



WERKSCHULHEIM FELBERTAL
ZUKUNFTS>CAMPUS

Projektmappe

Werkschulheim Felbertal

Mechatronik

Hexapod HIVE



Simon M. Wimmer

Klasse 7b

Abgabe am 05.07.2023 bei FÖD



Inhaltsverzeichnis

1	Kurzbeschreibung.....	3
1.1	Aufbau und Funktion	3
1.2	Verwendungszweck	3
1.3	Technische Daten	3
1.4	Kostenaufstellung.....	3
2	Technische Beschreibung.....	4
2.1	Blockdiagramm	4
2.1.1	Beschreibung der Komponenten und deren Zusammenwirken.....	5
2.2	Technische Dimensionierung Schlüsselkomponenten.....	5
3	Projektmanagement	6
3.1	Detaillierte Beschreibung der Arbeitspakete.....	6
4	Zusammenstellungszeichnung	7
4.1	Gesamt-Zusammenstellungszeichnung.....	7
5	Technische Beschreibung Elektrotechnik / Elektronik.....	8
5.1	Stückliste elektrische Haupt-Komponenten.....	8
5.2	Verdrahtungsplan	9
5.3	Beschreibung der Verbindungskabel	10
5.4	Dokumentation Leiterplatte.....	11
5.4.1	Schaltplan.....	11
5.4.2	Layout.....	12
5.4.3	Bestückungsplan	13
5.4.4	Stückliste	13
5.5	Inbetriebnahme Elektronik.....	14
6	Technische Beschreibung Firmware / Software	15
6.1	Allgemeine Informationen.....	15
6.2	Signalliste	15
6.3	SW-Planung und Beschreibung	16
6.4	Bedienoberfläche / GUI-Design	16
6.5	Fehlerbehandlung	16
6.6	Inbetriebnahme Software	17

1 Kurzbeschreibung

1.1 Aufbau und Funktion

Eine Plattform kann mittels sechs Linearantriebseinheiten in alle sechs Freiheitsgrade bewegt werden. Die Plattform ist frei beweglich auf den Linearantriebseinheiten montiert, welche wiederum frei beweglich auf dem Basisgehäuse montiert sind.

1.2 Verwendungszweck

Die Plattform ist universell verwendbar und verschiedenste Module können darauf befestigt werden. Ein angestrebter Verwendungszweck ist die Ausrichtung von Teleskopen und Satellitenempfängern.

1.3 Technische Daten

Technische Daten	
Versorgungsspannung AC	230V
Leistungsaufnahme AC	50W
Betriebsspannung DC	12V
Abmessungen (L x B x H)	600*600*700mm
Gewicht	25kg
Achsengeschwindigkeiten (unbelastet)	35mm/s
Achsentragslast	150N
Plattformtragekapazität	15kg

Tabelle 1: Technische Daten

1.4 Kostenaufstellung

Komponente / Baugruppe	Kosten [€]
Linearantriebseinheiten	250
Flanschlager	70
Mikrocontroller	60
Netzteil	30
Interfaceboard	15
Motortreiber	15
Basis und Plattform	10
Gyroskop	10
Schalter (Not-Aus / Kippschalter)	10
3D-Druck Gabelköpfe	5
Kabel	5
Kunststoffverkleidungen	5
Lüfter	5
Gesamt	490

Tabelle 2: Kostenaufstellung

2 Technische Beschreibung

2.1 Blockdiagramm

Abbildung 1 zeigt ein technisches Blockdiagramm des Geräts.

