplan

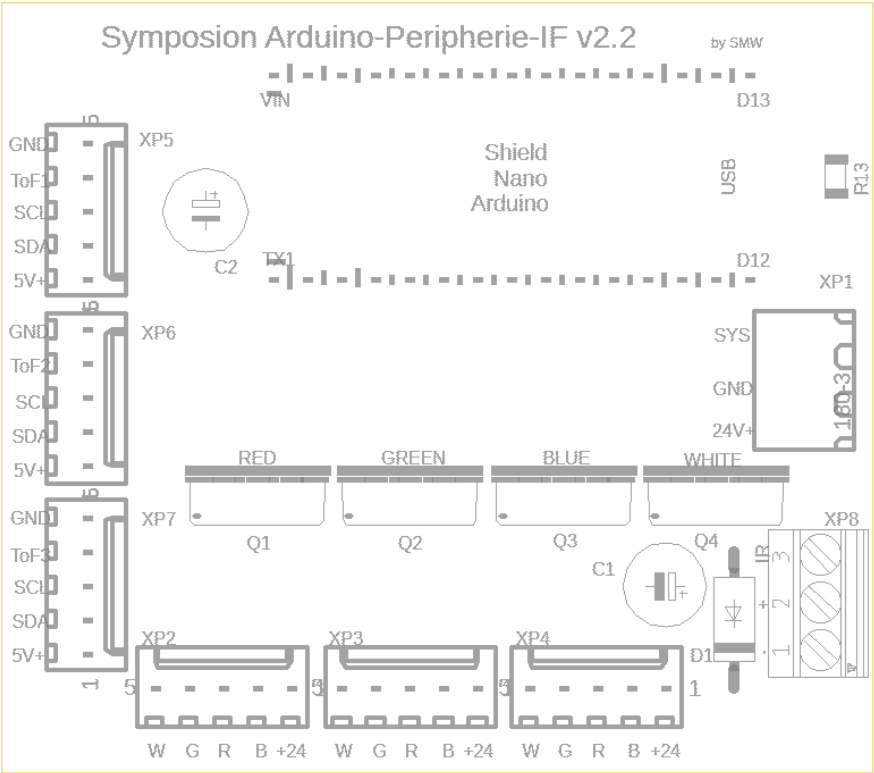


Abbildung 9: Interface Platine Bestückungsplan Top

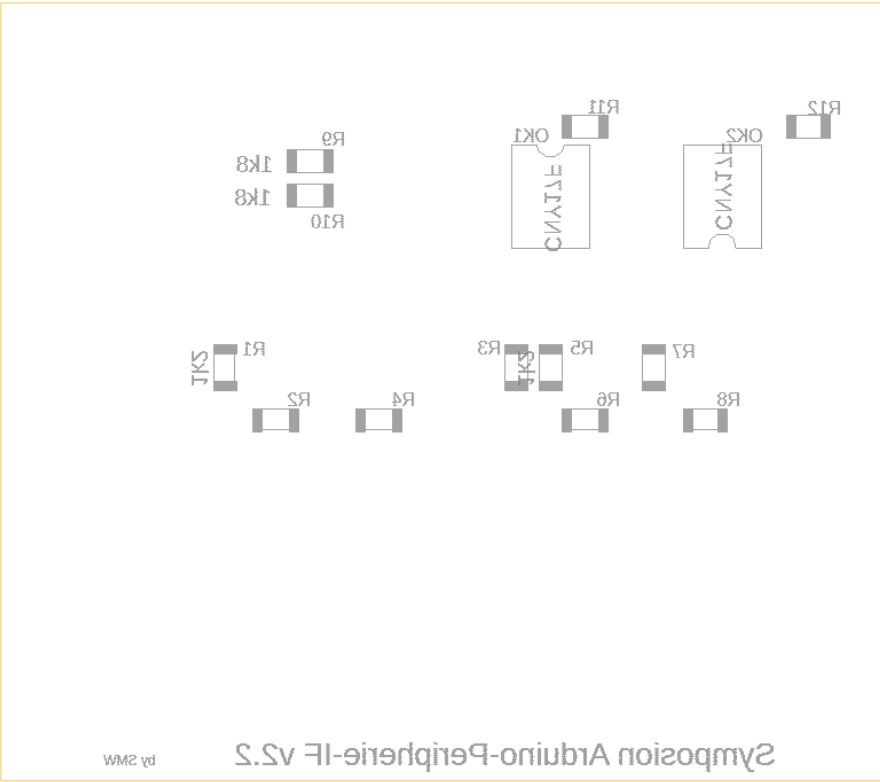


Abbildung 10: Interface Platine Bestückungsplan Bottom

6.4.4 Stückliste

Stückliste K3 - Arduino Peripherie-IF

Gesamt	
kosten:	29,97 €
davon	
WSH	10,90 €

alle Preise inkl. MWSt.

Anzahl	Einheit	Referenzcode	Bezeichnung	Zusatzbeschreibung	Wert / Hersteller-teile-nummer	Lieferant	Bestell-Nr.	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Stk	K3	Platine	2 Layer, 1.6 mm, HASL	Beautiful Board Simple	Aisler	UMCVKSHQ – Rev. 6	19,07 €	19,07 €
1	Stk	D1	Universaldiode	1000 V, 1 A	1N4007	RS-Components	917-5386	0,15 €	0,15 €
7	Stk	XP2, XP3, XP4, XP5, XP6, XP7, XP8	Molex Stiftleiste	gerade, 5-polig, einreihig, RM 2,54	22-27-2051	RS-Components	170-7104	0,29 €	2,03 €
2	Stk	OK1, OK2	Optokoppler	6-Pin, Phototransistor-Out	CNY17F	RS-Components	178-0898	0,37 €	0,74 €
2	Stk	PCB1	Buchsenleiste	20-polig, einreihig, RM 2,54, gerade	SPL 20	Reichelt Elektronik	SPL 20	0,40 €	0,80 €
4	Stk	Q1, Q2, Q3, Q4	MOSFET N-Kanal	TO-220AB, 50V, 35A	BUZ 11	Reichelt Elektronik	BUZ 11	1,00 €	4,00 €
4	Stk	R1, R3, R5, R7	SMD Chipwiderstand	Bauform 1206; Tol. 1%	1k2	RS-Components	223-2271	0,05 €	0,20 €
5	Stk	R2, R4, R6, R8, R13	SMD Chipwiderstand	Bauform 1206; Tol. 1%	100k	RS-Components	223-2524	0,05 €	0,25 €
4	Stk	R9, R10, R11, R12	SMD Chipwiderstand	Bauform 1206; Tol. 1%	1k8	RS-Components	223-2293	0,06 €	0,23 €
1	Stk	XP1	Stiftleiste	3-polig, RM 3,5, 90°	180-3	Reichelt Elektronik	CTB932HD-3	0,29 €	0,29 €
1	Stk	XP1	Steckbare Schraubklemme	3-polig, RM 3,5, 0°	180-3	Reichelt Elektronik	CTB922HD-3	0,63 €	0,63 €
2	Stk	C1, C2	Al-ELKO	Radial, RM 5, 35V	100 µF	Farnell	2466947	0,79 €	1,58 €

Tabelle 18: Stückliste Interface Platine

6.5 Inbetriebnahme Elektronik

Interfaceboard	
1	Optische Kontrolle auf korrekte Lötstellen, korrekte Bauteilverwendung und offensichtliche Beschädigungen.
2	Durchgangsprüfung verbundener sowie nicht verbundener Leitungen.
3	An 24VDC Versorgungsspannung anschließen. Strombegrenzung 40 mA.
4	24VDC und GND-Leitungen mittels Oszilloskops überprüfen.
5	Vcc und GND-Pins der Arduino-Stiftleiste und der MOSFETS überprüfen.
6	Arduino Nano aufsetzen.
7	5VDC an Daten-Eingänge anlegen und über Arduino Code Pins auswerten.
8	Arduino-Ausgänge auf High setzen und mittels Oszilloskops die Ausgänge auf dem Interfaceboard überprüfen.
Linearantrieb	
1	Encoder an die zugehörige Buchse am Roboter anschließen.
2	DC-Motor an zugehörige Buchse am Roboter anschließen.
3	Endlagenschalter an zugehörige Klemme am Roboter anschließen.
4	Motor von Welle abklemmen.
5	Plattformreferenzierungsprogramm laufen lassen und überprüfen, ob der Motor bei Aktivierung des Endlagenschalters stoppt.
6	Über das Testprogramm die eingespeicherten Drehrichtungen prüfen (Motor hoch- und runterfahren lassen, gleichzeitig überprüfen, ob der Encoder richtig mitzählt).
Sensoren	
1	Bei binären Sensoren kann die Funktionstüchtigkeit über Labornetzgerät und Oszilloskop festgestellt werden. Spannung und Strombegrenzung gemäß Datenblatt (meistens 24VDC 150 mA).
2	Andere Sensoren mittels der vorhandenen Testprogramme austesten.
3	Jedes Softwaremodul soll einzeln angesteuert und ausgetestet werden.

Tabelle 19: Inbetriebnahme Elektronik

7 Technische Beschreibung Firmware / Software

7.1 Allgemeine Informationen

7.1.1 Software-Module

Modul	Beschreibung	Sprache	Ansteuerung	Ausführungs-ort
GUI	Web-Oberfläche die lokal am Robotino gehostet wird. Über sie werden die gewünschten Programme ausgewählt.	HTML, CSS, Python	Aufrufen des lokal gehosteten Webserver	K1
Debug	Das Python-Webframework in Zusammenspiel mit der REST-API kommuniziert direkt mit dem Robotino um Hardwarezustände in der GUI anzeigen zu können.	Python, XML (REST-API)	Aufrufbar über GUI	K1
Presentation	Möglichkeit in der grafischen Oberfläche eine Audiodatei abzuspielen und eine Bilddatei zu öffnen, die am Bildschirm von Symposion durchgehend angezeigt wird.	Python	Aufrufbar über GUI	K1
Teaching	Mithilfe eines Joystickcontrollers kann Symposion manuell durch den Raum bewegt werden. Bei Drücken des Controllerbuttons speichert Symposion die angefahrenen Positionen.	Python, XML (REST-API)	Aufrufbar über GUI	K1
Route_Following	Symposion fährt die eingespeicherten Positionen autonom ab.	RobotinoView, Python	Aufrufbar über GUI	K1
Platform_Referencing	Die Plattform referenziert sich.	Python, XML (REST-API)	Aufrufbar über GUI	K1
Height_Adjustment	Die Plattformhöhe kann verstellt werden.	RobotinoView, Python, XML (REST-API)	Aufrufbar über GUI	K1
Bottle_Detection	Auswertung der kapazitiven Näherungssensoren	RobotinoView, Python, XML (REST-API)	Aufrufbar über GUI Aufrufbar von Route_Following	K1

	zur Flaschendetektion.			
Docking	Symposion dockt über Positionierung an einem Marker mittels einer RGBD-Kamera autonom an seine Ladestation an.	RobotinoView	Aufrufbar von Route_Following	K1
Dodge	Symposion weicht einem Hindernis aus.	RobotinoView	Aufrufbar von Route_Following	K1
Station_Communication	Symposion führt einen Three-Way-Handshake mit einer externen Servicestation durch.	RobotinoView	Aufrufbar von Route_Following	K1
Distance_Measurement	Auswertung der Abstandssensoren.	RobotinoView	Aufrufbar von Route_Following	K1
Distance_Measurement_K3	Auswertung der ToF-Abstandssensoren durch den Arduino.	Arduino C	Läuft permanent auf K3	K3
Light_Control	Senden des RGB-Codes an den Arduino.	Python	Aufrufbar über GUI	K1
Light_Control_K3	PWM-Ausgabe des RGB-Codes and die LED-Strips.	Arduino C	Läuft permanent auf K3	K3

Tabelle 20: Software-Module

7.1.2 Bibliotheken

Bibliothek	Sprache	Verwendung
subprocess	Python	Öffnen der RobotinoView Programme über die grafische Oberfläche
flask	Python	Python Web-Framework
requests	Python	Kommunikation mit REST-API des Robotinos
serial	Python	Serielle Kommunikation mit Arduino
time	Python	Serielle Kommunikation mit Arduino
csv	Python	Abspeichern und Lesen der Routen in einer csv-Datei
pydub	Python	Sound-Ausgabe
Wire	Arduino C	I ² C Kommunikation mit den ToF-Abstandssensoren
VL531LX	Arduino C	Auswertung der ToF-Abstandssensoren

Tabelle 21: Software-Bibliotheken

7.1.3 Allgemeine Informationen

Die Steuerung von Symposion erfolgt über eine grafische Weboberfläche, die entweder direkt vom Gerät aus über das integrierte Display oder extern durch ein sich im Wlan des Roboters befindliches Gerät aufgerufen werden kann.

Die grafische Oberfläche wird grundsätzlich durch HTML und CSS realisiert. Backend sorgt Python für die Ausführung der Roboteranträge. Komplexe Hardwareabläufe werden durch die Robotino eigene Programmiersprache „RobotinoView“ realisiert. Diese Programme werden dann von Python aufgerufen. Python hat jedoch auch über die REST-API des Robotinos einen direkten Hardwarezugriff, der genutzt wird, um Hardwarezustände in der grafischen Oberfläche zu visualisieren und kleine Befehle weiterzugeben.

Die PWM-Steuerung der LED-Beleuchtung und die Auswertung der 5V-ToF-Abstandssensoren sind auf die Steuerplatine K3, mit dem darauf sitzenden Arduino Nano, ausgelagert. Python auf K1 und Arduino C auf K3 kommunizieren über USB miteinander.

Programmiersprache	Programmierungsumgebung
RobotinoView	RobotinoView Editor
Python	Visual Studio Code
Arduino C	Arduino IDE

Tabelle 22: Programmiersprachen und - umgebungen

7.2 Signalliste

7.2.1 K1: Festo Robotino Steuerungseinheit

Signal-Name Stromlaufplan	I/O-Pin Steuergerät	Variablenname im Programm	Datentyp	Beschreibung
S1: Not-Aus	DI1 (XD1.1)	s1_safety_stop	bool	0: Alle Motoren aus
B15: Endlagenschalter	DI2 (XD1.2)	b15_limit_switch	bool	1: Unteren Endlagenschalter erreicht
B20: Kapazitiver Näherungsschalter	DI3 (XD1.3)	b20_bottle	bool	1: Objekt auf Flaschenposition 1
B21: Kapazitiver Näherungsschalter	DI4 (XD1.4)	b21_bottle	bool	1: Objekt auf Flaschenposition 2
B22: Kapazitiver Näherungsschalter	DI5 (XD1.5)	b22_bottle	bool	1: Objekt auf Flaschenposition 3
B23: Kapazitiver Näherungsschalter	DI6 (XD1.6)	b23_bottle	bool	1: Objekt auf Flaschenposition 4
B24: Kapazitiver Näherungsschalter	DI7 (XD1.7)	b24_bottle	bool	1: Objekt auf Flaschenposition 5
B25: Kapazitiver Näherungsschalter	DI8 (XD1.8)	b25_bottle	bool	1: Objekt auf Flaschenposition 6
G2: Infrarotsender	DQ1 (XD2.1)	g2_infrared_out	bool	1: Aktiviere Infrarotsender
K3: Arduino- Peripherie-IF SYS	DQ2 (XD2.2)	k3_res	bool	1: Restart Arduino
K3: Arduino- Peripherie-IF USB	USB 3.0	k3_com	Serielle Kommunikation	K1 -> K3 (xxx, xxx, xxx) RGB-Array K3 -> K1 (xxxx, xxxx, xxxx) in mm Abstands- Array
M4: Plattformantrieb	MOT1 / MOT2	m4_platform_motor	int	(-)100 bis 0: PWM Drehrichtung rechts 0 bis 100: PWM Drehrichtung links
B14: Encoder	Encoder	b14_encoder	int	(-)1: Fünftel Drehung rechts Antriebswelle +1: Fünftel Drehung links Antriebswelle 98 Impulse pro Drehung Abtriebswelle
B12: Kamera	USB 3.0	b12_cam	Serielle Kommunikation	Intel RealSense SDK
A1: Touchscreen HDMI	HDMI	NONE (außerhalb der Programmgrenze)	Serielle Kommunikation	Video
A1: Touchscreen TOUCH	USB 3.0	NONE (außerhalb der Programmgrenze)	Serielle Kommunikation	Touchposition

B19: Laserscanner	USB 3.0	NONE (außerhalb der Programmgrenze)	Serielle Kommunikation	SCIP 2.0 Kommunikation
K2: Soundkarte	USB 3.0	NONE (außerhalb der Programmgrenze)	Serielle Kommunikation	Audio

Tabelle 23: Signalliste K1

7.2.2 K2: Soundkarte

Signal-Name Stromlaufplan	I/O-Pin Steuergerät	Variablenname im Programm	Datentyp	Beschreibung
P1: Lautsprecher	Out	NONE (außerhalb der Programmgrenze)	Analog	Audio

Tabelle 24: Signalliste K2

7.2.3 K3: Arduino-Peripherie-IF

Signal-Name Stromlaufplan	I/O-Pin Steuergerät	Variablenname im Programm	Datentyp	Beschreibung
P2: Beleuchtung B	DO6	p2_blue	int	0-255: PWM blaues Licht
P2: Beleuchtung R	DO3	p2_red	int	0-255: PWM rotes Licht
P2: Beleuchtung G	DO5	p2_green	int	0-255: PWM grünes Licht
P2: Beleuchtung W	DO9	p2_white	int	0-255: PWM weißes Licht
B16-18: Abstandssensor SDA	A4	SDA	Serielle Kommunikation	Kommunikation mit Abstandssensoren über vordefinierte Befehle
B16-18: Abstandssensor SCL	A5	SCL	bool	Takt
B16: Abstandssensor INT 1	DO2	b16_tof	bool	0: Deaktiviert die I2C-Kommunikation; zum Resetten und Adresszuteilung der einzelnen Sensoren
B17: Abstandssensor INT 2	DO4	b17_tof	bool	0: Deaktiviert die I2C-Kommunikation; zum Resetten und Adresszuteilung der einzelnen Sensoren
B18: Abstandssensor INT 3	DO7	b18_tof	bool	0: Deaktiviert die I2C-Kommunikation; zum Resetten und Adresszuteilung der einzelnen Sensoren
B13: Infrarotempfänger	DI13	b13_ir_in	bool	1: Infrarotlichtstrahl wird empfangen

Tabelle 25: Signalliste K3

7.3 SW-Planung und Beschreibung

7.3.1 Anmerkung

Folgende Softwarediagramme dienen nur als einfache Modelle und stellen keine detailgenauen Programmieranweisungen dar. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde es beispielsweise unterlassen Rampenansteuerungen der Motoren in die Visualisierung einzubauen, was jedoch nicht bedeutet, dass sie im finalen Programm nicht vorhanden wären.

