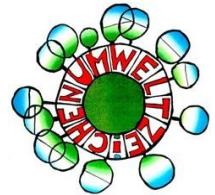


Diplomarbeit

Humanoid Robot



Ausgeführt im Schuljahr 20..../.. von:

Betreuer/Betreuerin:

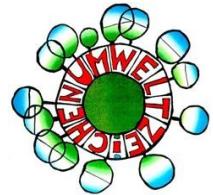
Name1 Jhg.

Lehrer1

Name2 Jhg.

Lehrer2

Weiz, am 05.05.2019



EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

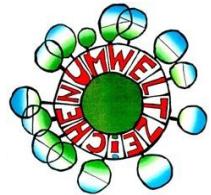
Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht haben

Weiz, am

Verfasserinnen / Verfasser:

Vor- und Zunamen

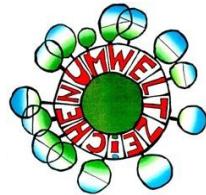
Unterschriften



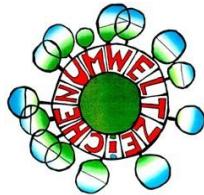
Inhaltsverzeichnis

Inhalt

1	Kurzbeschreibung.....	- 7 -
1.1	Diplomarbeit Kurzbeschreibung	- 7 -
1.2	Diploma Thesis, Documentation.....	- 10 -
2	Danksagung	- 13 -
3	Marktanalyse.....	- 14 -
3.1	InMoov	- 15 -
3.2	Poppy Project	- 16 -
3.3	ASPIR	- 14 -
4	Bauteile	- 18 -
4.1	Rechter Arm	- 18 -
4.1.1	Rechter Unterarm und rechte Hand	- 18 -
4.1.2	Rechtes Handgelenk.....	- 19 -
4.1.3	Rechtes Servobett	- 19 -
4.1.4	Rechter Oberarm.....	- 20 -
4.1.5	Rechte Schulter	- 21 -
4.2	Oberkörper.....	- 22 -
4.2.1	Torso.....	- 22 -
4.2.2	Rücken.....	- 23 -
4.2.3	Untere Bauchregion	- 24 -
4.2.4	Mittlere Bauchregion	- 24 -
4.2.5	Obere Bauchregion	- 25 -
4.2.6	Brust	- 26 -
4.3	Kopf	- 27 -
4.3.1	Nacken.....	- 27 -
4.3.2	Nacken (Ältere Version)	- 28 -
4.3.3	Gesicht und Kiefer	- 28 -
4.3.4	Augenmechanismus	- 29 -
4.3.5	Schädel und Ohren	- 30 -
4.4	Beine	- 31 -



4.4.1	Linker Fuß	- 31 -
4.4.2	Linkes Schienbein	- 32 -
4.4.3	Linkes Kniegelenk	- 32 -
4.4.4	Linker Oberschenkel	- 33 -
5	Konstruktionsanleitung	- 34 -
5.1	Konstruktion des rechten Armes	- 34 -
5.1.1	Rechter Unterarm	- 34 -
5.1.2	Rechtes Handgelenk	- 37 -
5.1.3	Rechte Hand	- 39 -
5.1.4	Rechter Bizeps	- 43 -
	- 48 -
5.1.5	Rechte Schulter	- 49 -
5.2	Konstruktion des Oberkörpers	- 56 -
5.2.1	Torso	- 56 -
5.2.2	Bauchregion und Hüfte	- 60 -
5.2.3	Brustverkleidung und Kinect	- 70 -
5.2.4	Rückenverkleidung	- 72 -
5.3	Konstruktion des Kopf	- 76 -
5.3.1	Genick und Hals	- 76 -
5.3.2	Augenmechanismus	- 81 -
5.3.3	Schädel	- 87 -
5.4	Konstruktion der Beine	- 89 -
5.4.1	Linker Fuß	- 89 -
5.4.2	Linkes Schienbein	- 91 -
5.4.3	Linkes Knie	- 92 -
5.4.4	Linker Oberschenkel	- 94 -
5.4.5	Nervo Board	- 95 -
6	MyRobotLab	- 98 -
6.1	Funktionsweise MyRobotLab	- 98 -
6.2	Installation von MyRobotLab	- 99 -
6.2.1	Benötigte Software	- 99 -
6.2.2	Installation	- 99 -
6.3	InMoov im virtuellen und realen Modus	- 100 -



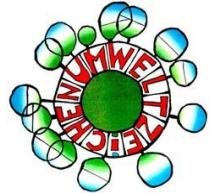
6.3.1	InMoov im virtuellen Modus.....	- 100 -
6.3.2	InMoov im realen Modus.....	- 102 -
7	Services	- 104 -
7.1	Aufrufen von Services	- 104 -
7.1.1	Aufrufen von Services in Programmcode.....	- 104 -
7.1.2	Services in MRL-GUI	- 105 -
7.2	InMoov	- 106 -
7.2.1	Virtueller InMoov	Fehler! Textmarke nicht definiert.
7.3	Kinect.....	- 108 -
7.3.1	Kinect Sensor.....	- 108 -
7.3.2	Einbindung der Kinect	- 108 -
7.3.3	Simple OpenNi.....	- 110 -
7.4	Sprachsteuerung (Ear).....	- 111 -
7.4.1	WebkitSpeechRecognition	- 111 -
7.4.2	Ear Nutzeroberfläche	- 111 -
7.5	Sprachausgabe (Mouth).....	- 112 -
7.5.1	MARY TTS	- 112 -
8	Programmierung	- 113 -
8.1	Programmierung in der Arduino IDE.....	- 113 -
8.2	Programmierung in MyRobotLab.....	- 115 -
8.2.1	Programmierung in der MRL Python IDE	- 116 -
8.3	Gestiken erstellen und aufrufen.	- 117 -
8.3.1	Position einstellen.....	- 117 -
8.3.2	Position speichern.....	- 118 -
8.3.3	Funktion erstellen	- 118 -
8.4	Rock Paper Scissors-Programm.....	- 119 -
8.4.1	Struktur	- 119 -
8.4.2	Servicedaten importieren	- 120 -
8.4.3	Servicedaten Weiterverarbeiten.....	- 120 -
8.4.4	Spielstruktur	- 122 -



1 Kurzbeschreibung

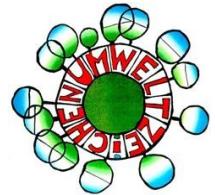
1.1 Diplomarbeit Kurzbeschreibung

Name der Verfasser/innen	Thomas Schachner Peter Schiretz
Jahrgang Schuljahr	5 BHET 2018/19
Thema der Diplomarbeit	Humanoid Robot
Kooperationspartner	
Aufgabenstellung	<p>Es war eine Marktforschung zu tätigen um sich auf eine geeignete Plattform zu einigen. Ist die geschehen sollte die gewählte Plattform/ der gewählte Roboter aufgebaut und programmiert werden.</p> <p>Thomas Schachner ist zuständig für die Hardware und die Adaption elektrischer Schaltungen. (Kapitel 4-5)</p> <p>Peter Schiretz ist zuständig für die Programmierung. (Kapitel 6-8)</p>
Realisierung	Nach eingehender Marktforschung wurde ein humanoider Roboter gewählt und vollständig aufgebaut. Die benötigten Bauteile wurden größtenteils 3D-Gedruckt. Weiters wurde dieser Roboter auch programmiert und kann eine Interaktion zwischen Mensch und Maschine hervorrufen.

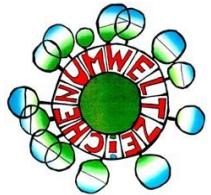


Ausbildungsschwerpunkt Informationstechnik

Ergebnisse	Funktionierender Roboter welcher mit Menschen Interagieren kann.
Typische Grafik, Foto etc.	

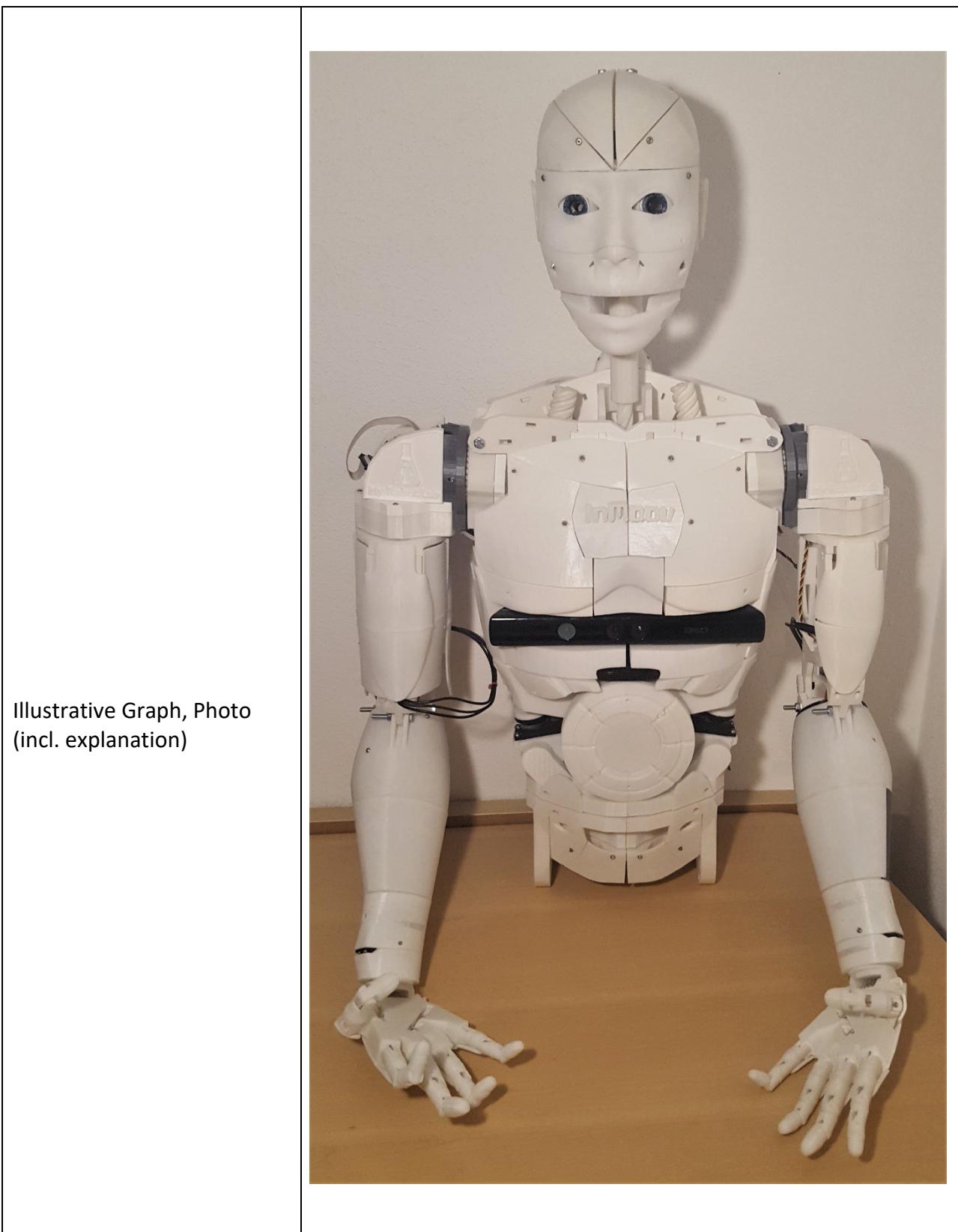
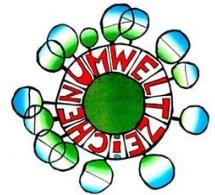


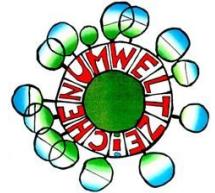
Möglichkeiten der Einsichtnahme in die Arbeit	Die gesamte Diplomarbeit kann dem beigelebten USB-Stick entnommen werden. Zusätzlich sind Programme und die Software in einem GitHub Repository verfügbar. Name des Repository „Humanoid-Robot“.
Approbation (Datum / Unterschrift)	



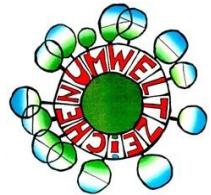
1.2 Diploma Thesis, Documentation

Author(s)	Thomas Schachner Peter Schiretz
From Academic year	5BHET 2018/19
Topic	Humanoid Robot
Co-operation Partner	
Assignment of Tasks	<p>The first main goal was to agree on an appropriate platform due to a market research. Once this has been done, the selected platform/robot should be build and programmed.</p> <p>Thomas Schachner is responsible for the hardware and the adaptation of electrical circuits. (Chapter 4-5)</p> <p>Peter Schiretz is responsible for programming the robot (Chapter 6-8)</p>
Realization	After thorough market research, a humanoid robot was chosen and fully assembled. The required components were mostly 3D-printed. Furthermore, this robot was also programmed and can cause an interaction between man and machine.
Results	Functioning robot that can interact with humans.





Acessability of the diploma thesis	The entire diploma thesis can be taken from the enclosed USB stick. Additionally, programs and the software are available in a GitHub repository. Name of the repository "Humanoid-Robot".
Approval (date / signature)	



2 Danksagung

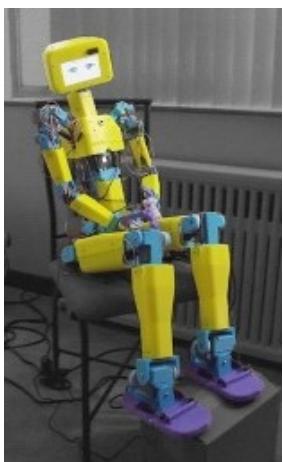
Zunächst gebührt unser Dank demjenigen, welcher diese Diplomarbeit erst möglich gemacht und das Projekt zudem sehr großzügig gesponsort hat, Herrn Professor Anton Edl. Auch Herrn Professor Christoph Wurzinger möchte wir an dieser Stelle recht herzlich danken, welcher nicht nur Unterstützung bei der Programmierung des Roboters und etwaigen anderen technischen Fragen jederzeit zu Rate gezogen werden konnte, sondern durch die zur Verfügungstellung seines persönlichen 3D-Druckers, die Fertigstellung des Projekts erst ermöglicht hat, da die Diplomarbeit sonst mit Sicherheit nicht zu bewältigen gewesen wäre. Weiters möchten wir unseren geschätzten Freunden und Klassenkollegen Herrn Jonas Heschl, Herrn Thomas Schafzahl, Herrn Alexander Schalk und Herrn David Zechmeister von ganzem Herzen für die tatkräftige Unterstützung bei dem 3D-Druck des Roboters danken. Ohne sie, wäre der InMoov Roboter noch lange nicht in dem Zustand, in dem er sich jetzt befindet.



3 Marktanalyse

Ziel der Marktanalyse ist es, aktuelle Plattformen zu untersuchen. Dabei müssen die Plattformen gewisse Kriterien erfüllen. Ein wichtiges Kriterium war die Verfügbarkeit des Projekts. Es sollte ein quelloffenes Projekt sein, welches eine gute und aktive Community besitzt. Der Großteil des Projektes im Bereich Hardware sollte durch gute Anleitungen dokumentiert sein. Der Roboter sollte zu großen Teilen mit einem 3D-Drucker ausgedruckt werden können. Die Gesamtkosten des Projekts sollten sich auf ungefähr 2000€ belaufen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Haptik und die Bewegungsmöglichkeiten der Extremitäten.

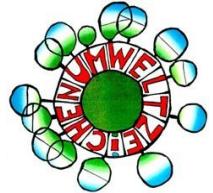
3.1 ASPIR



Name:	Aspir
Hersteller:	Chiotek
Größe:	140 cm
Preis:	2500€

Aspir [1] ist ein Open Source Projekt der Firma Choitek. Er wurde entworfen um Interessierten die Grundlagen der Robotik näher zu bringen. Alle Baupläne und Anleitungen stehen auf GitHub zur Verfügung. Alle Teile, die für den Bau des „Skelets“ benötigt werden, können 3D-gedruckt werden. Für das Gesicht wird ein 5.5 Zoll Smartphone eingesetzt. Die Bewegungen aller Extremitäten werden über insgesamt 33 Servos gesteuert. Damit sind auch die Beine vollkommen motorisiert. Als Controller wird hier der Arduino Mega-2560-R3 mit einem zusätzlichen Servo Schild gewählt. Aspir bietet kein Framework zur Unterstützung für die Entwickler an. Alle Programme werden direkt in der Arduino IDE programmiert und anschließend auf den Arduino geladen. Aspir ist besonders durch seine Einfachheit von Interesse. Folglich bietet Aspir keine nennenswerten Eigenschaften.

Abb. 3.1 ASPIR [1]



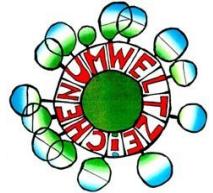
3.2 InMoov



Name:	InMoov
Gründer:	Gael Langevin
Größe:	175 cm
Preis:	2000€

Abb. 3.2 InMoov [3]

InMoov [2] [3] ist ein ambitioniertes Open-Source-Projekt des französischen Skulpturenbildners Gael Langevin. Das Projekt wurde 2012 gestartet und hat seitdem eine weltweite Community aufgebaut, die eigene Körperteile entwerfen und aktiv alle Nutzer unterstützen. Die Community hat auch ein eigenes Framework zur Steuerung des Roboters entwickelt. Alle Körperteile können mit dem 3D-Drucker ausgedruckt werden. Der gesamte Druck benötigt zwischen 300 und 400 Stunden. Für die Bewegung sorgen insgesamt 29 Servomotoren unterschiedlicher Größe. Die Kontrolle der Servomotoren wird über 2 Arduino Mega-2560-R3 bewerkstelligt. InMoov verfügt durch seine Sensoren viele Interaktionsmöglichkeiten. Dazu gehören Spracheingabe und die Bewegungserkennung durch eine Kinect. Auch kann eine Webcam eingebaut werden, um Gesichter zu erkennen. Das Framework kann zur Programmierung und zur Einbindung der Sensoren verwendet werden. Das Framework wird laufend verbessert und es werden ständig neue Funktionen hinzugefügt. Der Roboter kann alle Körperteile bewegen mit Ausnahme der Beine, die noch nicht motorisiert sind. Die Funktionalität der Beine wurde für die Zukunft angekündigt.



3.3 Poppy Project

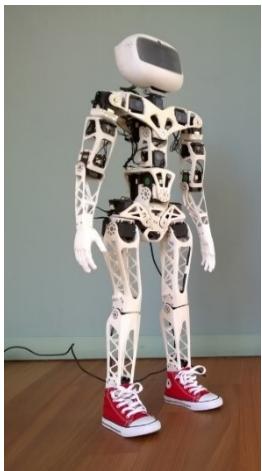
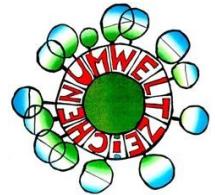


Abb. 3.3 Poppy Humanoid [4]

Name:	Poppy Humanoid
Gründer:	Matthieu Lapeyre
Größe:	80 cm
Preis:	7500€

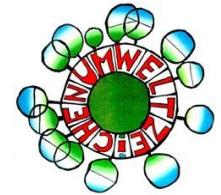
Poppy Humanoid [4] wurde 2012, als Doktorarbeit von Matthieu Lapeyre ins Leben gerufen. Dieser Roboter zeichnet sich vor allem durch seine Beweglichkeit und seiner Fähigkeit zu Gehen aus. Dabei handelt es sich bei dem Poppy Roboter um ein Open-Source Projekt. Alle benötigten Bauteile stehen den Nutzern frei auf einem GitHub Repository zur Verfügung. Der Körper von Poppy kann 3D-Gedruckt werden. Dies nimmt ungefähr 300 Stunden Druckzeit in Anspruch. Um verschiedene Bewegungen ausführen zu können, werden im Roboter 25 Smart-Servos drei verschiedener Größen verbaut. Im Falle von Poppy werden Smart

Servos der Marke Dynamixel empfohlen. Um die Smart-Servos zu kontrollieren, können verschiedene Controllerplattformen gewählt werden. Empfohlen wird ein Odroid-XU4 mit installiertem Ubuntu 14.04. Auf dem Repository stehen verschiedene ISO Images zur Verfügung, welche die notwendige Software installieren. Poppy erstellt ein eigenes Webinterface, über welches man den Roboter steuern und programmieren kann. Zur Programmierung gibt es verschiedene Möglichkeiten. „Snap!“ ist eine simple grafische Programmiersprache. Aber auch Programmiersprachen wie Python werden unterstützt. Um eigene Skripten auszutesten, beinhaltet das Webinterface auch eine virtuelle Umgebung, in der eigens geschriebene Skripten ohne mögliche materielle Schäden ausgetestet werden können. Als Gesamtpaket ist Poppy aufgrund seiner fertigen Oberfläche, der Einfachheit der Programmierung und der Fähigkeit zu Gehen sehr ansprechend.



3.4 Auswertung

Nachdem alle Plattformen untersucht wurden muss nun eine Entscheidung getroffen werden. ASPIR wurde Aufgrund des sehr simplen Aufbaus, der eingeschränkten Beweglichkeit und der fehlenden Community nicht weiter berücksichtigt. Auch preislich sind ASPIR und InMoov sehr ähnlich weswegen ASPIR keinerlei Vorteile bietet. Poppy verfügt über die beste Beweglichkeit und die einfachste Programmierung. Aufgrund der sehr hohen Kosten von 7500 kann das Projekt allerdings nicht finanziert werden. Somit wurde InMoov als Plattform gewählt. Zudem bietet InMoov auch das beste Aussehen und eine sehr aktive Community.



4 Bauteile

Auf den folgenden Seiten finden sich Auflistungen der 3D – gedruckten Einzelteile der jeweiligen Körperregionen des Roboters samt zugehörigen Bildern. Die für den 3D – Druck benötigten STL Files können auf der offiziellen InMoov Website begutachtet und heruntergeladen werden. Zudem befindet sich eine Übersicht aller für den Bau benötigten Einzelteile des Humanoiden Roboters auf der Website.

4.1 Rechter Arm

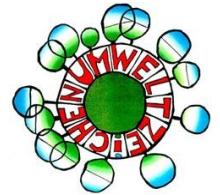
Die folgenden Teile beziehen sich lediglich auf die Konstruktion des rechten Armes. Jene Teile, welche speziell für den Bau des linken Armes entworfen wurden, sind hier nicht aufgelistet, können allerdings auf der InMoov Website eingesehen werden. Diese Teile sind dadurch erkennbar, dass dem Dateinamen das Wort „Left“ hinzugefügt wurde.

4.1.1 Rechter Unterarm und rechte Hand

- | | | | |
|-----|------------------|------|---------------|
| (1) | Auriculaire3 | (10) | Robcap3V2 |
| (2) | Bolt_Entretoise7 | (11) | Robpart2V4 |
| (3) | Index3 | (12) | Robpart3V4 |
| (4) | Majeure3 | (13) | Robpart4V4 |
| (5) | WristLargeV4 | (14) | Robpart5V4 |
| (6) | WristSmallV4 | (15) | Thumb5 |
| (7) | ArduinoSupport | (16) | TopSurface6 |
| (8) | CoverFinger1 | (17) | TopSurfaceUP6 |
| (9) | RingFinger3 | | |



Abb. 4.1 rechter Unterarm und rechte Hand
Teile



4.1.2 Rechtes Handgelenk

- | | | | |
|-----|--------------------|-----|--------------|
| (1) | CableHolderWristV5 | (4) | RotaWrist3V3 |
| (2) | RotaWrist1V4 | (5) | WristGearV5 |
| (3) | RotaWrist2V3 | | |

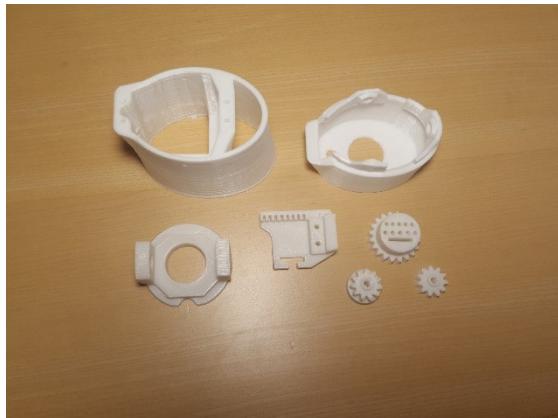


Abb. 4.2 Rechtes Handgelenk Teile

4.1.3 Rechtes Servobett

- | | | | |
|-----|-----------------|-----|------------------|
| (1) | RobCableBackV3 | (4) | RobServoBedV6 |
| (2) | RobCableFrontV3 | (5) | TensionerRightV1 |
| (3) | RobRingV3 | (6) | Servo-PulleyX5 |

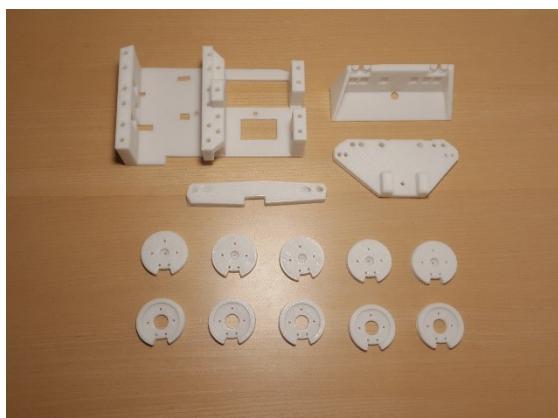
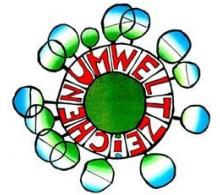


Abb. 4.3 Rechtes Servobett Teile

**4.1.4 Rechter Oberarm**

(1)	GearHolderV1	(12)	RotWormV5
(2)	HighArmSideV3	(13)	RotCenterV3
(3)	PistonAntiClockV2	(14)	Armtopcover1
(4)	PistonBaseAntiV2	(15)	Armtopcover2
(5)	PivPotentioRoundV3	(16)	Armtopcover3
(6)	PivPotentioSquareV3	(17)	ElbowshaftgearV1
(7)	ReinforcerV2	(18)	GearPotentioV1
(8)	RibonPusherV1	(19)	LowArmsideV1
(9)	RotGearV6	(20)	ServoBaseV1
(10)	RotMitV3	(21)	ServoHolderV1
(11)	RotTitV4	(22)	SpacerV1

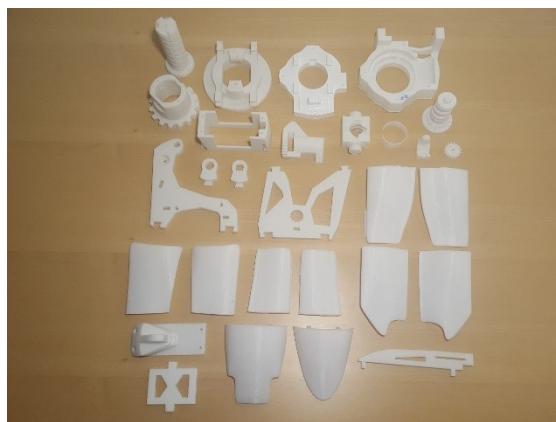
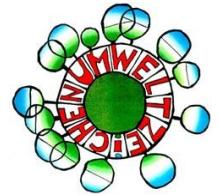


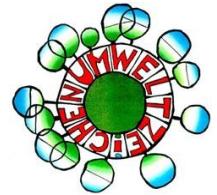
Abb. 4.4 Rechter Oberarm Teile

**4.1.5 Rechte Schulter**

- | | | | |
|-----|-----------------------|------|----------------------|
| (1) | ClaviBackV2 | (10) | PivPotentioSquareV4 |
| (2) | ClaviFrontV2 | (11) | PivPotholderSquareV1 |
| (3) | LogoRightMyrobotlabV2 | (12) | PivPotholderV3 |
| (4) | PistonClaviV3 | (13) | PivTitV3 |
| (5) | PistonbaseV6 | (14) | PivWormV5 |
| (6) | PivConnectorV1 | (15) | PivcenterV3 |
| (7) | PivGearV6 | (16) | ServoHolsterV1 |
| (8) | PivMitV2 | (17) | ServoHolderV1 |
| (9) | PivPotentioRoundV3 | | |



Abb. 4.5 Rechte Schulter Teile



4.2 Oberkörper

Die folgenden Teile werden benötigt, um den Oberkörper des InMoov Roboters zu konstruieren. Ein Großteil der Teile kann dabei ohne nennenswerten Mehr- bzw. Bearbeitungsaufwand geklebt werden. Einzig im oberen und mittleren Bauchbereich sind insgesamt vier Servomotoren verbaut, um eine Rotation des gesamten Oberkörpers zu ermöglichen.