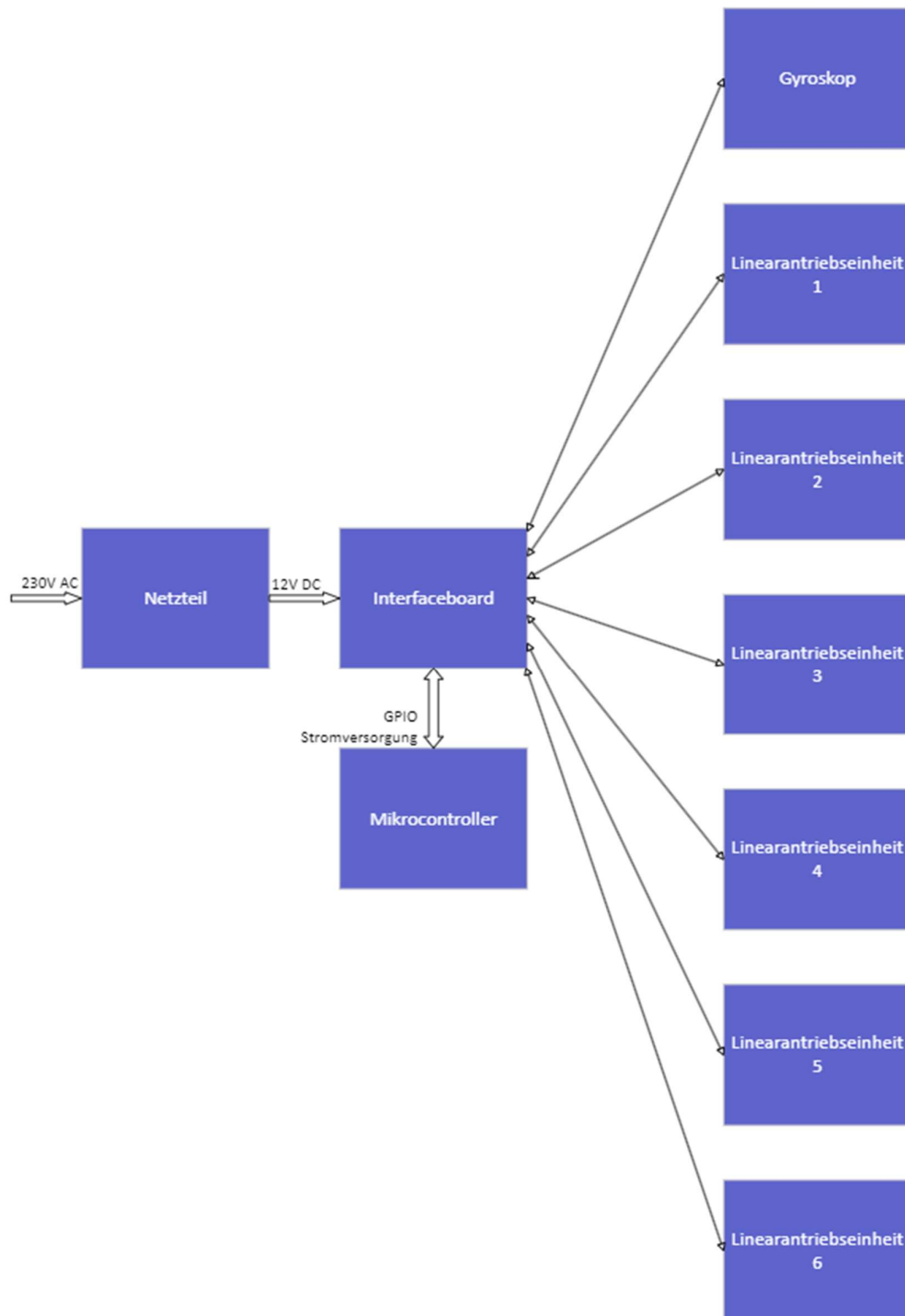


Abbildung 1: Technisches Blockdiagramm

2.1.1 Beschreibung der Komponenten und deren Zusammenwirken

Komponente	Bauteil	Funktion
Netzteil	Meanwell LRS 100-12	Regelt die 12V Betriebsspannung des Geräts
Interfaceboard	Eigendesign	Schnittstelle zwischen Mikrocontroller und Peripheriegeräten
Mikrocontroller	Raspberry Pi 3B	Logische Ansteuerung und visuelle Ausgabe.
Gyroskop	MPU-9250	Erfasst Ausrichtungsdaten der Plattform und kann zu Kontroll- bzw. Visualisierungsaufgaben verwendet werden.
Linearantriebseinheiten	HF-TGA-SC-400-12-35	Aktorik; bewegt die Plattform

2.2 Technische Dimensionierung Schlüsselkomponenten

Komponente	Bauteil	Dimensionierung
Netzteil	Meanwell LRS 100-12	Input 100-240V AC max. 2.1A 50/60Hz Output 12V DC max. 8.5A
Interfaceboard	Eigendesign	132*90*1,6mm
Mikrocontroller	Raspberry Pi 3B	5V 1.5A - Logikspannung 3.3V 26 GPIOs
Gyroskop	MPU-9250	3.3V - Ansteuerung über I ² C 9-Achsen Beschleunigungs- und Ausrichtungssensor
Linearantriebseinheiten	HF-TGA-SC-400-12-35	Schrittmotorantrieb – 12V 300mA 35mm/s Vorschub 150N Traglast 15.179 Stepps

3 Projektmanagement

Mechanische Arbeitspakete	Ah	Elektrische Arbeitspakete	Ah	Programmiertechnische Arbeitspakete	Ah
Gabelköpfe 3D drucken	3	Interfaceboard designen	6	Motoransteuerung	2
Kunststoffteile ausfräsen	3	Stromversorgung verkabeln	2	Motorreferenzierung	2
Basis ausschneiden	3	Aktorik verkabeln	3	Motoransteuerung mittels grafischer Oberfläche	10
Gehäuse zusammenbauen	3	Sensorik verkabeln	2	Visuelle Ausgabe der Gyroskop Daten	5
Linearantriebseinheiten montieren	3				

Tabelle 3: Auflistung der Arbeitspakete

3.1 Detaillierte Beschreibung der Arbeitspakete

Gabelköpfe 3D drucken: Konstruktion mittels „Fast Prototyping Approach“ und anschließender Ausdruck mit ausreichend starkem Material

Kunststoffteile ausfräsen: Verkleidungsteile des Gehäuses sowie obere Plattform

Basis ausschneiden: Die beiden Basisteile aus Holzplatten ausschneiden

Gehäuse zusammenbauen: Die beiden Basisteile über Pfosten zusammenschrauben und die Kunststoffverkleidung montieren

Linearantriebseinheiten montieren: Linearantriebseinheiten über die Gabelköpfe und den Flanschlagern auf der Basis fixieren und anschließend die Plattform auf den Linearantriebseinheiten montieren