Zuerst werden die Softwaremodule einzeln beschrieben, anschließend sind die dazugehörigen Flussdiagramme angehängt.

7.3.2 Modulbeschreibung GUI

Das Softwaremodul GUI inkludiert die Backend Logik über Python, über welches eine HTML und CSS basierte Grafik läuft. Diese Modulbeschreibung bezieht sich nur auf die Backend Logik. Die Konzeption des grafischen Teils der GUI kann Punkt 7.4 entnommen werden. Wird auf der Website ein Button gedrückt ruft Python das dazugehörige Programm auf.

7.3.3 Modulbeschreibung Debug

Python kann über die REST-API die Zustände der digitalen Ein- und Ausgänge aufrufen. Diese werden in einen Array umgewandelt, welcher dann Frontend wieder visualisiert werden kann.

7.3.4 Modulbeschreibung Teaching

Symposion wird über den Joystick des mitgelieferten Controllers manuell manövriert. Die aktuellen x, y und rotation Werte werden in der Robotino eigenen Map mitverfolgt und wenn die Joystick Taste gedrückt wird, wird der aktuelle Punkt gespeichert und in die autonome Route aufgenommen. Als Ausgangspunkt für das eingespeicherte Bewegungsmuster sollte stets die Servicestation dienen. Es erfolgt eine Nullpunktverschiebung vom globalen Home-Punkt zum ersten definierten Punkt.

7.3.5 Modulbeschreibung Route_Following

Symposion ruft die Robotino eigene Map auf, die im Teachnig-Modus generiert wurde und fährt die gespeicherten Punkte ab. Wenn ein Hindernis erkannt wird, stoppt der Roboter. Sollte die Akkukapazität unter 20% sinken, wird das Docking Modul aufgerufen, in dem Symposion seine Ladestation anfährt. Über das Untermodul „Bottle_Detection“ wird stetig das Vorhandensein von Flaschen überprüft. Detektiert er, dass er keine Flaschen mehr eingelagert hat, begibt er sich wieder zu Servicestation, von wo aus er beladen werden kann. Sobald er wieder beladen ist, setzt er seine Route fort.

7.3.6 Modulbeschreibung Docking

Robotino steuert mithilfe seiner eigens angelegten Map zurück auf seinen Home-Point. Die genaue Kalibrierung wird über einen Marker, der von der RGBD-Kamera gelesen wird, geregelt. Das erfolgreiche Andocken wird durch den Ladebeginn bestätigt.

7.3.7 Modulbeschreibung Platform_Referencing

Der Motor dreht so lange in Rechtsrichtung (Rechtsgewinde) bis der kapazitive Endlagenschalter auslöst. Der Höhenwert der Plattform wird zurückgesetzt. Dieses Modul kann jederzeit in der GUI aufgerufen werden.

7.3.8 Modulbeschreibung Height_Adjustment

Bei Drücken des Buttons auf der grafischen Oberfläche wird die Plattform entweder um eine Abtriebsdrehung (3 mm) nach oben oder nach unten verfahren. Die aktuelle Höhe wird auf der grafischen Oberfläche ausgegeben.

7.3.9 Modulbeschreibung Bottle_Detection

Python liest die Werte der digitalen Inputs aus, die für die kapazitiven Näherungsschalter reserviert sind und gibt dementsprechend ein Array mit den Werten zurück.

7.3.10 Modulbeschreibung Dodge

Symposion ruft die Abstandssensorwerte ab. Bei zu geringem Abstand weicht er in die Richtung mit dem größten Abstand aus.

7.3.11 Modulbeschreibung Station_Communication

Symposion führt einen Three-Way-Handshake durch.

7.3.12 Modulbeschreibung Distance_Measurement

Symposion liest die eigenen Abstandssensoren aus und fragt die Werte der ToF-Sensoren vom Arduino ab.

7.3.13 Modulbeschreibung Distance_Measurement_K3

Der Arduino fragt die Werte der ToF-Abstandssensoren ab und leitet über USB ein Array an den Robotino weiter.

7.3.14 Modulbeschreibung Light Control

Über einen Color-Picker in der grafischen Oberfläche wird ein RGBW-Wert ausgewählt, der anschließend über USB an den Arduino weitergeleitet wird.

7.3.15 Modulbeschreibung Light Control_K3

Arduino gibt die ihm als Array gesendeten RGBW-Werte als PWM-Signale an die entsprechenden Ausgänge aus.

7.4 Bedienoberfläche / GUI-Design

Prototyp kann online abgerufen werden:

<https://www.figma.com/proto/qig0V0g5WzfKCeBuiD2Jkr/Symposion--DE->

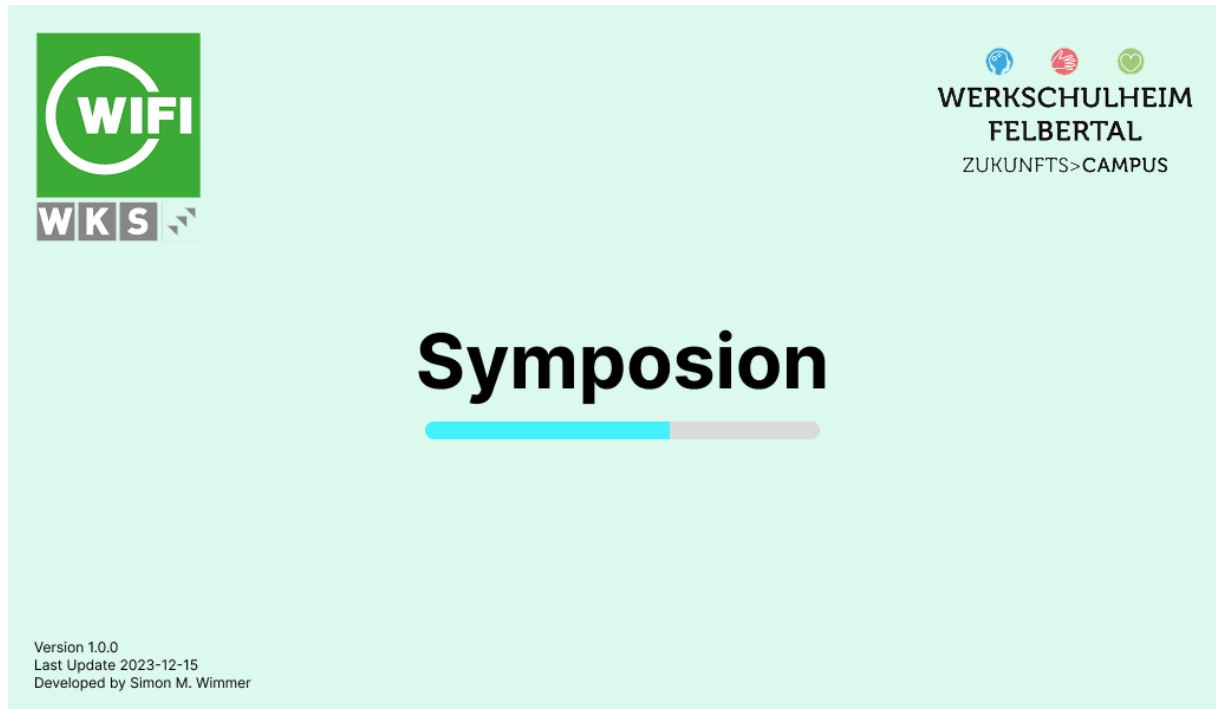


Abbildung 11: GUI StartUp



Abbildung 12: GUI Home

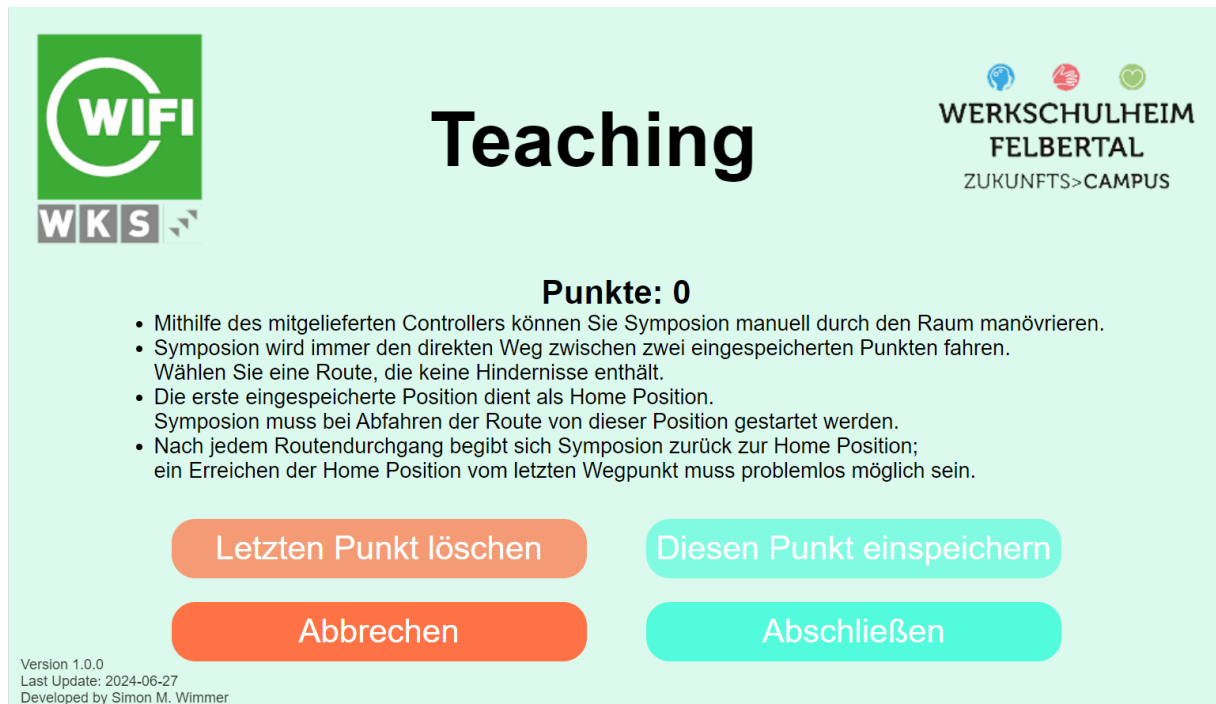


Abbildung 13: GUI Teaching Erklärung

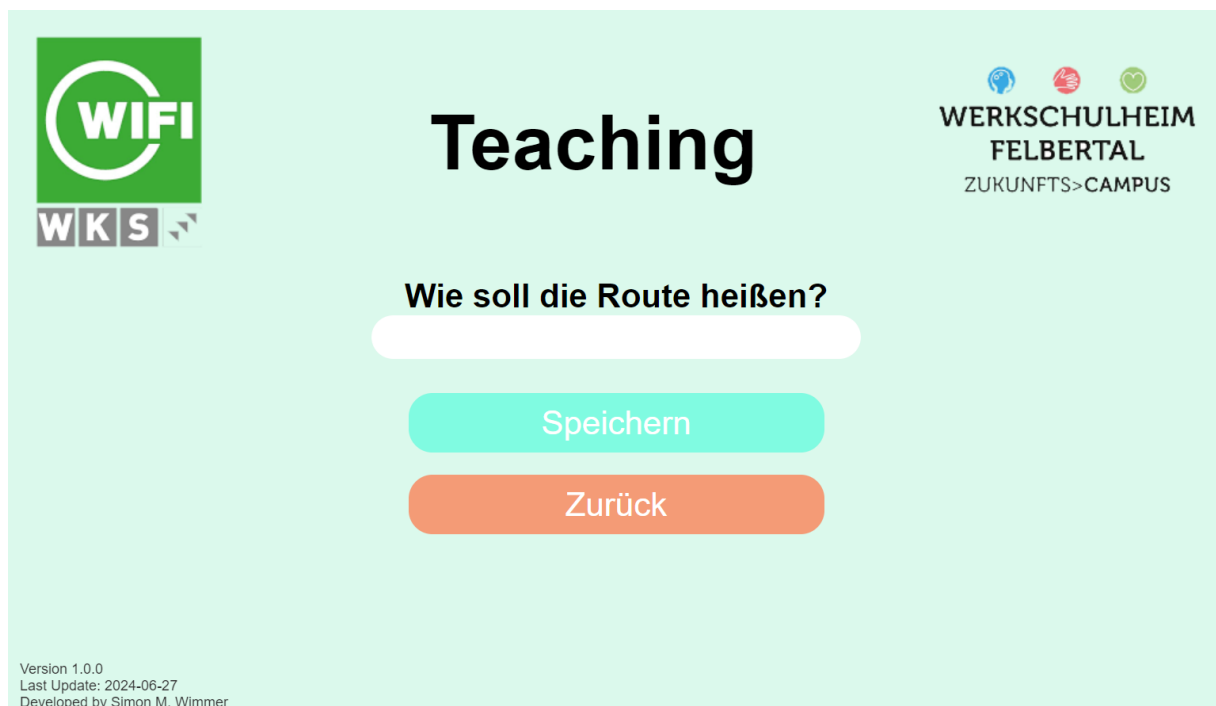


Abbildung 14: GUI Teaching

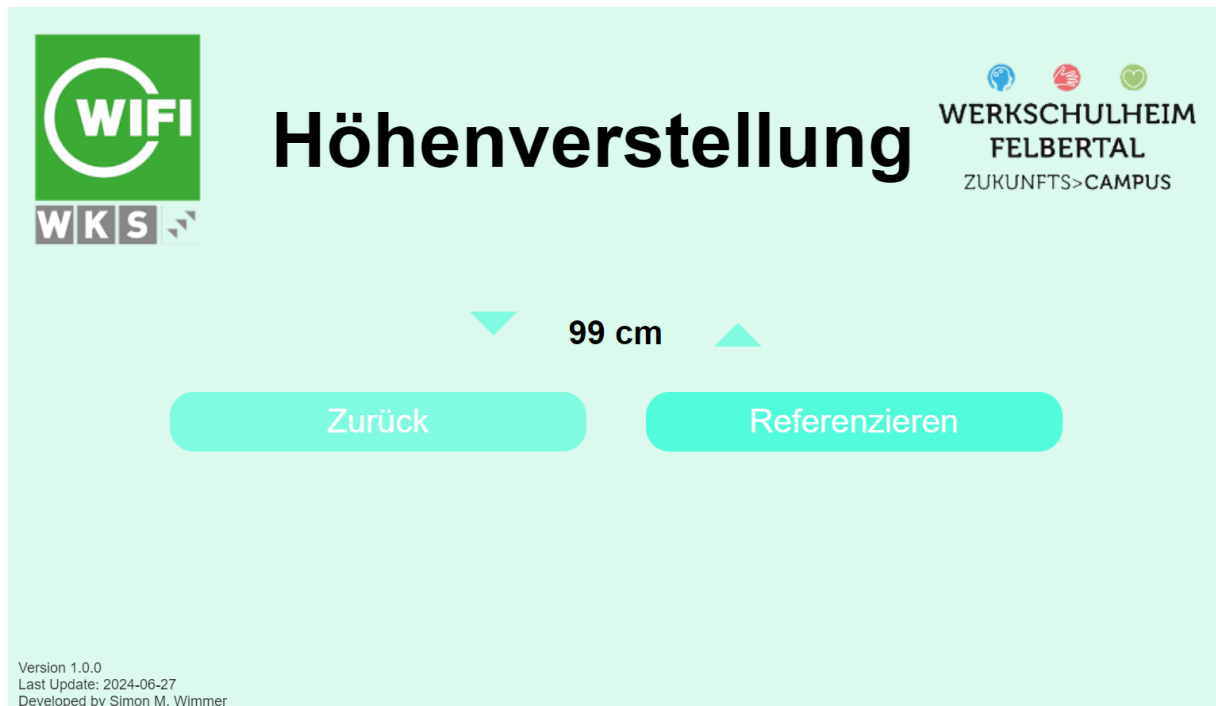


Abbildung 15: GUI Höhenverstellung

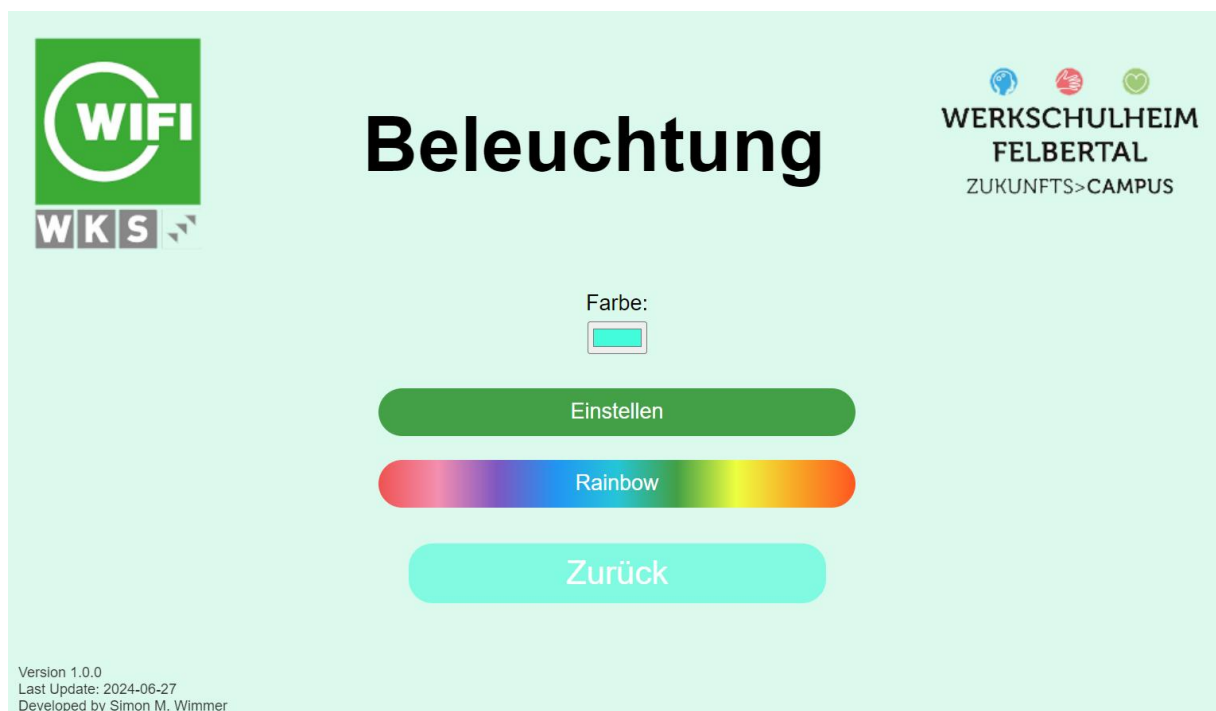


Abbildung 16: GUI Beleuchtungssteuerung

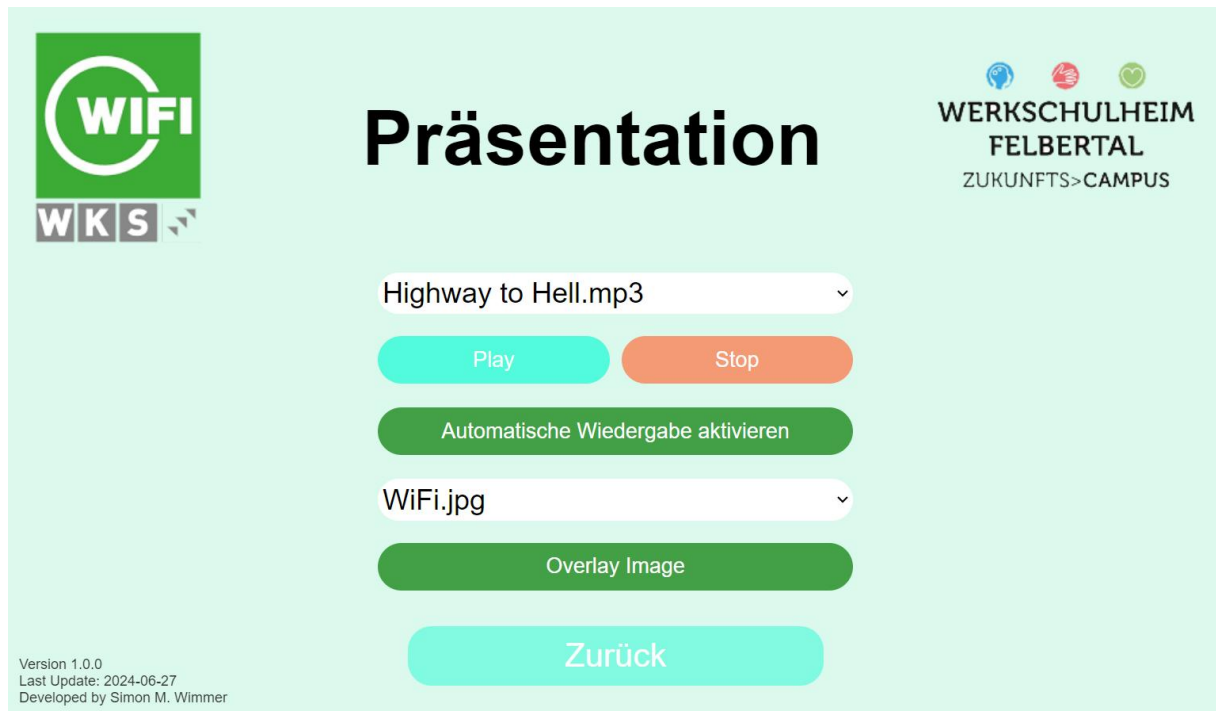


Abbildung 17: GUI Presentation

Die Bilder entstammen den „static/images“, die Audiotitel dem „audio/music“ Ordern in der Verzeichnisstruktur der grafischen Oberfläche. Neue Bilder und Audios können direkt in diese Verzeichnisse gespeichert und anschließend ausgelesen werden.



Abbildung 18: GUI Debug

Bei den Eingängen (DI) handelt es sich um reine Anzeigeelemente, die Ausgänge (DQ) sind Buttons, die auch angesteuert werden können. Die Auslese und Ansteuerung erfolgt direkt über das Python-Webframework mit Unterstützung der ROS Library.

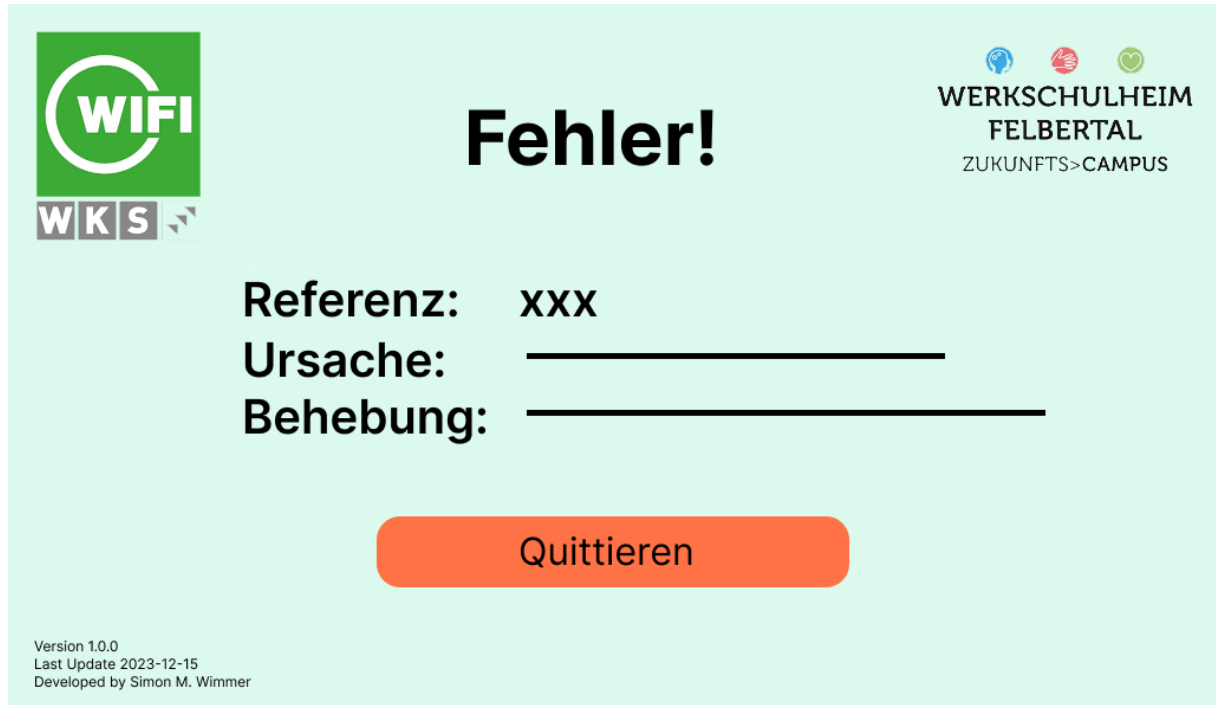


Abbildung 19: GUI Error

7.5 Fehlerbehandlung

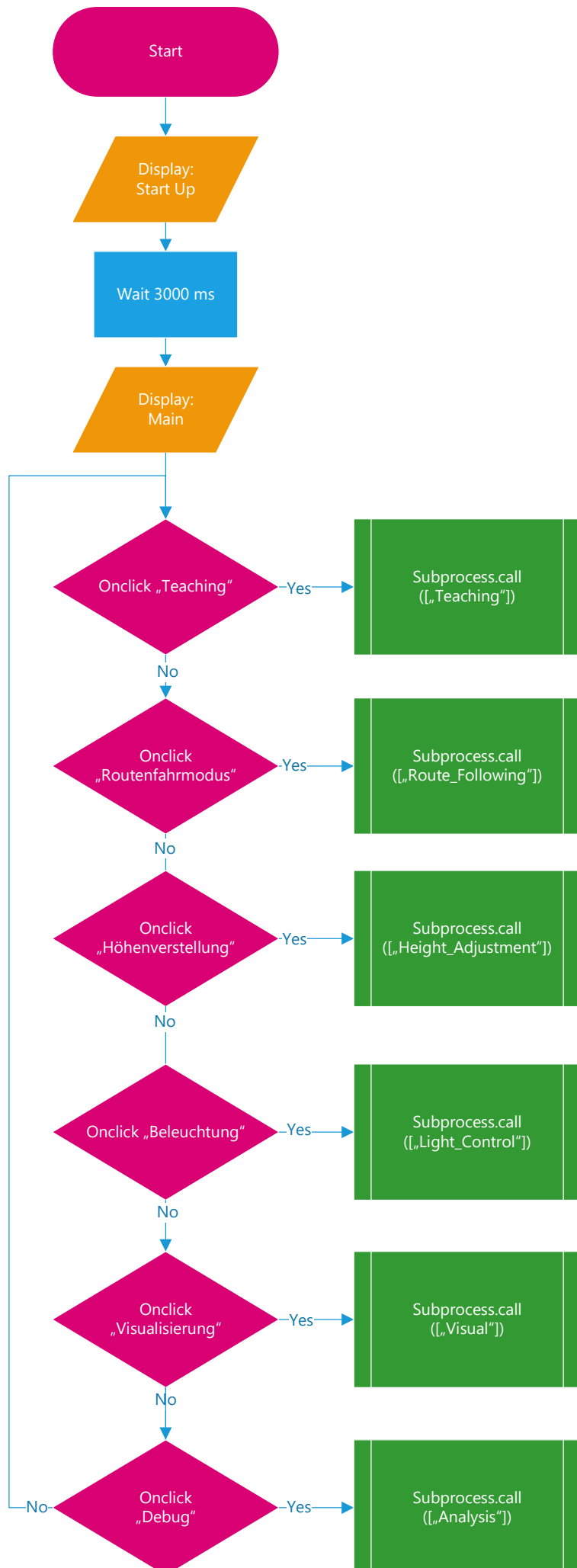
Error	Ursache	Behebung
100	Endlagenschalter wurde nicht in der definierten Zeit erreicht	Überprüfen Sie, ob die Plattform über die Limits verfahren wurde. Falls die Plattform ein Limit überfährt, fällt es von der Spindel. In diesem Fall setzen Sie die Mitnehmerplattform wieder auf die Spindel auf.
101	Motor wird angesteuert aber Encoder-Wert verändert sich nicht	Überprüfen Sie, ob sich der Motor dennoch dreht. Dreht er sich, liegt ein Problem beim Encoder vor, falls nicht handelt es sich um ein Motorproblem. Prüfen Sie zuerst die Versorgungskabel und anschließend den Sensor/Aktor selbst.
200	USB-Kommunikation mit Arduino konnte nicht hergestellt werden	Überprüfen Sie die Versorgungs- und Datenkabel des Arduino. Versuchen Sie den Arduino über den „Reset“-Taster neu zu starten.
201	Arduino erhält keine Rückmeldung von den ToF-Abstandssensoren	Überprüfen Sie die Versorgungs- und Datenkabel der Abstandssensoren. Versuchen Sie den Arduino über den „Reset“-Taster neu zu starten.
300	Handshake mit Servicestation mehrfach fehlgeschlagen	Überprüfen Sie, ob die Infrarotsender verschmutzt sind, oder ob die Sensitivität der Empfänger zu gering eingestellt ist.
301	Kommunikation mit Robotino-Hardware-Interface fehlgeschlagen	Prüfen Sie, ob der Accesspoint aktiviert ist. Starten Sie den Roboter bei Bedarf neu.
302	Robotino Unterprogramm kann nicht ausgeführt werden	Starten Sie die Webapplikation neu. Bei Bedarf Symposion neu starten.
400	Akkuspannung zu gering	Laden Sie die Akkus von Symposion.

Tabelle 26: Software-Fehler

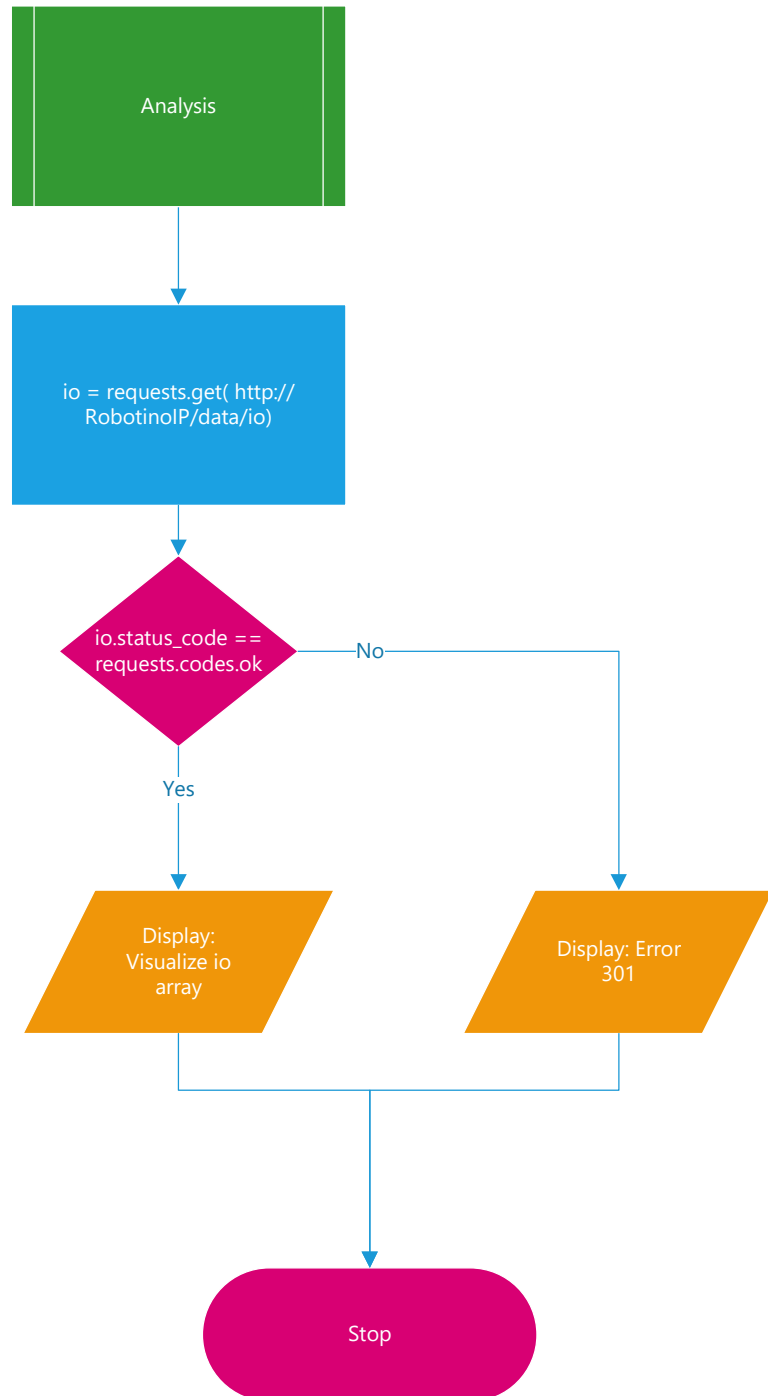
7.6 Inbetriebnahme Softwaremodule

1. GUI: Testen, ob Webserver startet und grafische Oberfläche aufgerufen werden kann.
2. Debug: Testen, ob beim Öffnen des Debug-Modes die digitalen Eingänge richtig gelesen und Ausgänge gesetzt werden können.
3. Presentation: Visualisierungsoption öffnen und testen, ob ein lokal gespeichertes Bild angezeigt und eine Audio abgespielt werden können.
4. Bottle_Detection: RobotinoView öffnen und Variablenwerte auf Korrektheit überprüfen.
5. Distance_Measurement_K3: Abstandssensorwerte über SerialWrite ausgeben und auf Korrektheit überprüfen.
6. Distance_Measurement: RobotinoView öffnen und Abstandswerte auf Korrektheit überprüfen.
7. Light_Control_K3: Dem Arduino invariable Werte einprogrammieren und testen, ob die richtigen PWM-Signale ausgegeben werden.
8. Light_Control: Über die grafische Oberfläche eine Farbe auswählen und testen, ob die Kommunikation mit dem Arduino erfolgreich ist.
9. Station_Communication: Infrarotsender an ein Labornetzgerät und Infrarotempfänger an ein Oszilloskop hängen, gleichzeitig den Debug Mode bei Symposion öffnen und überprüfen, ob der Handshake funktioniert.
10. Platform_Referencing: Motor entkuppeln und sicherstellen, dass der Motor bei Aktivierung des induktiven Endlagenschalters ausschaltet.
11. Height_Adjustment: Über die grafische Oberfläche die Höhe verstellen und mit einem Rollmeter die erreichten Höhenwerte kontrollieren.
12. Teaching: Symposion eine Route einteachen und über RobotinoView überprüfen, ob die Werte korrekt eingespeichert wurden
13. Route_Following: Symposion den einprogrammierten Weg abfahren lassen und überprüfen, ob der tatsächliche Weg mit dem einprogrammierten übereinstimmt.
14. Docking: Symposion vor seiner Ladestation abstellen und testen, ob er sie autonom erreicht.