4.2.1 Torso

- | | | | |
|------|--------------------|------|--------------------|
| (1) | ChestLowV1 | (11) | ThroatLowerV1 |
| (2) | HomLowBack-V1 | (12) | ArduinoSupportMega |
| (3) | HomLowFront-V1 | (13) | HomPlateBack+V1 |
| (4) | InterKinectMidV1 | (14) | HomPlateBack-V1 |
| (5) | InterKinectSideV1 | (15) | HomPlateBackLow+V1 |
| (6) | KinectMidBackV1 | (16) | HomPlateBackLow-V1 |
| (7) | KinectMidFrontV1 | (17) | HomPlateFront+V1 |
| (8) | KinectSideBackV1 | (18) | HomPlateFront-V1 |
| (9) | KinectSideHolderV1 | (19) | ServoHolsterV1 |
| (10) | SternumV1 | | |

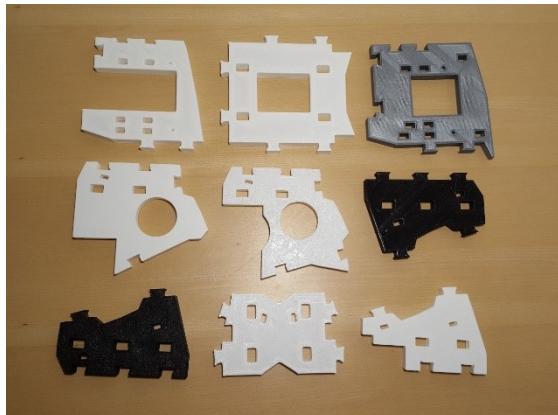


Abb. 4.7 Torso Teile 1

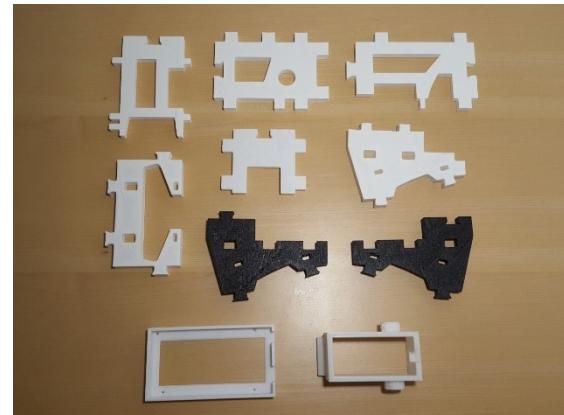
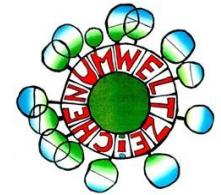


Abb. 4.6 Torso Teile 2

**4.2.2 Rücken**

- | | | | |
|------|------------------------|------|-------------------------|
| (1) | BackClaviHolderV2 | (15) | BackHipsRightV2 |
| (2) | BackCoverBottomLeftV2 | (16) | BackHolderCenterLeftV1 |
| (3) | BackCoverBottomMidV2 | (17) | BackHolderCenterRightV1 |
| (4) | BackCoverBottomRightV2 | (18) | BackHolderCenterV1 |
| (5) | BackCoverLowLeftV1 | (19) | BackHolderLowLeftV1 |
| (6) | BackCoverLowRightV1 | (20) | BackHolderLowRightV1 |
| (7) | BackCoverTopLeftV3 | (21) | BackPowerV1 |
| (8) | BackCoverTopMidV2 | (22) | BackSideHolderLeftV1 |
| (9) | BackCoverTopRightV3 | (23) | BackSideHolderRightV1 |
| (10) | BackDoorClipV1 | (24) | BatteryHolderLeftV5 |
| (11) | BackDoorLeftV3 | (25) | BatteryHolderRightV5 |
| (12) | BackDoorRightV3 | (26) | BatteryPusherV1 |
| (13) | BackHipsLeftV2 | (27) | USBClicker |
| (14) | BackHipsMidV2 | (28) | USBRotater |



Abb. 4.9 Rücken Teile 1

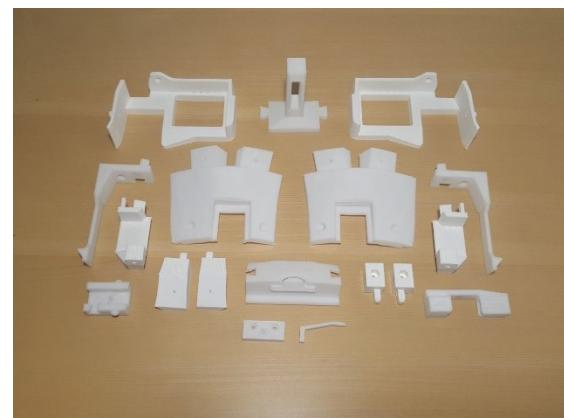
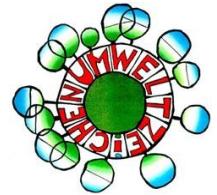


Abb. 4.8 Rücken Teile 2

**4.2.3 Untere Bauchregion**

- | | | | |
|-----|--------------------|-----|----------------|
| (1) | StomSupportLeftV1 | (3) | TStoLowLeftV1 |
| (2) | StomSupportRightV1 | (4) | TStoLowRightV1 |

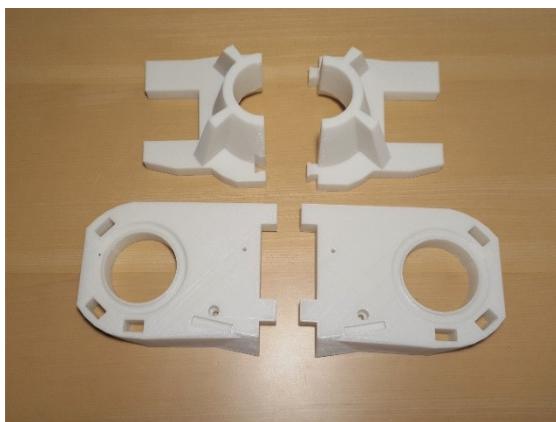


Abb. 4.10 Untere Bauchregion Teile

4.2.4 Mittlere Bauchregion

- | | | | |
|-----|-----------------|------|----------------------|
| (1) | BotBackLeftV1 | (7) | HipCoverFrontV1 |
| (2) | BotBackRightV1 | (8) | HipCoverLeftV1 |
| (3) | BotCapLeftV1 | (9) | HipCoverRightV1 |
| (4) | BotCapRightV1 | (10) | MidPotHolderSquareV1 |
| (5) | BotFrontLeftV1 | (11) | MidPotHolderV1 |
| (6) | BotFrontRightV1 | (12) | MidWormRightV1 |

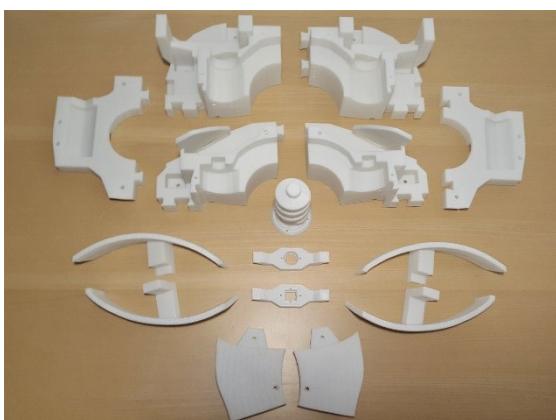
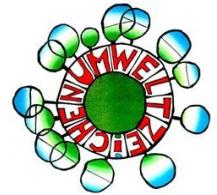


Abb. 4.11 Mittlere Bauchregion Teile



4.2.5 Obere Bauchregion

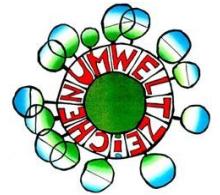
(1)	DiskExternV2	(15)	TStoFrontLeftV1
(2)	DiskInternV3	(16)	TStoFrontRightV1
(3)	DiskUnderV1	(17)	TStoFrontStandV2
(4)	RollBackLeftV1	(18)	TStoMiddleV1
(5)	RollBackRightV1	(19)	TStoPistonLeftV2
(6)	RollFrontLeftV1	(20)	TStoPistonRightV2
(7)	RollFrontRightV1	(21)	TStoServoHolsterV2
(8)	ServoBackV1	(22)	TStomCovLeftV2
(9)	StoGearAttackV1	(23)	TStomCovRightV2
(10)	StomGearV2	(24)	TStomPotHolderSquareV1
(11)	TStoBackLeftV1	(25)	TStomPotHolderV1
(12)	TStoBackRightV1	(26)	TSomRotBackV1
(13)	TStoBackStandLeftV1	(27)	TStomRotFrontV1
(14)	TStoBackStandRightV1	(28)	TStomSpacerV1



Abb. 4.12 Obere Bauchregion Teile 1



Abb. 4.13 Obere Bauchregion Teile 2

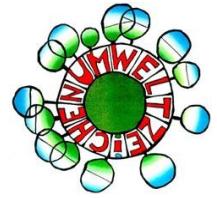


4.2.6 Brust

- | | | | |
|-----|--------------------|------|-------------------|
| (1) | BottomChestSonicV1 | (9) | InMRightV1 |
| (2) | BottomChestV1 | (10) | InMrightV1Hollow |
| (3) | ChestLeftV1 | (11) | MiddleChest-PIRV1 |
| (4) | ChestRightV1 | (12) | MiddleChestV1 |
| (5) | ChestTopAttachV1 | (13) | SideRibsCoverV2 |
| (6) | ChestTopV1 | (14) | Typo |
| (7) | InMLeftV1 | (15) | UnderKinectV1 |
| (8) | InMLeftV1Hollow | | |



Abb. 4.14 Brust Teile



4.3 Kopf

Die folgenden Teile werden benötigt, um den Kopf des InMoov Roboters zu konstruieren. Für den Bau dieses Körperteils ist es wichtig zu beachten, dass für das optimale Adjustieren des Kopfes der Oberkörper bzw. zumindest der Torso bereits fertiggestellt wurde. Allerdings kann dies auch mit eventuellem Mehraufwand nach dem Fertigstellen des Kopfes geschehen.

4.3.1 Nacken

- | | | | |
|------|-----------------------|------|--------------------|
| (1) | FaceHolderV4 | (12) | NeckServoHolderV2 |
| (2) | GearHolderV2 | (13) | NeckServoPivotV2 |
| (3) | MainGearV2 | (14) | NeckV2 |
| (4) | NeckBoltsV2 | (15) | PistonBaseSideV2 |
| (5) | NeckJointLowerV4 | (16) | RingV2 |
| (6) | NeckPistonBaseFrontV1 | (17) | ServoGearV2 |
| (7) | NeckPistonFrontV1 | (18) | SkullServoFixV1 |
| (8) | NeckPistonSideV1 | (19) | SpeakerMotHolderV2 |
| (9) | NeckPistonV2 | (20) | ThroatHolderV2 |
| (10) | NeckPlateHighV2 | (21) | ThroatHoleV3 |
| (11) | NeckPlateV2 | | |



Abb. 4.15 Nacken Teile



4.3.2 Nacken (Ältere Version)

- | | | | |
|-----|--------------------|-----|----------------|
| (1) | NeckHingeV2 | (3) | ThroatPistonV3 |
| (2) | ThroatPistonBaseV3 | | |



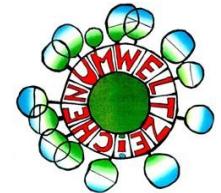
Abb. 4.16 Nacken (Ältere Version) Teile

4.3.3 Gesicht und Kiefer

- | | | | |
|-----|--------------|-----|------------|
| (1) | EyeglassV4 | (6) | JawV4 |
| (2) | JawHingeV1 | (7) | LowBackV5 |
| (3) | JawHingeV3 | (8) | SideHearV4 |
| (4) | JawPistonV1 | (9) | TopMouthV4 |
| (5) | JawSupportV1 | | |



Abb. 4.17 Gesicht und Kiefer Teile

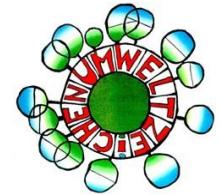


4.3.4 Augenmechanismus

- | | | | |
|-----|----------------------------|------|-----------------|
| (1) | 2xEyeBallFullV2 | (6) | EyeHingeCurveV1 |
| (2) | EyeBallSupportHerculeLeftV | (7) | EyeHingeV2 |
| | 2 | (8) | EyeHolderV1 |
| (3) | EyeBallSupportHerculeRight | (9) | EyePlateLeftV1 |
| | V2 | (10) | EyePlateRightV1 |
| (4) | EyeBallSupportLifeCamHDL | (11) | EyeSupportV5 |
| | eftV1 | (12) | EyeToNoseV5 |
| (5) | EyeBallSupportLifeCamHDRi | | |
| | ghtV1 | | |



Abb. 4.18 Augenmechanismus Teile



4.3.5 Schädel und Ohren

- | | | | |
|-----|-------------------|-----|-----------------|
| (1) | EarLeftV1 | (6) | SpeakerSpacer1 |
| (2) | EarRightV1 | (7) | TopBackSkullV4 |
| (3) | EarSpeakerLeftV1 | (8) | TopSkullLeftV4 |
| (4) | EarSpeakerRightV1 | (9) | TopSkullRightV4 |
| (5) | Speaker1 | | |

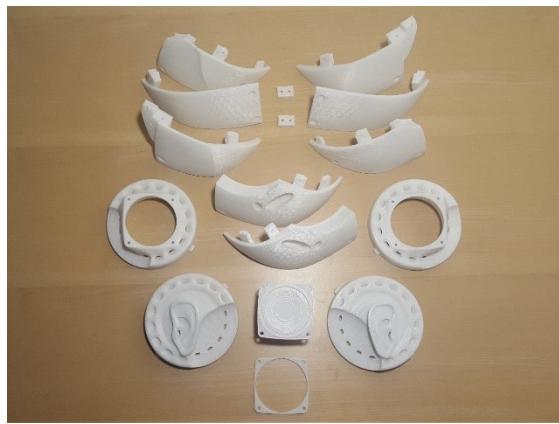
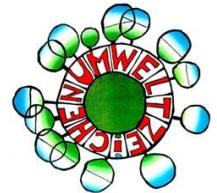


Abb. 4.19 Schädel und Ohren Teile



4.4 Beine

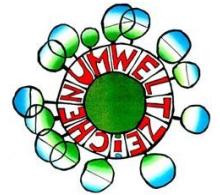
Die folgenden Teile werden für die Konstruktion der Beine des InMoov Roboters benötigt. Diese sind jedoch rein Dekorativ und sind zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Diplomarbeit nicht motorisiert. Um die bestmögliche Standfestigkeit des Roboters zu gewährleisten ist es empfohlen, diese auf einer soliden Plattform mit Eisenstäben zu befestigen.

4.4.1 Linker Fuß

- | | | | |
|-----|---------------------|-----|-------------------|
| (1) | AnkToesBoltV1 | (6) | LeftAnkToesFootV2 |
| (2) | FootBoltHolderV1 | (7) | LeftAnkleDownV2 |
| (3) | LeftAnkBackFootV1 | (8) | LeftAnkPartV1 |
| (4) | LeftAnkHolderV1 | (9) | LeftAnkleBaseV1 |
| (5) | LeftAnkMiddleFootV1 | | |



Abb. 4.20 Linker Fuß Teile



4.4.2 Linkes Schienbein

- | | | | |
|-----|------------------|-----|------------------|
| (1) | TibiaHighLeftV1 | (3) | TibiaLowS2LeftV1 |
| (2) | TibiaLowS1LeftV1 | | |



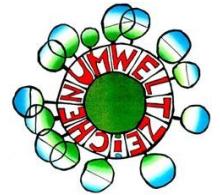
Abb. 4.21 Linkes Schienbein Teile

4.4.3 Linkes Kniegelenk

- | | | | |
|-----|-----------------|-----|------------------|
| (1) | KneeBoltsV1 | (4) | KneeLowLeftV3 |
| (2) | KneeClampLeftV1 | (5) | KneeSmallBoltsV1 |
| (3) | KneeHighLeftV3 | | |



Abb. 4.22 Linkes Kniegelenk



4.4.4 Linker Oberschenkel

- | | | | |
|-----|--------------------|-----|-----------------------|
| (1) | LegFixerLeftV1 | (6) | ThighHighTempLeftV1 |
| (2) | LegHolderLeft | (7) | ThighLowLeftV3 |
| (3) | ThighBoltBlokerLV1 | (8) | ThighMidLeftV1 |
| (4) | ThighHighBlokerLV1 | (9) | ThighSideAccessLeftV1 |
| (5) | ThighHighLeftV1 | | |



Abb. 4.23 Linker Oberschenkel



5 Konstruktionsanleitung

In diesem Kapitel wird Schritt für Schritt erklärt, wie die einzelnen Körperteile des InMoov Roboters zu konstruieren sind. Unterstützung bei diesem Vorhaben bietet dabei eine umfangreiche Bilderreihe, welche den Bau des gesamten Humanoiden Roboters verfolgt und einzelne Schrittfolgen genauestens aufzeigt. Im Anschluss an den Bau des 3D-gedruckten Roboters, folgt eine Anleitung zur Konstruktion des Nervoboardes, dem zentralen Schaltwerk des InMoov Roboters. Auch findet sich zu jedem Körperteil eine Liste der benötigten 3D-gedruckten Teile, sowie der verwendeten Servomotoren und etwaigen anderen Hilfsmitteln, welche für deren Bau benötigt werden. Zusätzlich kann die Konstruktionsanleitung des InMoov Erfinders Gael Langevin auf der offiziellen InMoov Website als Hilfe verwendet werden.

5.1 Konstruktion des rechten Armes

Auf den folgenden Seiten wird beschrieben, wie sich die Arme des InMoov Roboters konstruieren lassen. Da diese ein sehr komplexes Design besitzen, sind die Arme vermutlich die Zeitaufwendigsten Teile des Roboters, auch wenn sich der Druckaufwand im Vergleich zu anderen Körperteilen in Grenzen hält. Auch wenn sich diese Anleitung ausschließlich auf die Konstruktion des rechten Armes fokussiert, sollte der Bau des linken Armes ebenfalls mit dieser Anleitung möglich sein, da beide Arme den selben Aufbau besitzen.

5.1.1 Rechter Unterarm

Für den Bau des rechten Unterarmes werden folgende Teile benötigt:

(1)	RobPart2V4	(7)	RobCableBackV3
(2)	RobPart3V4	(8)	RobCableFrontV3
(3)	RobPart4V4	(9)	TensionerRightV1
(4)	RobPart5V4	(10)	Servomotor der Art HK
(5)	RobServoBedV6		15298 B (5x)
(6)	Servo-PulleyX5		

Zu Beginn müssen, wie in Schritt eins zu sehen, die Teile RobPart2V4 und RobPart5V4, sowie RobPart3V4 und RobPart4V4 miteinander verklebt werden. Dabei ist es wichtig darauf zu achten, dass eine saubere und vor allem stufenlose Klebestelle und somit auch eine glatte Oberfläche entsteht. Anschließend kann auf der Innenseite der geklebten Teile RobPart2V4 und RobPart5V4 die Halterung LeftRobServoBedV6 verschraubt werden, in welcher im Anschluss die für die Fingerbewegungen benötigten Servomotoren befestigt werden.



Abb. 5.1 Rechter Unterarm Schritt 1

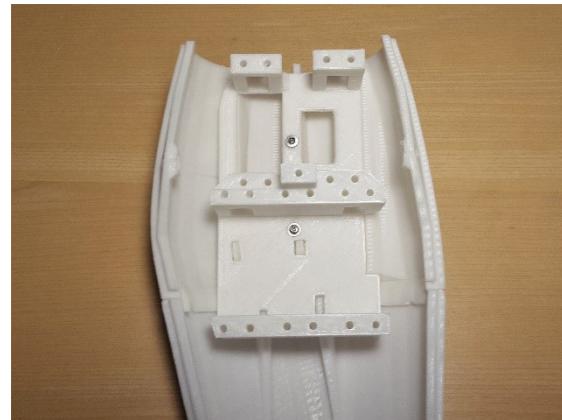


Abb. 5.2 Rechter Unterarm Schritt 2

Wie in Schritt drei ersichtlich, müssen insgesamt fünf Servomotoren der Art HK 15298 B verbaut werden. Diese können mit Hilfe der Schrauben, welche diesen Servomotoren beiliegen, befestigt werden. Dabei ist es wichtig, dass die Servos in der Richtigen Lage verschraubt werden, da sich die Aufsätze der Motoren sonst später in den Weg kommen. In Schritt vier werden die Teile Servo-PulleyX5 mit den runden Aufsätzen, welche ebenfalls den Servomotoren beiliegen, verklebt. Falls passende Schrauben vorhanden sind, können diese auch verschraubt werden, allerdings besteht sehr wenig Platz zwischen der Oberfläche der Servos und den runden Aufsätzen, weshalb es empfohlen wird diese Teile zu kleben. Insgesamt muss dieser Schritt fünf Mal wiederholt werden, da jeder der fünf Servomotoren einen solchen Aufsatz benötigt.

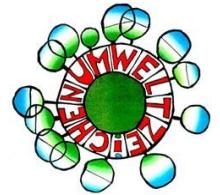


Abb. 5.4 Rechter Unterarm Schritt 3



Abb. 5.3 Rechter Unterarm Schritt 4

Sobald die in Schritt vier abgebildeten Aufsätze verklebt, beziehungsweise verschraubt wurden, können diese, wie in Bild fünf auf den Servomotoren angebracht werden. Zusätzlich müssen diese, um besseren Halt zu gewährleisten, verschraubt werden. Sobald dies erledigt ist, können die Teile RobCableBackV3, RobCableFrontV3 und TensionerRightV1 an RobServoBedV6 angebracht werden. RobCableFrontV3 sowie



TensionerRightV1 werden lediglich mit einer Schraube befestigt. Zudem sollte darauf geachtet werden, dass die bereits verklebten Konstruktionen aus Schritt eins verschraubt werden können, ohne einen Spalt an den Seiten des Unterarmes zu hinterlassen. Dieser Teil des Roboters soll wieder geöffnet werden können, um etwaige Reparatur- beziehungsweise Verbesserungsarbeiten zu ermöglichen.

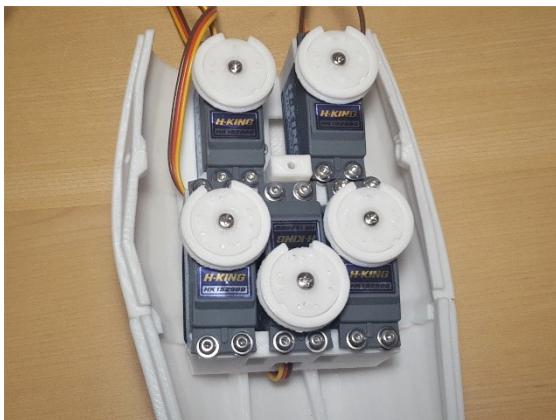


Abb. 5.5 Rechter Unterarm Schritt 5



Abb. 5.6 Rechter Unterarm Schritt 6

Wenn all diese Schritte erledigt wurden, kann zum Handgelenk übergegangen werden, welches zum Teil direkt am Unterarm des InMoov Roboters angebracht werden muss.



5.1.2 Rechtes Handgelenk

Für den Bau des rechten Handgelenks werden folgende Teile benötigt:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| (1) RotaWrist1V4 | (5) RotaWrist3V3 |
| (2) WristGearsV5 | (6) Servomotor der Art |
| (3) CableHolderWristV5 | TowerPro MG 996 R |
| (4) RotaWrist2V3 | |

Für Schritt eins wird ein bereits fertiggestellter Unterarm benötigt. Wie im zugehörigem Bild muss der Teil RotWrist1V4 an die Vorderseite von RobPart2V4 geklebt werden. Dabei sollte nach Möglichkeit darauf geachtet werden, dass auch die Abdeckung des Unterarms in den Teil RotaWrist1V4 passt, allerdings darf diese nicht geklebt werden, da sie, wie bereits erwähnt abnehmbar bleiben soll. Ist der Kleber getrocknet, so kann ein Servomotor der Art TowerPro MG 996 R wie in Schritt zwei abgebildet, befestigt werden. Dafür können, wie bei den im Unterarm verwendeten Servos, die beiliegenden Schrauben verwendet werden.



Abb. 5.7 Rechtes Handgelenk Schritt 1



Abb. 5.8 Rechtes Handgelenk Schritt 2

Sobald der Servomotor befestigt wurde, kann eines der Zahnräder aus WristGearV5 auf dem Rotor des Servos angebracht werden. Zudem soll der Teil CableHolderWristV5, wie auf dem Bild zu Schritt drei abgebildet, auf dem Servomotor angebracht werden. Die Schrauben befestigen CableHolderWristV5 dabei mit dem Teil RotWrist1V4. In Schritt vier wird ein separates Gebilde konstruiert, welches zu diesem Zeitpunkt noch nicht mit dem Unterarm verbunden werden soll. Für diesen Schritt werden die Teile RotaWrist2V3, RotaWrist3V3 und der im Bild zu Schritt vier abgebildetem Teil von WristGearV5 benötigt. Diese werden, wie in Schritt zwei gezeigt, angeordnet und mit einer einzelnen Schraube miteinander verbunden.

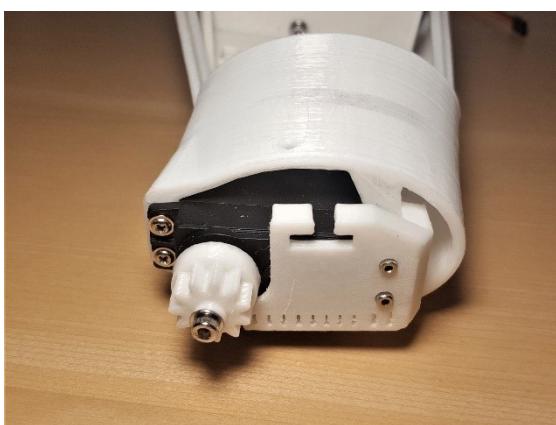
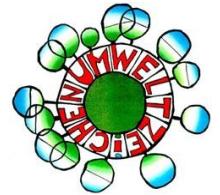


Abb. 5.9 Rechtes Handgelenk Schritt 3



Abb. 5.10 Rechtes Handgelenk Schritt 4

Der in Schritt vier zusammengesetzte Teil wird, nachdem auch die Hand des InMoov Roboters fertiggestellt wurde, mit dieser verbunden.



5.1.3 Rechte Hand

Für den Bau der rechten Hand werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|-----|--------------|-----|------------------|
| (1) | WristLargeV4 | (6) | Ringfinger3 |
| (2) | WristSmallV4 | (7) | Auriculaire3 |
| (3) | Thumb5 | (8) | Bolt_Entretoise7 |
| (4) | Index3 | (9) | CoverFinger1 |
| (5) | Majeure3 | | |

Für die Handfläche werden die Teile WristLargeV4, WristSmallV4 und Bolt_Entretoise7 benötigt. Für die einzelnen Finger müssen die Teile Thumb5, Index3, Auriculaire3, Ringfinger3 und Majeure3 gedruckt werden. Wie in Schritt eins gezeigt, sollen immer zwei der Fingerteile miteinander verklebt werden. Auch sollen, genau wie in der Abbildung zu Schritt 2, WristSmallV4 und der Teil des Daumens, welcher mit WristLargeV4 verbunden wird, in die dafür vorgesehenen Einkerbungen passen und sich ohne Reibung bewegen lassen.



Abb. 5.11 Rechte Hand Schritt 1



Abb. 5.12 Rechte Hand Schritt 2

Nun können durch die einzelnen Glieder der Finger Schnüre gezogen werden. Am besten dafür eignet sich eine geflochtene Angelschnur mit einer Stärke von 0,8 Millimeter. Das Ergebnis sollte der Abbildung zu Schritt 3 ähneln. Anschließend können die einzelnen Glieder der Finger verbunden werden. Dies geschieht, indem Filament mit einem Durchmesser von 1,75 Millimeter durch die Löcher an den Seiten der Glieder gesteckt und anschließend geklebt wird. Die Glieder der Finger sollen sich nach dem Zusammenbau noch reibungslos bewegen lassen.

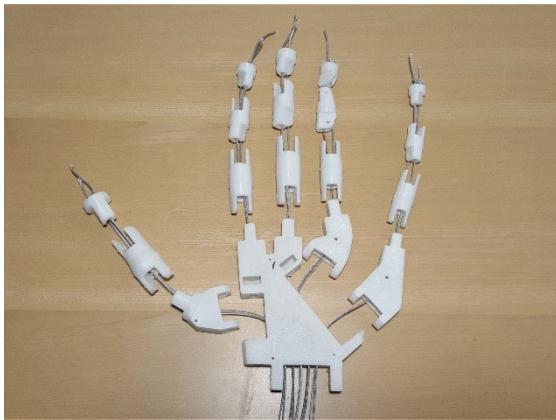
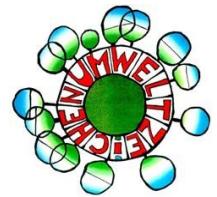


Abb. 5.13 Rechte Hand Schritt 3



Abb. 5.14 Rechte Hand Schritt 4

Sind alle Teile der einzelnen Finger miteinander verbunden, müssen der Daumen, der Ring- und der kleine Finger mit Hilfe von Bolt_Entretoise7 an WristLargeV4 angebracht werden. Sobald dies erledigt ist, können die Fingerkuppen an die einzelnen Fingerenden angeklebt werden. Die Enden der Schnüre sollten in den Fingerkuppen Platz finden. Das Ergebnis sollte der Abbildung in Schritt sechs entsprechen.

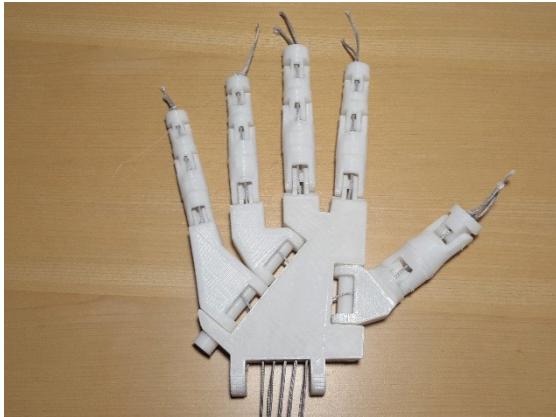


Abb. 5.15 Rechte Hand Schritt 5



Abb. 5.16 Rechte Hand Schritt 6

Im nächsten Schritt werden die Abdeckungen, wie in der zugehörigen Abbildung gezeigt, am Handrücken angebracht. Zu diesen Abdeckungen gehören die Teile TopSurface6, welche mit Schrauben an der Hand befestigt werden, und CoverFinger1, welche auf die Finger geklebt werden. Anschließend können die Fäden, wie im Bild zu Schritt acht gezeigt, durch den losen Teil des Handgelenkes gezogen werden.