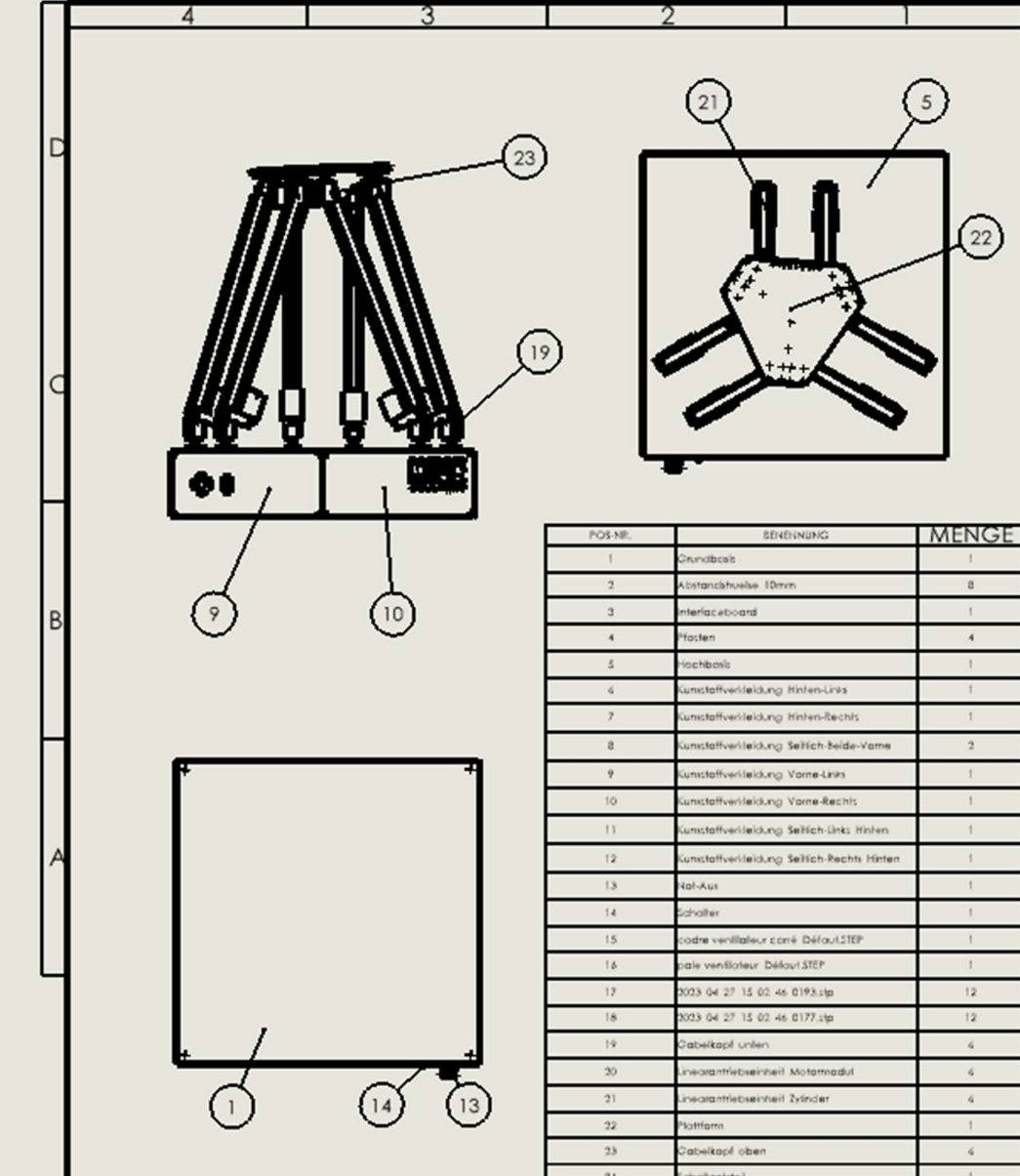
Motoransteuerung: Ein Motor kann mit einer eingebbaren Schrittzahl auf einer grafischen Oberfläche am Raspberry Pi angesteuert werden

Motorreferenzierung: Über einen Button Klick können alle Linearantriebseinheiten auf ihre Grundposition zurückgefahren werden. Damit es zu keiner Selbstkollision kommt müssen die sechs verschiedenen Einheiten praktisch fast zeitgleich angesteuert werden

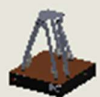
Visuelle Ausgabe der Gyroskop Daten: Die Ausrichtungsdaten des Gyroskops sollen auf einer grafischen Oberfläche am Raspberry Pi visualisiert werden

4 Zusammenstellungszeichnung

4.1 Gesamt-Zusammenstellungszeichnung



POS. NR.	BESTAND	MENGE
1	Grundbohr	1
2	Abstandshülse 10mm	8
3	Interfaceboard	1
4	Platten	4
5	Hochbohr	1
6	Kunststoffverkleidung Hinten-Links	1
7	Kunststoffverkleidung Hinten-Rechts	1
8	Kunststoffverkleidung Seitlich-Beide-Vorne	2
9	Kunststoffverkleidung Vorne-Links	1
10	Kunststoffverkleidung Vorne-Rechts	1
11	Kunststoffverkleidung Seitlich-Links Hinten	1
12	Kunststoffverkleidung Seitlich-Rechts Hinten	1
13	Hal-Axle	1
14	Zahnräder	1
15	code ventilateur cone Défaut STEP	1
16	code ventilateur Défaut STEP	1
17	2023 04 27 15 02 46 0193.stp	12
18	2023 04 27 15 02 46 0177.stp	12
19	Gabelkopf unten	4
20	Linearantriebsinheit Motormodul	4
21	Linearantriebsinheit Zylinder	4
22	Plattform	1
23	Gabelkopf oben	4
24	Schaltrelais	1

Gezeichnet:	Datum:	Name:	Klasse:	Abteilung:	Schuljahr:	 Werkschulheim Felbertal Ebenau
Bearbeitet:	01.05.2023	Simon	7B	Mechatronik	2022/2023	
Geprüft:			Name:			
Namsgap:			Simon M. Wimmer			
Maßstab:	Benennung:					Zeichnungsnummer: HIVE-ZSZ-01
1:10	Hexapod HIVE					
Norm: DIN EN 22742						Ausgabedatum: Montag, 1. Mai 2023 10:55:04 Erstellt für: Ersetzt durch:

5 Technische Beschreibung Elektrotechnik / Elektronik

5.1 Stückliste elektrische Haupt-Komponenten

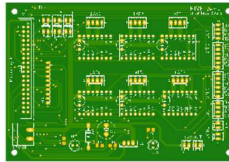
Pos Nr.	Bezeichnung	Abbildung	Anzahl	Beschreibung, technische Daten	Bestell-Nr. Lieferant
24	Netzteil Meanwell LRS-100-12	 at.rs-online.com	1	Eingang: 90-260VAC Ausgang: 12VDC / 2.1A Leistung: 25W	Pollin; 352181
25	Raspberry Pi 3B	 at.farnell.com	1	Eingang: 5VDC, 1.5A; 26 GPIOs; 4*USB; HDMI	Farnell; 2842228
3	Interface-Platine HIVE-v1.0		1	Leiterplatte 2 Layers, 1,5mm Abm.: 132x90mm	Eigenentwicklung
3	A4988	 twinschip.com	6	Schrittmotor-treiber; Logik 3.3V Leistung 12-36V 2A	Eigen-vorrat
20	Linearantriebseinheiten	 alibaba.com	6	12VDC 35mm/s 150N 2*ELS	Eigenvorrat
13	Not-Aus-Schalter	 conrad.at	1	5A Öffner	Conrad; 2304757-62
26	MPU-9250	 wolles-elektronikkiste.de	1	9-Achsen Gyroskop und Beschleunigungssensor I ² C	WSH
15	Lüfter	 conrad.at	1	70*70mm 12VDC	Eigen-vorrat