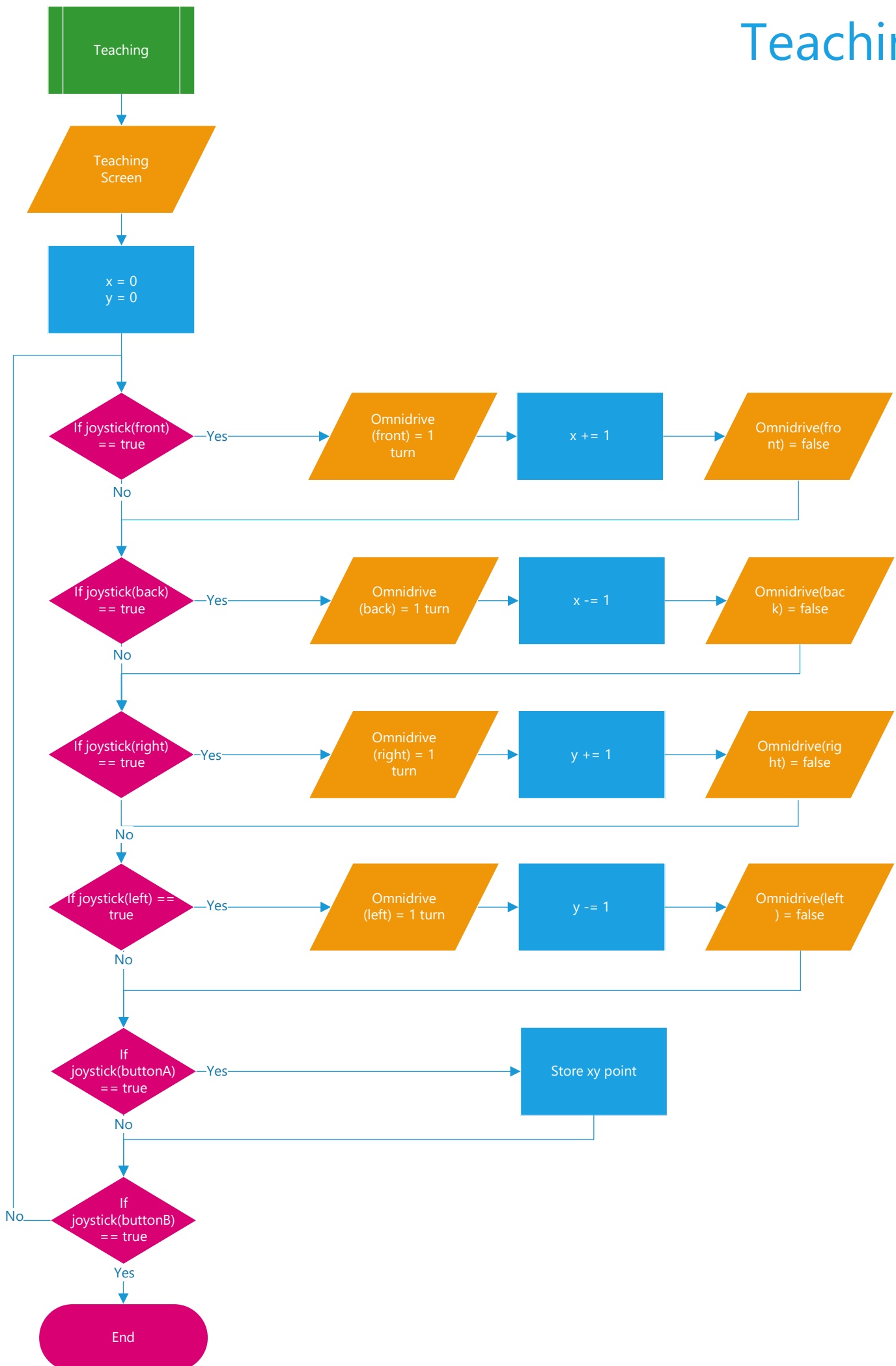
GUI



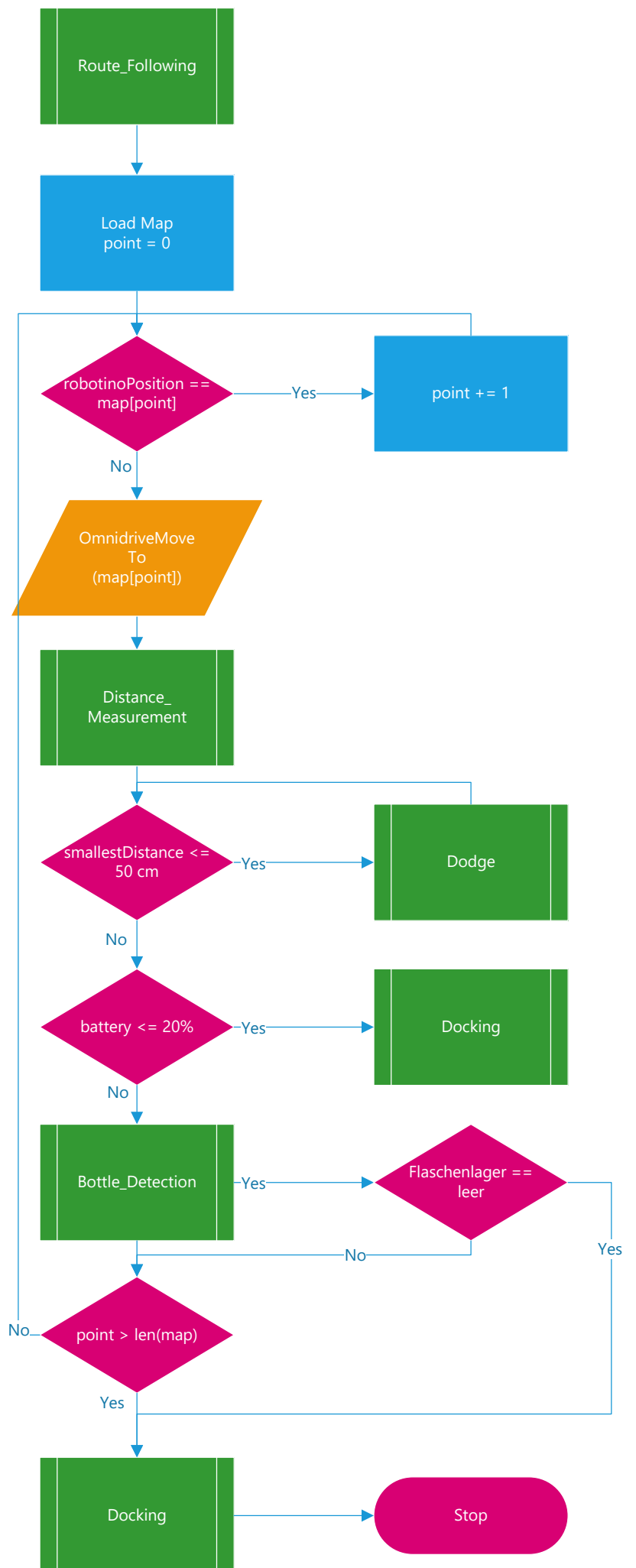
Analysis



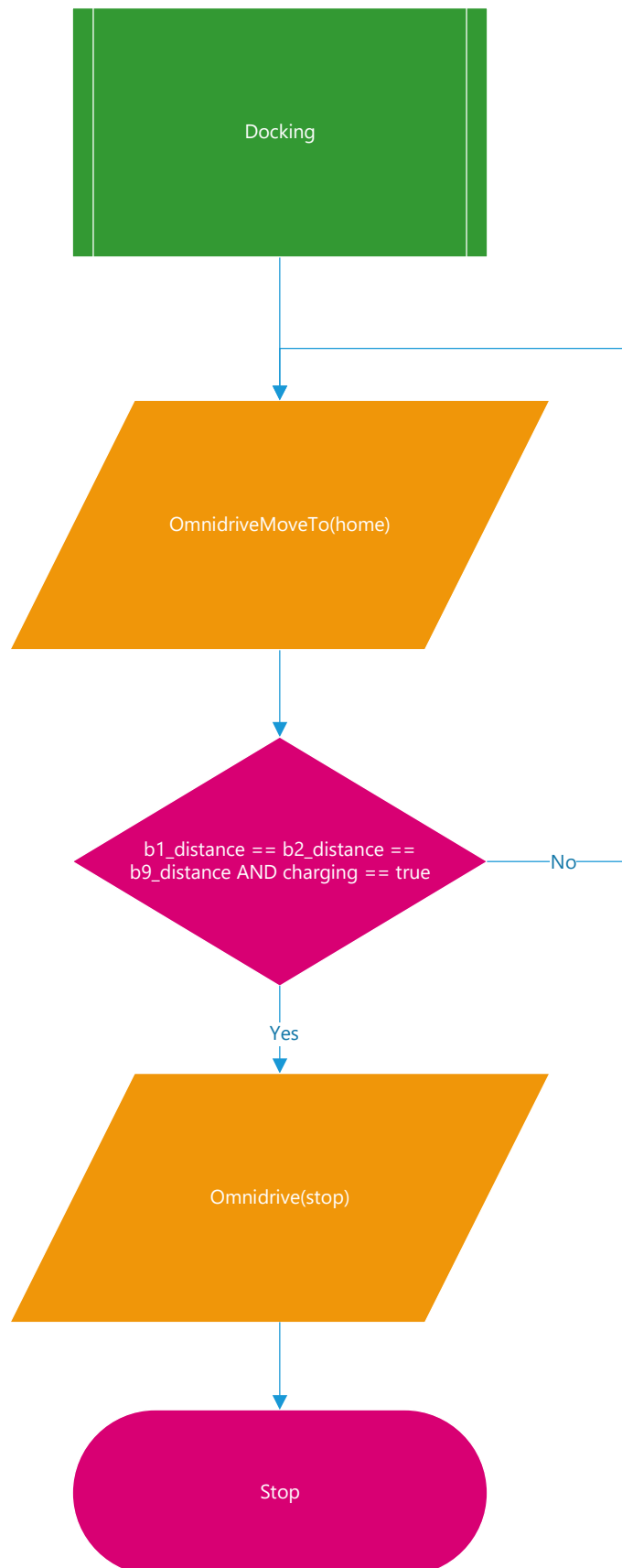
Teaching



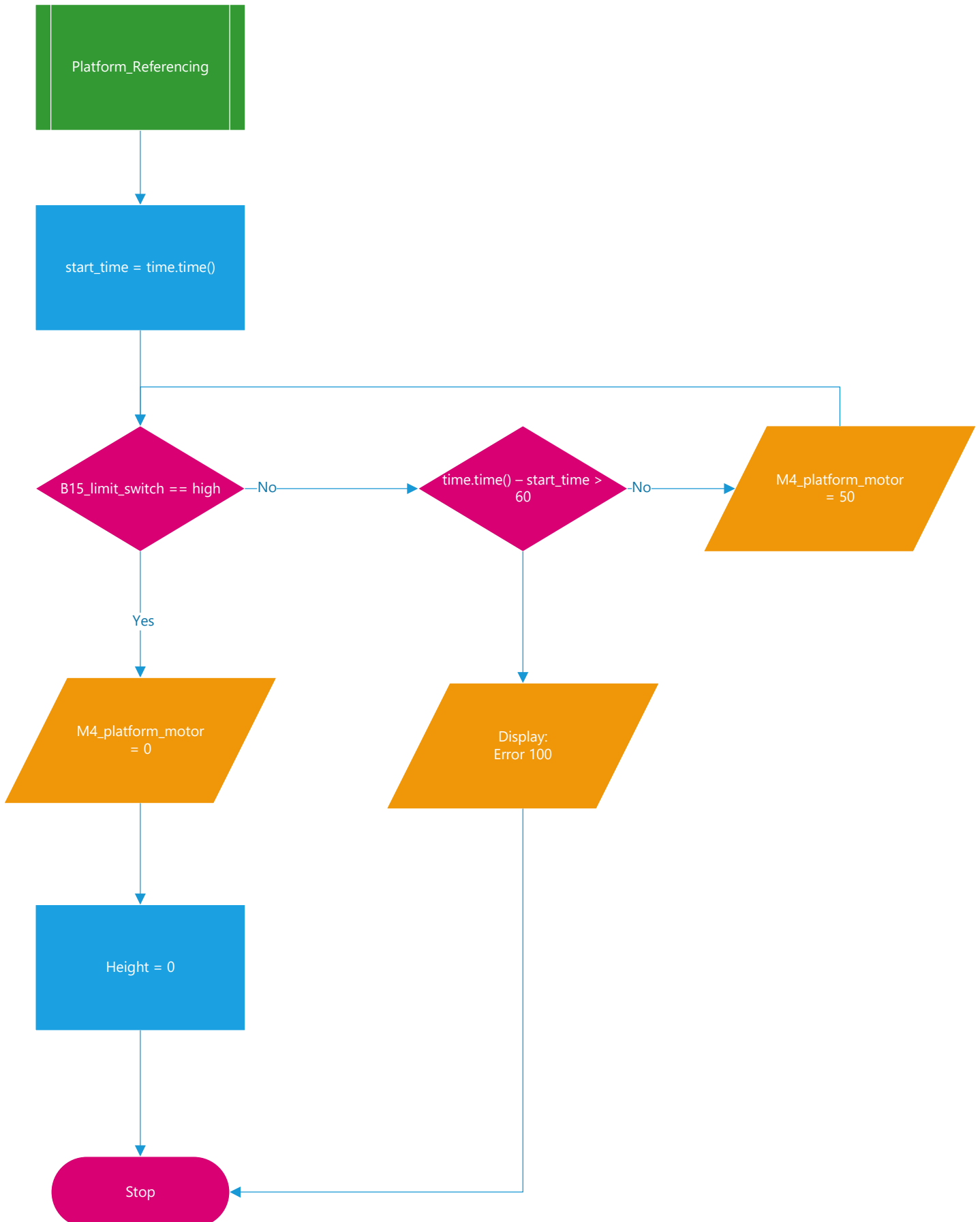
Route_Following



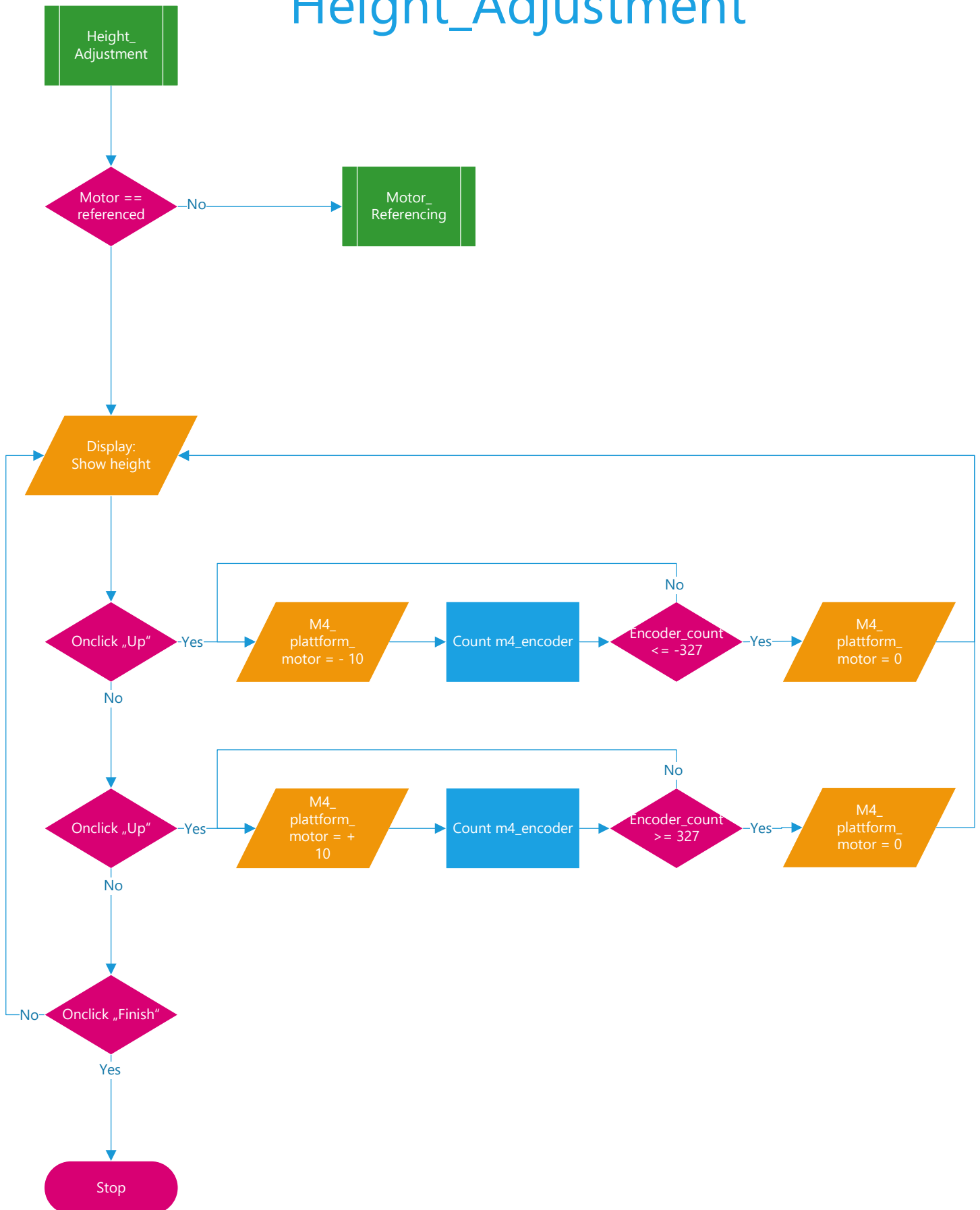
Docking



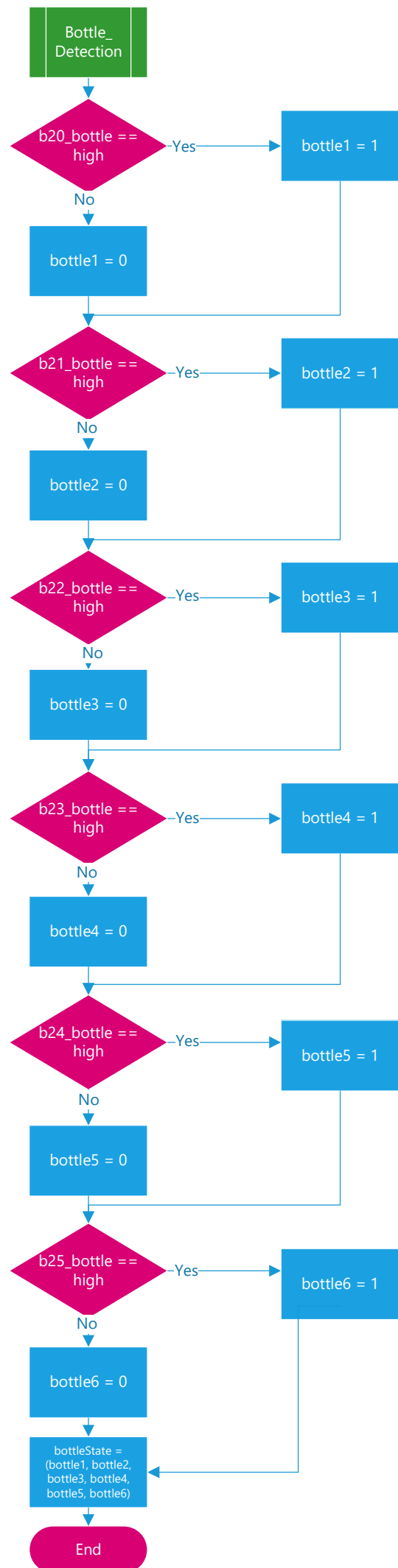
Platform_Referencing



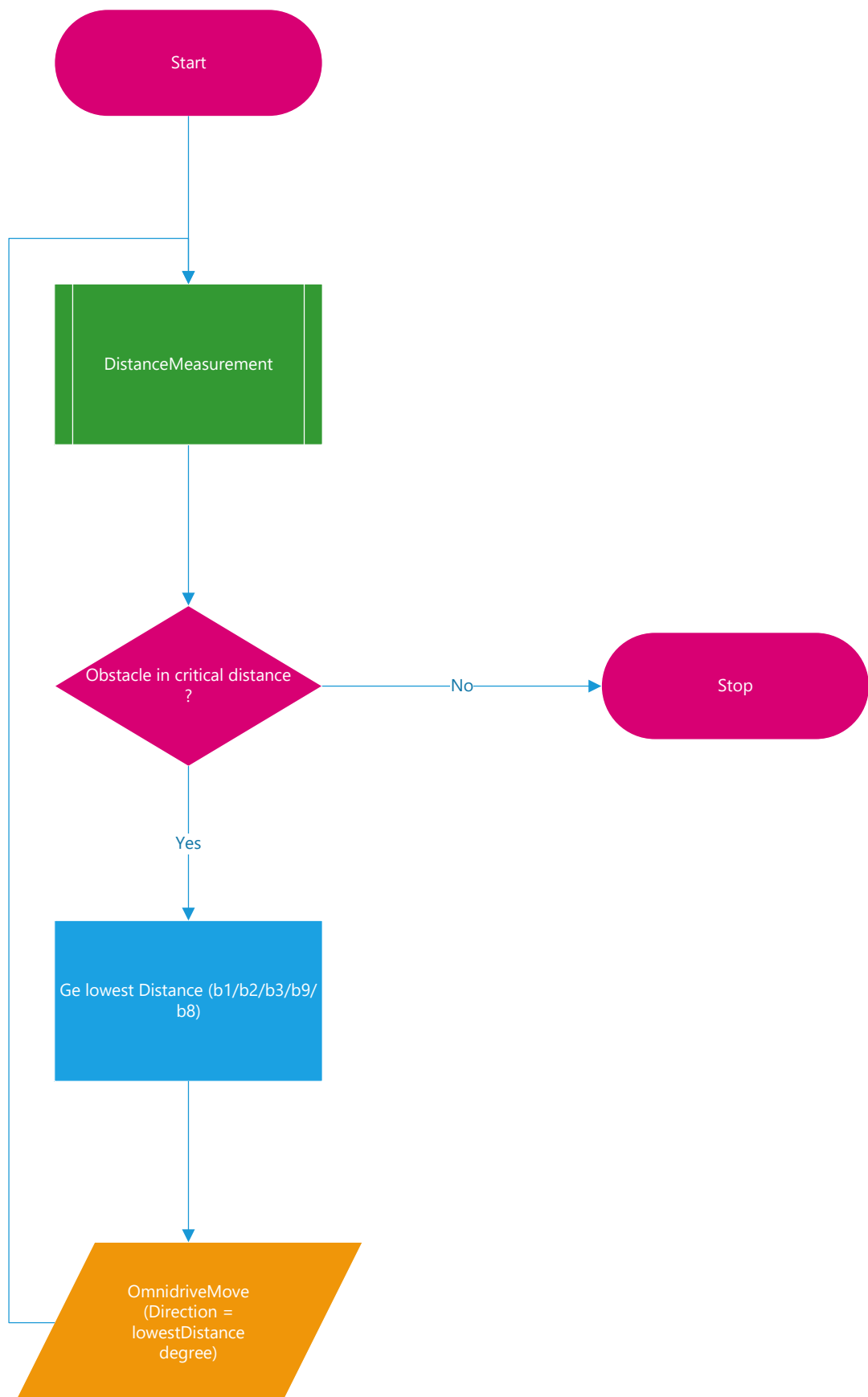
Height_Adjustment



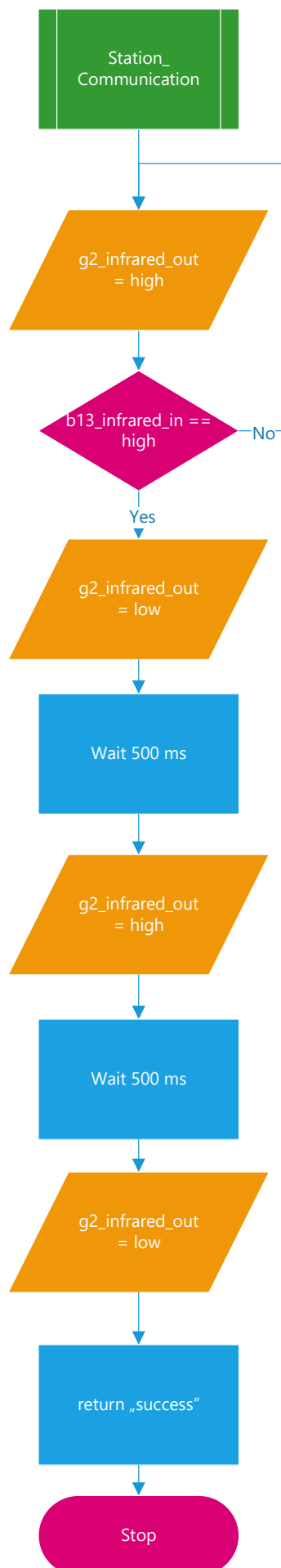
Bottle_Detection



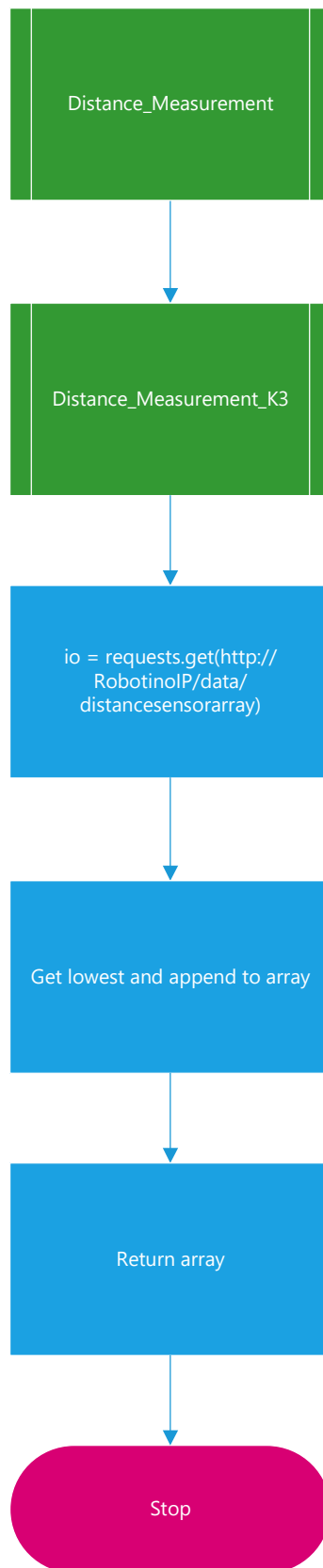
Dodge



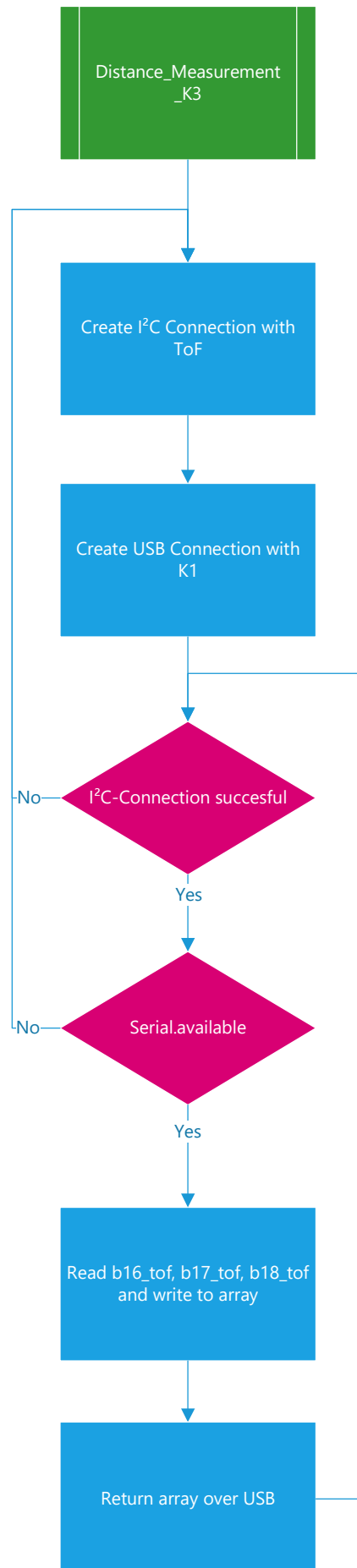
Station_Communication



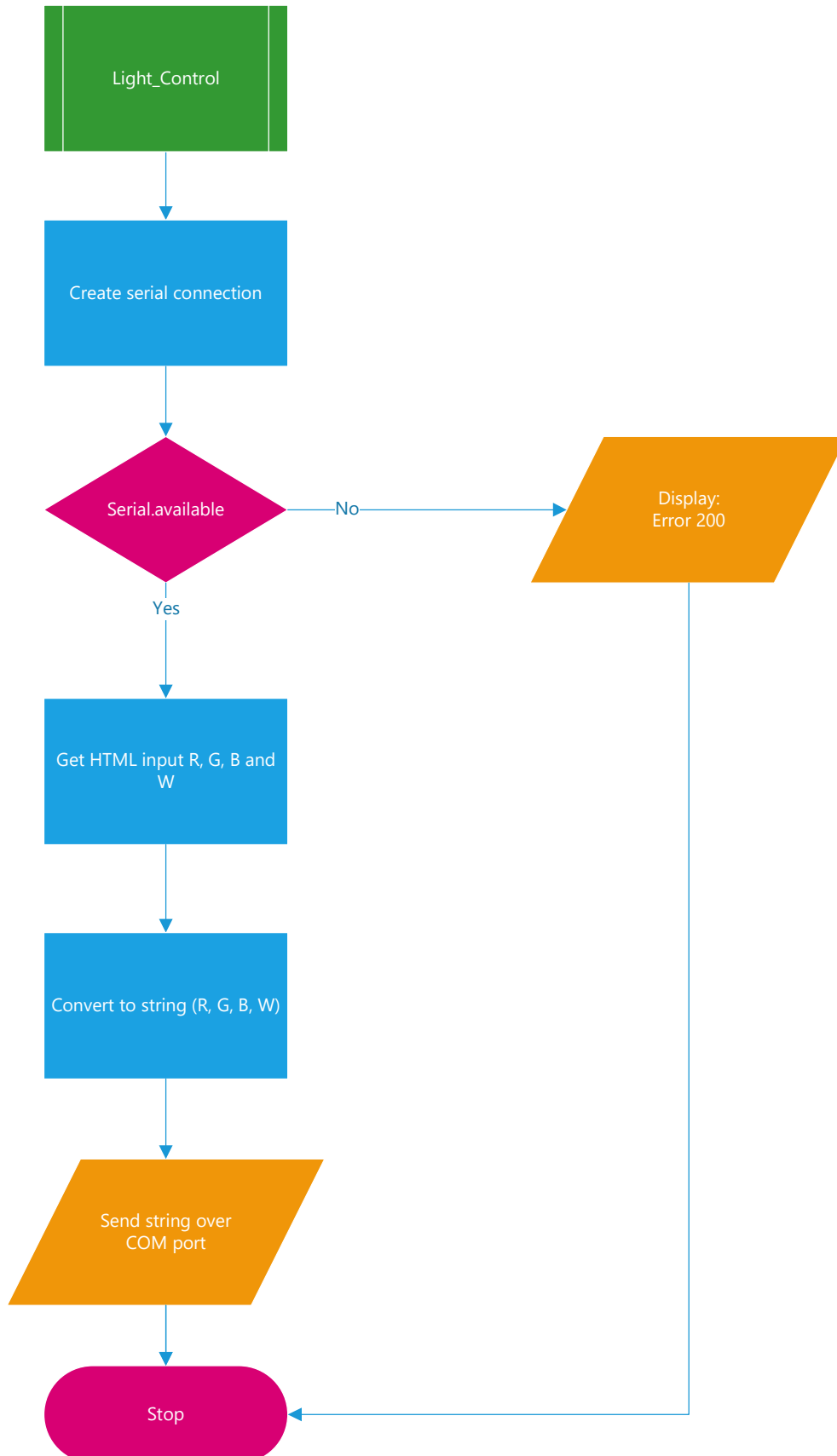
Distance_Measurement



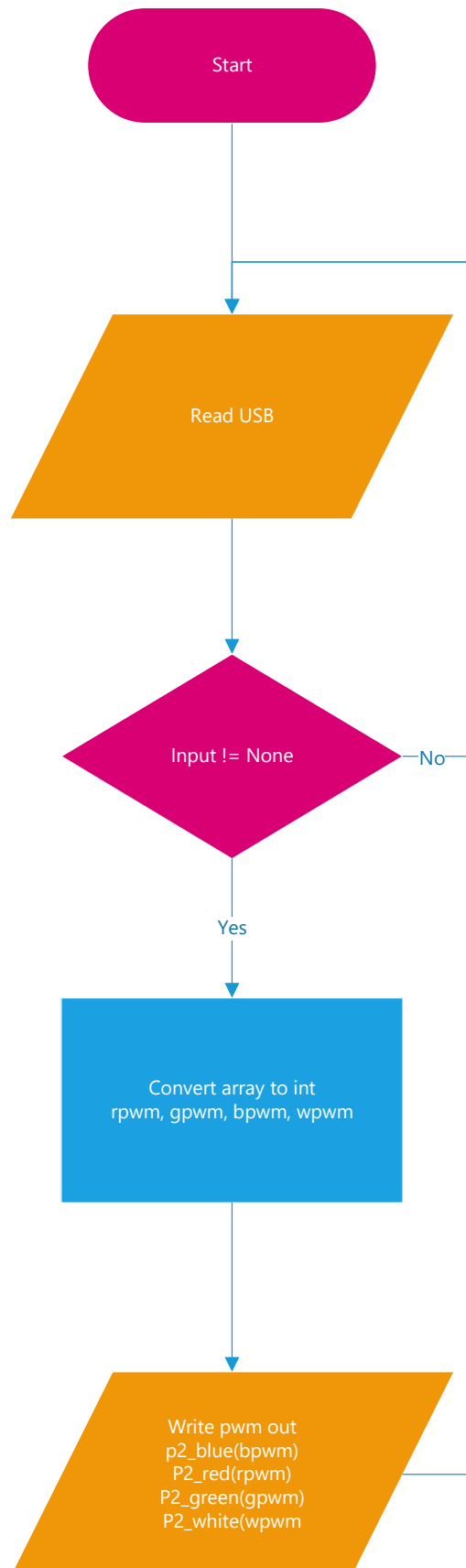
Distance_Measurement_K3



Light_Control



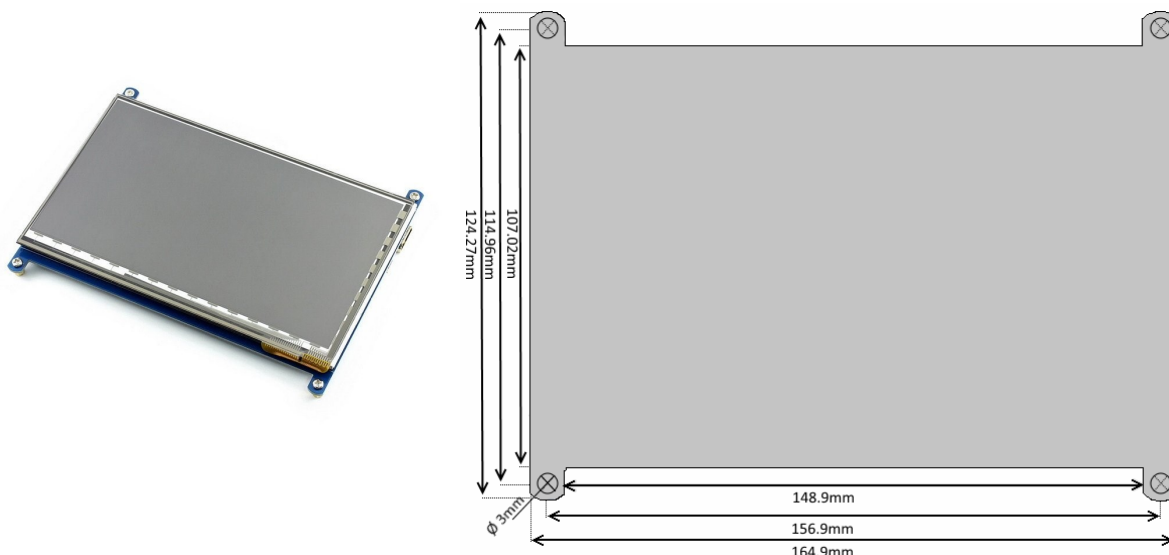
Light_Control_K3



Anhang C – Auszüge aus Datenblättern

7Inch LCD Display

Technical specification



This 7 inch TFT display extends the Raspberry Pi or Banana Pi easily by an touchscreen display. It can also be used on any Windows device and convinces by its high contrast and its true-color image. With a maximum resolution of 1024x800 pixels, this display is suitable for every use case.

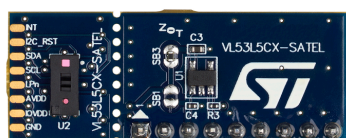
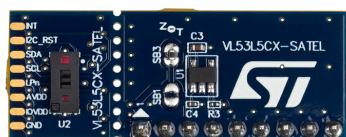
Model	RB-LCD7-2
Resolution	1024 x 600
Supported Devices	Raspberry Pi A+/ B+ / 2B / 3B, Banana Pi, Banana Pro, Windows-PCs
Special features	Can also be used as an independent HDMI-Display
LCD Type	TFT
Connections	HDMI, Micro-USB
Touch Controller	GT811
Touch-Panel Type	Capacitive (5 Multi-Touch)
Backlight	LED
Display-Size	154.21 x 85.92 (mm)
EAN	425023681499

Double sensing distance, DC 3-wire models

Item	Size Type	M18		M30	
		Shielded	Non-shielded	Shielded	Non-shielded
		E2B-M18KS08-__-B1 E2B-M18KS08-__-C1	E2B-M18KN16-__-B1 E2B-M18KN16-__-C1	E2B-M30KS15-__-B1 E2B-M30KS15-__-C1	E2B-M30LN30-__-B1 E2B-M30LN30-__-C1
Sensing distance		8 mm	16 mm	15 mm	30 mm
Differential travel		10% max. of sensing distance			
Target		Ferrous metal (The sensing distance decreases with non-ferrous metal.)			
Standard target (mild steel ST37)		24 × 24 × 1 mm	48 × 48 × 1 mm	45 × 45 × 1 mm	90 × 90 × 1 mm
Response frequency (See note 1.)		500 Hz	400 Hz	250 Hz	100 Hz
Power supply voltage (operating voltage range)		12 to 24 VDC. Ripple (p-p): 10% max. (10 to 32 VDC)			
Current consumption (DC 3-wire)		10 mA max.			
Output type		B models: PNP open collector, C models: NPN open collector			
Control output Load current		200 mA max. (30 VDC max.)			
Indicator		Round visible LED indicator for cable type sensors.			
Operation mode		B1/-C1 models: NO; B2/-C2 models: NC			
Protection circuit		Output reverse polarity protection, Power source circuit reverse polarity protection,			
Ambient air temperature		Operating & Storage: -25 to 70°C (with no icing or condensation)			
Temperature influence		±10% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -25 to 70°C			
Ambient humidity		Operating and Storage: 35% to 95%			
Voltage influence		±1% max. of sensing distance in rated voltage range ±15%			
Insulation resistance		50 MΩ min. (at 500 VDC) between current carry parts and case			