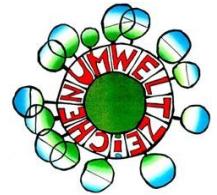


Abb. 5.17 Rechte Hand Schritt 7

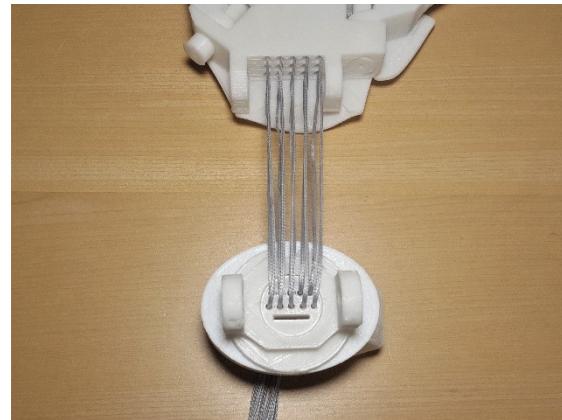


Abb. 5.18 Rechte Hand Schritt 8

Wurden alle Fäden eingefädelt, kann der obere Teil des Handgelenkes, wie auf dem Bild zu Schritt neun zu sehen, mit der fertigen Hand verbunden werden. In Bild zehn sind kleine Federn zu sehen, bei denen am einen Ende ein Stück Isolierung eines starren Kupferdrahtes geklebt wurde.

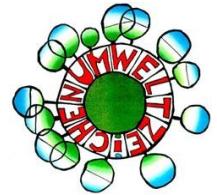


Abb. 5.19 Rechte Hand Schritt 9



Abb. 5.20 Rechte Hand Schritt 10

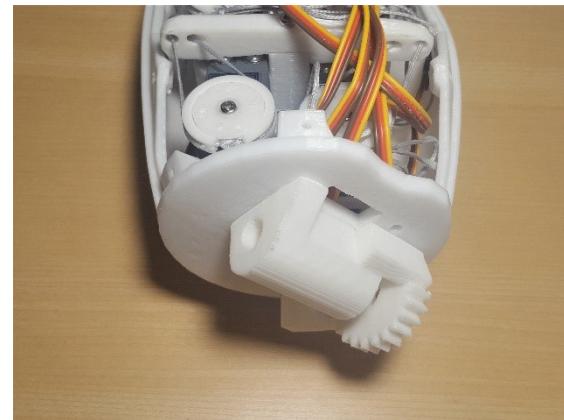
Die Fäden sollten nun auch noch durch den unteren Teil des Handgelenks geführt werden. Dieser Vorgang kann dadurch vereinfacht werden, dass der Teil CableHolderWristV5 wieder vom Servomotor abgeschraubt wird und die Schnüre eingefädelt werden. Auch durch RotWrist1V4 müssen die Fäden der Finger geführt werden. Anders als in der Abbildung zu Schritt elf sollten die Federn, bevor die Fäden durch diese gezogen werden, auf dem Teil TensionerRightV1 angebracht werden. Erst danach sollten die Fäden durch die Federn, sowie durch die restlichen Löcher, welche zu den jeweiligen Servomotoren führen, gezogen werden. Bevor die Fäden schlussendlich, wie in Abbildung zwölf zu sehen, mit den Aufsätzen der Servomotoren verbunden werden kann, müssen diese mit Hilfe eines Arduinos auf neunzig Grad



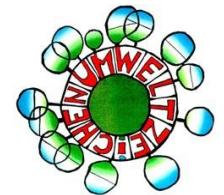
gestellt werden. Die Finger sollten etwa zur Hälfte angewinkelt sein, wenn die Fäden miteinander verknotet werden.

**Abb. 5.21 Rechte Hand Schritt 11****Abb. 5.22 Rechte Hand Schritt 12**

In der Abbildung zu Schritt 13 werden die beiden Teile RobCap3V2 und ElbowShaftGearV1 miteinander verklebt. Diese Teile müssen anschließend ebenfalls mittels Klebstoff am unteren Ende des Unterarmes angebracht werden. Dabei sollte beachtet werden, dass die Abdeckung des Unterarmes nach dem Klebevorgang immer noch problemlos auf den Unterarm geschraubt werden kann. Die Kabeln der Servomotoren müssen durch die rechteckige Öffnung an der Oberseite von RobCap3V2 geführt werden.

**Abb. 5.23 Rechte Hand Schritt 13****Abb. 5.24 Rechte Hand Schritt 14**

Wenn die Abdeckung auf den Unterarm geschraubt wurde, sollte der Arm der Abbildung zu Schritt 15 gleichen.



Ausbildungsschwerpunkt Informationstechnik

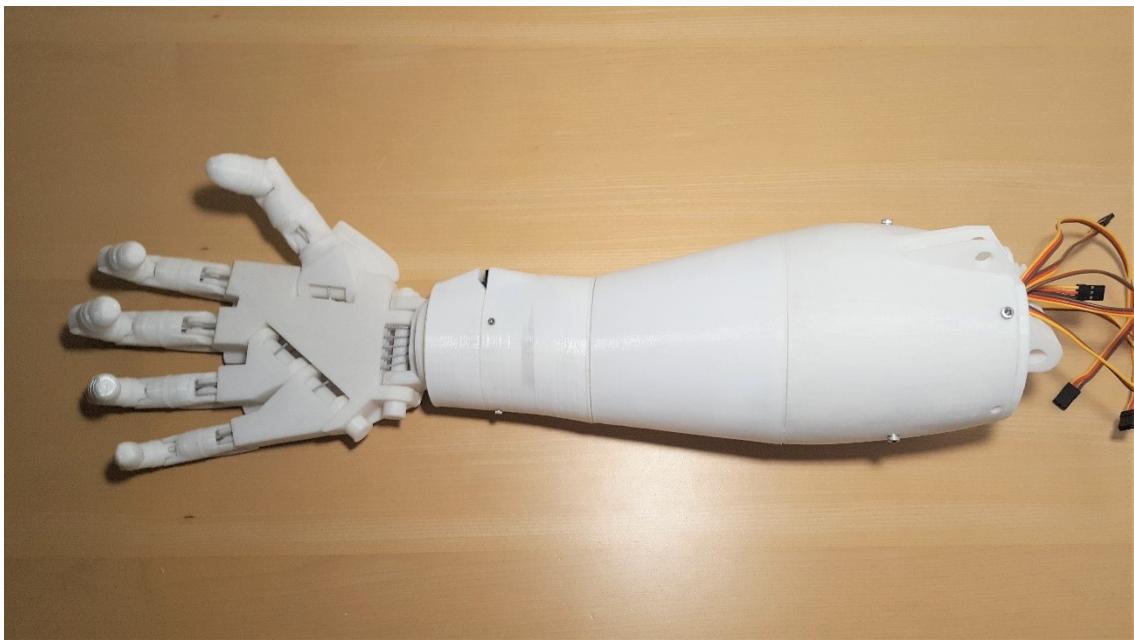
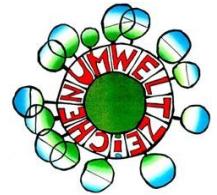


Abb. 5.25 Rechte Hand Schritt 15



5.1.4 Rechter Bizeps

Für den Bau des rechten Bizeps werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|-----|---------------------|------|--------------------------|
| (1) | RotCenterV3 | (9) | HighArmSideV3 (2x) |
| (2) | RotWormV5 | (10) | LowArmSideV1 (2x) |
| (3) | RotGearV6 | (11) | ReinforcerV2 (2x) |
| (4) | RotTitV4 | (12) | SpacerV1 |
| (5) | PivPotentioSquareV3 | (13) | GearPotentioV1 |
| (6) | RotMitV3 | (14) | Servomotor der Art HiTec |
| (7) | PistonBaseAntiV2 | | HS 805 BB (2x) |
| (8) | PistonAntiClockV2 | | |

Damit der Bizeps in der vom Entwickler gewollten Art und Weise funktionieren kann, müssen an den beiden Servomotoren der Art HiTec HS 805 BB, welche in den Oberarm des InMoov Roboters kommen, kleine Änderungen vorgenommen werden. Die Potentiometer der Servos müssen ausgebaut werden und deren Leitungen auf eine Länge von ungefähr 30 Zentimeter erweitert werden. Die Abbildung zu Schritt eins zeigt die Anordnung der Zahnräder im Servomotor. Diese Zahnräder müssen abgenommen werden, damit das Potentiometer entfernt werden kann. Die Platine an der Unterseite des Servos ist direkt mit dem Antrieb verlötet. Diese Lötstellen müssen gelöst werden, damit das Potentiometer im Inneren des Servos erreicht werden kann. In der Abbildung zu Schritt zwei ist zu sehen, wie das Potentiometer nach dieser Modifikation in etwa aussehen sollte.

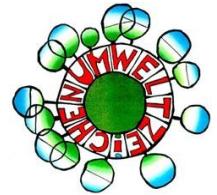


Abb. 5.26 Rechter Bizeps Schritt 1



Abb. 5.27 Rechter Bizeps Schritt 2

Bevor die Zahnräder wieder wie in Schritt eins auf dem Servomotor angebracht werden, muss bei dem größten Zahnrad, der Teil entfernt werden, welcher die Rotation des Servos auf 180 Grad beschränkt, damit eine kontinuierliche Rotation in beide Richtungen möglich ist. In Schritt zwei werden die Teile RotCenterV3, RotWormV5 und



RotGearV6 benötigt. Diese müssen so bearbeitet werden, dass eine reibungslose Bewegung der ineinandergreifenden Gewinde möglich ist.



Abb. 5.28 Rechter Bizeps Schritt 3

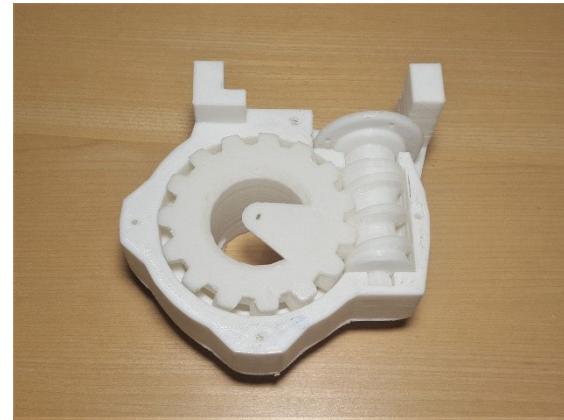


Abb. 5.29 Rechter Bizeps Schritt 4

Sobald eine reibungslose Bewegung möglich ist, kann einer der zuvor bearbeiteten Servomotoren, wie im Bild zu Schritt fünf ersichtlich, angebracht werden, zuvor jedoch sollte RotWormV5 mit dem runden Aufsatz des Servomotors verschraubt werden. Im Bild zu Schritt sechs werden die Teile RotTitV4 sowie PivPotentioSquareV3 miteinander verklebt und anschließend wird das Potentiometer des zuvor verbauten Servomotors, wie auf dem Bild gezeigt, in PivPotentioSquareV3 eingefügt.



Abb. 5.30 Rechter Bizeps Schritt 5



Abb. 5.31 Rechter Bizeps Schritt 6

Im nächsten Schritt kann RotTitV4 mit RotCenterV3 verschraubt werden. Für den Bau der rechten Schulter allerdings, muss dieser Teil später wieder entfernt werden können. Auf der Unterseite des Gebildes sollte als nächster Schritt der Teil RotMitV3 mit dem RotGearV6 verbunden werden. Auch dieser Teil sollte nach Möglichkeit wieder entfernbare sein, da zu einem späteren Zeitpunkt eventuell noch Modifikationen vorgenommen werden könnten.

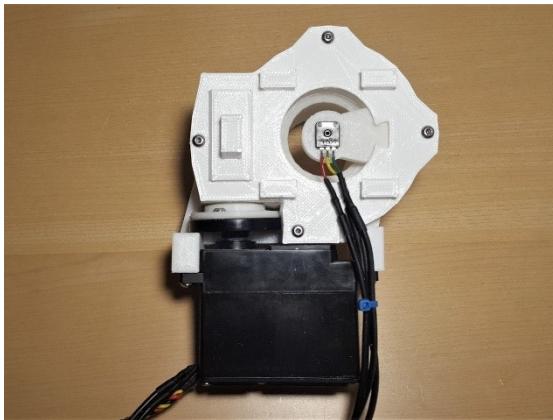


Abb. 5.32 Rechter Bizeps Schritt 7



Abb. 5.33 Rechter Bizeps Schritt 8

Für Schritt neun werden die 3D-gedruckten Teile PistonAntiClockV2 und PistonBaseAntiV2 benötigt. Da diese nach dem Drucken vermutlich noch nicht reibungslos ineinandergreifen, müssen beide Teile bestmöglich bearbeitet werden, um die angezielte Schraubbewegung zu ermöglichen. Allerdings ist das Bearbeiten dieser Teile nur begrenzt möglich, weshalb es einfacher ist, die Teile so lange ineinanderzustecken, bis die erwünschte Bewegung möglich ist. Die Abbildung zu Schritt zehn zeigt eine Konstruktion, für deren Bau die Teile HighArmSideV3, LowArmSideV1 und ReinforcerV2 benötigt werden. Um optimalen Halt zu garantieren, sollten diese Teile miteinander verklebt werden. Dieses Gesamte Gebilde wird für einen Oberarm zwei Mal benötigt.

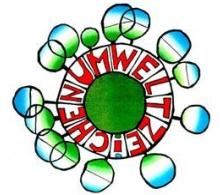


Abb. 5.34 Rechter Bizeps Schritt 9



Abb. 5.35 Rechter Bizeps Schritt 10

Die Konstruktion aus Schritt zehn wird nun, wie in Schritt elf abgebildet auf den Teil RotTitV4 gesteckt, sollte allerdings noch nicht geklebt werden, da dies sonst die Konstruktion der Schulter erschweren würde. Auch die Teile PistonBaseAntiV2 und SpacerV1 können, wie in der zugehörigen Abbildung, auf das Gebilde aus Schritt zehn gesteckte werden. Auch diese Teile sollten nicht geklebt werden. Im nächsten Schritt



wird der zweite Servomotor benötigt, bei dem das Potentiometer ausgebaut wurde. Dieser wird in den Teil ServoHolderV1 gesteckt und an der Unterseite wird der Teil ServoBaseV1 verschraubt. Die Leitungen des Servos sollten wie im Bild zu Schritt zwölf zu erkennen aus dem ServoHolderV1 geführt werden. Auf dem Aufsatz des Servomotors wird PistonAntiClockV2 angeschraubt. Das Ergebnis sollte der Abbildung zu Schritt zwölf gleichen.

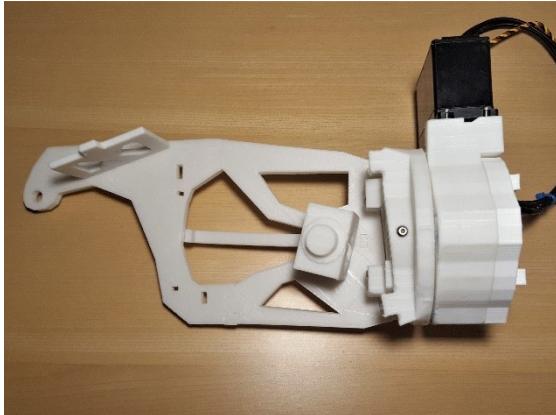


Abb. 5.36 Rechter Bizeps Schritt 11



Abb. 5.37 Rechter Bizeps Schritt 12

Sobald Schritt zwölf erledigt wurde, kann das Potentiometer des verbauten Servomotors wie in der Abbildung zu Schritt 13 zu sehen, am Teil LowArmSideV1 befestigt werden. Das Potentiometer sollte dabei an der Innenseite des Oberarmes angebracht sein. Anschließend kann auf der Spitze des Potentiometers an der Außenseite des Oberarmes der Teil GearPotentioV1 angebracht werden. Zu diesem Zeitpunkt sollte dieses Teil noch nicht verklebt werden.

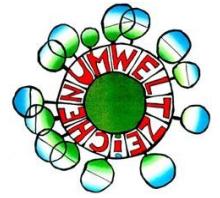


Abb. 5.38 Rechter Bizeps Schritt 13



Abb. 5.39 Rechter Bizeps Schritt 14

Die Konstruktion in Schritt zwölf kann nun, wie in der Abbildung zu Schritt 15 zu erkennen ist, in den Teil PistonBaseAntiV2 gegeben werden. Der fertige Oberarm sollte

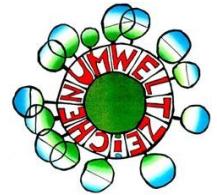


Ausbildungsschwerpunkt Informationstechnik

nun dem abgebildetem Konstrukt im folgenden Bild gleichen. Dieses wird für den Bau der Schultern benötigt und sollte vor deren Konstruktion fertiggestellt werden.



Abb. 5.40 Rechter Bizeps Schritt 15



5.1.5 Rechte Schulter

Für den Bau der rechten Schulter werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|-----|---------------------|------|-----------------------------------------|
| (1) | PivCenterV3 | (8) | PivMitV2 |
| (2) | PivWormV5 | (9) | PivConnectorV1 (2x) |
| (3) | PivGearV6 | (10) | PistonClaviV3 |
| (4) | PivTitV3 | (11) | PivPotHolderSquareV1 |
| (5) | ServoHolderV1 | (12) | 7 – Poliges Bandkabel (2m) |
| (6) | ServoHolsterV1 | (13) | Softairkugeln 6mm |
| (7) | PivPotentioSquareV4 | (14) | Servomotor der Art HiTec HS 805 BB (2x) |

Für den Bau der Schultern werden, genau wie beim Oberarm, zwei Servos der Art HiTec HS 805 BB benötigt, bei denen das Potentiometer freigelegt wurde. Die Leitungen des Potentiometers sollten auch hier eine Länge von ungefähr 30 Zentimetern haben. Im ersten Schritt müssen die Teile PivCenterV3, PivWormV5 und PivGearV6 so präpariert werden, sodass sie, wie auf den Abbildungen zu den ersten beiden Schritten reibungslos ineinander greifen können. Da die Servomotoren, welche in den Schultern verbaut sind einiges an Gewicht bewegen müssen, sollte die Rotationsbewegung sehr leicht in der Ausführung sein. Darum wurden hier Softair Kugeln mit einem Durchmesser von sechs Millimetern verwendet, welche PivGearV6 eine optimale Bewegung ermöglichen. Um die Kugeln an Ort und Stelle zu halten, bis PivGearV6 in PivCenterV3 eingesetzt wird, kann ein rundes Objekt verwendet werden, in Abbildung eins handelt es sich um eine leere Rolle Isolierband. Auch sollte der Runde Aufsatz, welcher den Servomotoren beiliegt, mit PivWormV5 verschraubt werden. Allerdings besteht sehr wenig Platz zwischen dem Aufsatz und den 3D-gedruckten Teilen, weshalb sehr kleine Schrauben von Nöten sind. Alternativ kann der Aufsatz auch mit der Schraube verklebt werden.



Abb. 5.41 Rechte Schulter Schritt 1

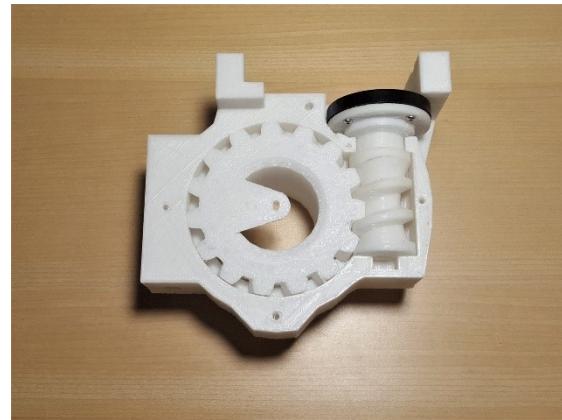


Abb. 5.42 Rechte Schulter Schritt 2

Als nächstes wird der Aufsatz für den Schulterantrieb vorbereitet. Dafür wird zuerst der Teil PivTitV3 hergenommen, in welchen der für das Potentiometer des Servomotors vorgesehene Teil PivPotentioSquareV4 geklebt wird. Zudem werden beide ServoHolderV1 Teile und ServoHolsterV1 benötigt und wie auf dem Bild zu Schritt drei zu sehen auf PivTitV3 angebracht. Eins der ServoHolderV1 Teile kann dabei bereits geklebt werden, allerdings nicht beide, da der Teil ServoHolsterV1 mit dem später darin eingefügtem Servomotor abnehmbar bleiben sollte. Dieser gesamte Teil kann nun mit PivCenterV3 verschraubt werden.

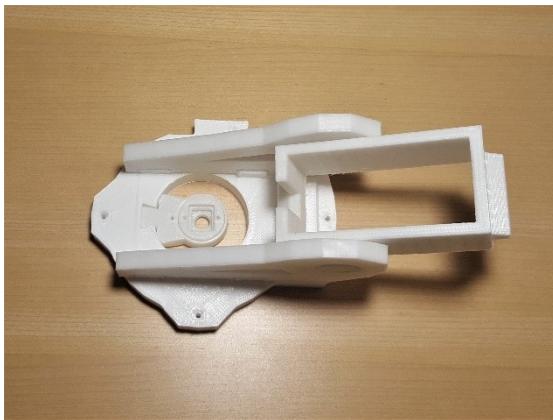


Abb. 5.43 Rechte Schulter Schritt 3

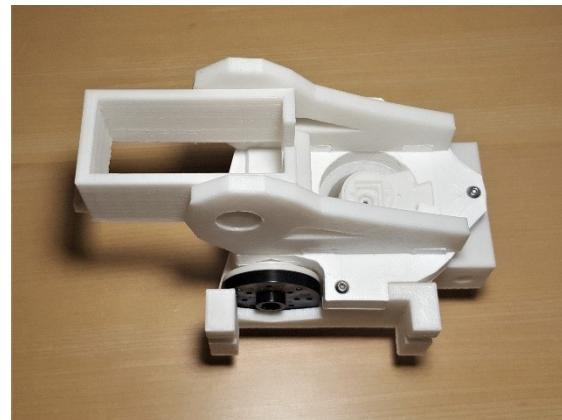


Abb. 5.44 Rechte Schulter Schritt 4

Im Anschluss kann der zugehörige Servomotor mit dem Aufsatz verbunden werden und am Teil PivCenterV3 verschraubt werden. Dabei sollte allerdings ein Kabelbinder wie in der Abbildung zu Schritt fünf um den Servomotor angebracht werden, durch welches später einige Kabel geführt werden. Deshalb ist es wichtig, diesen noch nicht festzuziehen. Dasselbe gilt für den Kabelbinder, welcher in Schritt sechs zu sehen ist. Durch diesen können bereits die Anschlüsse des Servomotors geleitet werden.

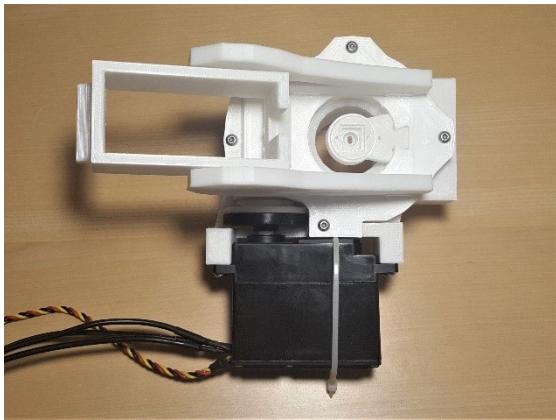


Abb. 5.45 Rechte Schulter Schritt 5



Abb. 5.46 Rechte Schulter Schritt 6

Bevor der Bauprozess fortgesetzt werden kann, müssen zwei 14-Polige Bandkabel vorbereitet werden mit den Längen, welche auf dem Bild zu Schritt sieben erkennbar sind. Ist dies erledigt, können die Bandkabel, wie in der Abbildung zu Schritt acht zu sehen, durch die Kabelbinder geführt werden. Auch jetzt sollten die Kabelbinder noch nicht festgezogen werden.



Abb. 5.47 Rechte Schulter Schritt 7

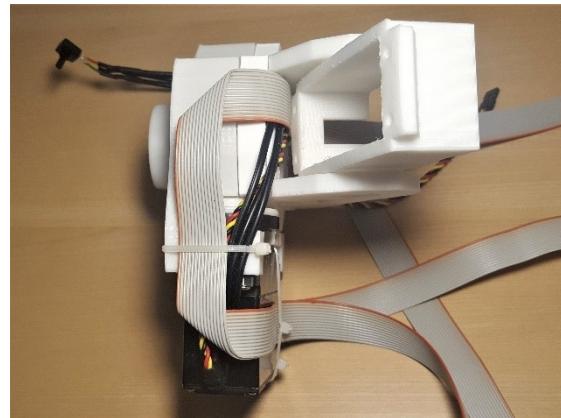


Abb. 5.48 Rechte Schulter Schritt 8

Die Bandkabel und die Zuleitung des Servomotors sollten, wie gezeigt durch den Teil PivGearV6 geleite werden, während die Leitung des Potentiometers für den weiteren Bau nicht mit den anderen Leitungen geführt werden darf. In der Abbildung zu Schritt zehn ist der Teil PivMitV2 zu sehen, welcher eine Rille auf der Unterseite besitzt, in die insgesamt 31 Softair Kugeln mit sechs Millimeter Durchmesser passen. Wie schon zuvor dient dieser Schritt der besseren Beweglichkeit des Gelenks.



Abb. 5.49 Rechte Schulter Schritt 9



Abb. 5.50 Rechte Schulter Schritt 10

PivMitV2 kann nun, mitsamt den Kugeln, mit der restlichen Schulterkonstruktion verbunden werden. Es ist darauf zu achten, den Teil wie in Schritt elf gezeigt zu montieren. Ist dies erledigt, kann das Potentiometer des Servomotors, welcher bereits an der Konstruktion angebracht wurde, wie in der Abbildung zu Schritt zwölf zu sehen, befestigt werden. Die Leitung des Potentiometers kann, wie gezeigt zwischen den ServoholderV1 Teilen verstaut werden.

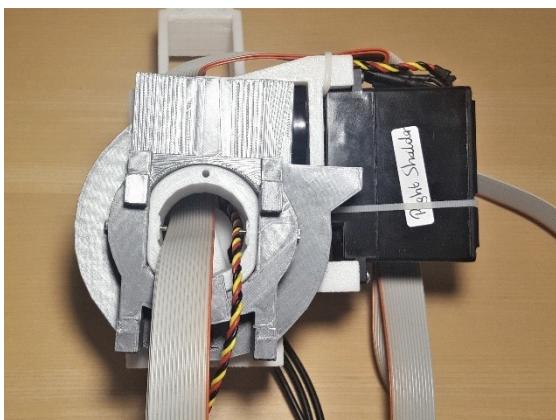


Abb. 5.51 Rechte Schulter Schritt 11



Abb. 5.52 Rechte Schulter Schritt 12

Im nächsten Schritt wird ein Teil des Bizeps benötigt, nämlich RotTitV4. Dieser soll, wie in Schritt 13 zu erkennen, auf PivMitV2 geschraubt werden. Um dafür zu sorgen, dass RotTitV4 in der gewünschten Position verbleibt, werden beide Drucke des Teiles PivConnectorV1, wie auf der Abbildung zu Schritt 14 angebracht. Dabei sollten diese Teile nicht geklebt werden, da dies eventuell auftretende Reparaturarbeiten um einige erschweren würde.

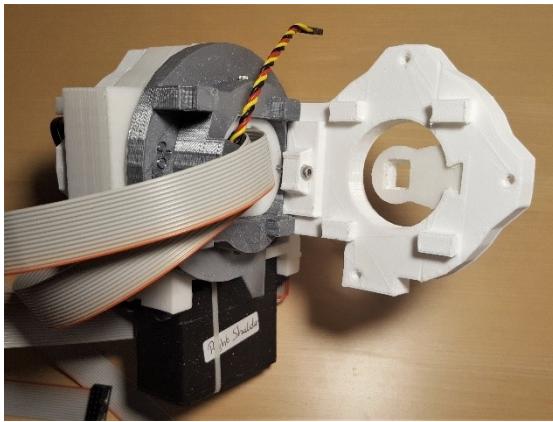


Abb. 5.53 Rechte Schulter Schritt 13

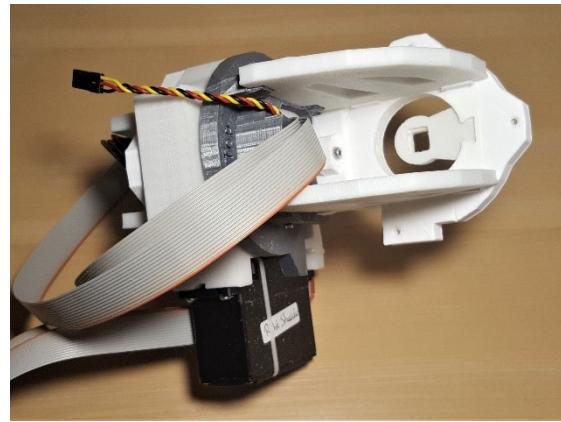


Abb. 5.54 Rechte Schulter Schritt 14

Nun kann bereits der Oberarm, welcher zuvor konstruiert wurde, wieder mit dem Teil RotTitV4 verschraubt werden. Das Drehgelenk des Oberarmes kann, wenn erwünscht, ebenfalls mit einem Kugellager, aus Softair Munition bestehend, ausgestattet werden, dies ist aber nicht von Nöten. Sobald der Bizeps an der Schulter angebracht wurde, können die Leitungen des Oberarmservomotors, wie in Abbildung 16 zu sehen, mit Hilfe von Kabelbindern befestigt werden.