Tabelle 3: Stückliste aller elektrischen Komponenten

5.2 Verdrahtungsplan

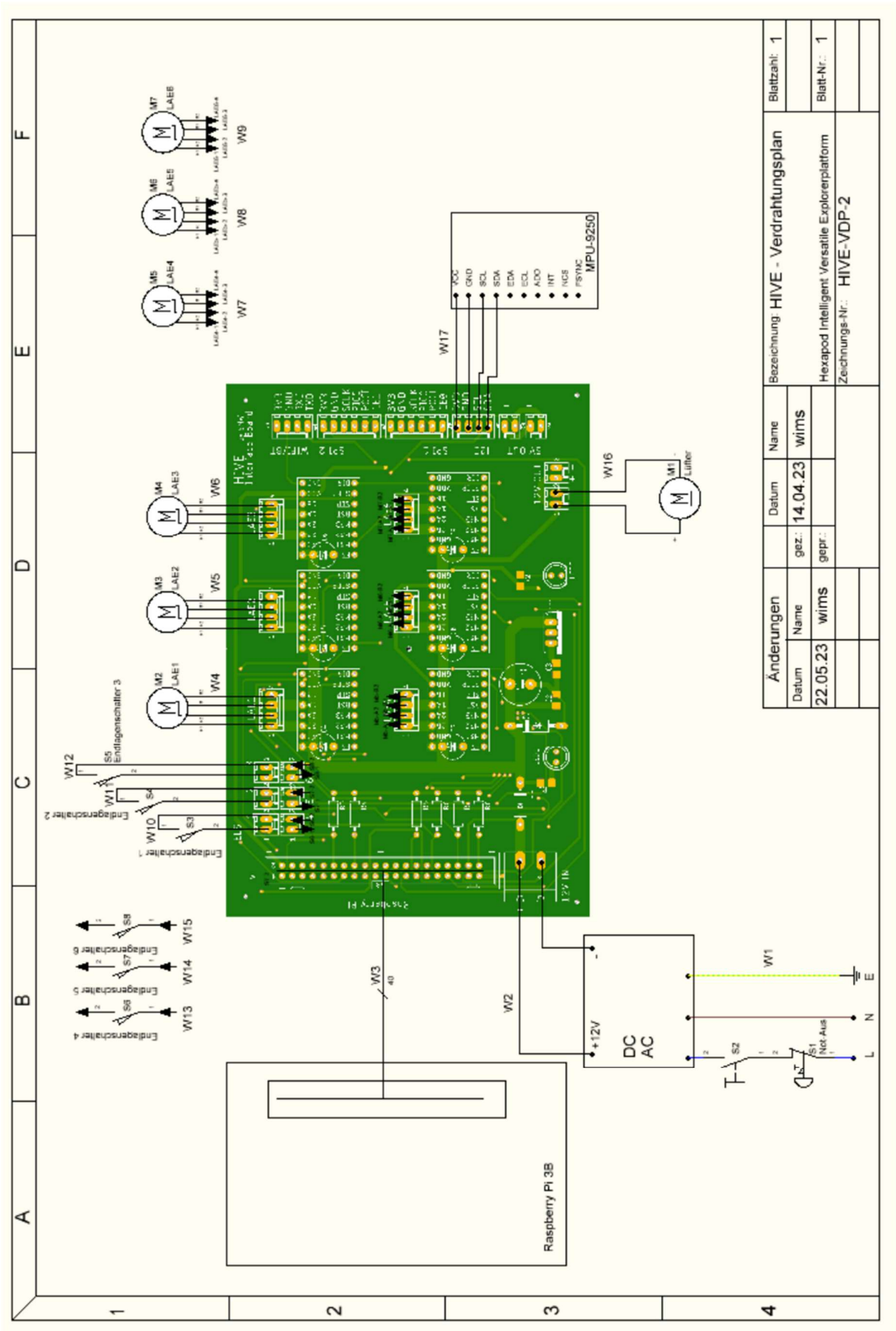


Abbildung 2: Verdrahtungsplan

5.3 Beschreibung der Verbindungskabel

Referenz	Bezeichnung	Länge [mm]	Anschlussart 1	Anschlussart 2
W1	Einzelader 1,5mm ²	50	Nicht lösbar	Aderendhülsen
W2	Einzelader 1,5mm ²	200	Aderendhülsen	Aderendhülsen
W3	Flachbandkabel, 40-pol., 0,5mm ²	300	Flachbandwanne 40-pol.	Flachbandstecker 40-pol.
W4	Molex 0,5mm	400	Molex Steckergehäuse 4-pol.	Molex Steckergehäuse 4-pol.
W5	Molex 0,5mm	400	Molex Steckergehäuse 4-pol.	Molex Steckergehäuse 4-pol.
W6	Molex 0,5mm	400	Molex Steckergehäuse 4-pol.	Molex Steckergehäuse 4-pol.
W7	Molex 0,5mm	400	Molex Steckergehäuse 4-pol.	Molex Steckergehäuse 4-pol.
W8	Molex 0,5mm	400	Molex Steckergehäuse 4-pol.	Molex Steckergehäuse 4-pol.
W9	Molex 0,5mm ²	400	Molex Steckergehäuse 4-pol.	Molex Steckergehäuse 4-pol.
W10	Molex 0,5mm ²	400	Molex Steckergehäuse 2-pol.	Molex Steckergehäuse 2-pol.
W11	Molex 0,5mm ²	400	Molex Steckergehäuse 2-pol.	Molex Steckergehäuse 2-pol.
W12	Molex 0,5mm ²	400	Molex Steckergehäuse 2-pol.	Molex Steckergehäuse 2-pol.
W13	Molex 0,5mm ²	400	Molex Steckergehäuse 2-pol.	Molex Steckergehäuse 2-pol.
W14	Molex 0,5mm ²	400	Molex Steckergehäuse 2-pol.	Molex Steckergehäuse 2-pol.
W15	Molex 0,5mm ²	400	Molex Steckergehäuse 2-pol.	Molex Steckergehäuse 2-pol.
W16	Molex 0,5mm ²	300	Molex Steckergehäuse 2-pol.	Nicht lösbar
W17	Molex - DuPont 0,5mm ²	1000	Molex Steckergehäuse 4-pol.	DuPont 4-pol.