Dielectric strength		1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min between current carry parts and case			
Vibration resistance		10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions			
Shock resistance		M8: 500 m/s ² , 10 times each in X, Y and Z directions M12-M30: 1000 m/s ² , 10 times each in X, Y and Z directions			
Standards and listing		IP67 after IEC 60529 EMC after EN60947-5-2			
Connection method		(1) Pre-wired models (standard is dia 4.0 mm PVC with length = 2 m, 5 m) (2) Connector models (Head M8: M8-3pin, Head M12-M30: M12-4Pin)			
Material	Case	Brass-nickel plated			
	Sensing surface	PBT			
	Cable	Standard cable is PVC dia 4 mm.			
Weight (packaged)	Pre-wired models	Approx. 85 g			
	Connector models	Approx. 35 g			

Note 1. The response frequency is an average value. Measurement conditions are as follows: standard target, twice the standard target distance between targets, and a setting distance of half the sensing distance.

VL53L5CX breakout board Time-of-Flight 8x8 multizone ranging sensor with wide field of view



Features

- VL53L5CX Time-of-Flight 8x8 multizone ranging sensor with wide field of view
- Regulator: 5 to 3.3 V range input voltage (output voltage: 3.3 V)
- True distance measurement independent of target size and reflectance
- Divisible board enabling use as mini PCB breakout board, easy to integrate in customer device

Description

The VL53L5CX-SATEL breakout boards can be used for easy integration into customer devices.

The PCB section supporting the VL53L5CX module is perforated so that developers can break off the mini PCB for use in a 3.3 V supply application using flying wires. This makes it easier to integrate the VL53L5CX-SATEL breakout boards into development and evaluation devices due to their small size.

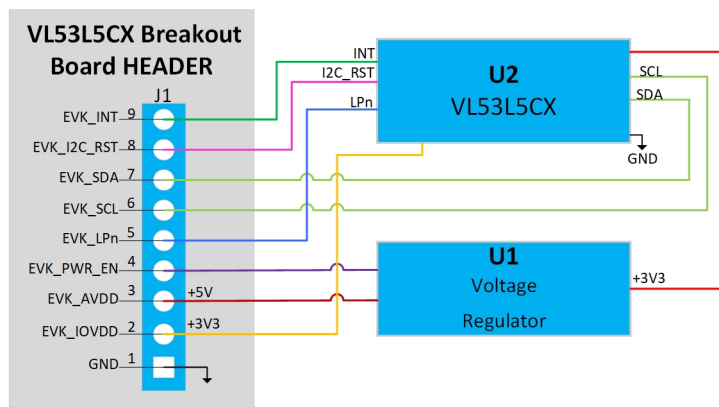
Product status link

VL53L5CX-SATEL

Two VL53L5CX
breakout boards

2 Schematic and list of materials

Figure 3. VL53L5CX-SATEL schematics



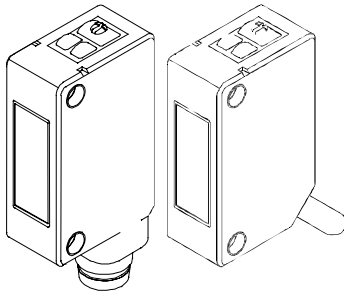
Features

Mounting	Non-flush
Sensing range Sn	8mm
Setting distance	0...6.48mm
Housing Size	30mm*50mm*7mm
Output	PNP NO
Power supply	10...30VDC
Standard target	Fe 30*30*1t
Temperature drifts	≤±20%
Hysteresis	3...20%
Repeat accuracy	≤3%
Load current	≤200mA
Residual voltage	≤2.5VDC
Consumption current	≤15mA
Protection circuit	Surge and reverse polarity protection
Indicator	Yellow LED
Ambient temperature	-10...55°C
Ambient RH	35-95%RH
Frequency	60Hz
Dielectric strength	1000V/AC 50/60Hz 60s
Insulation resistance	≥50MΩ (500VDC)
Anti-vibration	1.5mm amplitude at 10 to 55Hz for 2hours each in x, y, z D-D
Protection degree	IP67
Housing material	PBT
Connection	PVC Cable 2m

Bedienungsanleitung Miniatur-Lichtschanke SA1E



Für richtiges und sicheres Arbeiten lesen Sie bitte diese Einbauanleitung, bevor Sie die Lichtschanke verwenden.



Technische Daten

Funktion			Einweg-Licht- schanke	Reflexions-LS, polarisiert	Reflex- Lichttaster	Punktaster *1	Lichttaster mit HGA	Lichttaster konvergent
Typ	NPN- Ausgang	hellschaltend	SA1E-TN1	SA1E-PN1	SA1E-DN1	SA1E-NN1	SA1E-BN1	SA1E-GN1