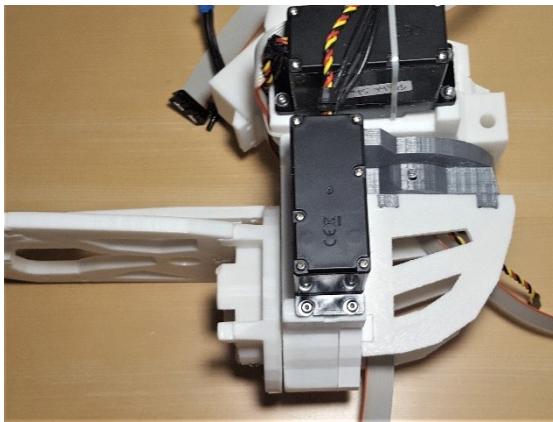


Abb. 5.56 Rechte Schulter Schritt 15

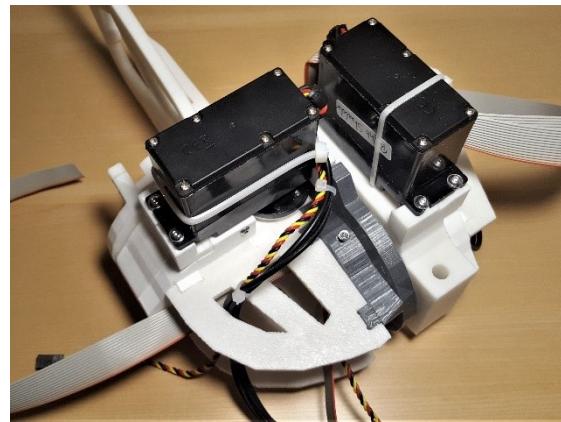


Abb. 5.55 Rechte Schulter Schritt 16

Das Potentiometer des Oberarmservomotors muss nun, wie im folgenden Bild zu Schritt 17 erkennbar ist, in das zuvor festgeklebte Teil PivPotentioSquareV4 eingeführt werden. Die Leitungen des Potentiometers sollten dabei zwischen den Teilen PivConnectorV1 verstaut werden können. In Schritt 18 wird der zweite Servomotor der Schulter in den dafür vorgesehenen ServoHolsterV1 gegeben und festgeschraubt. Anschließend kann bereits der runde Aufsatz des Servos mit eben diesem verschraubt werden.

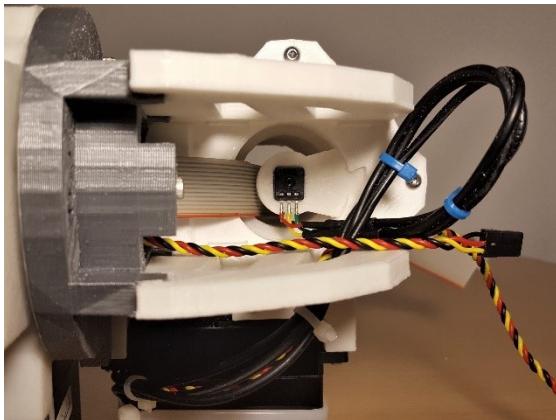


Abb. 5.57 Rechte Schulter Schritt 17

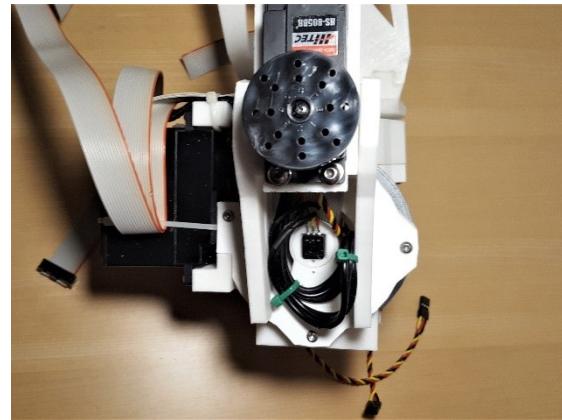


Abb. 5.58 Rechte Schulter Schritt 18

Auf den runden Aufsatz des Servomotors kann nun PistonClaviV3 gegeben werden. Dieser Teil kann mit kleinen Schrauben am Motor befestigt werden, da zwischen dem Aufsatz und dem Gehäuse des Servos genügend Platz besteht. Die Leitung des Potentiometers sollte nun durch die am Servomotor befestigten Kabelbinder geführt werden.

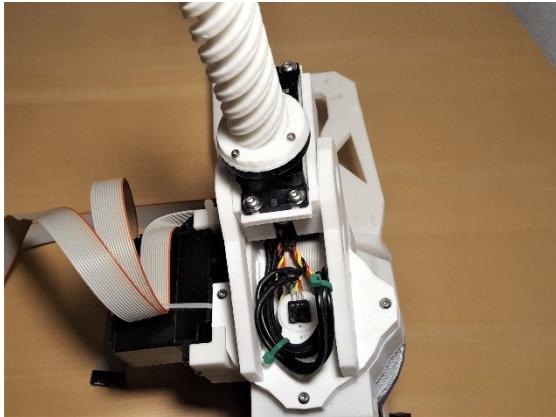


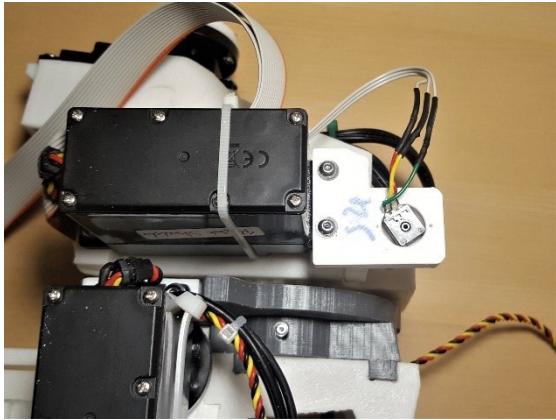
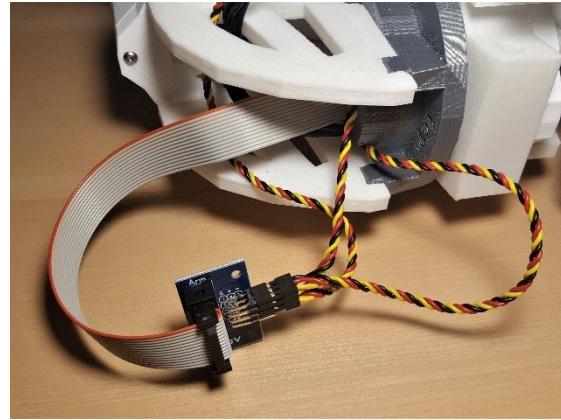
Abb. 5.59 Rechte Schulter Schritt 19



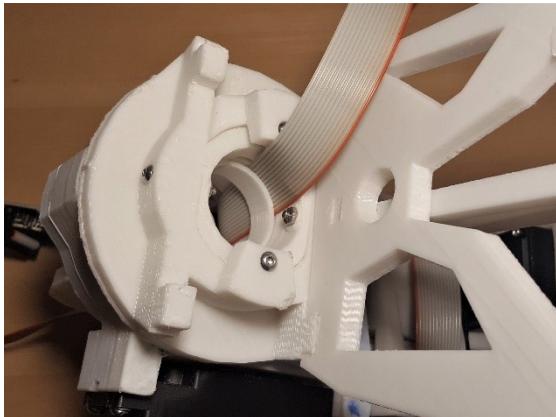
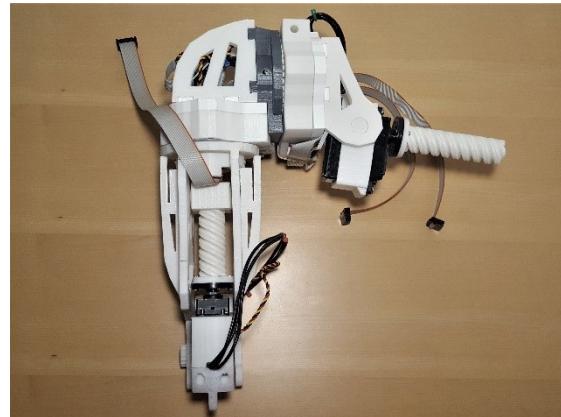
Abb. 5.60 Rechte Schulter Schritt 20

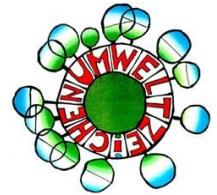
Im folgenden Schritt wird der Teil PivPotHolderV3 an der im Bild zu Schritt 21 gezeigten Stelle festgeschraubt. Nun kann das Potentiometer des zuletzt verbauten Servomotors in dieses Teil eingeführt werden. Dabei muss beachtet werden, das Potentiometer in der gezeigten Position einzubauen. Sobald dies alles erledigt ist, kann der Verbindungsteil des Nervo Boards für den Arm mit dem Bandkabel und den Zuleitungen der Servomotoren verbunden werden. Die Pinbelegung besteht dabei wie folgt:

- Pin 8 → Servomotor des Bizeps
- Pin 9 → Servomotor für die Rotation des Armes
- Pin 10 → Servomotor der Schulter
- Pin 11 → Servomotor im Teil ServoHolsterV1

**Abb. 5.61 Rechte Schulter Schritt 21****Abb. 5.62 Rechte Schulter Schritt 22**

Abschließend sollt noch der Teil RibbonPusherV1 in das Drehgelenk des Oberarmes eingeführt werden, welches das Bandkabel ,das zur Hand führt, an die Innenwand des Gelenks drückt, damit die Schraube des Oberarmes dieses nicht beschädigen kann. Mit erledigen dieses letzten Schrittes ist die Schulter komplettiert, nun müssen die einzelnen Teile des Armes nur noch miteinander verschraubt werden.

**Abb. 5.63 Rechte Schulter Schritt 23****Abb. 5.64 Rechte Schulter Schritt 24**



5.2 Konstruktion des Oberkörpers

Der Oberkörper des InMoov Roboters dient nicht nur als optisches Verschönerungsmittel des Projekts, sondern bietet auch Platz für die Arduinos, die Nervo Boards und die gesamte Verkabelung, welche von den einzelnen Armen und dem Kopf zur Rückseite des Torsos geleitet werden. Auch bietet sich unter der Rückenverkleidung genügend Platz, um eventuell verbaute Batterien und auch einen USB-Hub zu verbauen, welche für eine effiziente Nutzung des Roboter essenziell sind. Im Gerüst des Torsos, sowie in der Brustverkleidung besteht zudem Platz, um eine Kinect Kamera zu befestigen, welches es dem InMoov Roboter ermöglicht, mit Hilfe von Gestensteuerung bedient zu werden. Im Gegensatz zu den relativ einfach zu konstruierendem Gerüst des Torsos, sowie den Verkleidungen der Brust und des Rückens, hält die Bauchregion beziehungsweise die Hüfte des Roboter so manche Herausforderung bereit.

5.2.1 Torso

Für den Bau des Torsos werden folgende Teile benötigt:

(1)	HomPlateBack+V1	(14)	KinectSideHolderV1
(2)	HomePlateBack-V1	(15)	KinectMidFrontV1
(3)	ClaviBackV2 (2x)	(16)	InterKinectSideV1 (2x)
(4)	ClaviFrontV2 (2x)	(17)	InterKinectMidV1 (2x)
(5)	SternumV1	(18)	ChestLowV1 (2x)
(6)	HomLowBack-V1 (2x)	(19)	LowerLowerV1 (2x)
(7)	HomPlateBackLow+V1	(20)	ServoHolsterV1
(8)	HomePlateBackLow-V1	(21)	ThroatHoleV3
(9)	HomLowFront-V1 (2x)	(22)	PistonBaseV6 (2x)
(10)	HomPlateFront+V1	(23)	PistonClaviV3 (2x)
(11)	HomPlateFront-V1	(24)	NeckPistonBaseFrontV1
(12)	KinectSideBackV1 (2x)	(25)	Servomotor der Art HiTec
(13)	KinectMidBackV1		HS 805 BB

Zu Beginn werden die Rücken- und die Brustplatte des InMoov Roboters gebaut. Diese können ausnahmslos miteinander verklebt werden und es besteht keine Notwendigkeit von etwaigen Schrauben. Für den oberen Teil der Rückenplatte werden die Teile HomPlateBack+V1, HomPlateBack-V1, sowie beide Drucke des Teiles ClaviBackV2 benötigt. Diese sollten, wie in der Abbildung zu Schritt eins zu erkennen miteinander verklebt werden. Dabei muss darauf geachtet werden, den Klebevorgang auf einer möglichst ebenen Oberfläche durchzuführen, damit die Platten des Torso keine Krümmung aufweisen. Ist dies geschehen, sollte der Oberteil der Brustplatte konstruiert werden. Für diesen werden die Teile HomPlateFront+V1, HomPlateFront-V1, sowie beide Drucke des Teiles ClaviFrontV2 benötigt. Auch diese sollten so verklebt werden, wie es im Bild zu Schritt zwei zu erkennen ist.

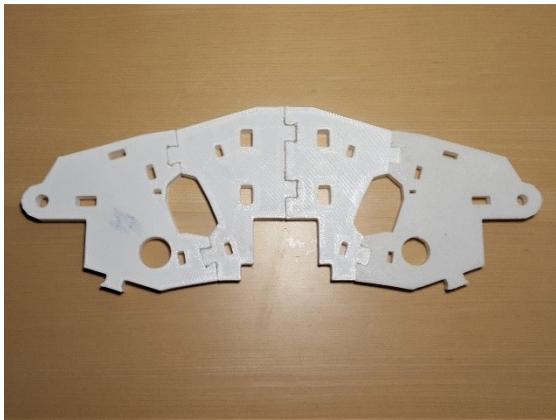
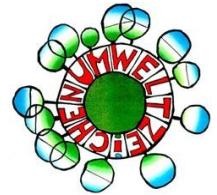


Abb. 5.65 Torso Schritt 1

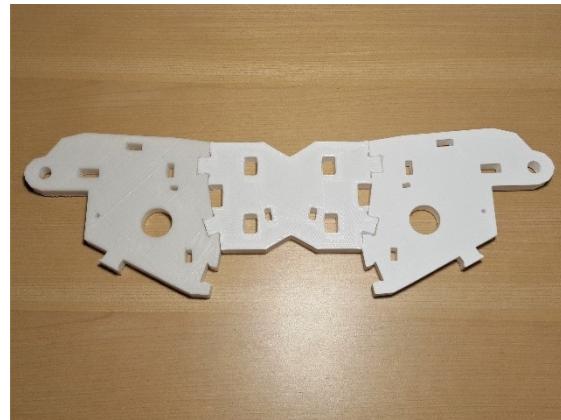


Abb. 5.66 Torso Schritt 2

Weiter geht es mit den Mittelteilen der Platten. Für die Erweiterung der Rückenplatte werden beide Drucke des Teiles HomLowBack-V1, sowie die Teile HomPlateBackLow+V1 und HomPlateBackLow-V1 benötigt, welche, wie auf dem folgenden Bild zu Schritt drei zu erkennen, geklebt werden sollten. In die dadurch entstandene Lücke wird in einem der folgenden Schritten ein Gebilde aus 3D-gedruckten Teilen eingefügt, welches als Halterung für einen Servomotor konstruiert wird. Für die Brustplatte gilt dasselbe, nur mit den Teilen HomPlateFront+V1, HomPlateFront-V1 und den beiden Drucken des Teiles HomLowFront-V1.



Abb. 5.67 Torso Schritt 3

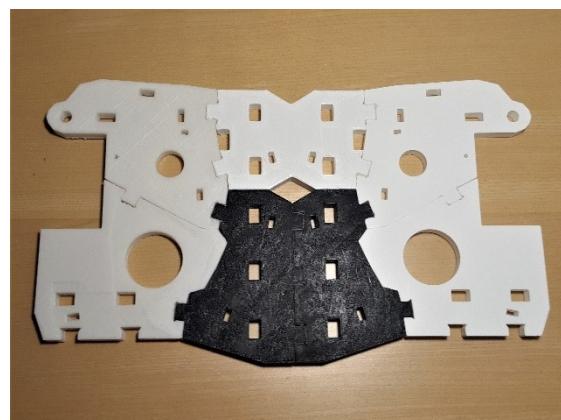


Abb. 5.68 Torso Schritt 4

An die Rückenplatte werden nun die letzten Teile, nämlich KinectMidBackV1, sowie beide Drucke des Teiles KinectSideBackV1 angebracht, genauso, wie in der Abbildung zu Schritt fünf zu sehen. Die Brustplatte wird durch die Teile KinectMidFrontV1, als auch die beiden Drucke des Teiles KinectSideHolderV1 komplettiert, welche, wie im Bild zu Schritt sechs abgebildet, mit den restlichen Teilen verklebt wird. An der sehr markanten Form der Teile des unteren Bereiches der Brustplatte kann man bereits erkennen, dass dort zu einem späteren Zeitpunkt die Kinect Kamera angebracht wird.

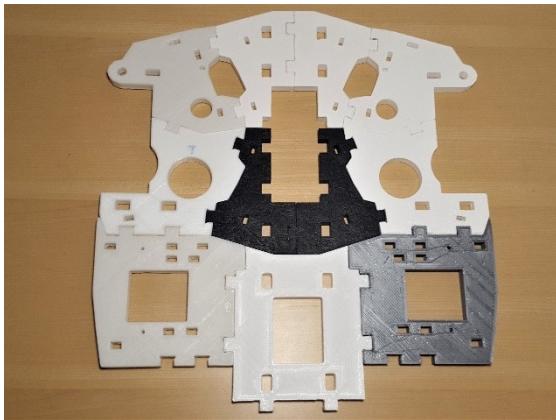


Abb. 5.69 Torso Schritt 5

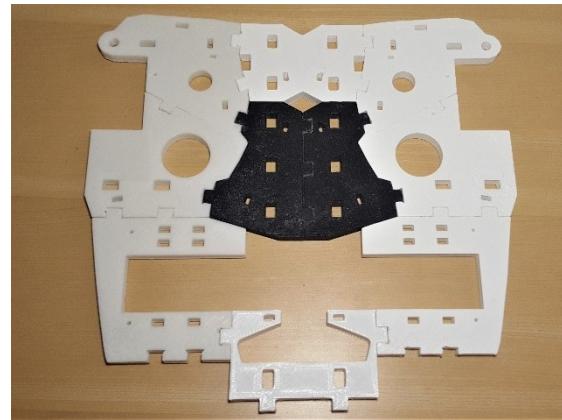


Abb. 5.70 Torso Schritt 6

Um einen bestimmten Abstand zwischen der Rücken- und der Brustplatte zu gewährleisten, werden die Teile ChestLowV1, InterKinectMidV1 und InterKinectSideV1 auf der Rückenplatte angebracht. Die Abbildung zu Schritt acht zeigt eine Konstruktion, welche aus den Teilen ServoHolsterV1 mit einem darin befindlichen Servomotor der Art HiTec HS 805 BB, ThroatHoleV3, sowie zwei Drucken des Teiles ThroatLowerV1 besteht. Der runde Aufsatz des Servomotors sollte dabei genau an den Löchern der ThroatHoleV3 Teile liegen, damit die Rotationsbewegung nicht eingeschränkt wird. Auch wichtig ist es, die Teile nicht zu kleben, da es sonst nicht mehr möglich ist, den Servomotor im Falle eines Defektes zu ersetzen.

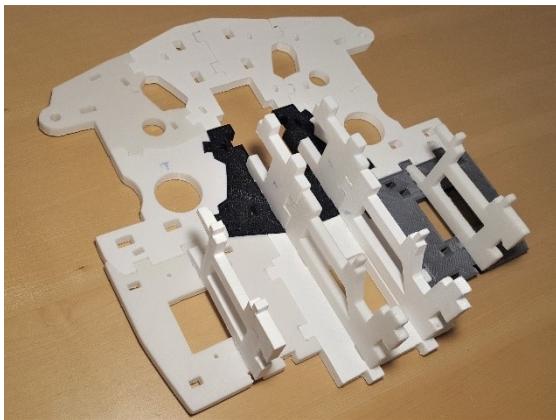


Abb. 5.71 Torso Schritt 7

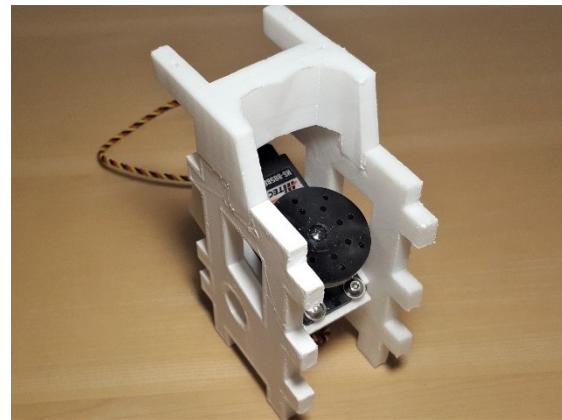
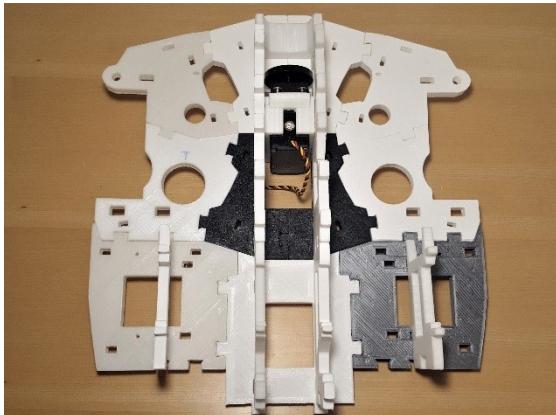
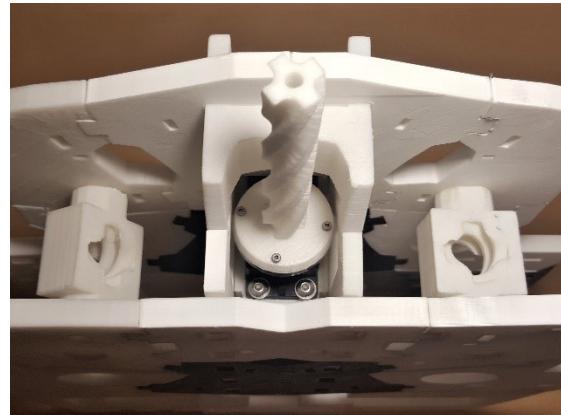


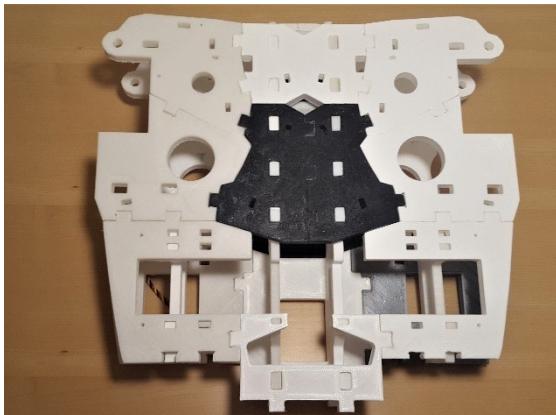
Abb. 5.72 Torso Schritt 8

Der soeben zusammengesetzte Teil wird nun, wie in der folgenden Abbildung zu erkennen ist, auf der Rückenplatte angebracht. Auch hier sollte der Teil nicht geklebt werden, da der Servomotor ansonsten nicht mehr entfernt werden kann, ohne die 3D-gedruckten Teile zu beschädigen. Bevor die Brustplatte auf das gesamte Gebilde gegeben wird, sollten noch die Teile PistonBaseV6 beider Schultern, wie im Bild zu Schritt zehn zu erkennen, angebracht werden. Diese sollten sich frei rotieren lassen, da sie später für die Hebebewegung der Schulter verantwortlich sein werden. Auch sollte an diesem Punkt der Teil ThroatPistonV3 des Halses auf dem runden Aufsatz des Servomotors angebracht werden, da dieser Schritt nicht mehr möglich ist, sobald die

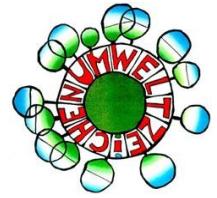
Brustplatte angebracht wird. Besagter Servomotor sollte bereits auf seine Grundstellung von 90° eingestellt werden.

**Abb. 5.74 Torso Schritt 9****Abb. 5.73 Torso Schritt 10**

Abschließend kann nun die Brustplatte angebracht werden. Da die Löcher in den einzelnen Teilen der Brustplatte eindeutig darauf hinweisen, wohin welche Teile kommen, sollte dieser Schritt kein Problem darstellen.

**Abb. 5.75 Torso Schritt 11**

Auf der offiziellen Internetseite des InMoov Roboters wird als nächster Schritt bereits die Rückenverkleidung angebracht, allerdings empfiehlt es sich mit dem Bau dieser zu warten, bis der gesamte Torso zusätzlich der Bauchregion und der Hüfte fertiggestellt wurde, da sonst das Zusammensetzen der einzelnen Teile des Oberkörpers erschwert wird.



5.2.2 Bauchregion und Hüfte

Für den Bau der Bauchregion und der Hüfte werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|------|----------------------|------|------------------------|
| (1) | BotBackLeftV1 | (22) | TStomRotBackV1 |
| (2) | BotBackRightV1 | (23) | TStoFrontStandV2 |
| (3) | BotFrontLeftV1 | (24) | TStomRotFrontV1 |
| (4) | BotFrontRightV1 | (25) | TStomPotHolderSquareV1 |
| (5) | MidWormRightV1 (2x) | (26) | TStomSpacerV1 |
| (6) | StomGearV2 | (27) | TStoMiddleV1 (2x) |
| (7) | BotCapLeftV1 | (28) | TStoPistonLeftV2 |
| (8) | BotCapRightV1 | (29) | TStoPistonRightV2 |
| (9) | MidPotHolderSquareV1 | (30) | TStoBackLeftV1 |
| (10) | HipCoverFrontV1 | (31) | TStoBackRightV1 |
| (11) | TStoLowLeftV1 | (32) | TStoFrontLeftV1 |
| (12) | TStoLowRightV1 | (33) | TStoFrontRightV1 |
| (13) | RollBackLeftV1 | (34) | DiskExternV2 (4x) |
| (14) | RollBackRightV1 | (35) | DiskInternV3 |
| (15) | RollFrontLeftV1 | (36) | DiskUnderV1 |
| (16) | RollFrontRightV1 | (37) | StomSupportLeftV1 |
| (17) | ServoBackV1 | (38) | StomSupportRigtV1 |
| (18) | TStoServoHolsterV2 | (39) | Softair Kugeln 6mm |
| (19) | StoGearAttachV1 | (40) | Servomotoren der Art |
| (20) | TStoBackStandRightV1 | | HitTec 805 BB (4x) |
| (21) | TStoBackStandLeftV1 | | |

Die Bauchregion ist der mit Abstand aufwendigste Teil des Oberkörpers. Im Verlauf der Konstruktion müssen viele Teile passgenau adjustiert werden und auch alle Servomotoren, welche in der Bauchregion beziehungsweise in der Hüfte verbaut sind, müssen modifiziert werden. Als ersten Schritt jedoch sollten die Teile BotBackLeftV1, BotBackRightV1, BotFrontLeftV1 und BotFrontRightV1 wie in der Abbildung zu Schritt eins gezeigt miteinander verklebt werden. Dieser Vorgang sollte so genau wie möglich abgeschlossen werden, da sich die im folgenden Schritt eingesetzten Schrauben MidWormRightV1 reibungslos bewegen lassen sollen. Auch die große Schraube StomGearV2 in der Mitte des Gebildes aus Schritt eins muss sich einwandfrei drehen lassen. In diesem Schritt können auch bereits die runden Aufsätze der beiden Servomotoren, welche in den folgenden Schritten eingesetzt werden, mit den Teilen MidWormRightV1 verklebt werden. Auch mit der zusätzlichen Länge, sollten sich die Teile noch immer reibungslos drehen können.

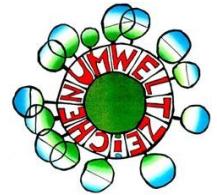


Abb. 5.76 Bauchregion Schritt 1

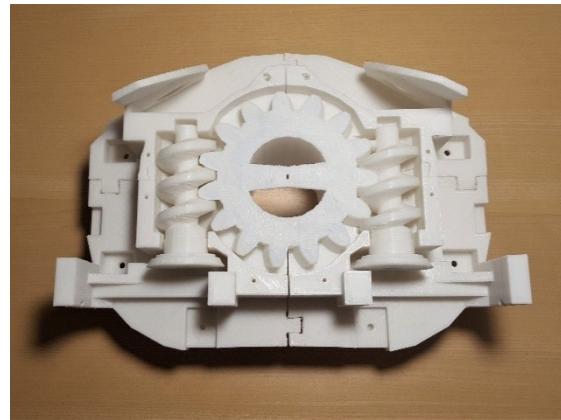


Abb. 5.77 Bauchregion Schritt 2

Für den Aufsatz der unteren Bauchregion werden die beiden Teile BotCapLeftV1 und BotCapRightV1 benötigt. Diese sollten, wie auf dem Bild zu Schritt drei gezeigt, miteinander verklebt werden. Anschließend kann der Aufsatz bereits über die Gewinde gelegt und verschraubt werden. Auch jetzt sollten sich die beiden Teile MidWormRightV1 problemlos drehen lassend.