5.4 Dokumentation Leiterplatte

5.4.1 Schaltplan

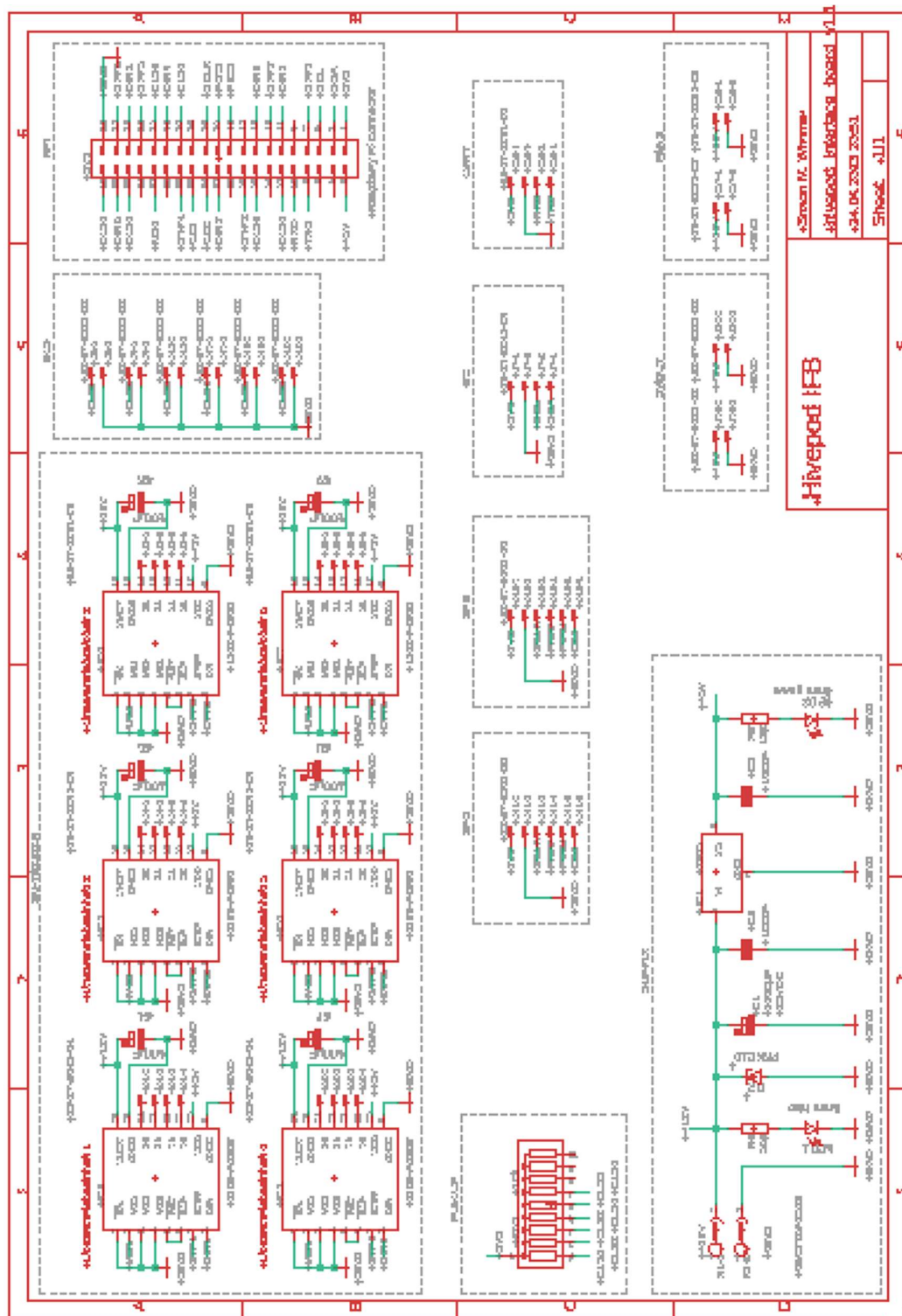


Abbildung 3: Schaltplan Interface Platine

5.4.2 Layout

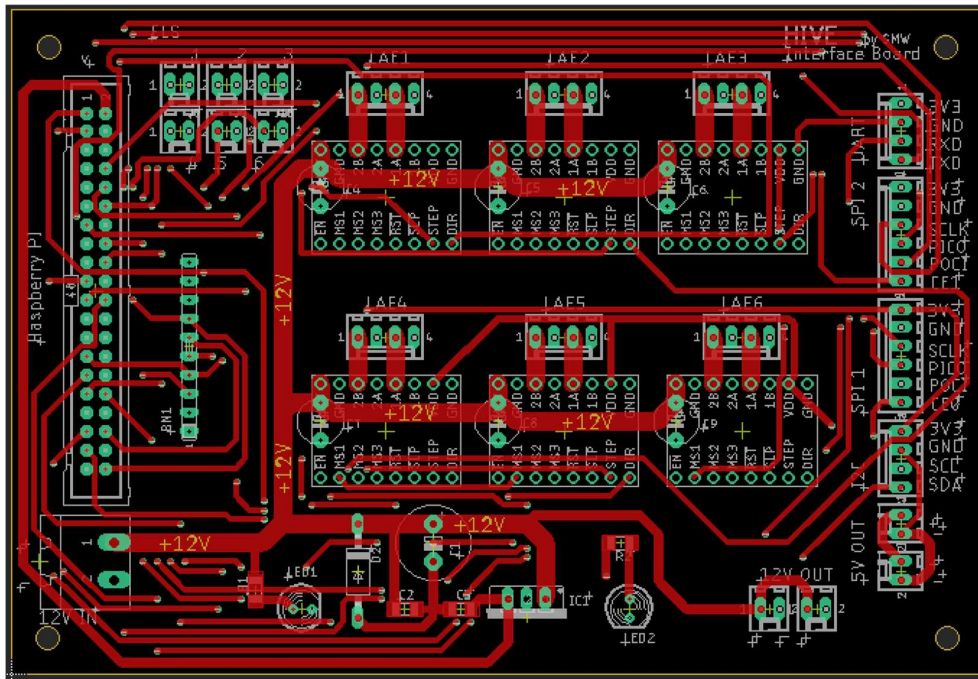


Abbildung 4: Interface Platine Layout TOP

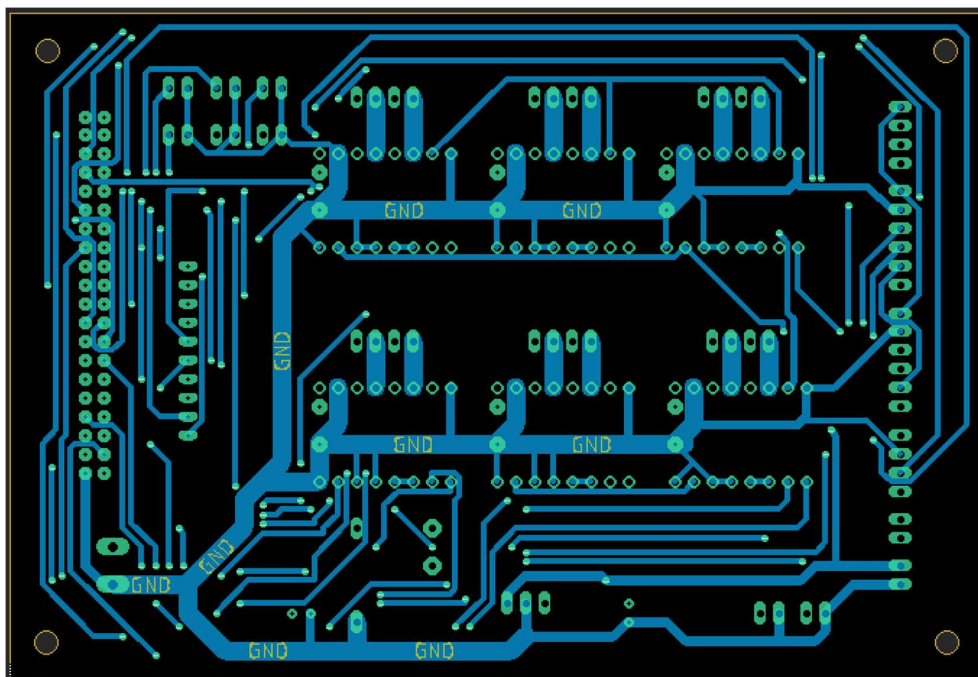


Abbildung 5: Interface Platine Layout BOTTOM

5.4.3 Bestückungsplan

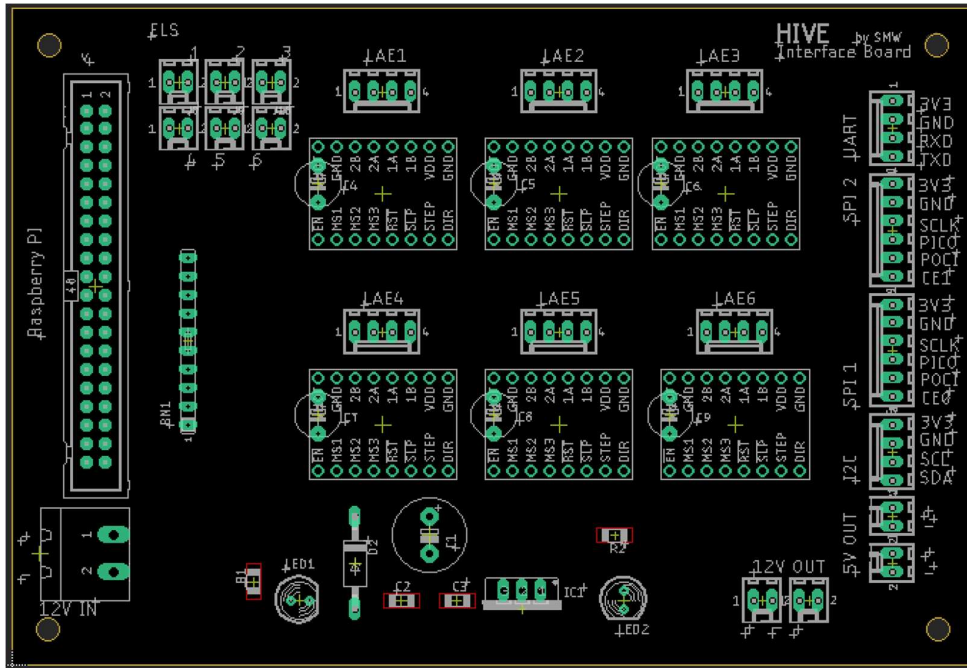


Abbildung 6: Interface Platine Bestückungsplan

5.4.4 Stückliste

Qty.	Value	Device	Package	Parts	Description
1	1000µF	CPOL-EUE5-10.5	E5-10,5	C1	POLARIZED CAPACITOR, European Symbol
2	100nF	C-EUC1206	C1206	C2, C3	CAPACITOR, European Symbol
6	100ÅµF	CPOL-EUE5-6	E5-6	C4, C5, C6, C7, C8, C9	POLARIZED CAPACITOR, European Symbol
1	10k	G09R	SIL10	RN1	SIL RESISTOR
6	1182-A4988	1182-A4988	A4988	IC2, IC3, IC4, IC5, IC6, IC7	A4988 Stepper Motor Driver Carrier
1	120	R-EU_R1206	R1206	R2	RESISTOR, European Symbol
10	22-27-2021-02	22-27-2021-02	6410-02	J8, J9, J10, J11, J12, J13, J17, J18, J19, J20	CONNECTOR
8	22-27-2041-04	22-27-2041-04	6410-04	J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7, J16	CONNECTOR
2	22-27-2061-06	22-27-2061-06	6410-06	J14, J15	CONNECTOR
1	560	R-EU_R1206	R1206	R1	RESISTOR, European Symbol
1	5mm Blue	LED5MM	LED5MM	LED1	LED
1	5mm Green	LED5MM	LED5MM	LED2	LED
1	7805	78V	TO220V	IC1	Positive VOLTAGE REGULATOR
1	GMSTBA2508	GMSTBA2508	HOR-2	X1	PHOENIX