		dunkelschalt.	SA1E-TN2	SA1E-PN2	SA1E-DN2	SA1E-NN2	SA1E-BN2	SA1E-GN2
	PNP- Ausgang	hellschaltend	SA1E-TP1	SA1E-PP1	SA1E-DP1	SA1E-NP1	SA1E-BP1	SA1E-GP1
		dunkelschalt.	SA1E-TP2	SA1E-PP2	SA1E-DP2	SA1E-NP2	SA1E-BP2	SA1E-GP2
Betriebsspannung			12 bis 24 V DC, Restwelligkeit s-s 10 % max. (max. Bereich 10 bis 30 V DC)					
Betriebsstrom max.			Send. 15 mA Empf. 20 mA	30 mA				
Nenn-Reichweite			10 m	2,5 m (..R5)	0,7 m	0,15 m	0,2 m	0,35 m
Ausgang			NPN oder PNP Spannung der Last: 30 V DC max., Stromstärke der Last: 100 mA max. Restspannung: 1,2 V max.					
Schutzfunktionen			Verpolungs-, Stör- (nicht SA1E-T) und Kurzschluss-Schutz					
Ansprechzeit			1 ms max.					
Umgebungstemperatur			Betrieb: -25 bis +55 °C, Lagerung: -40 bis +70 °C (keine Vereisung/Kondensation)					
Rel. Luftfeuchtigkeit			Betrieb: 35 bis 85 %, Lagerung: 35 bis 85% (keine Vereisung/Kondensation)					
Schutzart			IP67 (IEC60529)					
Material			Gehäuse: PC/PBT, Linse: PC (polar. Reflexions-LS: PMMA), Anzeige: PC					
Zubehör			Schraubendreher					

Hinweis: Für die Typen mit Steckeranschluss bitte ein „C“ am Ende der Typennummer hinzufügen.

*1) Punkt-Durchmesser: ca. 10 mm (bei Tastabstand 100 mm)

⚠ Sicherheitshinweise

- Lesen Sie diese Hinweise vor Installation, Verdrahtung, Inbetriebnahme und Wartung. Belassen Sie diese Anleitung beim Endverbraucher.

Installationshinweise

- Installieren Sie die Lichtschanke nicht im Freien, nicht neben induktiven Geräten oder in der Nähe von Wärmequellen. Wählen Sie einen Ort, der frei von Vibrationen, Stößen, Staub, giftigen Dämpfen, Wasser, Öl und Chemikalien ist, um Funktionsstörungen und Beschädigungen zu vermeiden.
- Bitte wenden Sie bei der Installation keine Gewalt an, da dies zur Beschädigung oder Herabsetzung der Schutzart führen kann.
- Ziehen Sie die Schrauben mit einem max. Drehmoment von 0,5 Nm an.
- Setzen Sie die Lichtschanke keinesfalls direktem Sonnenlicht oder direkter Lichteinstrahlung aus.

Verdrahtungshinweise

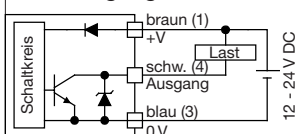
- Schalten Sie vor der Verdrahtung die Versorgungsspannung ab.
- Stellen Sie die korrekte Verdrahtung sicher, um eine Beschädigung zu vermeiden.
- Die Versorgungsspannung darf den zulässigen Bereich nicht überschreiten.
- Verbinden Sie keinesfalls die Lichtschanke mit einer AC-Stromquelle, weil dieses zu Brand und Explosion führen kann.
- Bei Verwendung eines Schaltnetzteils ist die Klemme FG zu erden.
- Verlegen Sie das Anschlusskabel nicht parallel zu Hochspannungs- und Motorkabeln.
- Bei einem Leitungsquerschnitt von mind. 0,3 mm² sollte die max. Kabellänge von 100 m nicht überschritten werden.
- Bei der Ausführung mit Steckeranschluss darf beim Verschrauben des Verschlussringes das max. Drehmoment von 0,5 Nm nicht überschritten werden.

Betrieb beim Einschalten der Spannung

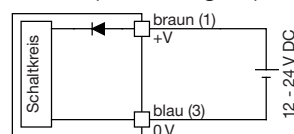
- Bitte beachten Sie, dass der Sensor beim Einschalten der Versorgungsspannung erst nach 100 ms betriebsbereit ist.
- Wenn die Lichtschanke und die Last durch unterschiedliche Stromquellen versorgt werden, so muss die Lichtschanke immer zuerst eingeschaltet werden.