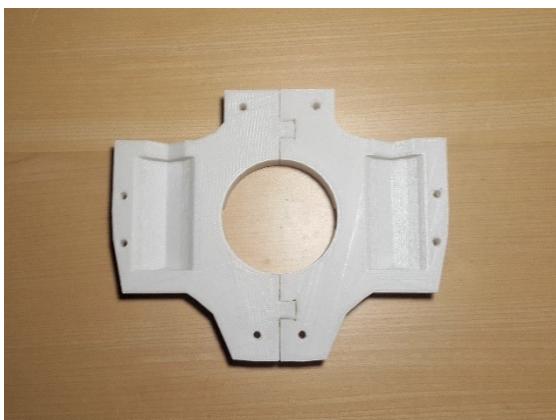


Abb. 5.78 Bauchregion Schritt 3

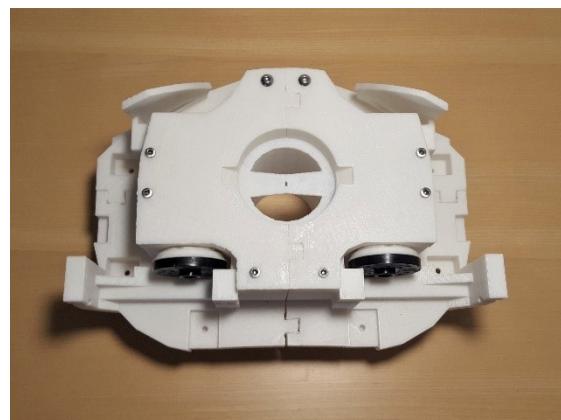
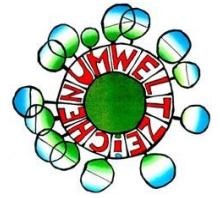


Abb. 5.79 Bauchregion Schritt 4

Im folgenden Schritt werden zwei Servomotoren der Art HiTec HS 805 BB so modifiziert, dass sie ausschließlich über eine Zuleitung versorgt werden müssen. Dies ermöglicht es, die Kraft von zwei Servomotoren synchron zu nutzen, um eine Bewegung auszuführen, für welche sehr viel Kraft aufzuwenden ist. Wie in der Abbildung zu Schritt fünf zu erkennen müssen beide Servos geöffnet werden. Bei einem der beiden Servos kann die Platine samt Potentiometer entfernt und als Ersatzteil aufbewahrt werden. Bei dem zweiten der beiden Servos muss das Potentiometer ebenfalls ausgebaut werden, jedoch sollte dieses nicht zur Gänze entfernt, sondern aus dem Servomotor geleitet werden. Die Leitung des Potentiometers sollte dabei eine Länge von ungefähr 30 Zentimeter aufweisen. Ist dies erledigt, so müssen die beiden Servomotoren mit Hilfe von zwei



flexiblen Leitungen mit einer Fläche von $1,5\text{mm}^2$ verbunden werden. Es muss unbedingt darauf geachtet werden. Die Polarität der beiden Motoren umzukehren, sodass sie sich gegengleich drehen, damit StomGearV2 angetrieben werden kann. Auf der Abbildung zu Schritt fünf wurden Markierungen vorgenommen, welche die zu verbindenden Pole des Motors angeben. Ist dies erledigt, so können die Servomotoren wieder verschlossen und, wie im Bild zu Schritt sechs zu sehen, an der Konstruktion der unteren Bauchregion angebracht werden.

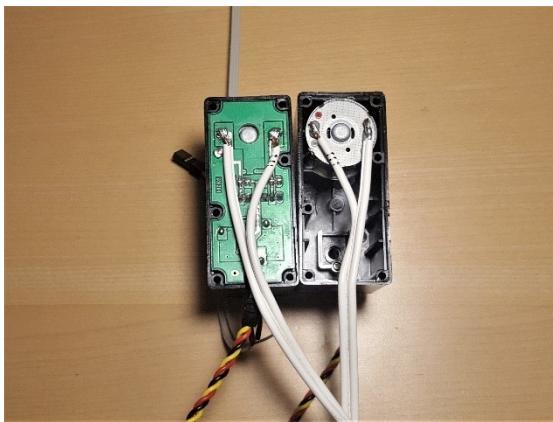


Abb. 5.80 Bauchregion Schritt 5



Abb. 5.81 Bauchregion Schritt 6

Sobald die Servomotoren verschraubt wurden, sollte das Potentiometer wie in der folgenden Abbildung gezeigt in den Teil MidPotHolderSquareV1 eingeführt werden. StomGearV2 muss dabei in der gezeigten Position sein, da dies die 0° Stellung des Potentiometers ist. Nun können die Teile HipCoverFrontV1 an der Vorderseite der Konstruktion angebracht werden.

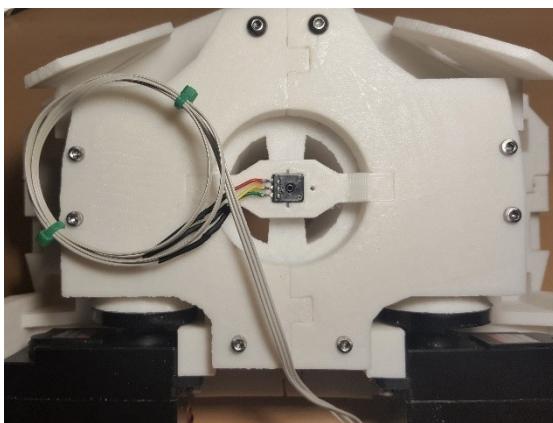


Abb. 5.82 Bauchregion Schritt 7

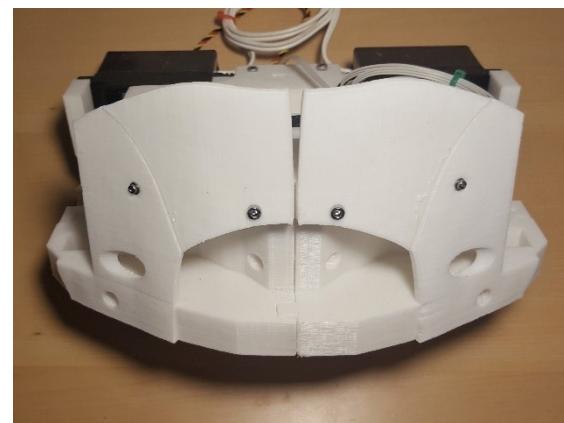
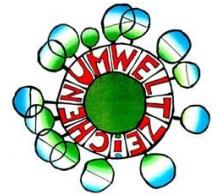


Abb. 5.83 Bauchregion Schritt 8

Um den unteren Teil der Bauchregion zu komplettieren, müssen die beiden Teile TStoLowLeftV1 und TStoLowRightV1 in die dafür vorgesehen Vertiefungen gesteckt werden. Diese Teile werden benötigt, um den Roboter später mit den Beinen zu



verbinden. Sobald der untere Teil der Bauchregion fertiggestellt wurde, kann zum Bau des oberen Teil übergegangen werden. Dafür werden zunächst die Teile RollBackLeftV1, RollBackRightV1, RollFrontLeftV1 und RollFrontRightV1 benötigt, welche, wie in der Abbildung zu Schritt zehn erkenntlich ist, miteinander verklebt werden sollten.

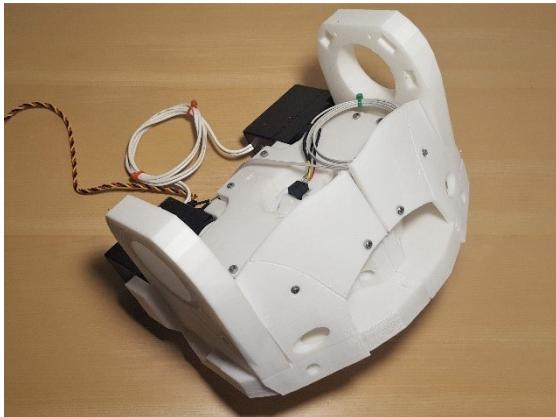


Abb. 5.84 Bauchregion Schritt 9

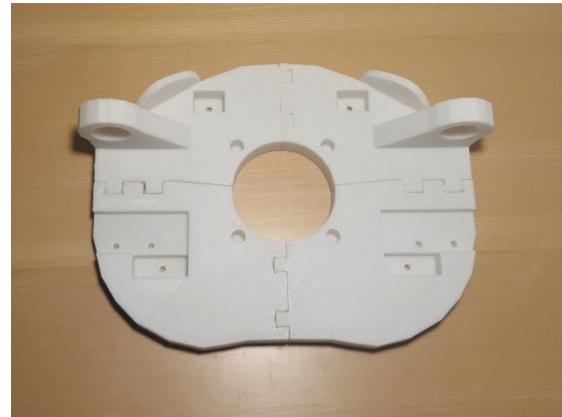


Abb. 5.85 Bauchregion Schritt 10

Im nächsten Schritt sollten die Teile ServoBackV1 und TStoServoHolsterV2, wie auf der folgenden Abbildung zu sehen, auf der Grundplatte, welche zuvor geklebt wurde, angeschraubt werden. Auch für den oberen Teil der Bauchregion werden zwei modifizierte Servomotoren benötigt. Das Prozedere ist dabei dasselbe wie schon bei den Motoren der unteren Bauchregion, allerdings sollte die Polarität dieses Mal nicht umgekehrt werden. Beide Servomotoren sollen sich in die gleiche Richtung drehen, da die beiden Schrauben, welche im späteren Verlauf auf den Servomotoren verbaut werden, in unterschiedliche Richtungen gewunden sind.



Abb. 5.86 Bauchregion Schritt 11

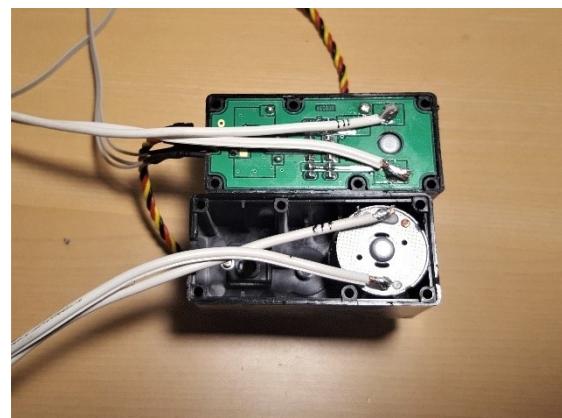
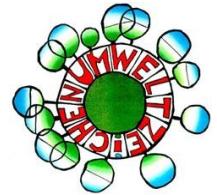


Abb. 5.87 Bauchregion Schritt 12

Wurden die Servomotoren modifiziert, so können diese, wie im Bild zu Schritt 13 erkennbar, in die dafür vorgesehenen Teile TStoServoHolsterV2 gesteckt werden. Falls es zu Problemen bei diesem Schritt kommt, kann die unterseitige Abdeckung der



Servomotoren abgenommen werden, um diese leichter in die Holster zu bekommen. Ist dieser Schritt erledigt, so können die untere und die obere Bauchregion miteinander verbunden werden. Dafür müssen in die Rille auf der Oberseite der unteren Bauchregion Softair Kugeln mit einem Durchmesser von sechs Millimeter gegeben werden.

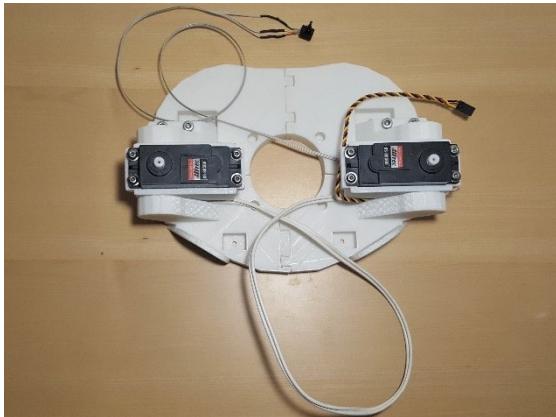


Abb. 5.88 Bauchregion Schritt 13

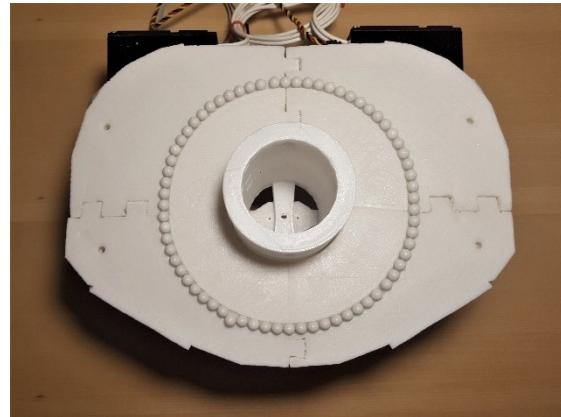


Abb. 5.89 Bauchregion Schritt 14

Nun muss der obere Teil der Bauchregion vorsichtig auf den unteren Teil gegeben werden, ohne dass die Kugeln aus den Rillen springen. Ist dies geschafft, so müssen die Teile fixiert werden, indem der Teil StoGearAttachV1 wie in der folgenden Abbildung zu sehen mit sowohl StomGearV2 als auch der Grundfläche des oberen Teils der Bauchregion verschraubt werden. Nun muss sich um das Verbindungsstück des Torsos mit der Bauchregion gekümmert werden. Dafür werden zuerst die Teile TStoBackStandLeftV1 und TStoBackStandRightV1 miteinander verklebt und anschließend wird, wie in Schritt 16 abgebildet, der Teil TStomRotBackV1 auf die verbundenen Teile gesteckt.

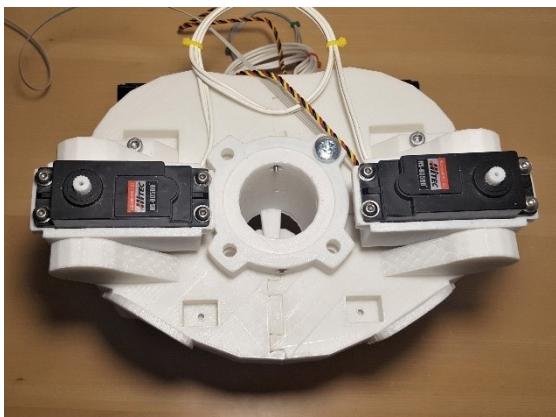
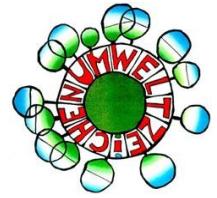


Abb. 5.90 Bauchregion Schritt 15



Abb. 5.91 Bauchregion Schritt 16

Der selbe Vorgang sollte auch mit den Teilen TStoFrontStandV2 und TStomRotFrontV1 durchgeführt werden, wie in der Abbildung zu Schritt 17 erkenntlich ist. Nun muss das



Potentiometer der Servomotoren der oberen Bauchregion mit den Teilen STomPotHolderSquareV1 verbunden werden. Dabei ist es wichtig die annähernde Nullposition während des weiteren Konstruktionsvorganges zu bewahren.



Abb. 5.92 Bauchregion Schritt 17

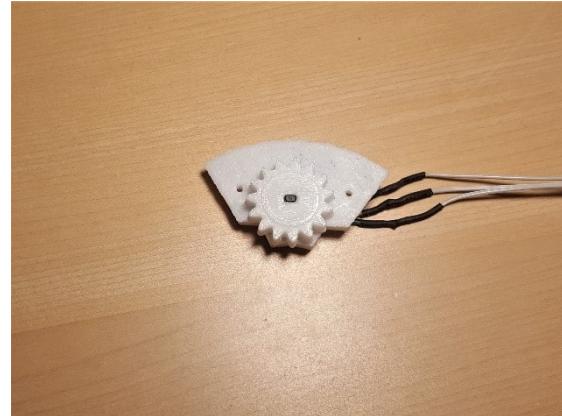


Abb. 5.93 Bauchregion Schritt 18

Nun kann das Potentiometer samt den verbundenen Teilen mit dem Teil TStomSpacerV1 verschraubt werden. Das Zahnrad, welches an der Spitze des Potentiometers befestigt ist, sollte sich dabei ohne Widerstand drehen lassen. Ist dies der Fall, so kann einer der beiden Drucke des Teils TStoMiddleV1 auf die Unterseite von TStomSpacerV1 angebracht werden. Dieser Teil kann geklebt werden, falls er nicht von alleine hält.

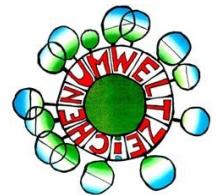


Abb. 5.95 Bauchregion Schritt 19



Abb. 5.94 Bauchregion Schritt 20

Auch der Zweite Druck des Teils TStoMiddleV1 kann nun auf TStomSpacerV1 gegeben werden. Bevor diese mit dem restlichen Torso verbunden werden, sollte sichergestellt werden, dass die Teile TStomRotBackV1 und TStomRotFrontV1 durch die Teile TStoMiddleV1 passen. Im nächsten Schritt sollen die Teile TStoPistonLeftV2 und TStoPistonRightV2 so präpariert werden, dass sie sich leicht drehen lassen. Die beste Methode, um die Schraubbewegung zu gewährleisten ist, das Gewinde und die Schraube immer wieder ineinander zu stecken, bis die Bewegung reibungslos abläuft.



Dieser Vorgang kann per Hand oder mit Hilfe eines Servomotors und eines Arduinos geschehen.

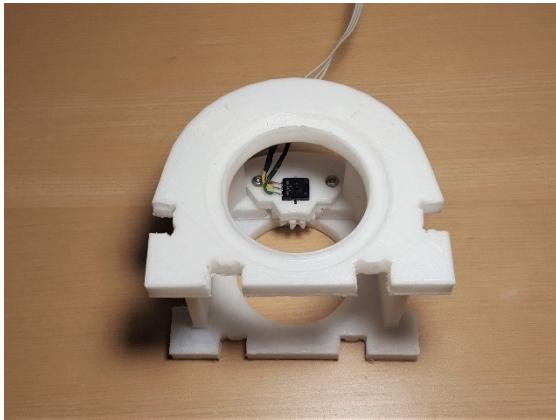


Abb. 5.96 Bauchregion Schritt 21



Abb. 5.97 Bauchregion Schritt 22

Im nächsten Schritt können bereits die Teile TStoBackLeftV1 und TStoBackRightV1 am unteren Teil des Torsos angebracht werden. In die dafür vorgesehenen, runden Vertiefungen sollten auch die zuvor bearbeiteten Teile TStoPistonLeftV2 und TStoPistonRightV2 gesteckt werden. Diese sollten sich frei bewegen lassen, da dies für die reibungslose Bewegung des Oberkörpers sehr wichtig ist.

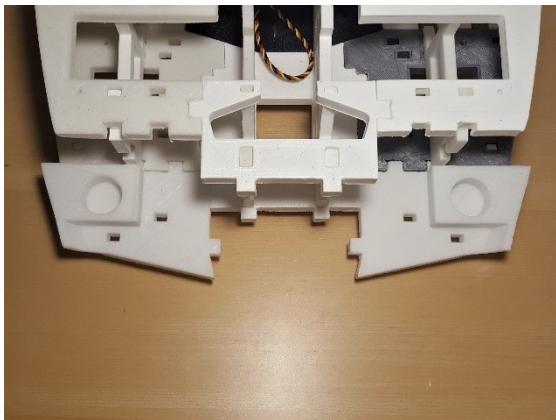


Abb. 5.98 Bauchregion Schritt 23

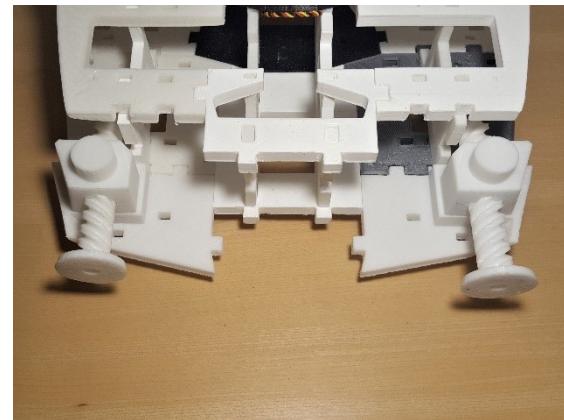


Abb. 5.99 Bauchregion Schritt 24

Ist dies der Fall, so können bereits die Teile TStoFrontLeftV1 und TStoFrontRightV1 am unteren Ende der Brustplatte angebracht werden. Auch hier werden die Außenteile der beiden Schrauben in die dafür vorgesehene Vertiefung gesteckt und sollten sich reibunglos drehen lassen. Ist dieser Schritt geschafft, so sollte als nächstes die zuvor gebaute Konstruktion aus Schritt 21 zur Hand genommen werden und, wie in der Abbildung zu Schritt 26 zu sehen, mit dem unteren Teil des Torsos verbunden werden. Auch bei diesen Teilen empfiehlt es sich, keinen Klebstoff zu verwenden.

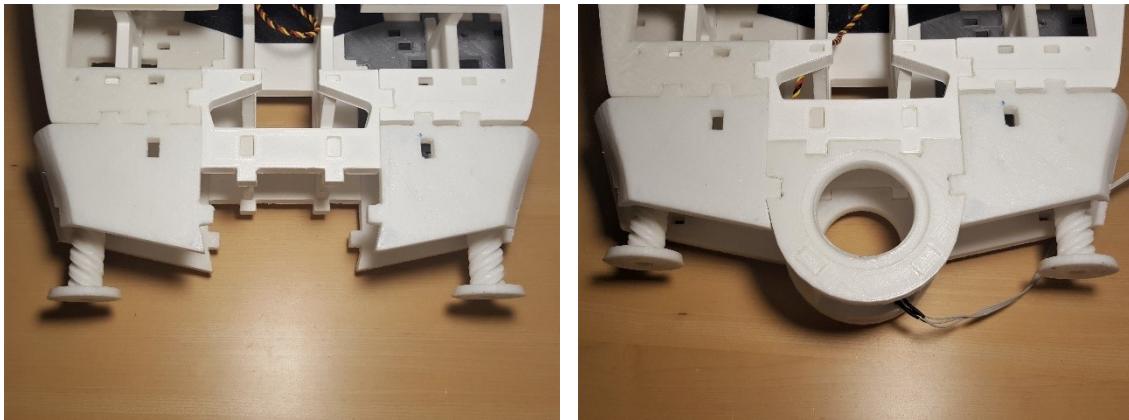
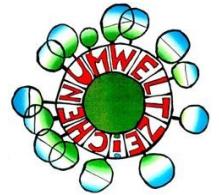


Abb. 5.100 Bauchregion Schritt 25

Abb. 5.101 Bauchregion Schritt 26

Im Gegensatz zu der folgenden Abbildung zu Schritt 28, sollte das Konstrukt mit dem Teil TStomRotBackV1, nicht bereits am oberen Teil der Bauchregion angebracht sein, da dies das Aufsetzen des Torsos auf den unteren Teil des Oberkörpers deutlich erschweren würde. Vielmehr sollten nur Softair Kugeln mit einem Durchmesser von sechs Millimeter in die Rille um das Zentrum des Teils gegeben werden und das gesamte Konstrukt anschließen mit dem unteren Teil der Rückenplatte verbunden werden. Anschließend wird das vordere Konstrukt mit dem Teil TStomRotFrontV1 zur Hand genommen und auf den unteren Teil der Brustplatte gegeben. Auch hier nicht vergessen, Softair Kugeln einzufügen, um eine optimale Bewegung zu ermöglichen. Nun kann der gesamte Oberkörper auf den Unterlaib gegeben werden, wie in der Abbildung zu Schritt 29 deutlich zu erkennen ist.

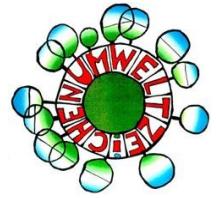


Abb. 5.103 Bauchregion Schritt 28



Abb. 5.102 Bauchregion Schritt 29

Nun müssen lediglich die Teile TStoPistonLeftV2 und TStoPistonRightV2 mit den runden Aufsätzen der Servomotoren verbunden werden. Hierbei spielt es keine Rolle, ob Klebstoff oder Schrauben verwendet werden. Um den Torso und die Schrauben optimal einzustellen, sollte der Verbindungsvorgang geschehen, während der Torso so weit wie



möglich auf eine Seite gelehnt ist. Ist dieser Schritt geschafft, so ist der Oberkörper komplett, mit Ausnahme der Verkleidung. Für die in Schritt 31 gebaute Konstruktion werden alle vier Drucke des Teiles DiskExternV2 und der Teil DiskInternV3 benötigt. Diese sollten wie auf dem Bild zu erkennen miteinander verklebt werden. DiskInternV3 allerdings kann auch gesteckt werden, um einen späteren Austausch des Motives zu ermöglichen.

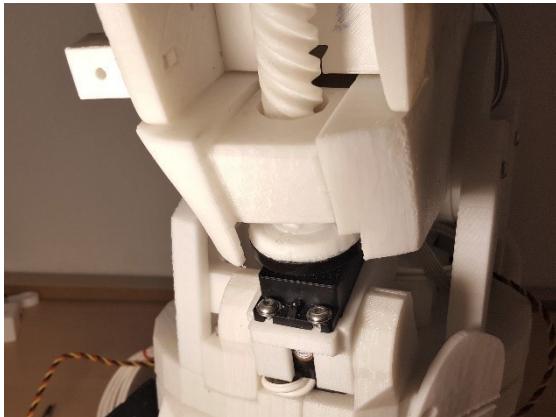


Abb. 5.105 Bauchregion Schritt 30



Abb. 5.104 Bauchregion Schritt 31

Die beiden Teile von DiskUnderV1 sollte, wie in der Abbildung zu Schritt 32 gezeigt, miteinander verklebt werden. Anschließend kann das Konstrukt mit dem oberen Konstrukt der Bauchregion verschraubt werden.



Abb. 5.107 Bauchregion Schritt 32

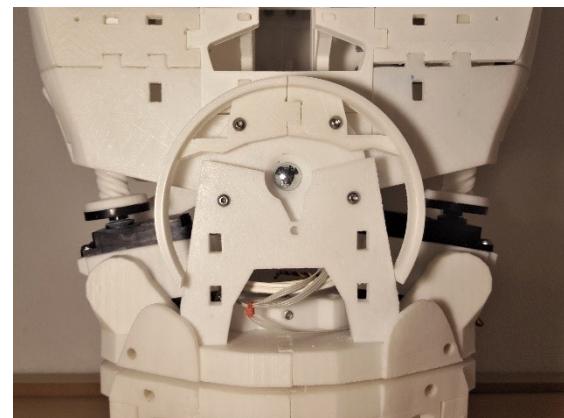


Abb. 5.106 Bauchregion Schritt 33

Abschließend muss die konstruierte Scheibe nur noch auf die Teile DiskUnderV1 geklebt werden. Somit ist die Bauchregion fertiggestellt und es kann zum Bau der Brustbeziehungsweise Rückenverkleidung übergegangen werden. Der in Schritt 35 abgebildete Teil wird nur dann benötigt, wenn keine Beine für das Aufstellen vorhanden sind, da dieses Konstrukt zusätzlichen Halt für den Oberkörper bietet.

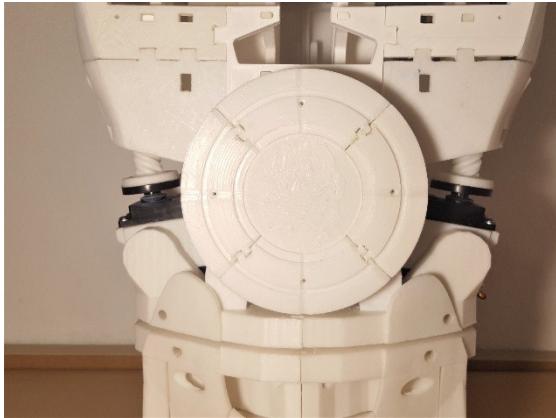
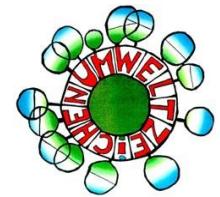


Abb. 5.109 Bauchregion Schritt 34

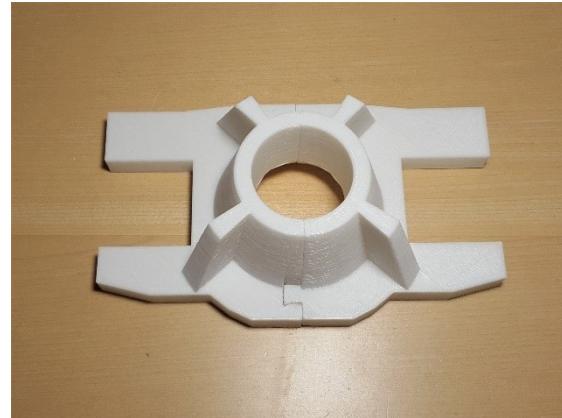
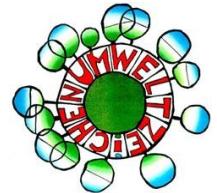


Abb. 5.108 Bauchregion Schritt 35



5.2.3 Brustverkleidung und Kinect

Für den Bau der Brustverkleidung werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|-----|---------------|------|------------------|
| (1) | BottomChestV1 | (7) | ChestTopAttachV1 |
| (2) | MiddleChestV1 | (8) | ChestTopV1 |
| (3) | ChestLeftV1 | (9) | SideRibsCoverV2 |
| (4) | ChestRightV1 | (10) | UnderKinectV1 |
| (5) | InMLeftV1 | (11) | TStomCovLeftV2 |
| (6) | InMRightV1 | (12) | TStomCovRightV2 |

Die Brustverkleidung besteh lediglich aus einigen wenigen Teilen, welche sehr einfach in der Konstruktion sind. Als erstes sollten die Teile BottomChestV1, MiddleChestV1, ChestLeftV1, ChestRightV1, InMLeftV1 und InMRightV1 wie in der Abbildung zu Schritt eins zu sehen auf der Brustplatte des Torsos angebracht werden. Für die Montage von ChestTopV1 werden die Teile ChestTopAttachV1 benötigt.



Abb. 5.110 Brustverkleidung Schritt 1

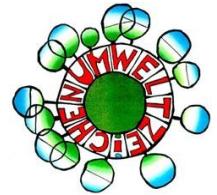


Abb. 5.111 Brustverkleidung Schritt 2

Im nächsten Schritt werden die Teile SideRibsCoverV2 an den Seiten des Torsos, wie im Bild zu Schritt drei zu erkennen, angebracht. Diese Teile besitzen einen mitentworfenen Support, welcher entfernt werden muss, um ein Anbringen zu ermöglichen.