1	P6KE15	BZY97	F126Z12	D2	Z DIODE
1	Raspberry Pi Connector	ML40	ML40	SV1	HARTING

Tabelle 4: Stückliste Interface Platine

5.5 Inbetriebnahme Elektronik

Spannungsversorgung	
1	Mit 3-poliger Buchse verkabeln
2	An 230VAC Netz anschließen
3	Ausgangsspannung messen und bei Bedarf über Potentiometer feinjustieren
Interfaceboard	
1	An 12VDC Versorgungsspannung anschließen
2	12VDC und 5VDC Ausgänge überprüfen
3	Vcc und GND-Pins der Schrittmotortreiber und des Raspberry Pis überprüfen
4	Raspberry Pi anschließen
5	3.3VDC an ELS-Eingänge anlegen und über Raspberry Pi Code Pins auswerten
6	Alle Raspberry Pi Pins auf High setzen und mittels Oszilloskops die Ausgänge auf dem Interfaceboard überprüfen
Linearantriebseinheit	
1	ELS an zugehörige Buchse am Interfaceboard anschließen
2	Schrittmotor an zugehörige Buchse am Interfaceboard anschließen
3	Über Raspberry Pi Programm die Linearantriebseinheit referenzieren und anschließend 100 Schritte ausfahren
Gyroskop	
1	Über I ² C an Interfaceboard anschließen
2	Mittels Raspberry Pi Programm die Sensordaten auswerten

6 Technische Beschreibung Firmware / Software

6.1 Allgemeine Informationen

Die Ansteuerung des Hexapods erfolgt über eine Weboberfläche, welche auf dem Raspberry Pi läuft. Die Weboberfläche wird über einfaches HTML/CSS realisiert. Backend übernimmt ein Python Script die I/O-Ausgabe.