Verdrahtungsbeispiele:

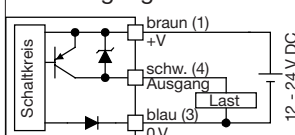
NPN-Ausgang



Sender (nur Einweg-LS)



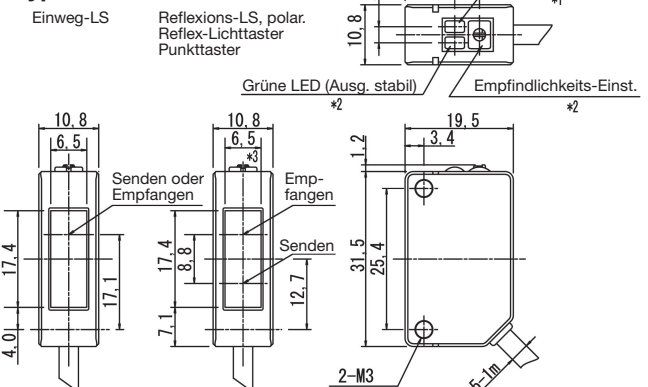
PNP-Ausgang



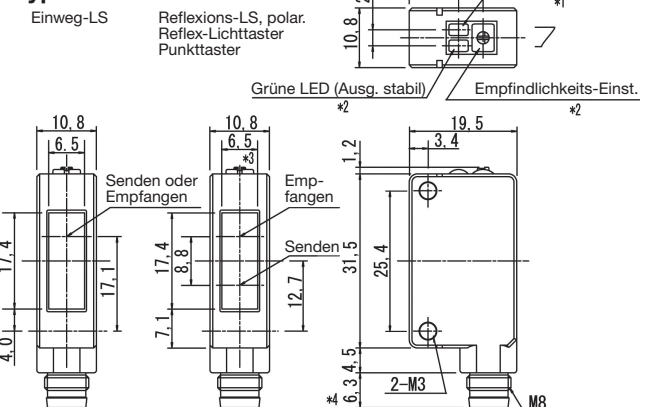
Pin-Belegung des Steckeranschlusses



Abmessungen Typ Kabelanschluss



Abmessungen Typ Steckeranschluss



Hinweise:

- Alle Abmessungen in mm
- *1 Betriebsanzeige-LED beim Sender der Einweg-LS
- *2 Nicht vorhanden beim Sender der Einweg-Lichtschanke
- *3 5,2 mm bei der Reflexions-Lichtschanke
- *4 18,0 mm bei aufgestecktem Anschlusskabel SA9Z-CM8K-4L



IDEC Elektrotechnik GmbH

20537 Hamburg · Wendenstraße 331
Tel. (040) 25 30 54-0 · Fax (040) 25 30 54 24
service@idec.de · www.idec.de

Change the Mini-USB into Type-C, which is symmetrical and reversible. 2- Add one Grove I2C connector, with the help [Grove system](#), you can play with hundreds of sensors and actuators simply by plugging. We've listed the main differences between these products as follows:

Model	Processor	Input Voltage	IO Voltage	Analog In/Out	Digital IO/PWM	USB	Grove Connector
Seeeduino V4.2	ATmega328P	5V / 7-12V	3.3V/5V	6/0	14/6	micro-USB	2xI2C+1xUART
Seeeduino Nano	ATmega328P	5V / 7-12V	5V	8/0	14/6	Type C	1xI2C
Arduino Nano	ATmega328P	5V / 7-12V	5V	8/0	14/6	Mini-USB	

Seeeduino Nano Add-on

One more thing, we know that only one on-board Grove connector may not be enough, so we made this [Grove shield for Arduino Nano](#), which has 3 Grove digital connectors, 3 Grove analog connectors, 1 Grove I2C connector, and 1 Grove UART connector. For most projects, these Grove interfaces are more than enough, but if you still need to connect more grove modules, you can also use our [Grove - I2C Hub](#).

Note

This product does not contain this shield, if you need it, please click on [Grove shield for Arduino Nano](#) to view.

Features

- 43mm*18mm Tiny board
- 16M ATmega328P
- Fully compatible with Arduino Nano
- USB Type C for Programming and power
- On-board Grove I2C connector
- Breadboard-friendly

Check our blog [20 Best Arduino Nano Projects that you must try](#) to get project ideas and get started with your Nano boards now!

7 Technische Daten

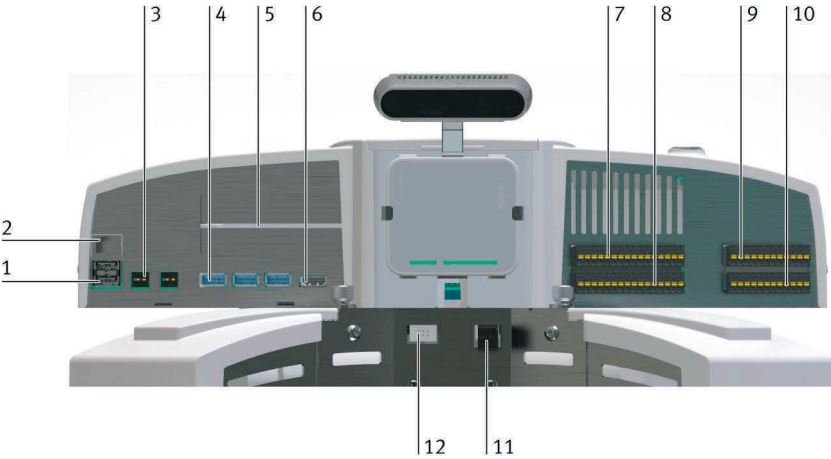
7.1 Allgemeine Daten

Parameter	Wert
Höhe	325 mm
Durchmesser	450 mm
Gesamtgewicht (Leergewicht)	20 kg
Gesamtgewicht (inkl. 4 Akkupacks)	22,8 kg (ca. 700 g pro Akkupack)
Zuladung	max. 30 kg (zentriert)
Schutzart	IP 00
Akkuspannung	18 V
Gehäusewerkstoff	Edelstahl, PA6
Freiheitsgrade	3 translatorisch in x- und y-Richtung rotatorisch um die z-Achse
Änderungen vorbehalten	

7.2 Steuerung und Schnittstellen

Parameter	Wert
Antrieb	
Räder	3x omnidirektionale Räder mit 120 mm Durchmesser
Motoren	3x DC-Motoren, maximal 3.600 1/min, mit Drehgebern und Getriebe, Übersetzungsverhältnis: 32:1
Steuerung	Embedded PC nach COM Express Spezifikation Intel i5 der 8. Generation, 2,5 GHz Takt, bis zu 4,2 GHz im Turbo Modus, 4 physische Kerne mit Hyperthreading Integrierte UHD Graphics 630 Arbeitsspeicher: 8 GB RAM Festplatte: 64 GB SSD Betriebssystem: Linux Ubuntu 18.04 LTS (64 Bit) Motorregelung: Mikrocontroller mit 32 Bit-Mikroprozessor und separater Ethernet-Schnittstelle
Änderungen vorbehalten	

7.2.1 Elektrische Anschlüsse



Parameter	Wert	Nr. in Abb.	Benennung
Schnittstellen	2x USB 2.0 (1 x belegt mit Accesspoint)	1	-XF2, -XF3
	1x RJ-45 (belegt mit Accesspoint)	2	-XF1
	2x 12 V WAGO-734-162 (max. 2 A gesamt)	3	-XD5-1, -XD5-2
	4x USB 3.0 (1 x belegt Kamera)	4	-XF4, -XF5, -XF6, -XF9
	2x PCI Express Slots (Gen3 4x, Erweiterungen)	5	–
	1x HDMI	6	-XF7
	2x Digital E/A Stecker	7, 8	-XD1, -XD2
	1x Analog Eingangsstecker	9	-XD3
	1x Relais-Stecker	10	-XD4
	1x Wago 721-462 2pol Motor-4 Leistungsstecker	11	–
	1x MPE RM 2,54 2x3pol Motor-4 Encoder	12	–
	WLAN nach Spezifikation 5 GHz und 2,4 GHz als Client oder Access Point im Bridge Modus	–	
Änderungen vorbehalten			

Parameter	Wert
Digitale Ein-/Ausgänge	
Eingänge: 8	max. 24 V DC
Ausgänge: 8	max. 2 A pro Ausgang
	max. 2 A gesamt
Analoge Eingänge	8
Relais Wechselschalter	2
Kamera	USB 3.0 angesteuerte Stereokamera (Intel® RealSense™ Tiefenkamera D435) mit zwei Farbkameras (1080p-Auflösung) Infrarotprojektor und RGB-Tiefenkamera Architektur mit On-Board Verarbeitung
Änderungen vorbehalten	

7.2.2 Motor 4 Encoder Pinbelegung

Pin	Funktion
1	GND 0 V
2	I (30-3)
3	A
4	V _{CC} 5 V
5	B
6	n.c.
Änderungen vorbehalten	

7.2.3 Motor 4 Leistungsstecker

Pin	Funktion
Links (Ansicht auf Stecker)	+(PWM 0-24 V)
Rechts (Ansicht auf Stecker)	GND (PWM)
Änderungen vorbehalten	

7.2.4 Spezifikation Accesspoint

Parameter	Wert
WLAN-Standards	5 GHz (IEEE802.11 ac/n/a) 2,4 GHz (IEEE802.11 b/g/n)
Sendeleistung	CE: max. 23 dBm (5 GHz) max. 20 dBm (2,4 GHz)
Schnittstellen	10/100 Mbps-WAN/LAN-Port USB2.0-Port Micro USB-Port (Spannungsversorgung)
Spannungsversorgung	5 V max. 2 A
Änderungen vorbehalten	



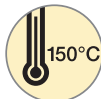
igidur® J



igidur® W300



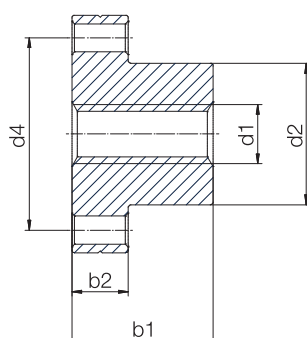
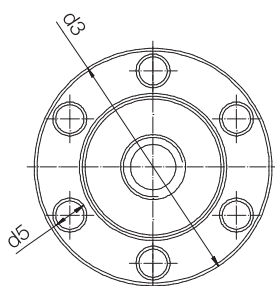
igidur® J350



igidur® R



igidur® A180



Technische Daten

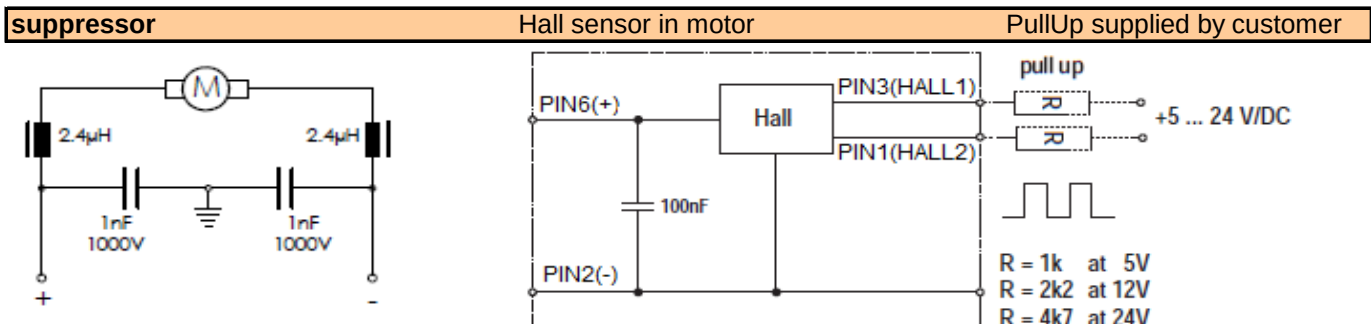
Gewinde	Drehrichtung		Flächen- traganteil [mm²]	max. stat. F axial [N]				
	rechts	links		igidur®				
				J	W300	J350	R	A180
Tr8x1,5	●	●	228	911	1.139	683	456	797
Tr10x2	●	●	353	1.414	1.767	1.060	707	1.237
Tr10x3	●	●	334	1.335	1.669	1.001	668	1.168
Tr12x3	●	●	577	2.309	2.886	1.732	1.155	2.020
Tr14x3	●	●	687	2.749	3.436	2.062	1.374	2.405
Tr14x4	●	●	660	2.639	3.299	1.979	1.319	2.309
Tr16x2	●	●	825	3.299	4.123	2.474	1.649	2.886
Tr16x4	●	●	770	3.079	3.848	2.309	1.539	2.694
Tr18x4	●	●	880	3.519	4.398	2.639	1.759	3.079
Tr20x4	●	●	1.244	4.976	6.220	3.732	2.488	4.354
Tr24x5	●	●	1.486	5.944	7.430	4.458	2.972	5.201
Tr26x5	●	●	1.698	6.320 ⁴³⁾	6.320 ⁴³⁾	6.320 ⁴³⁾	6.320 ⁴³⁾	6.320 ⁴³⁾
Tr28x5	●	●	1.843	4.560 ⁴³⁾	4.560 ⁴³⁾	4.560 ⁴³⁾	4.560 ⁴³⁾	4.560 ⁴³⁾
Tr30x6	●	●	1.951	3.576 ⁴³⁾	3.576 ⁴³⁾	3.576 ⁴³⁾	3.576 ⁴³⁾	3.576 ⁴³⁾
Tr30x6	●	●	1.951	7.804	9.755	–	–	6.828
Tr32x6	●	●	2.095	8.382	10.477	–	–	–
Tr36x6	●	●	3.629	14.514	–	–	–	–
Tr40x7	●	●	4.013	16.054	–	–	–	–

⁴³⁾ reduzierte Last aufgrund der Mutterngeometrie

DC motor with worm gear



technical data											
motor		MOT-DC-42-J-H-B	MOT-DC-42-J-H-D	MOT-DC-42-J-H-F	MOT-DC-42-J-H-H	MOT-DC-42-J-H-J	MOT-DC-42-J-H-L	MOT-DC-42-J-H-N	MOT-DC-42-J-H-P		
		nominal voltage	[VDC]	24	24	24	24	24	24	24	24
		nominal torque	[Nm]	2,00	1,75	1,25	0,75	3,00	2,50	1,6	1,4
		nominal speed	[1/min]	50	100	200	350	80,0	110	280	400
		nominal current	[A]	1,5	2,8	1,9	1,9	4,0	4,0	5,0	4,0
		no-load speed	[1/min]	60	125	230	400	100,0	135,0	350,0	500,0
		no-load current	[A]	0,45	1,35	0,45	0,70	1,3	1,6	1,3	2,5
		starting torque	[Nm]	10,0	8,0	7,5	5,0	18	13	7	9
		starting current	[A]	5,0	10,0	9,0	10,0	16	16	18	36
		max. shaft load axial	[N]	0	0	0	0	0	0	0	0
		max. shaft load radial	[N]	0	0	0	0	0	0	0	0
		gear ratio		62:1	62:1	59:3	56:4	62:1	62:1	59:3	59:3
Hall sensor											
operating voltage	[VDC]	5-24V +/-25%									
current per channel max.	[A]	0,1									
impulse / turn (motor shaft)		5									
impulse / turn (drive shaft)		310	310	98	70	310	310	98	98		
zero impulse / index		no									
weight											
motor weight	[kg]	0,7									
operating data											
ambient temperature	[°C]	-10 ...+50									
max temperature rise	[°C]	70									
humidity (not condensing)	[%]	85									
protection class		IP20									
operation mode		S2 (short-time duty)									
plug connection											
Molex serie Mini-Fit					Mini-Fit,4.2mm,6pol.,2row,stra.						
signal	PIN	color	wire typ	PIN							
Hall chanal 2	1	yellow	0,128mm² (26 AWG)	1							
Hall minus	2	black	0,128mm² (26 AWG)	2							
Hall chanal 1	3	blue	0,128mm² (26 AWG)	3							
motor +	4	red	0,128mm² (26 AWG)	4							
motor -	5	black	0,128mm² (26 AWG)	5							
Hall plus (5-24VDC)	6	orange	0,128mm² (26 AWG)	6							
											
suppressor		Hall sensor in motor				PullUp supplied by customer					

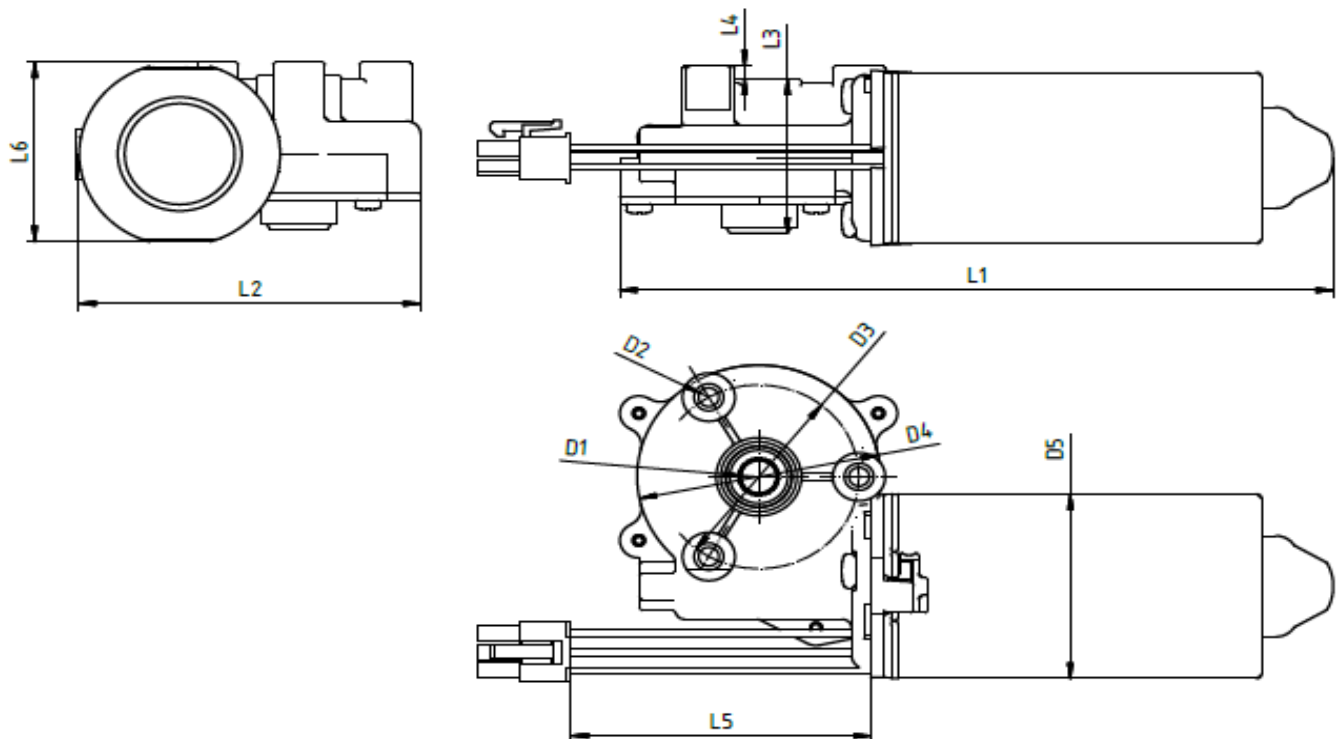


torque-, current- & roation speed datas are valid at cold motor. The tolerance of these values is 10%.