Abb. 5.112 Brustverkleidung Schritt 3



5.2.4 Rückenverkleidung

Für den Bau der Rückenverkleidung werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|------|-------------------------|------|----------------------|
| (1) | BackClaviHolderV2 | (15) | BackCoverBottomMidV2 |
| (2) | ArduinoSupportMega (2x) | (16) | BackCoverLowLeftV1 |
| (3) | BackSideHolderLeftV1 | (17) | BackCoverLowRightV1 |
| (4) | BackSideHolderRightV1 | (18) | BatteryHolderLeftV5 |
| (5) | BackHolderLowLeftV1 | (19) | BatteryHolderRightV5 |
| (6) | BackHolderLowRightV1 | (20) | BackHipsLeftV2 |
| (7) | BackHolderCenterV1 | (21) | BackHipsRightV2 |
| (8) | BackHolderCenterLeftV1 | (22) | BackHipsMidV2 |
| (9) | BackHolderCenterRightV1 | (23) | BackDoorLeftV3 |
| (10) | BackCoverBottomLeftV2 | (24) | BackDoorRightV3 |
| (11) | BackCoverBottomRightV2 | (25) | BackDoorClipV1 |
| (12) | BackCoverTopLeftV3 | (26) | BatteryPusherV1 |
| (13) | BackCoverTopRightV3 | (27) | BackPowerV1 |
| (14) | BackCoverTopMidV2 | | |

Unter der Rückenverkleidung läuft die gesamte Elektronik des InMoov Roboters auf einen Ort zusammen. Hier liegt sozusagen die Schaltzentrale. Als erste Schritt werden die beiden Teile BackClaviHolderV2, wie in der Abbildung zu Schritt eins ersichtlich, an den oberen Seiten der Rückenplatte angebracht. Auch die beiden Drucke des Teiles ArduinoSupportMega können bereits angeklebt werden. Allerdings sollten diese, anders als in Schritt zwei erkenntlich, weiter von der Mitte der Rückenplatte entfernt platziert werden, damit spätere Teile problemlos verbaut werden können.



Abb. 5.113 Rückenverkleidung Schritt 1

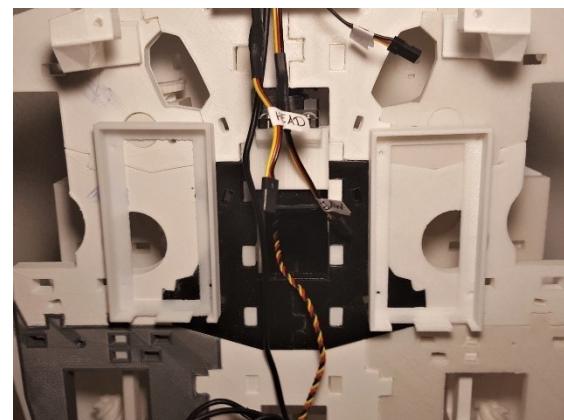
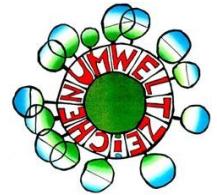


Abb. 5.114 Rückenverkleidung Schritt 2

Im nächsten Schritt werden an den Seiten der Rückenplatte die beiden Teile BackSideHolderLeftV1 und BackSideHolderRightV1 angebracht, wie in Schritt drei zu



sehen. In der Abbildung zu Schritt vier kann erkannt werden, an welche Positionen die beiden Teile BackHolderLowLeftV1 und BackHolderLowRightV1 angebracht werden sollten.

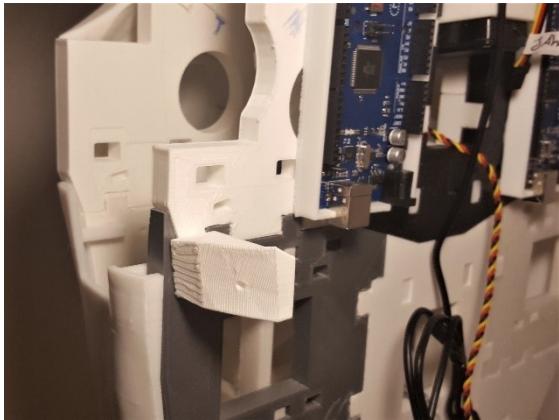


Abb. 5.115 Rückenverkleidung Schritt 3



Abb. 5.116 Rückenverkleidung Schritt 4

Die Konstruktion, welche in der Abbildung zu Schritt fünf zu sehen ist, besteht aus den Teilen BackHolderCenterV1, BackHolderCenterLeftV1 und BackHolderCenterRightV1. Diese müssen gemäß dem Bild miteinander verklebt werden. Anschließend kann das Konstrukt wie in Schritt sechs auf der Rückenplatte angebracht werden. Sind die Teile ArduinoSupportMega weit genug vom Zentrum der Rückenplatte entfernt, so kann das Konstrukt gesteckt und muss nicht geklebt werden.

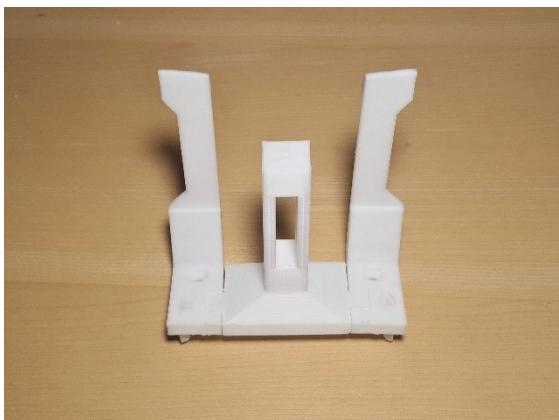


Abb. 5.117 Rückenverkleidung Schritt 5

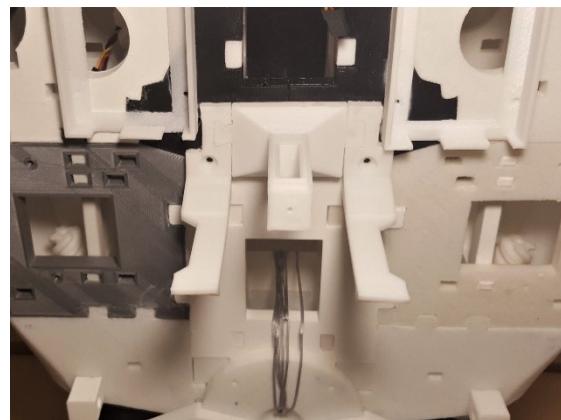
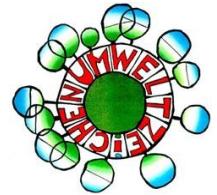


Abb. 5.118 Rückenverkleidung Schritt 6

Der obere Teil der Rückenabdeckung besteht aus den Teilen BackCoverBottomLeftV2, BackCoverBottomRightV2, BackCoverBottomMidV2, BackCoverTopLeftV3, BackCoverTopRightV3 und BackCoverTopMidV2. Diese sollten, wie in der folgenden Abbildung zu Schritt sieben zu erkennen, verklebt werden und anschließend auf die Rückenplatte und die bereits angebrachten Teile zu schrauben. An der Unterseite der bereits angebrachten Rückenverkleidung sollen nun die Teile BackCoverLowLeftV1 und



BackCoverLowRightV1 angebracht werden. Diese benötigen zwei Schrauben, um genügend Halt zu haben.

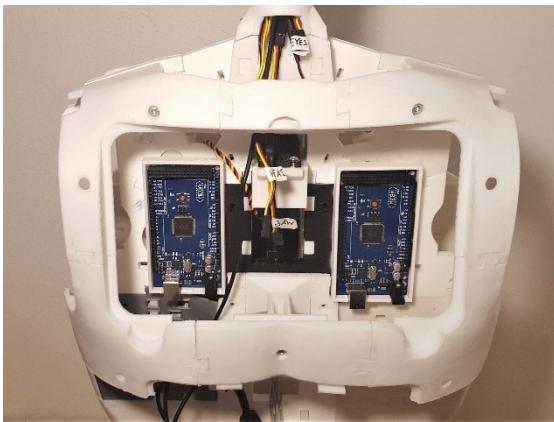


Abb. 5.119 Rückenverkleidung Schritt 7



Abb. 5.120 Rückenverkleidung Schritt 8

Nun können an der Position, welche auf der Abbildung zu Schritt neun zu erkennen ist, der Teil BatteryHolderLeftV5 angebracht werden. Auf der rechten Seite der Rückenplatte soll der Teil BatteryHolderRightV5 gespiegelt angebracht werden. Nun können die letzten Teile der Rückenverkleidung, nämlich BackHipsLeftV2, BackHipsRightV2 und BackHipsMidV2, an die bereits verschraubten Teile angebracht werden. Das Ergebnis kann in der Abbildung zu Schritt zehn betrachtet werden.



Abb. 5.122 Rückenverkleidung Schritt 9



Abb. 5.121 Rückenverkleidung Schritt 10

Nun muss lediglich noch die Abdeckung gebaut werden, welche als Tür für die Rückenverkleidung fungiert. Die beiden Teile BackDoorLeftV3 und BackDoorRightV3 müssen mit der Hilfe des Teiles BackDoorClipV1 miteinander verschraubt werden. An den Innenseiten der Türseiten sollten beide Drucke des Teiles BatteryPusherV1 angeklebt werden. Um ein einfaches Abnehmen der Tür zu ermöglichen, muss abschließend der Teil BackPowerV1 in die dafür vorgesehene Vertiefung gesteckt werden.

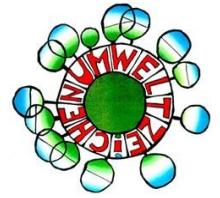


Abb. 5.123 Rückenverkleidung Schritt 11

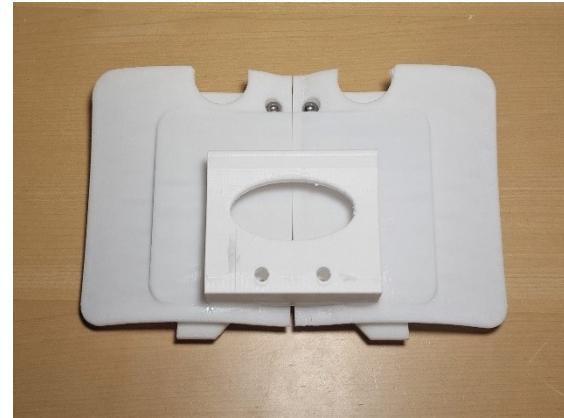
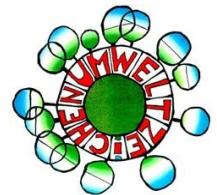


Abb. 5.124 Rückenverkleidung Schritt 12

Sobald die Abdeckung in die Rückenverkleidung eingesetzt wurde, sollte die Rückseite des Roboters der Abbildung zu Schritt 13 gleichen.



Abb. 5.125 Rückenverkleidung Schritt 13



5.3 Konstruktion des Kopf

Der Kopf des InMoov Roboters ist der Zentrale Blickfang des gesamten Projekts, da er durchaus sehr menschliche Züge besitzt. Die Konstruktion dieses Körperteils ist dabei vergleichsweise simpel und es besteht der große Vorteil, dass keiner der Servomotoren, welche im Kopf verbaut werden, irgendeine Art Modifizierung benötigt.

5.3.1 Genick und Hals

Für den Bau des Genicks und des Halses werden folgende Teile benötigt:

(1)	MainGearV2	(12)	NeckV1
(2)	NeckHingeV2	(13)	ThroatPistonBaseV3
(3)	GearHolderV2	(14)	ThroatHolderV2
(4)	ServoGearV2	(15)	JawSupportV1
(5)	RingV2	(16)	JawV4
(6)	FaceHolderV4	(17)	TopMouthV4
(7)	LowBackV5	(18)	SideHearV4
(8)	JawHingeV1	(19)	Servomotor der Art HiTec
(9)	JawPistonV1		HS 805 BB
(10)	SkullServoFixV1	(20)	Servomotor der Art HK
(11)	JawHingeV3		15298 B

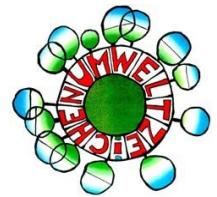
Die in diesem Schritt konstruierte Version des Halses entspricht der Urversion des InMoov Halses. Zum Zeitpunkt des Aufbaus des Roboters war bereits eine aktualisierte Version des Halses verfügbar, welche aus Zeitgründen allerdings nicht realisiert wurde. Am Beginn des Konstruktionsvorganges des Halses, werden die beiden Teile MainGearV2 und NeckHingeV2 benötigt, welche, wie in der Abbildung zu Schritt eins zu sehen, miteinander verschraubt. Anschließen sollen die beiden Teile GearHolderV2 und ServoGearV2 miteinander verbunden werden, indem der runde Aufsatz eines Servomotors der Art HiTec HS 805 BB am Ende des Teils ServoGearV2 angebracht wird.



Abb. 5.126 Nacken und Hals Schritt 1



Abb. 5.127 Nacken und Hals Schritt 2



Nun kann bereits der Servomotor mit dem runden Aufsatz verbunden und am Teil GearHolderV2 verschraubt werden. Auch das in Schritt eins abgebildete Konstrukt kann nun mit Hilfe des Teiles RingV2 an der Konstruktion befestigt werden. Die Gewinde sollten dabei in der Lage sein, sich reibungslos zu drehen.



Abb. 5.128 Nacken und Hals Schritt 3



Abb. 5.129 Nacken und Hals Schritt 4

Auf der Rückseite der Konstruktion aus Schritt vier kann bereits der Teil LowBackV5 angeschraubt werden, welcher den Hinterkopf des Roboters darstellt. An der Vorderseite müssen die beiden Teile FaceHolderV4 verklebt werden. Für den Servomotor, welcher für die Bewegung des Unterkiefers zuständig ist, muss dafür gesorgt werden, dass die beiden Teile JawHingeV1 und JawPistonV1 reibungslos ineinander gesteckt werden können. In der Ausgangsstellung sollte der Teil JawHingeV1 genau einen Zentimeter vom Kopf der Schraube entfernt sein.



Abb. 5.130 Nacken und Hals Schritt 5



Abb. 5.131 Nacken und Hals Schritt 6

Anschließend kann bereits der Servomotor der Art HK 15298 B zur Hand genommen werden, auf dessen runden Aufsatz nun das Konstrukt aus Schritt sechs geschraubt werden soll. Die im Bild zu sehende 90° Stellung des Teiles JawHingeV1 ist dabei anzustreben, ohne dass der Abstand zwischen dem Kopf der Schraube und dem Teil

JawHingeV1 verändert wird. Auf den Unterteil des Kopfes und über den Servomotor kann nun der Teil SkullServoFixV1 gegeben werden. Anders als im Bild zu Schritt acht zu erkennen, sollte der Teil zu diesem Zeitpunkt noch nicht verschraubt werden.



Abb. 5.132 Nacken und Hals Schritt 7

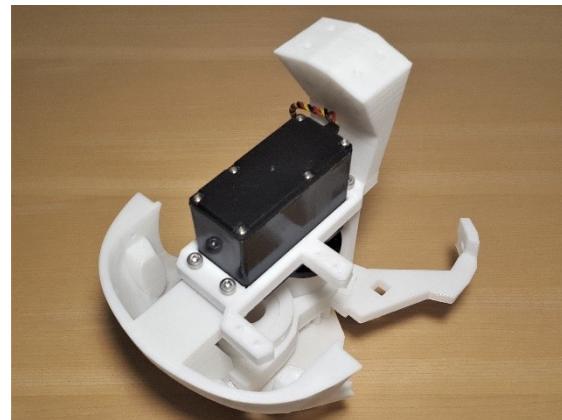


Abb. 5.133 Nacken und Hals Schritt 8

Auf die Teile FaceHolderV4 sollten nun die Teile HawHingeV3 geklebt werden, wie in Schritt neun gezeigt. Nun kann bereits der Servomotor, welcher in den vorherigen Schritten bearbeitet wurde, an die dafür vorgesehene Stelle des Teiles SkullServoFixV1 geschraubt werden. Der Aufsatz des Servomotors sollt durch den Schädel geführt werden, wie in der Abbildung zu Schritt zehn erkennbar.



Abb. 5.135 Nacken und Hals Schritt 9

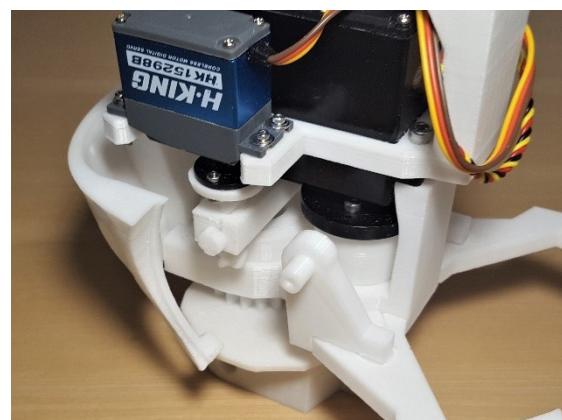
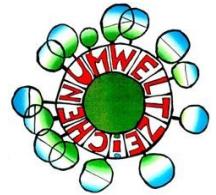


Abb. 5.134 Nacken und Hals Schritt 10

An der Unterseite des Schädels können nun die beiden Teile NeckV1 und ThroatPistonBaseV3 angebracht werden. Diese werden mit den Stiften NeckBoltsV2 befestigt, allerdings muss darauf geachtet werden, dass sich diese beiden Teile frei bewegen lassen, da diese später für die Bewegung des Kopfes zuständig sein werden. Auf die Rückseite des Torso kann nun auf die Vorstehenden Stifte des Teiles ThroatHoleV3 der Teil ThroatHolderV2 gesteckt werden. Falls dieser Teil nicht von selbst



hält, kann Klebstoff verwendet werden. Auf diesen Teil soll in den nächsten Schritten NeckV1 angeschraubt werden.



Abb. 5.136 Nacken und Hals Schritt 11

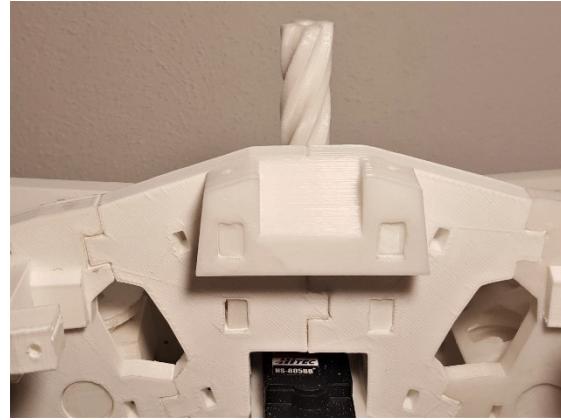


Abb. 5.137 Nacken und Hals Schritt 12

Der gesamte Kopf soll nun so auf den Torso gesetzt werden, das der Blick gerade nach vorne gerichtet ist. Außerdem muss der Servomotor in dieser Position auf exakt 90° eingestellt sein, damit sich der Kopf sowohl senken als auch heben lässt. Im folgenden Schritt kann bereits der Unterkiefer zusammengebaut werden. Dieser besteht aus den Teilen JawSupportV1 und JawV4, welche so verschraubt werden müssen, wie in der Abbildung zu Schritt 14 erkennbar.

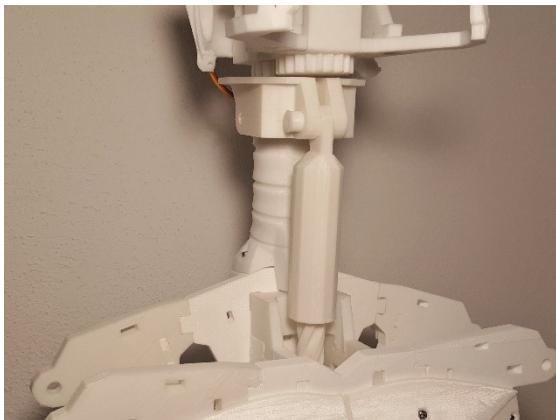


Abb. 5.138 Nacken und Hals Schritt 13



Abb. 5.139 Nacken und Hals Schritt 14

Beim Anbringen des Unterkiefers muss der Kopf bis zum Anschlag angehoben werden, um den Vorgang so einfach wie möglich zu gestalten. Normalerweise sollten die Teile JawSupportV1 von alleine an den vorgesehenen Stellen bleiben. Ist dies nicht der Fall, so kann auch Klebstoff zu Hilfe genommen werden. Anschließend kann der Teil des Gesichtes konstruiert werden, auf welchen später der Augenmechanismus aufgesetzt wird. Dieses Konstrukt besteht aus den Teilen TopMouthV4 und SideHearV4, welche, wie in der Abbildung zu Schritt 16 zu sehen, miteinander verschraubt werden sollten.

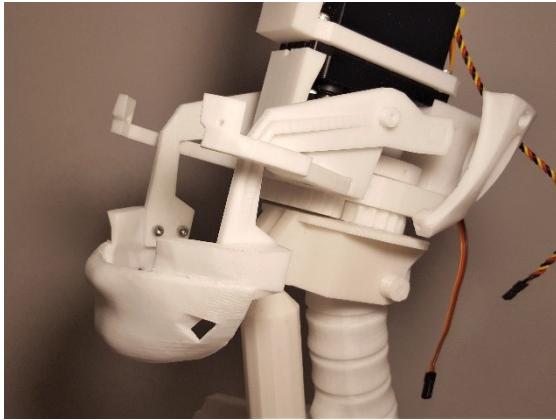
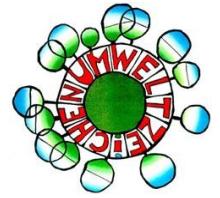


Abb. 5.140 Nacken und Hals Schritt 15

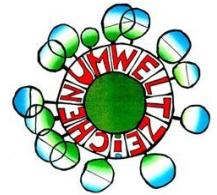


Abb. 5.141 Nacken und Hals Schritt 16

Abschließend soll der zuvor konstruierte Teil auf den Kopf gesetzt werden und mit dem Hinterkopf verschraubt werden.



Abb. 5.142 Nacken und Hals Schritt 17



5.3.2 Augenmechanismus

Für den Bau des Augenmechanismus werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|-----|------------------------------------|------|--------------------------------------|
| (1) | EyeGlassV4 | (7) | EyePlateRightV1 |
| (2) | EyeToNoseV5 | (8) | EyeHolderV1 |
| (3) | EyeSupportV5 | (9) | EyeHingeCurveV1 |
| (4) | EyeBallSupportLifeCamHdLe
ftV1 | (10) | EyeHingeV2 (2x) |
| (5) | EyeBallSupportLifeCamHdRi
ghtV1 | (11) | 2xEyeBallFullV2 |
| (6) | EyePlateLeftV1 | (12) | Microsoft LifeCam HD 3000 |
| | | (13) | Servomotor der Art DS 929
HV (2x) |

Als ersten Schritt sollten die beiden Teile EyeGlassV4 und EyeToNoseV5 zur Hand genommen werden. Diese müssen, wie in der Abbildung zu Schritt eins gezeigt, so ineinander gesteckt werden, sodass sie sich leicht bewegen lassen. Nachfolgend können an die in Schritt zwei zu sehenden Stellen des Teiles EyeSupportV5 Schrauben eingefügt werden. Dieser Schritt erleichtert den weiteren Bau des Augenmechanismus ungemein.

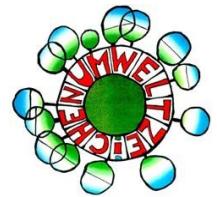


Abb. 5.143 Augenmechanismus Schritt 1



Abb. 5.144 Augenmechanismus Schritt 2

Nun muss die Microsoft LifeCam HD 3000, welche im folgenden Bild zu sehen ist, leider zerlegt werden, da sie ansonsten keinen Platz im sehr begrenzten Raum des Schädel hättet. Darum müssen zuerst die beiden Schrauben an der Hinterseite des Kameragehäuses entfernt werden. Diese können erreicht werden, indem die Kunststoffhalterung bis zum Anschlag zur Seite gedreht wird. Sobald das Gehäuse geöffnet ist, müssen nur noch zwei Schrauben von der Platine gelöst werden. Da das Gehäuse nicht mehr benötigt wird, ist es nicht schlimm, wenn dieses beim Ausbauprozess zerstört wird. Ist das Innenleben der Kamera freigelegt, so sollte es, wie



in der Abbildung zu Schritt vier erkenntlich, auf dem Teil EyeBallSupportLifeCamHDLeftV1 angebracht werden.



Abb. 5.145 Augenmechanismus Schritt 3



Abb. 5.146 Augenmechanismus Schritt 4

Sobald die Kamera befestigt wurde, kann der Teil, auf dem sie angebracht ist, mit dem EyeSupportV5 verschraubt werden. Der Teil sollte sich allerdings noch etwas bewegen können, damit später eine realistische Augenbewegung nachgeahmt werden kann. Im Anschluss können die beiden Servomotoren der Art DS 929 HV am Teil EyeSupportV5 angebracht werden. Der Aufsatz des Servomotors, welcher in Schritt sechs verschraubt wird, sollte in der Grundstellung des Servos, welche 90° beträgt, gerade nach oben zeigen

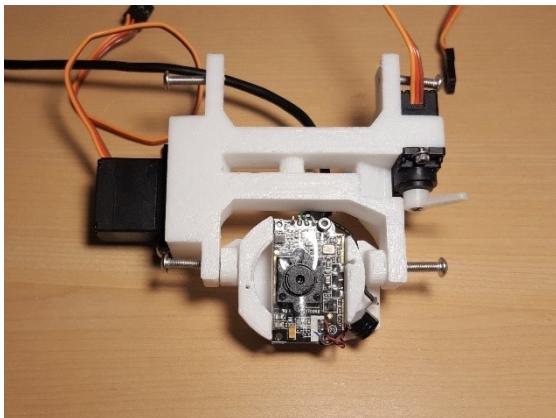


Abb. 5.147 Augenmechanismus Schritt 5

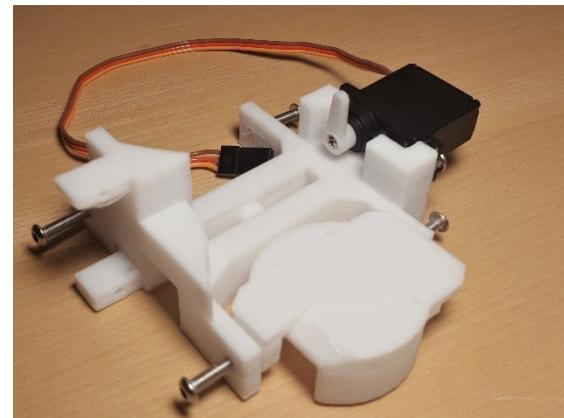


Abb. 5.148 Augenmechanismus Schritt 6

Der Aufsatz des zweiten Servomotors, dessen Grundstellung sich ebenfalls in einem Winkel von 90° befindet, sollte in einem in etwa 45° Winkel nach links gedreht sein. Auch dieser Servomotor sollte fest mit dem Teil EyeSupportV5 verschraubt werden. In Schritt acht wird der noch fehlende Teil EyeBallSupportLifeCamHDRightV1 auf der rechten Seite des Teils EyeSupportV5 angeschraubt. Auch dieser Teil sollte sich bewegen lassen, damit das Auge später den Blick durch den Raum schweifen lassen kann.

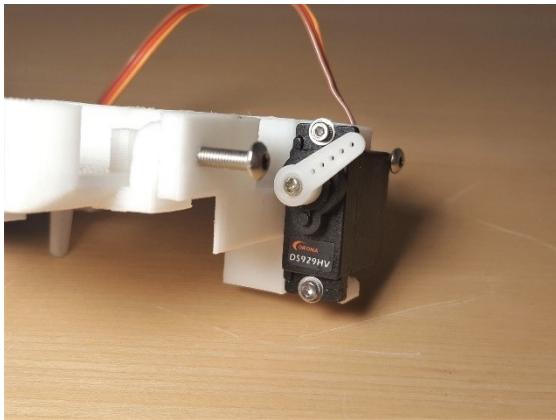
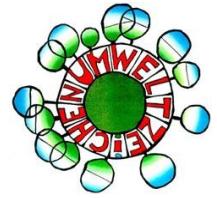


Abb. 5.149 Augenmechanismus Schritt 7

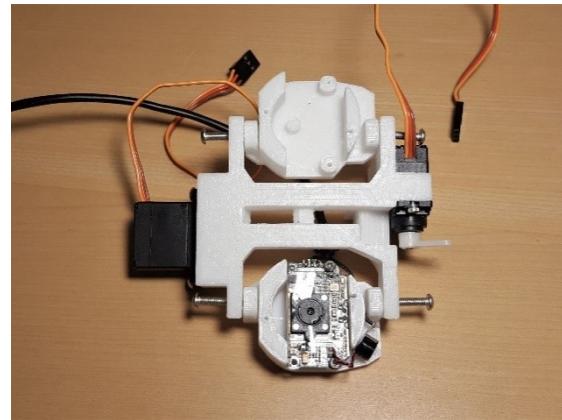


Abb. 5.150 Augenmechanismus Schritt 8

Auf den Rückseiten der beiden Teile EyeBallSupportLifeCamHDLeftV1 und EyeBallSupportLifeCamHDRightV1 sollten nun die Teile EyePlateLeftV1 und EyePlateRightV1 befestigt werden, welche später dazu beitragen, die Augenbewegungen durchzuführen. Das gesamte Konstrukt kann nun mit EyeGlassV4 verbunden werden, indem das Hilfsteil EyeHolderV1 über dem runden Mittelteil von EyeSupportV5 angeschraubt wird. Dieser Teil sollte sich auch jetzt noch frei bewegen lassen.