Angemerkt sei jedoch auch, dass die Hauptaufgabe dieses Projektes darin besteht, die mechanische Machbarkeit einer selbst entworfenen Hexapod Konstruktion zu überprüfen und nicht darin ein hochansprechendes GUI-Design, sowie mathematische Berechnungen zur möglichen Bewegungsfreiheit der Kinematik zu implementieren. Diese Ziele sind rein optional und werden voraussichtlich nach Beendigung des Projektes im Rahmen des Werkstätten Unterrichts durchgeführt.

6.2 Signalliste

Physical PIN	BCM PIN	I/O-Typ	Verwendung
1	3V3 Power	Stromversorgung	3V3 Leitung auf Board
2	5V Power	Stromversorgung	Stromversorgung Raspberry Pi
3	GPIO 2 (SDA)	Serielle Kommunikation	I ² C SDA
4	5V Power	x	x
5	GPIO 3 (SCL)	Serielle Kommunikation	I ² C SCL
6	Ground	x	x
7	GPIO 4 (GPCLK0)	Output	LE1 STP
8	GPIO 14 (TXD)	Output	TXD
9	Ground	x	x
10	GPIO 15 (RXD)	Input	RXD
11	GPIO 17	Output	LE1 DIR
12	GPIO 18 (PCM_CLK)	Input	LE1 ELS
13	GPIO 27	Output	LE2 STP
14	Ground	x	x
15	GPIO 22	Output	LE2 DIR
16	GPIO 23	Input	LE2 ELS
17	3V3 Power	x	x
18	GPIO 24	Output	LE3 STP
19	GPIO 10 (MOSI)	Output	SPI PICO
20	Ground	x	x
21	GPIO 9 (MISO)	Input	SPI POCI
22	GPIO 25	Output	LE3 DIR
23	GPIO 11 (SCLK)	Output	SPI SCLK
24	GPIO 8 (CE0)	Output	SPI CE0
25	Ground	x	x
26	GPIO 7 (CE1)	Output	SPI CE1
27	GPIO 0 (ID_SD)	Input	LE3 ELS
28	GPIO 1 (ID_SC)	Output	LE4 STP

29	GPIO 5	Output	LE4 DIR
30	Ground	x	x
31	GPIO 6	Input	LE4 ELS
32	GPIO 12 (PWM0)	Output	MS1
33	GPIO 12 (PWM1)	Output	LE5 STP
34	Ground	x	x
35	GPIO 19 (PCM_FS)	Output	LE5 DIR
36	GPIO 16	x	LE5 ELS
37	GPIO 26	Output	LE6 STP
38	GPIO 20 (PCM_DIN)	Output	LE6 DIR
39	Ground	Stromversorgung	Stromversorgung Raspberry Pi
40	GPIO 21 (PCM_DOUT)	Input	LE6 ELS

Tabelle 5: Signalliste

6.3 SW-Planung und Beschreibung

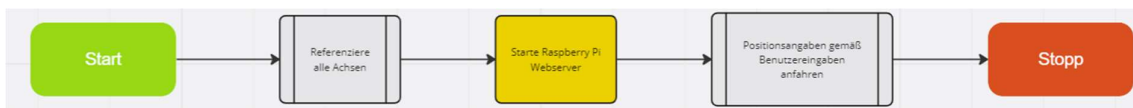


Abbildung 7: Beispiel für Zustandsdiagramm

Nach dem Einschalten referenzieren sich alle Achsen, indem sie den unteren Endlagenschalter anfahren. Sobald dieser Schritt fehlerfrei ausgeführt wurde, wird automatisch der Webserver mit der grafischen Oberfläche geöffnet. Das Python Script steuert die Linearachsen gemäß den Eingaben in der grafischen Oberfläche an, evtl. wird währenddessen die Machbarkeit der eingegebenen Achsstellungen überprüft.

6.4 Bedienoberfläche / GUI-Design

Wie eingangs erwähnt ist eine hochfunktionelle GUI nicht Teil dieses Projektumfangs. Über das Webinterface sollten in erster Linie Standardpositionen angefahren werden können (Positionen deren mechanische Anfahrbarkeit schon im Vorhinein getestet wurden) sowie über Eingabefelder/Regler die einzelnen Achsen bewegt werden. Wobei ganz klar zu erwähnen ist, dass in der Testversion dieses Projekts keine mathematische Berechnung zur kinematischen Anfahrbarkeit der eingegebenen Werte vorgesehen ist. Des Weiteren können die selbst angefahrenen Positionen auch im Programm gespeichert werden, sodass sie zu einem späteren Zeitpunkt einfach wieder angefahren werden können.

6.5 Fehlerbehandlung

Softwaremäßig werden die Zeiten überwacht, die benötigt werden, um eine bestimmte Position anzufahren. Sollten diese unüblich lange dauern wird der Hexapod gestoppt und eine Fehlermeldung wird angezeigt.

Außerdem ist es nicht möglich Positionswerte einzugeben, die über oder unterhalb der Schrittzahl der Linearantriebseinheiten liegt.

Sofern zeitmäßig möglich wird eine Softwarefunktion implementiert, die die möglichen Achspositionen in Zusammenhang mit den anderen Achspositionen reglementiert; „wenn Achse A um 10% ausgefahren ist, ist es nicht möglich Achse B um mehr als 15% auszufahren, etc.“.

6.6 Inbetriebnahme Software

- Achsenreferenzieren
- Ansteuerung der Einzelachsen über grafische Oberfläche
- „Einteachen“ von Plattformpositionen
- Anfahren von „eingeteachten“ Plattformpositionen