DC motor with worm gear

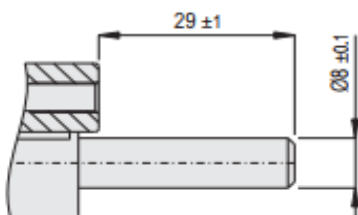


technical data dimension



typ	D1 [mm]	D2 [mm]	D3 [mm]	D4 [mm]	D5 [mm]	L1 [mm] ±1	L2 [mm] ±2	L3 [mm]	L4 [mm]	L5 [mm]	L6 [mm] ±1
MOT-DC-42-J-H-... (valid for all motors)	7x8 DIN5481	M5	42 (3x120°)	51	42	150	72	35	3	75	41

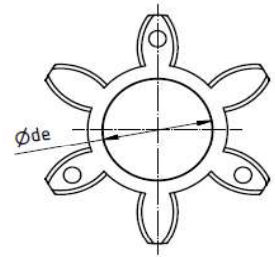
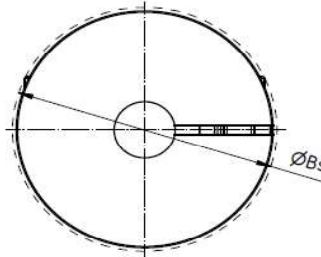
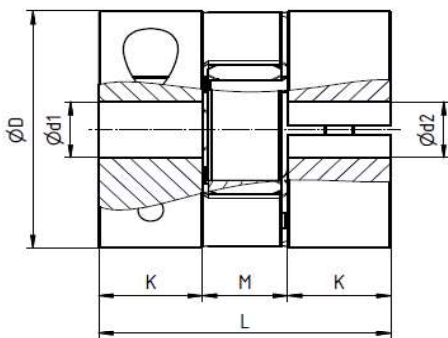
motor shaft		
part number	description	parts per motor
NOR-22300	plug-in motor shaft (DIN 5481 7x8)	1
NOR-22301	plug-in motor shaft (DIN 5481 7x8) (D-Cut)	1
NOR-20507	lock ring	2



cables				
cable Ø: 7,5 mm / bending radius moved < 10 m travel distance: min. 7,5 x d				
part number	outer jacket	type	cable length [m]	connector
DLE904121463-3 (MAT904101539-3 old) (unshielded)	PVC	CF130	3	straight
DLE904121463-5 (MAT904101539-5 old) (unshielded)	PVC	CF130	5	straight
DLE904121463-10 (MAT904101539-10 old) (unshielded)	PVC	CF130	10	straight
cable Ø: 9,5 mm / bending radius moved < 10 m travel distance: min. 10 x d				
part number	outer jacket	type	cable length [m]	connector
DLE904121462-3 (MAT904106262-3 old) (shielded)	PVC	CF211	3	straight
DLE904121462-5 (MAT904106262-5 old) (shielded)	PVC	CF211	5	straight
DLE904121462-10 (MAT904106262-10 old) (shielded)	PVC	CF211	10	straight

Technical data				
general data				
manufactured size	25	32	42	
max. revolutions per minute [min^{-1}]	15.000	13.000	12.500	
moment of inertia [10^{-3} kgm^2]	0,002	0,003	0,01	
mounting screw	M3	M4	M5	
bolting torque [Nm]	2	4	6	
max. offset lateral [mm]	0,08	0,1	0,1	
max. offset angular [$^{\circ}$]	1	1	1	
max. offset axial [mm]	± 1	± 1	± 2	
weight min. - max. [g]	23 - 28	47 - 58	114 - 154	

material	
coupling hub	high-strength aluminium
elastomer annulus	wear-resistant high performance TPU
color	red
Shore hardness [Sh]	98
ambient temperature [$^{\circ}\text{C}$]	-30 ... +100

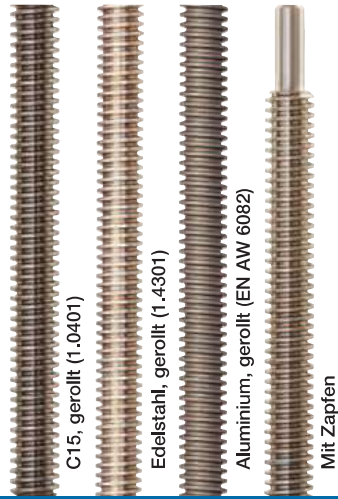


dimension							
manufactured size	L [mm]	K1 [mm]	M [mm]	D Ø [mm]	d1/d2 Ø [mm]	de Ø [mm]	-
25	26	8,0	10,0	25,0	4,0 - 12,7	10,2	-
32	32	10,3	11,4	32,0	4,0 - 16,0	14,2	-
42	50	17,0	16,0	42,0	8,0 - 25,0	19,2	-

maximal transmittable torque of the coupling depending on the bore diameter																
manufactured size	shaft diameter [mm]															
	5		6,35		8		10		11		12		14		20	
	[Nm]		[Nm]		[Nm]		[Nm]		[Nm]		[Nm]		[Nm]		[Nm]	
	M _N	M _{max}	M _N	M _{max}	M _N	M _{max}	M _N	M _{max}	M _N	M _{max}	M _N	M _{max}	M _N	M _{max}	M _N	M _{max}
25	1	2	2,5	5	4	8	4,3	8,5	4,5	9	5	10	-	-	-	-
32	2	4	3,3	6,5	6	12	7	14	8,5	17	10	20	12,5	25	-	-
42	-	-	-	-	10	20	11	22	11,8	23,5	12,5	25	13,5	27	17	34

M_N : rated torque (permanent transmittable torque)

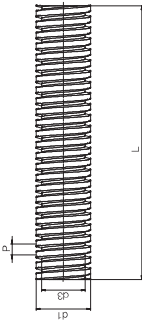
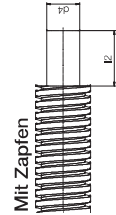
M_{max} : max. transmittable torque (short term application torque, for example max. acceleration torque, no permanent transmittable torque)



Technische Daten

Steigungsabweichung	0,1 mm auf 300 mm
Geradheit (Standard)	0,3 mm auf 300 mm
Gerichtet	<0,1 mm auf 300 mm
Toleranz (nach DIN 103)	7e

Die Zug-/Druckfestigkeit des Spindelmaterials
EN AW 6082 beträgt 160 MPa pro mm² (Dehnungs-
grenze 0,2 mm).



Technische Daten

Gewinde	Drehrichtung rechts links	Material Edelstahl 1.4301	Aluminium EN AW 6082	Steigung P [mm]	Steigungswinkel α [°]	Gewicht	
						C15 [kg/m]	Edelstahl Aluminium [kg/m]
Tr8x1,5	●	●	-	1,5	3,42	0,39	0,40 0,14
Tr10x2	●	●	●	2	3,64	0,62	0,62 0,21
Tr10x3	●	●	●	3	5,45	0,62	0,62 0,21
Tr12x3	●	●	●	3	4,55	0,89	0,89 0,31
Tr14x3	●	●	-	3	3,90	1,21	1,22 0,42
Tr14x4	●	●	●	4	5,20	1,21	1,22 0,42
Tr16x2	●	●	●	2	2,28	1,58	1,59 0,54
Tr16x4	●	●	●	4	4,55	1,58	1,59 0,54
Tr18x4	●	●	●	4	4,05	2,00	2,01 0,69
Tr20x4	●	●	●	4	3,64	2,47	2,48 0,85
Tr24x5	●	●	●	5	3,79	3,55	3,57 1,22
Tr26x5	●	●	●	5	3,50	4,17	4,19 1,43
Tr28x5	●	●	●	5	3,25	4,83	4,86 1,66
Tr30x6	●	●	●	6	3,64	5,55	5,58 1,91
Tr32x6	●	●	●	6	3,42	6,31	6,35 2,17
Tr36x6	●	●	●	6	3,04	7,99	8,04 2,75
Tr40x7	●	●	●	7	3,19	9,86	9,93 3,39
Tr50x8	●	●	●	8	2,92	15,41	15,51 5,30

Technische Daten – Spindel mit Zapfen

Gewinde	C15	Material Edelstahl 1.4301	Aluminium EN AW 6082	Steigung P [mm]	Steigungswinkel [°]	Gewicht	
						C15 [kg/m]	Edelstahl [kg/m]
Tr10x2	●	●	-	2	3,64	0,62	0,62
Tr14x4	●	●	-	4	5,20	1,21	1,22
Tr18x4	●	●	-	4	4,05	2,00	2,01
Tr24x5	●	●	-	5	3,79	3,55	3,57



Bestellschlüssel

Teilenummer	Gewinde	Optionen
PTGSG-10X 2 -01- R - Z-Z-1000-ES		
Gewindespindel	Durchmesser	Steigung
Anzahl Gewindegänge	Drehrichtung	Länge [mm]
Spindelmaterial		

Optionen:
Drehrichtung
R: Rechtsgewinde
L: Linksgewinde
Länge in mm: frei wählbar (bis max. siehe Tabelle)
Spindelmaterial
ohne: C15, gerollt
ES: Edelstahl, gerollt
AL: Aluminium, gerollt



Sprechen Sie uns an!

- Individuelle Bearbeitung von drylin® Gewinde-spindeln
- Weitere Gewindegrößen für Aluminiumspindeln



ACME-Gewinde (USA-Standard)
► Seite 1461

Abmessungen [mm]

Außen-Ø		Kern-Ø		max. Gesamtlänge		Art.-Nr.
d1	d3	min.	max.	C15/ES	AL	
7,8	5,4	6,2	1,500	-	-	PTGSG-8X1.5-01-
9,8	7,2	7,5	3,000	1,000	-	PTGSG-10X2-01-
9,8	6,2	6,5	3,000	-	-	PTGSG-10X3-01-
11,8	7,7	8,5	3,000	1,000	-	PTGSG-12X3-01-
13,8	9,7	10,5	3,000	-	-	PTGSG-14X3-01-
13,7	9,1	9,5	3,000	-	-	PTGSG-14X4-01-
15,8	11,8	12,8	3,000	-	-	PTGSG-16X2-01-
15,7	10,5	11,5	3,000	1,000	-	PTGSG-16X4-01-
17,7	12,5	13,5	3,000	2,000	-	PTGSG-18X4-01-
19,7	14,5	15,5	3,000	2,000	-	PTGSG-20X4-01-
23,7	17,3	18,5	3,000	-	-	PTGSG-24X5-01-
25,7	19,3	20,5	3,000	-	-	PTGSG-26X5-01-
27,7	21,3	22,5	3,000	-	-	PTGSG-28X5-01-
29,6	21,6	23,0	3,000	-	-	PTGSG-30X6-01-
31,6	24,5	25,0	3,000	-	-	PTGSG-32X6-01-
35,6	27,6	29,0	3,000	-	-	PTGSG-36X6-01-
39,6	30,4	32,0	3,000	-	-	PTGSG-40X7-01-
49,6	39,2	41,0	3,000	-	-	PTGSG-50X8-01-

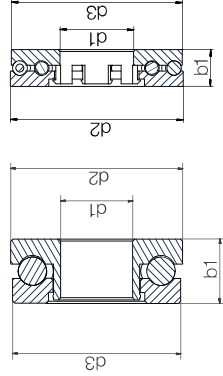
Abmessungen [mm] – Spindel mit Zapfen

Außen-Ø		Kern-Ø		Zapfen-Ø		Art.-Nr.
d1	d3	min.	max.	d4	max. Gesamtlänge L	
9,8	7,2	7,5	17	6 h9	1,000	PTGSG-10X2-01-
13,7	9,1	9,5	20	8 h9	2,000	PTGSG-14X4-01-
17,7	12,5	13,5	118	12 h9	2,000	PTGSG-18X4-01-
23,7	17,3	18,5	144	14 h9	2,000	PTGSG-24X5-01-



Single or double row,
with stainless steel or glass balls

- Higher load capacity
- Good resistance to chemicals and seawater
- Suitable for contact with food
- Operating temperature: from -40°C up to +80°C



Single row bearing

Double row bearing

Technical data

Installation size	Single row	Double row	load capacity		Limit speed [rpm]	Weight	
			stat. [N]	dyn. [N]		B180/ES [g]	B180/GL [g]
51100	●	-	200	250	600	6,61	4,12
51104	●	-	650	810	460	13,72	8,19
51104	-	●	975	1,215	460	18,96	8,99

Dimensions [mm]

Inner Ø		Outer Ø		Width		Cage/ball material combination		Part No.
d1	d2	d3	d4	b1	b2	B180/ES	B180/GL	
10	24	23,5	9	●	●	●	●	BB-51100-B180-ES-D
20	35	34,5	10	●	●	●	●	BB-51104-B180-ES-D
20	47	46,5	10	●	●	●	●	BB-51104-B180-GL-D

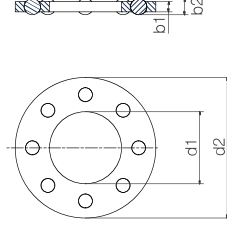
Order example:

BB-51100-B180-ES = Thrust bearing with race material xirodur® B180, xirodur® B180 cage and stainless steel balls



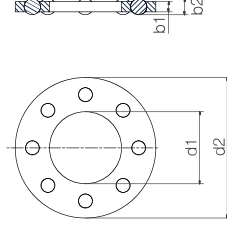
Standard type with
stainless steel or
glass balls

- Good resistance to chemicals and seawater
- Suitable for contact with food
- Operating temperature: from -40°C up to +80°C



Slim Line design with
stainless steel or glass
balls

- Good resistance to chemicals and seawater
- Suitable for contact with food
- Operating temperature: from -40°C up to +80°C



Technical data (related to metallic shafts)

Installation size	Slim Line	Recommended load capacity		Limit speed [rpm]	Weight	
		stat. [N]	dyn. [N]		B180/ES [g]	B180/GL [g]
626	-	341	425	2,000	1,35	0,81
608	-	482	600	1,700	2,25	1,17
6000	-	610	782	1,500	3,04	1,50
6000	●	405	500	1,500	2,09	1,20
6004	-	975	1,215	700	6,87	4,41
6006	-	925	1,540	600	5,51	3,39
6006	●	520	680	600	4,23	2,98

Dimensions [mm]

Inner Ø		Outer Ø		Width		Race/ball material combination		Part No.
d1	d2	b1	b2	B180/ES	B180/GL			
6,2	18,8	2,0	3,18	●	●	●	●	BB-626TW-B180-ES-SL
8,2	21,8	2,0	3,97	●	●	●	●	BB-608TW-B180-ES-SL
10,2	25,8	2,0	4,76	●	●	●	●	BB-6000TW-B180-ES-SL
10,2	25,8	2,0	3,97	●	●	●	●	BB-6000TW-B180-GL-SL
21,0	41,0	3,0	4,76	●	●	●	●	BB-6004TW-B180-ES-SL
29,9	45,5	2,5	4,76	●	●	●	●	BB-6006TW-B180-ES-SL
29,9	45,5	2,5	3,97	●	●	●	●	BB-6006TW-B180-GL-SL

Order example:

BB-6000TW-B180-ES-SL = Thrust washer with race material xirodur® B180, stainless steel balls, Slim Line version