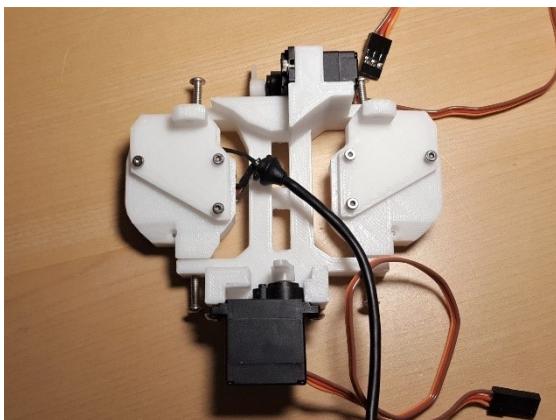


Abb. 5.152 Augenmechanismus Schritt 9

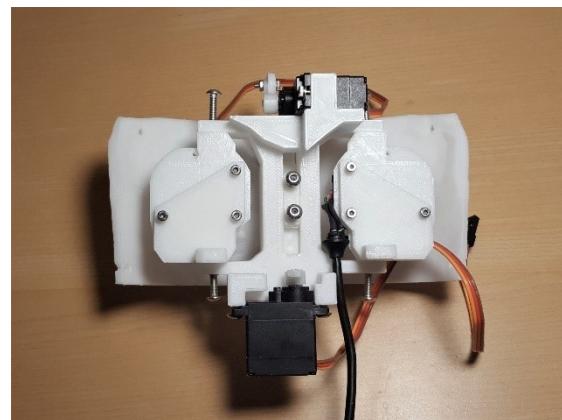


Abb. 5.151 Augenmechanismus Schritt 10

In der Abbildung zu Schritt elf wird der Teil EyeHingeCurve1 mit dem Teil EyeGlassV4, und dem daneben befindlichen Servomotor verschraubt. Dies ermöglicht später die senkrechte Bewegung der Augen. Auch werden die beiden Aufsätze EyePlateLeftV1 und EyePlateRightV1 mit Hilfe der beiden Drucke des Teiles EyeHingeV2 mit dem Servomotor verbunden, welcher sich in der Mitte der beiden Augenhalterungen befindet. Dies ermöglicht später die waagrechte Bewegung der Augen.

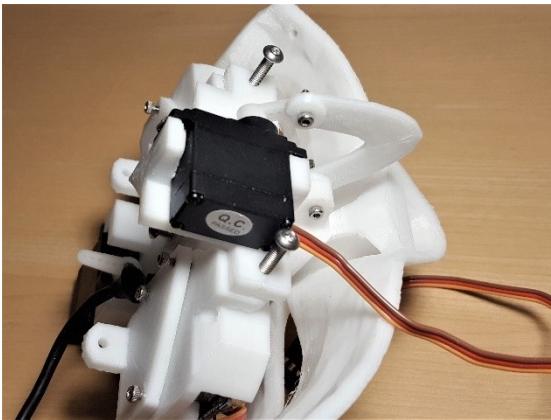
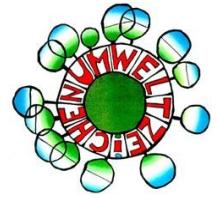


Abb. 5.153 Augenmechanismus Schritt 11

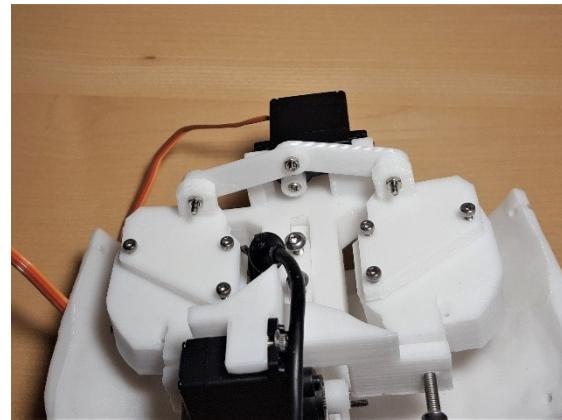


Abb. 5.154 Augenmechanismus Schritt 12

Als nächstes werden die Augen selbst konstruiert. In Bild 13 sind alle dafür benötigten Teile bereits in der Reihenfolge, in der sie zusammengebaut werden, aufgelegt. Als erstes werden die ersten zwei Teile von links ineinander gelegt. Diese Teile können bei Bedarf geklebt werden, dies ist aber nicht notwendig. Jedoch sollte damit gewartet werden, bis der Schritt 17 erreicht wurde.

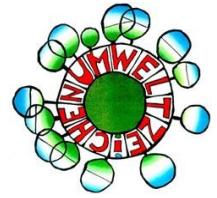


Abb. 5.155 Augenmechanismus Schritt 13

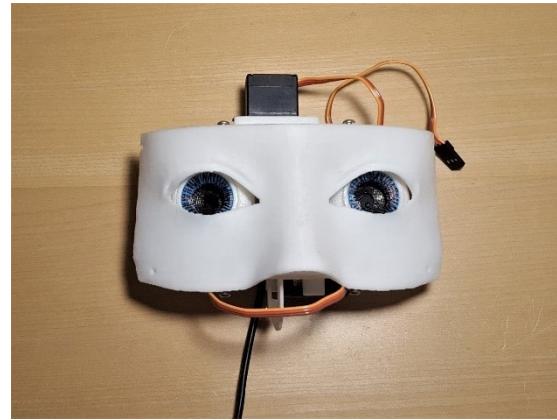


Abb. 5.156 Augenmechanismus Schritt 14

Nun sollte der dünne Ring auch noch in den Ring zu seiner linken gesteckt werden. Auch hier gilt, falls Klebstoff von Nöten ist, kann dieser zum Einsatz kommen, allerdings erst bei Schritt 17. Der letzte Teil des Augapfels wird in die Unterseite des größten Rings eingeführt und zwar mit der glatten Oberfläche nach außen zeigend. Für den vorhin bereits erwähnten Schritt 17 sollten die Teile nun wieder voneinander getrennt werden.

**Abb. 5.157 Augenmechanismus Schritt 15****Abb. 5.158 Augenmechanismus Schritt 16**

Nun kann den Augen noch ein persönlicher Touch gegeben werden. Wie im Bild zu Schritt 17 erkenntlich, wurden für das mehr oder weniger realistische Aussehen der Augen ein blauer und ein schwarzer Permanentmarker verwendet. Um die Augen nun mit dem EyeSupportV5 zu verbinden, muss dieser wieder vom Teil EyeGlassV4 getrennt werden. Sind die Augen verschraubt und der Teil EyesupportV5 wieder an seinem Platz, so sollte das Ergebnis dem Abbild zu Schritt 18 ähneln.

**Abb. 5.159 Augenmechanismus Schritt 17****Abb. 5.160 Augenmechanismus Schritt 18**

Als letzter Schritt muss das gesamte Konstrukt nur noch auf den bereits fertiggestellten Teil des Gesichts aufgesetzt und mit zwei Schrauben an den oberen beiden Ecken festgemacht werden. Schon besitzt der Roboter ein sehr viel ansprechenderes Erscheinungsbild. Nun fehlt nur noch die Schädeldecke, welche als nächster Schritt konstruiert wird.

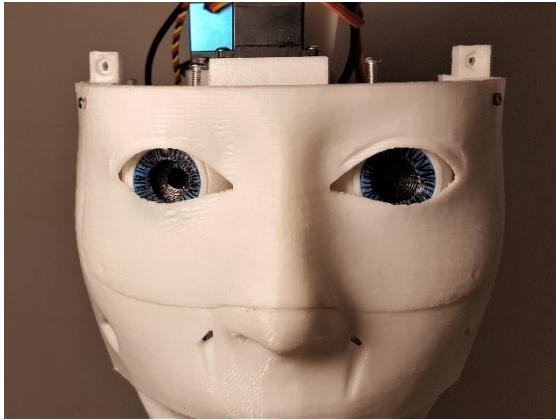


Abb. 5.161 Augenmechanismus Schritt 19

5.3.3 Schädel

Für den Bau des Schädels werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|-----|----------------|-----|-----------------|
| (1) | EarLeftV1 | (4) | TopSkullRightV4 |
| (2) | EarRightV1 | (5) | TopBackSkullV4 |
| (3) | TopSkullLeftV4 | | |

In Schritt eins werden die gewünschten Aufsätze für die Ohren angebracht werden. Diese müssen nicht verklebt oder verschraubt, sondern einfach an die vorgesehene Stelle gesteckt werden. Dies hat den Sinn, dass die Abdeckung später, falls gewünscht, ausgetauscht werden kann. Auf der Vorderseite des Kopfes, können bereits die unteren Teile von TopSkullLeftV4 und TopSkullRightV4 mit dem restlichen Schädel verschraubt werden.

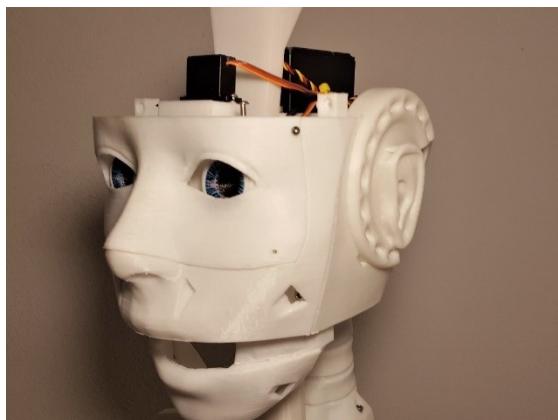


Abb. 5.162 Schädel Schritt 1

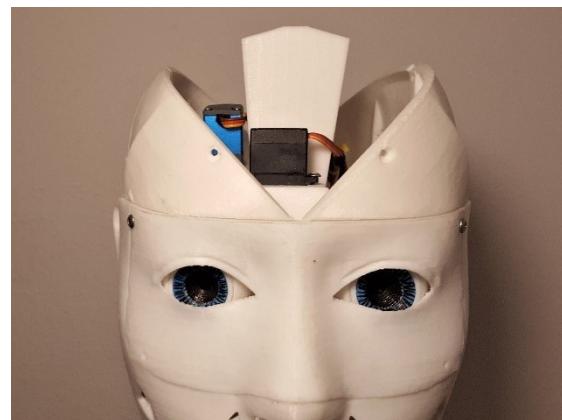


Abb. 5.163 Schädel Schritt 2

Auch die Teile TopBackSkullV4 können auf die Hinterseite des Schädels geschraubt werden, ebenso die letzten Teile auf die Vorderseite des Schädels.

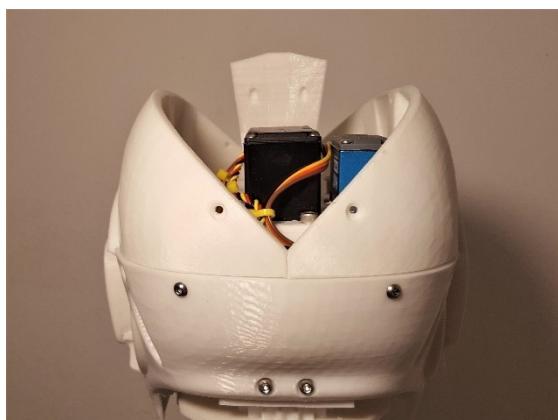
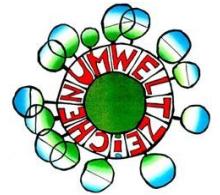


Abb. 5.164 Schädel Schritt 3



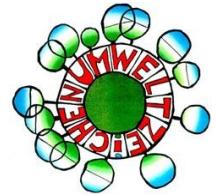
Abb. 5.165 Schädel Schritt 4



Als letzten Schritt sollen die oberen Abdeckungen auf den Hinterkopf geschraubt werden, womit der Bau des Schädel abgeschlossen wird.



Abb. 5.166 Schädel Schritt 5



5.4 Konstruktion der Beine

Da die Beine des InMoov Roboters nicht motorisiert sind, sollten diese keine Herausforderung in der Konstruktion darstellen. Einziger Nachteil ist der enorme Druckaufwand, da manche der Teile, welche für den Bau der Beine benötigt werden, nicht nur eine große Menge an Filament benötigen, sondern auch eine dementsprechend lange Druckzeit von teilweise über zehn Stunden aufweisen. Auch muss hier noch angemerkt werden, dass in diesem Teil der Konstruktionsanleitung nur das linke Bein gebaut wird. Das rechte Bein kann allerdings ohne Probleme ebenfalls nach dieser Anleitung konstruiert werden, da beide Beine ident aufgebaut sind.

5.4.1 Linker Fuß

Für den Bau des linken Fußes werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|-----|---------------------|-----|-----------------|
| (1) | LeftAnkToesFootV2 | (6) | LeftAnkleBaseV1 |
| (2) | LeftAnkMiddleFootV1 | (7) | LeftAnkleDownV2 |
| (3) | AnkToesBoltV1 | (8) | LeftAnkPartV1 |
| (4) | LeftAnkBackFootV1 | (9) | LeftAnkHolderV1 |
| (5) | FootBoltHolder | | |

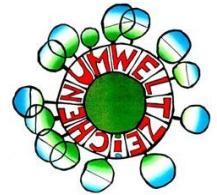
Als ersten Schritt werden die beiden Teile LeftAnkToesFootV2 und LeftAnkMiddleFootV1 bearbeitet, damit sie ohne Probleme wie in Schritt 1 gezeigt ineinander greifen können. Anschließend werden diese beiden Teile mit Hilfe von AnkToesBoltV1 befestigt. In Schritt 2 ist zu sehen, wie die Teile LeftAnkBackFootV1 und FootBoltHolder miteinander verschraubt werden. Wenn die Beine mittels einer Eisenstange oder Ähnlichem auf einer Plattform befestigt werden, empfiehlt es sich, FootBoltHolder nicht einzusetzen beziehungsweise eine neue Bohrung durchzuführen, da das vorhandene Loch nicht dazu geeignet ist, die Beine auf solidem Grund zu befestigen.



Abb. 5.87 Linker Fuß Schritt 1



Abb. 5.88 Linker Fuß Schritt 2

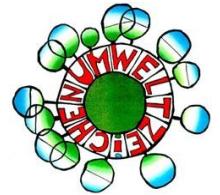


Als nächstes werden die beiden Konstrukte, welche in den ersten beiden Schritten gebaut wurden, zusammengefügt. Dazu befinden sich an der Vorderseite von LeftAnkMiddleFootV1 drei Löcher, durch welche man mit Hilfe von Schrauben beide Gebilde verbinden kann. Eine Schraubstelle wird jedoch von LeftAnkToesFootV2 blockiert, weshalb dieser Teil für diesen Schritt wieder entfernt werden muss. Sobald der Fuß wie in Schritt 3 Form angenommen hat, kann zu Schritt 4 übergegangen werden, in welchem der Teil LeftAnkleBaseV1 mittels vier Schrauben wie auf dem Bild zu erkennen mit dem Fuß verbunden wird.

**Abb. 5.167 Linker Fuß Schritt 3****Abb. 5.168 Linker Fuß Schritt 4**

Schritt fünf benötigt keiner großen Aufwände, da der hier benötigte Teil LeftAnkleDownV2 einfach wie auf dem zugehörigen Bild auf das bisher Konstruierte Gebilde gesteckt wird. Allerdings soll dieses Teil nicht geklebt werden, da der Fuß sich unabhängig vom restlichen Bein bewegen lassen soll. Für Schritt sechs werden die Teile LeftAnkPartV1 und LeftAnkHolderV1 benötigt, welche wie auf dem Bild zu sehen verschraubt werden müssen.

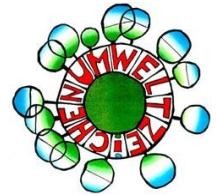
**Abb. 5.169 Linker Fuß Schritt 5****Abb. 5.170 Linker Fuß Schritt 6**



Abschließend werden die bereits verbundenen Teile aus Schritt sechs auf dem Fuß aus Schritt fünf platziert. Dabei werden keinerlei Schrauben benötigt, sondern die Teile sollten ohne zusätzliche Hilfe halten. Ist dies nicht der Fall kann etwas Kleber Abhilfe schaffen. Damit ist der linke Fuß des InMoov Roboters komplett und das Ergebnis sollte dem in Bild sieben entsprechen.



Abb. 5.171 Linker Fuß Schritt 7



5.4.2 Linkes Schienbein

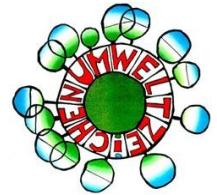
Für den Bau des linken Schienbeines werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|-----|------------------|-----|-----------------|
| (1) | TibiaLowS1LeftV1 | (3) | TibiaHighLeftV1 |
| (2) | TibiaLowS2LeftV1 | | |

Da das Schienbein des InMoov Roboters nur aus drei Teilen besteht, ist dies mit Abstand der einfachste Körperteil in der gesamten Konstruktion. Zuerst werden die Teile TibiaLowS1LeftV1 und TibiaLowS2LeftV1, wie auf dem Bild zu Schritt 1 zu sehen, verklebt. Dabei ist darauf zu achten auf ebenem Grund zu arbeiten, damit keine Stufen während des Klebevorganges entstehen. Sobald dies erledigt ist, kann das Ganze auf TibiaHighLeftV1 befestigt werden, erneut mit Hilfe von Klebstoff. Das Ergebnis sollte dem in der folgenden Abbildung entsprechen.



Abb. 5.172 Linkes Schienbein Schritt 1



5.4.3 Linkes Knie

Für den Bau des linken Knies werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|-----|-----------------|-----|------------------|
| (1) | KneeClampLeftV1 | (4) | KneeBoltsV1 |
| (2) | KneeLowLeftV3 | (5) | KneeSmallBoltsV1 |
| (3) | KneeHighLeftV3 | | |

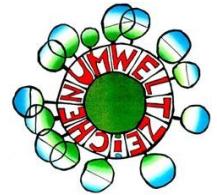
Um das Kniegelenk des InMoov Roboters zu bauen, müssen zuerst die beiden Teile, welche in Schritt eins zu sehen sind, verklebt werden. Beide dazu benötigten Teile lassen sich unter dem Namen KneeClampLeftV1 finden. Beim Kleben der Teile ist zu beachten, dass an den zu verklebenden Flächen kleine Einkerbungen sind, um sicherzugehen, dass die Teile richtig verbunden werden. Sobald dies erledigt ist, können sowohl KneeClampLeftV1 mit Hilfe von KneeSmallBoltsV1, als auch KneeHighLeftV3 mittels KneeBoltsV1 auf KneeLowLeftV3 befestigt werden. Hierbei ist zu beachten, dass diese Teile nicht geklebt werden dürfen, da sich das Kniegelenk bewegen lassen soll. Um sicherzugehen, dass KneeBoltsV1 und KneeSmallBoltsV1 nicht verrutschen, können diese allerdings mittels Schrauben, welche durch die Löcher der Teile gesteckt werden, befestigt werden.



Abb. 5.173 Linkes Knie Schritt 1



Abb. 5.174 Linkes Knie Schritt 2



5.4.4 Linker Oberschenkel

Für den Bau des linken Oberschenkels werden folgende Teile benötigt:

- | | | | |
|-----|----------------|-----|-----------------|
| (1) | ThighLowLeftV3 | (3) | ThighHighLeftV1 |
| (2) | ThighMidLeftV1 | | |

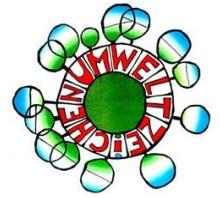
Auch der Oberschenkel ist sehr simpel in der Konstruktion. Wie in Schritt eins zu sehen werden ThighLowLeftV3 und ThighMidLeftV1 miteinander verklebt. Wichtig ist darauf zu achten, dass konstant Druck auf die Teile ausgeübt wird, da es sich um eine große Klebefläche handelt und es sonst zu Löchern in der Oberfläche kommen kann. Sobald diese beiden Teile halten kann ThighHighLeftV1 ebenfalls wie in Schritt zwei verklebt werden. Auch hier gilt, unsaubere Klebestellen durch konstante Druckausübung zu vermeiden.



Abb. 5.175 Linker Oberschenkel Schritt 1



Abb. 5.176 Linker Oberschenkel Schritt 2



5.5 Konstruktion des Nervo Board

Um den InMoov Roboter überhaupt erst richtig betreiben zu können, wird eine vom InMoov Entwickler Gael Langwin selbst entworfene Platine benötigt, welche im Onlineshop der offiziellen InMoov Internetseite bestellt werden kann. Wenn man den ganzen Roboter mitsamt beider Arme baut, werden zwei dieser Nervo Boards benötigt. Im ersten Schritt sind alle einzelnen Platinen, aus denen das Nervo Board besteht, zu sehen. Zuerst wird die größte Platine zur Hand genommen und auf ihrer Rückseite sollen die Pins angelötet werden, mit welchen sie später mit dem Arduino Mega verbunden wird.

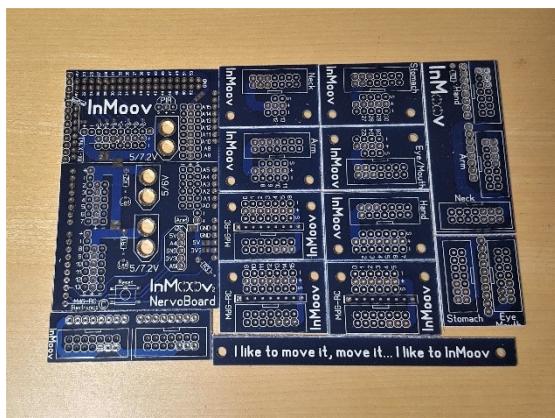


Abb. 5.177 Nervo Board Schritt 1

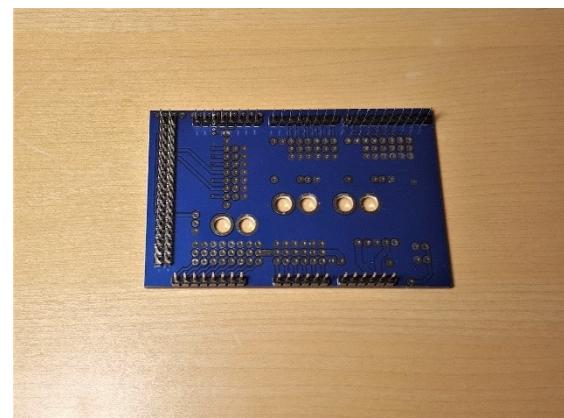


Abb. 5.178 Nervo Board Schritt 2

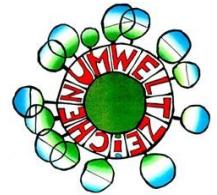
Da wir zum Ansteuern des InMoov Roboters nur eine Versorgungsspannung benötigen, müssen die drei Brücken, welche sich auf der Vorderseite der Hauptplatine befinden, verlötet werden. Nun können bereits die Pins auf die Vorderseite der Hauptplatine gelötet werden, auf die später eine der kleineren Platinen platziert wird.



Abb. 5.179 Nervo Baord Schritt 3



Abb. 5.180 Nervo Board Schritt 4



Auf der Rückseite der Hauptplatine sollte ebenfalls eine Brücke verlötet werden, welche für eine konstante Vergleichsspannung sorgt. In Schritt sechs sollte nun der Reset Button auf die Platine gelötet werden.

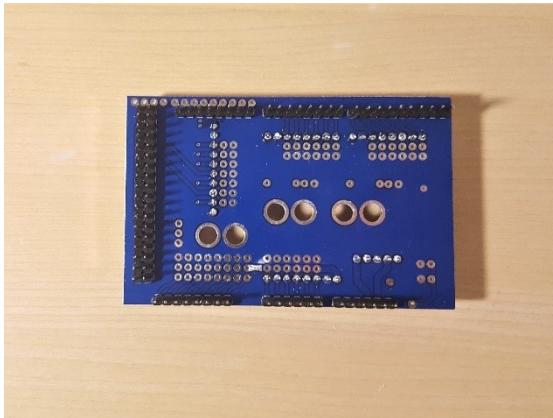


Abb. 5.181 Nervo Board Schritt 5

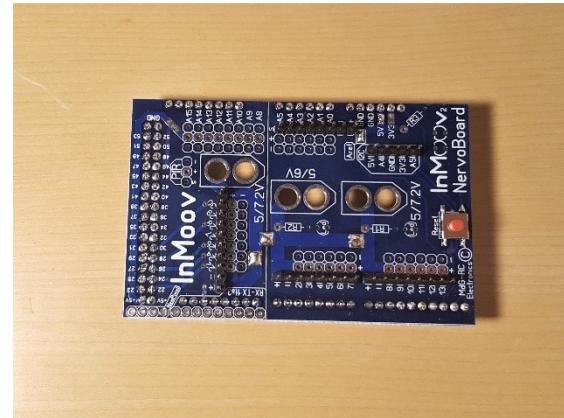


Abb. 5.182 Nervo Board Schritt 6

Nun müssen die auf die im Bild zu Schritt sieben gezeigten Platinen zu den Körperteilen „Stomach“ und „Eye“ sowie „Hand“, „Arm“ und „Neck“ wie angezeigt Bandkabelstecker verlötet werden. Diese Teile werden im nächsten Schritt auf die Hauptplatine aufgelötet.



Abb. 5.183 Nervo Board Schritt 7



Abb. 5.184 Nervo Board Schritt 8

Auch der gelbe Stecker für die Leitung der Art XT... sollte an der gezeigten Position der Hauptplatine angebracht werden. Abschließend werden noch die Verbindungstücke gelötet, welche die einzelnen Körperteile mit Hilfe von 14-poligen Bandkabeln mit der Hauptplatine verbinden. Bei einem der Nervo Boards sollte für jedes der Körperteile Hand, Arm, Hals, Bauch und Kopf eine solche Verbindungsstelle gelötet werden. Bei dem zweiten Nervo Board sind nur die Verbindungsstellen für den Arm und die Hand notwendig, da jedes andere Körperteil nur einmalig existiert.

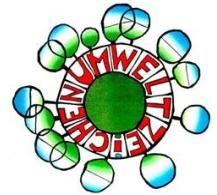


Abb. 5.186 Nervo Board Schritt 9



Abb. 5.185 Nervo Board Schritt 10

Damit ist das Nervo Board fertiggestellt und kann unter der Rückenverkleidung auf dem Arduino Mega angebracht werden. Auf jedem der beiden Arduinos sollte sich eines dieser Nervo Boards befinden, damit der gesamte Körper des InMoov Roboter angesteuert werden kann.



6 MyRobotLab

MyRobotLab, kurz MRL, ist ein Open Source Framework zur Kontrolle verschiedener Roboter. InMoov verwendet MRL, um die Kommunikation zwischen den Arduinos und der Steuereinheit (PC / Laptop / RaspberryPi) zu erleichtert. Auch die Einbindung verschiedener Services kann durch MyRobotLab vereinfacht und benutzerfreundlich gestaltet werden. Die grundlegende Funktion des Frameworks wird im nachfolgenden Kapitel (Kapitel 6.1) erläutert.

6.1 Funktionsweise MyRobotLab

MyRobotLab dient zur Steuerung des InMoov Roboters, es verwaltet Eingaben, verschiedene Services und Bewegungsabläufe. Der grundlegende Funktionsablauf lässt sich durch wie folgt beschreiben.

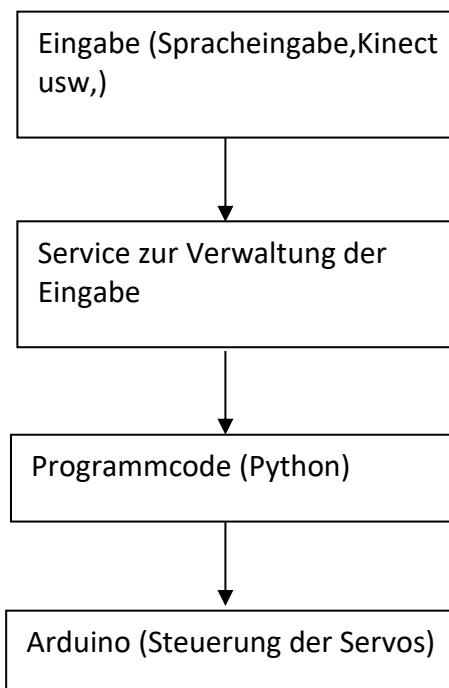
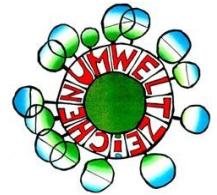


Abb. 6.1 Funktionsstruktur
MyRobotLab

Eine Eingabe wird durch den Nutzer getätigt, diese Eingabe wird von einem Service verwaltet. Der Service gibt die Eingabe an das Benutzerprogramm weiter. Danach wird eine Ausgabe, zum Beispiel in Form einer Bewegung, getätigt. Ausgaben in Form von Bewegungen werden von MyRobotLab an die Arduinos weitergegeben, welche die Servos steuern.



6.2 Installation von MyRobotLab

Die Installation des Frameworks erfolgt in wenigen simplen Schritten genauso wie das InMoov-Software-Setup. Die Installation wird in den folgenden Kapitel beschrieben.

6.2.1 Benötigte Software

Abhängig von der Betriebsart (virtuell oder in realitas) des InMoov werden unterschiedliche Softwarepakete benötigt. Soll ein echter InMoov betrieben werden, müssen folgende Programme installiert sein:

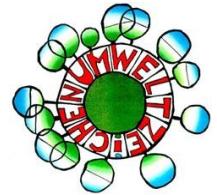
- Eine aktuelle Java Version, wobei eine 64-bit Version bevorzugt wird.
- Die Arduino IDE um Programme auf den Arduino zu laden.
- Chrome muss installiert und als Standardbrowser eingestellt werden.

Soll InMoov nur im virtuellen Modus betrieben werden, so muss die Arduino IDE nicht zwangsweise am Rechner installiert werden.

Die Aktuelle MyRobotLab Version kann von der InMoov-Homepage oder der MyRobotLab-Homepage kostenlos heruntergeladen werden. Für diese Arbeit wird die Version 1.0.2693.8 verwendet.

6.2.2 Installation

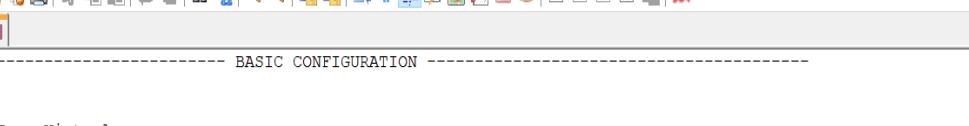
Nach der Installation der benötigten und im Kapitel 6.2.1 beschriebenen Software, kann mit der Installation begonnen werden. Als ersten Schritt sollte ein neues Verzeichnis, mit dem Namen **mrl** auf der C Partition des Rechners erstellt werden. Im nächsten Schritt soll die heruntergeladene myrobotlab.1.0.2693.zip hier entpackt werden. Für den Fall, dass nur MyRobotLab genutzt wird, ist die Installation an diesem Punkt schon beendet. Die weiteren Schritte dienen zur Installation der InMoov Software und den benötigten Paketen. Mit einem Klick auf die „Start_INMOOV.bat“ wird ein neuer InMoov erstellt, wobei dies einige Zeit in Anspruch nehmen kann. Automatisch werden alle benötigten Daten angelegt. Nach erfolgreicher Installation sollte MyRobotLab gemeinsam mit einem virtuellen InMoov starten. Abbildung Abb. 6.4 zeigt MyRobotLab nach der erfolgreichen Installation.



6.3 InMoov im virtuellen und realen Modus

InMoov kann in verschiedenen Modi betrieben werden. Je nach Wunsch des Benutzers kann nur die Linke, nur die Rechte, beide Seiten gemeinsam und ein virtueller InMoov kontrolliert werden. All diese Einstellungen können in den Config-Files, welche sich in C:\mrl\myrobotlab.1.0.2693.8\InMoov\config befinden, getätigt werden.

6.3.1 InMoov im virtuellen Modus



The screenshot shows the Notepad++ application window with the file `_InMoov.config` open. The menu bar includes "Datei", "Bearbeiten", "Suchen", "Ansicht", "Kodierung", "Sprachen", "Einstellungen", "Werkzeuge", "Makro", "Ausführen", "Erweiterungen", "Fenster", and "?". The toolbar contains icons for file operations like Open, Save, Print, and Find. The code editor displays the following configuration file:

```
1 ;----- BASIC CONFIGURATION -----
2
3 [MAIN]
4 ScriptType=Virtual
5 ; RightSide: Also called FINGERSTARTER : connect one arduino ( called right ) to use FingerStarter + inmoov right side
6 ; LeftSide: connect one arduino ( called left ) to use head / inmoov left side
7 ; setup your com ports inside service_6_Arduino.config
8 ; NoArduino: vocal Only
9 ; Full: Both side arduinos connected
10 ; Virtual: virtual arduino and inmoov !
11 debug=False
12
13 Language=en
14 ; en,fr,es,de,nl,ru,hi,it,fi
15
16 ;----- END -----
```

Abb. 6.2 InMoov.config

Für dieses erste Setup wird InMoov im virtuellen Modus betrieben. Zu diesem Zweck muss die Konfigurationsdatei „_InMoov.config“ geöffnet werden. Abbildung Abb.6.2 zeigt die Konfigurationsdatei, mit den zur Verfügung stehenden Modi. Um die Konfigurationsdatei effektiv bearbeiten zu können, muss ein Texteditor oder eine IDE auf dem Rechner installiert sein. Nun können einige Einstellungen getroffen werden. Jede Option wird in einem kurzen Satz beschrieben.

Um InMoov im virtuellen Modus zu starten, muss wie in Abbildung Abb. 6.2 „SkriftType = Virtual“ ausgewählt sein. Mit einem Druck auf die „Start_INMOOV.bat“ Batch-Datei wird MyRobotLab und InMoov gestartet. Nach kurzer Zeit wird auch der virtuelle InMoov gestartet. Abbildung Abb 6.3 und Abbildung **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigen den virtuellen InMoov und die MyRobotLab-GUI. MyRobotLab bietet nun eine grafische Nutzeroberfläche mit welcher InMoov gesteuert werden kann.



Ausbildungsschwerpunkt Informationstechnik

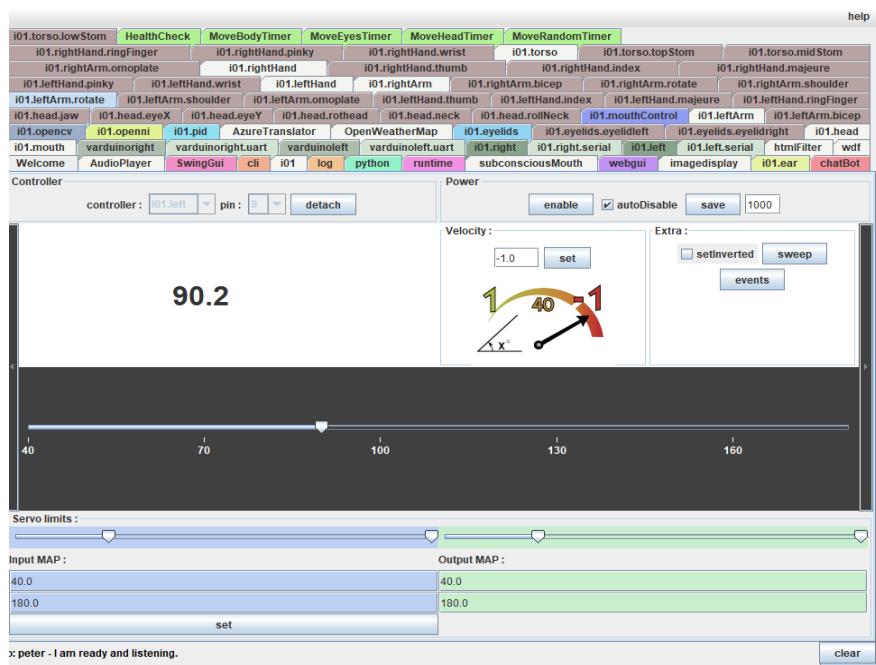


Abb. 6.3 MyRobotLab GUI

Die einzelnen Gelenke von InMoov lassen sich über die Schieberegler steuern. Zusätzlich können Servolimits festgelegt werden, die den Roboter im realen Betrieb vor beschädigungen schützen sollen. Weiters kann auch die Geschwindigkeit festgelegt werden, mit der sich InMoov bewegen soll. In der aktuellen MyRobotLab Version sind alle Gliedmaßen bewegbar. Ausnahme sind nur die Finger und Handgelenke. Die Funktionalität wurde aber für das nächste größere Update angekündigt

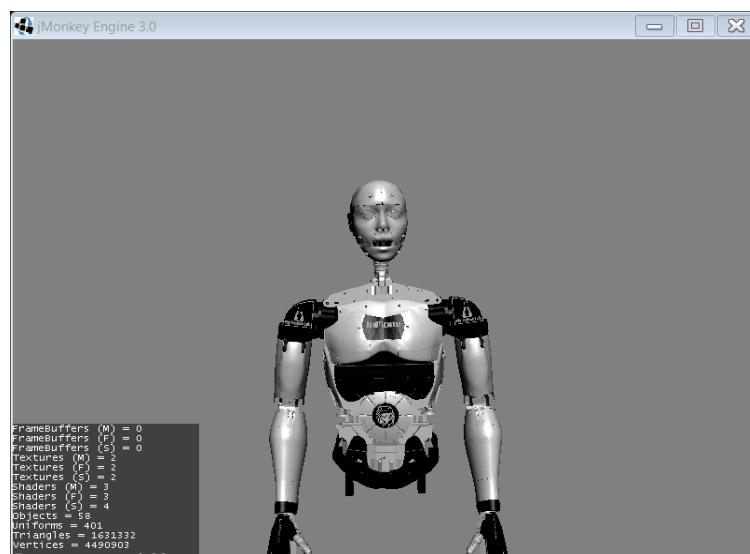
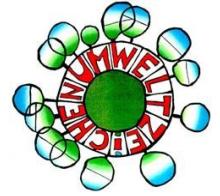


Abb. 6.4 Virtual InMoov



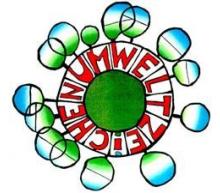
6.3.2 InMoov im realen Modus

Über MyRobotLab kann auch ein echter Roboter gesteuert werden. Dazu müssen die zwei im Roboter verbauten Arduino Mega-2560-R3 mit dem Rechner verbunden sein. Danach muss die BAUD Rate im Gerätemanager an den angeschlossenen Ports auf 115200 gestellt werden. Nun müssen einige Veränderungen in den Konfigurationsdateien vorgenommen werden. Unter „_InMoov.config“ wird „ScriptType=Full“ eingestellt. Natürlich ist es auch möglich nur die rechte oder nur die linke Seite zu steuern. Ist es gewünscht nur eine der beiden Seiten zu Steuern muss „ScriptType=RightSide“ oder „ScriptType=LeftSide“ eingestellt werden. Nun müssen die Bauteile aktiviert und Ports verteilt werden. Die meisten Gliedmaßen haben eine eigene Konfigurationsdatei. Hier wird als Beispiel die rechte Hand aktiviert. Um dies zu bewerkstelligen muss die Konfigurationsdatei „skeleton_rightHand.config“, welche sich in C:\mrl\myrobotlab.1.0.2693.8\InMoov\config befindet, geöffnet werden.

```
1 [MAIN]  
2 isRightHandActivated=True
```

Abb. 6.5 Auszug aus
skeleton_rightHand.config

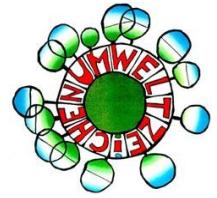
Wie in der Abbildung Abb. 6.5 gezeigt muss die Zeile „isRightHandActivated=True“ gesetzt werden. Zusätzlich können in dieser Konfigurationsdatei auch Grenzen für die einzelnen Servos gesetzt werden. Als nächsten Schritt müssen den verwendeten Seiten die Ports zugewiesen werden. Dazu muss die „service_6_Arduino.config“ Datei geöffnet werden. In dieser Konfigurationsdatei dann nun der Port der Seite zugewiesen werden. Zusätzlich kann auch die Art des verwendeten Arduinos verändert werden. Um nun eine Kommunikation zwischen Arduino und MyRobotLab zu erlauben muss noch das MRLcomm.ino Programm auf den Arduino Mega-2560-R3 geladen werden. Das Programm kann unter C:\mrl\myrobotlab.1.0.2693.8\resource\Arduino\MrlComm gefunden werden.



```
1 ;----- ARDUINOS CONFIG -----
2 [MAIN]
3
4 ;my rightport if used ( /dev/ttyUSB0 for linux/macos )
5 MyRightPort=COM4
6 BoardTypeMyRightPort="atmega2560"
7 ArefRightArduino="DEFAULT"
8
9 ;my leftport if used
10 MyLeftPort=COM3
11 BoardTypeMyLeftPort="atmega2560"
12 ArefLeftArduino="DEFAULT"
13
14 ForceArduinoIsConnected=False
15 ; BoardType Info
16 ; atmega2560 | atmega168 | atmega328 | atmega328p | atmega1280 | atmega32u4
17
18 ;----- END -----
```

Abb. 6.6 Arduino-Konfiguration

Sind all diese Schritte erledigt kann InMoov mit einem Klick auf die „Start_INMOOV.bat“ Batchdatei gestartet werden. Auch jetzt öffnet sich MyRobotLab wie in Abbildung: Abb. 6.3 MyRobotLab GUI, jedoch ohne virtuellen InMoov. Wie im virtuellen Modus kann der Roboter auch jetzt über die Schieberegler bewegt werden.



7 Services

MyRobotLab [5] bietet eine Vielzahl an verschiedenen Services, die dem Nutzer zur Verfügung stehen. Im Allgemeinen erleichtern Services die Verwendung verschiedener Hard- und Softwarekomponenten. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den für den Umfang dieser Diplomarbeit wichtigen Services.

7.1 Aufrufen von Services

Es werden mehrere Möglichkeiten geboten Services aufzurufen. Services, auch als Dienste bezeichnet, können entweder über die MRL-GUI oder den Aufruf in einem Nutzerprogramm kreiert und aufgerufen werden. Je nach Verwendungszweck bietet sich die eine oder andere Möglichkeit an.

7.1.1 Aufrufen von Services in Programmcode

Sollen Services automatisch mit einem Programm gestartet werden, bietet es sich an den Service direkt am Start eines Programms aufzurufen. Dazu muss ein Dienst am Anfang eines Programms kreiert werden. Dies ist vor allem praktisch, wenn ein gewisser Service von einem Nutzerprogramm benötigt wird.

7.1.1.1 Beispiel: Aufrufen der WebGui

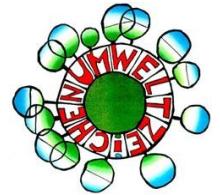
Die WebGui bietet dem Nutzer eine weitere grafische Oberfläche, welche im gewählten Standartbrowser geöffnet wird.

```
1 #Erstellen des Services
2 WebGui = Runtime.create("WebGui","WebGui")
3 #Der Browser wird automatisch aufgerufen
4 WebGui.autoStartBrowser(True)
5 #Start des Service
6 WebGui.startService()
```



Abb. 7.1 Service-Call in Python

Der folgende Code muss in der MRL-Phyton-IDE ausgeführt werden, welche mit einem klick auf den Reiter „python“ aufgerufen werden kann. Die Python IDE wird im Kapitel 8.2.1.1 Näher beschrieben.



7.1.2 Services in MRL-GUI

Services können unter dem Reiter „runtime“ kreiert und aufgerufen werden.

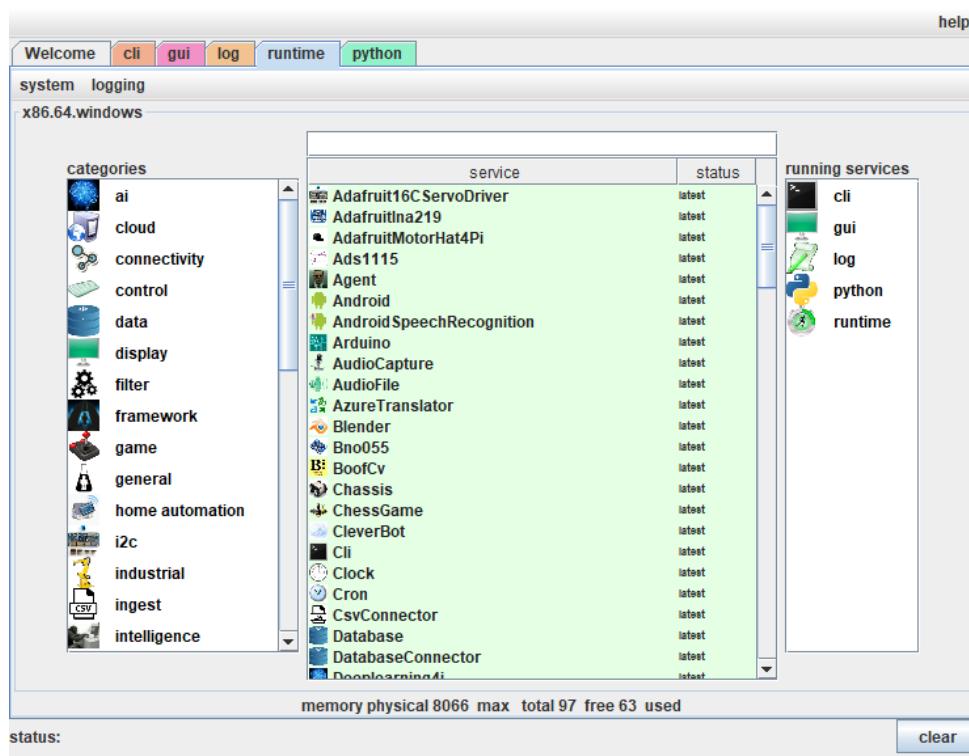
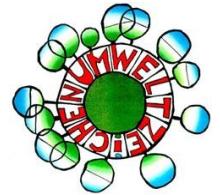


Abb. 7.2 MyRobotLab-Runtime

In der linken Spalte sind die einzelnen Services in ihre Kategorien geordnet. In der mittleren Spalte können gewünschte Services ausgewählt werden. Die rechte Spalte gibt die aktuell laufenden Services wieder. Unter dem Button „system“ kann MRL geschlossen oder neu gestartet werden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit den Modus des Laufprotokolls zu verändern.

Um einen neuen Service zu starten, muss dieser per Rechtsklick ausgewählt werden. Danach wird dem Service ein Name zugewiesen. Jeder gestartete Service bekommt einen eigenen Reiter in der MRL-GUI. Einige Services besitzen kein User-Interface.

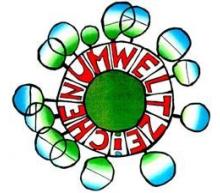


7.2 InMoov

Der Service InMoov startet diverse Nutzeroberflächen um jeden Servomotor einzeln steuern zu können. Diese Kontrollflächen lassen den Nutzer die Position, Geschwindigkeit und Aussteuergrenzen bestimmen.



Abb. 7.3 Kontrollfeld für Servomotoren



7.2.1 InMoov-Service aufrufen

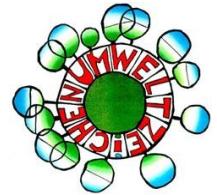
Soll der InMoov virtuell ausgeführt werden, kann das im Nutzerprogramm implementiert werden. Damit die gewünschten Bewegungen ausgeführt werden, muss das Nutzerprogramm virtuelle Ports zuordnen und ein virtueller Arduino erstellt werden.

```
#set used Ports
rightPort = "COM8"
leftPort = "COM10"
i01 = Runtime.start("i01", "InMoov")
# Map the Ports to virtual Ports
if ('virtual' in globals() and virtual):
    leftPortvirtualArduino = Runtime.start("leftPortvirtualArduino", "VirtualArduino")
    leftPortvirtualArduino.connect(leftPort)
    rightPortvirtualArduino = Runtime.start("rightPortvirtualArduino", "VirtualArduino")
    rightPortvirtualArduino.connect(rightPort)

# starting parts
i01.startAll(leftPort,rightPort)
if ('virtual' in globals() and virtual):
    #start Virtual InMoov
    i01.startVinMoov()
```

7.4 InMoov-Service aufrufen

Abb. 7.4 zeigt wie der InMoov-Service gemeinsam mit einem Virtuellen InMoov in einem Nutzerprogramm ausgeführt werden kann.



7.3 Kinect

MyRobotLab unterstützt die Kinect 360, da OpenNi ein Bestandteil des Frameworks ist. OpenNi (Open Natural Interaction) ist eine Open Source Framework für unterschiedliche 3D-Sensoren wie der Kinect 360.

7.3.1 Kinect Sensor

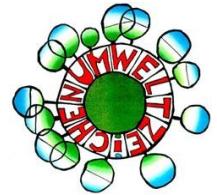
Die Kinect 360 [6] verfügt über zwei Infrarotsensoren, welche die Entfernung bis zum Spieler und dessen Form erfassen können. Zusätzlich ist eine RGB-Kamera mit einer Auflösung von 640 x 480 und einer Bildwiederholungsrate von 30 FPS eingebaut. Das verbaute Mikrofon kann die Richtung erkennen aus der gesprochen wird.



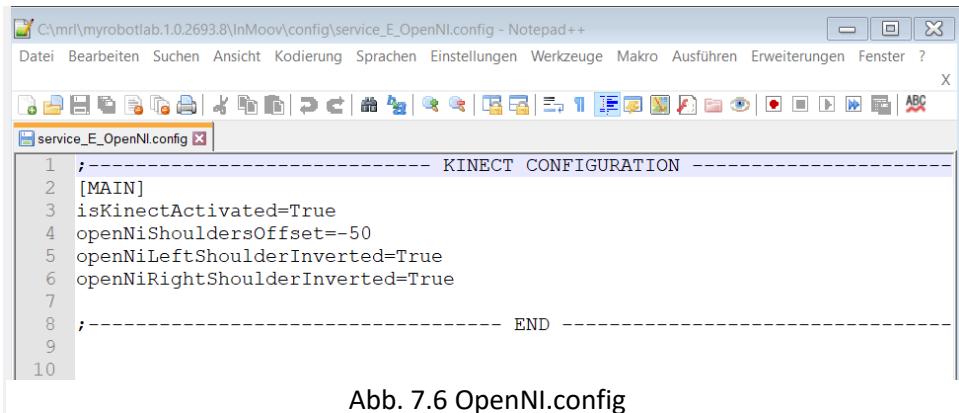
Abb. 7.5 Kinect Sensorleiste [6]

7.3.2 Einbindung der Kinect

Um die Kinect erfolgreich in MRL zu integrieren, muss das KinectSDK heruntergeladen und installiert werden. Für diese Diplomarbeit wurde die Version 1.8 verwendet. Die KinectSDK-v1.8-Setup.exe wird von Microsoft online zur Verfügung gestellt oder kann dem Anhang entnommen werden. Während der Installation gibt es die Möglichkeit die „Developer Toolkit“- Erweiterung zu installieren. Dies ist zu empfehlen, da es eine Vielzahl an Hilfsmittel zum Verständnis der Kinect bietet.



7.3.2.1 Einstellen der Konfigurationsdatei

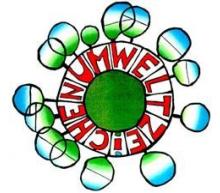


```
C:\mrl\myrobotlab.1.0.2693.8\InMoov\config\service_E_OpenNI.config - Notepad++
Datei Bearbeiten Suchen Ansicht Kodierung Sprachen Einstellungen Werkzeuge Makro Ausführen Erweiterungen Fenster ?
X
service_E_OpenNI.config X
1 ;----- KINECT CONFIGURATION -----
2 [MAIN]
3 isKinectActivated=True
4 openNiShouldersOffset=-50
5 openNiLeftShoulderInverted=True
6 openNiRightShoulderInverted=True
7
8 ;----- END -----
9
10
```

Abb. 7.6 OpenNI.config

Wird InMoov über die START_INMOOV.bat Batchdatei aufgerufen, muss eine entsprechende Konfiguration vorgenommen werden. Zu diesem Zweck wird die service_E_OpenNI.config-Konfigurationsdatei verändert.

Die Konfigurationsdatei kann unter C:\mrl\myrobotlab.1.0.2693.8\InMoov\config gefunden werden. Wird die Datei der Abb.7.4 entsprechend verändert, ist die Konfiguration abgeschlossen.

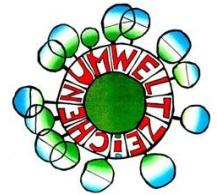


7.3.3 Simple OpenNi

SimpleOpenNi.jar [5] ist ein Teil des OpenNi Services und erstellt beispielsweise das Skelett, welches über den Nutzer projiziert wird. Weiters berechnet es auch die Winkel der einzelnen Gelenke des erkannten Benutzers. Standardgemäß wird das Programm dazu verwendet die berechneten Winkel auf die Gelenke des InMoov Roboters zu übertragen. Dies ermöglicht InMoov die Bewegungen des Nutzers nachzuahmen. Die Nachfolgende Abbildung zeigt wie die Daten des Skeletts in ein Nutzerprogramm integriert und verarbeitet werden können.

```
1 # importieren der Daten
2 from org.myrobotlab.openni import Skeleton
3 from org.myrobotlab.openni import OpenNiData
4 # Datenroute erstellen
5 openni.addListener("publishOpenNIData", python.name, "input")
6 # Daten abrufen und verarbeiten
7 def input(data):
8     opennidata = data
9     skeleton = opennidata.skeleton
10    if skeleton.rightElbow.angleXY == 0:
11        pass
12    elif skeleton.rightElbow.angleXY > 120:
13        print ("angle greater than 120")
14    elif skeleton.rightElbow.angleXY < 60:
15        print ("angle smaller than 60")
```

Abb. 7.7 Integration von Kinect-Daten



7.4 Sprachsteuerung (Ear)

Für die Sprachinteraktion zwischen Mensch und Roboter können drei Spracherkennung-Services verwendet werden. Aufgrund der guten plattformübergreifenden Funktionalität wurde WebkitSpeechRecognition gewählt. Der Service unterstützt viele Sprachen, welche nach Belieben ausgewählt werden können. Am besten funktioniert jedoch die englische Sprache, weswegen diese auch weitgehend für dieses Projekt gewählt wurde. Grundsätzlich liegt die Aufgabe der Spracherkennung liegt in der Sprache zu Text Umwandlung. Der erkannte Text kann dann im Programm weiterverarbeitet werden. Eine Typische Anwendung wäre beispielsweise aufgrund einer gewissen Spracheingabe eine Bewegung oder einen anderen Service auszuführen.

7.4.1 WebkitSpeechRecognition

Das JavaScript der Web Speech API ist eine einfache Softwareerweiterung, um Spracherkennung zu eigenen Projekten hinzuzufügen. Das Softwarepacket wurde von Google entwickelt und steht Entwicklern frei zur Verfügung. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass WebkitSpeechRecognition keine Internetverbindung benötigt, um korrekt zu funktionieren.

7.4.2 Ear Nutzeroberfläche

WebkitSpeechRecognition ist ein Service, welches mit einer eigenen Nutzeroberfläche ausgestattet ist. Die Nutzeroberfläche kann direkt in MRL oder im Browser aufgerufen

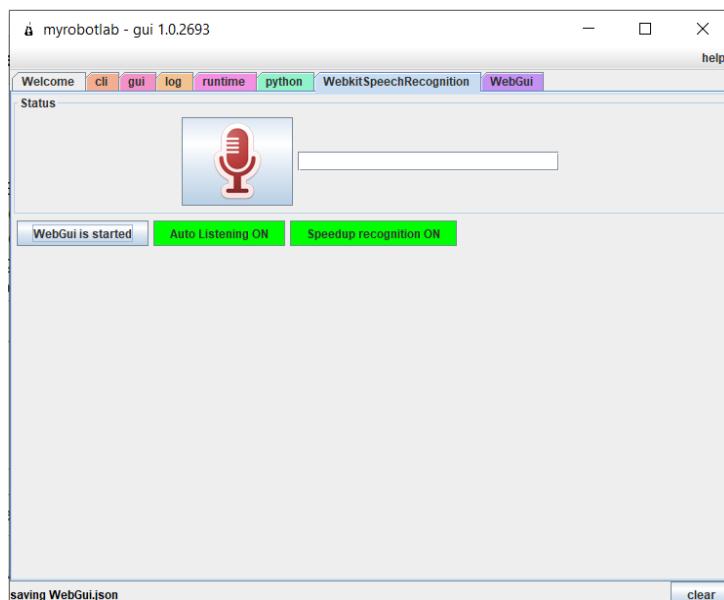
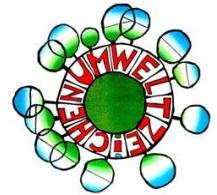


Abb. 7.8 WebkitSpeechRecognition

werden. Die Nutzeroberfläche in MyRobotLab bietet über einen Druckknopf die Möglichkeit an die Nutzerfläche im Browser aufzurufen.

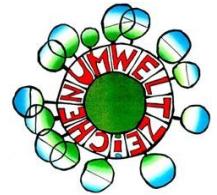


7.5 Sprachausgabe (Mouth)

Der Roboter kann auch Rückmeldungen in Form von Sprache ausgeben. Auch hier stehen mehrere Softwarepakete zur Verfügung. Grundsätzliche Aufgabe des Sprachservices ist es Text in Form von Sprache auszugeben dabei soll dies mehr oder weniger flüssig geschehen. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde die MARY TTS als Text zu Sprache Software gewählt, da sie, gemeinsam mit vier weiteren Softwarepaketen bereits, in MyRobotLab eingebunden ist.

7.5.1 MARY TTS

Mary TTS ist ein Quelloffener Sprachservice, welcher die erzeugte Sprache lokal generiert. Folglich ist keine Internetverbindung für den Service notwendig. Weiters bietet MARY TTS eine Vielzahl an einstellbaren Sprachen. Zusätzlich können auch verschiedene Stimmen gewählt werden, diese müssen allerdings vor der Verwendung installiert und richtig konfiguriert werden. Für diese Diplomarbeit wurde als Sprache Englisch gewählt und die Standartstimme verwendet. MARY TTS bietet in der MyRobotLab-GUI keine Nutzeroberfläche.



8 Programmierung

Natürlich besteht auch die Möglichkeit eigene Skripten zu programmieren, in welchen zum Beispiel Bewegungsabläufe ausgeführt werden. Hierbei stehen dem Benutzer verschiedene Arten der Programmierung zur Verfügung. Um einfache Funktionstest der gebauten Körperteile durchzuführen, kann direkt in der Arduino IDE programmiert und das Programm anschließend auf den Arduino geladen werden. Dadurch kann allerdings nicht auf die Services, die MyRobotLab zur Verfügung stellt, zugegriffen werden. Für komplexere Programme bietet MyRobotLab eine Python IDE, in der nun auch alle Services von MyRobotLab in das Nutzerprogramm mit eingebunden werden können. Es ist auch möglich mittels Javas eigene Services zu erstellen. Dies übersteigt jedoch den Rahmen dieser Diplomarbeit.

8.1 Programmierung in der Arduino IDE

Die Arduino IDE eignet sich hervorragend für das Schreiben und Ausführen kleiner Programme, welche die Funktion der gebauten Bauteile testen. Im Zuge dieser Diplomarbeit war die gebaute Hand am Tag der offenen Tür zu präsentieren. Zu diesem Zweck wurde ein einfaches Programm geschrieben. Die Aufgabe des Programms ist es die Finger und das Handgelenk anzusteuern. Abhängig von der Eingabe in den Serial-Monitor der Arduino IDE wird eine Bewegung ausgeführt.

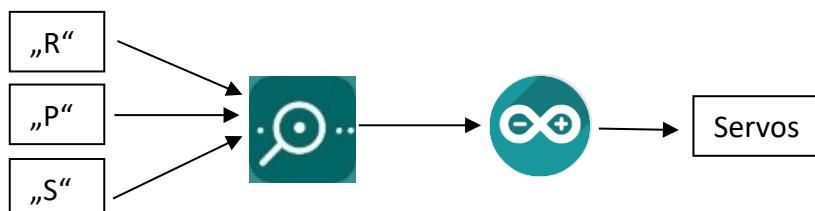


Abb. 8.1 Logische Programmstruktur am Tag der offenen Tür

Der Servomotor jedes Fingers und des Handgelenks hat eine eigene PWM Verbindung mit dem Arduino Mega-2560-R3. Da die insgesamt 6 Servomotoren eine hohe Leistungsaufnahme besitzen, können sie nicht über den Arduino versorgt werden. Um diesen Umstand zu umgehen, wurden die Servos über ein Labornetzteil versorgt. Die nachfolgende Abbildung Abb. 8.2 Aufbau am Tag der offenen Tür zeigt den Aufbau am Tag der offenen Tür.

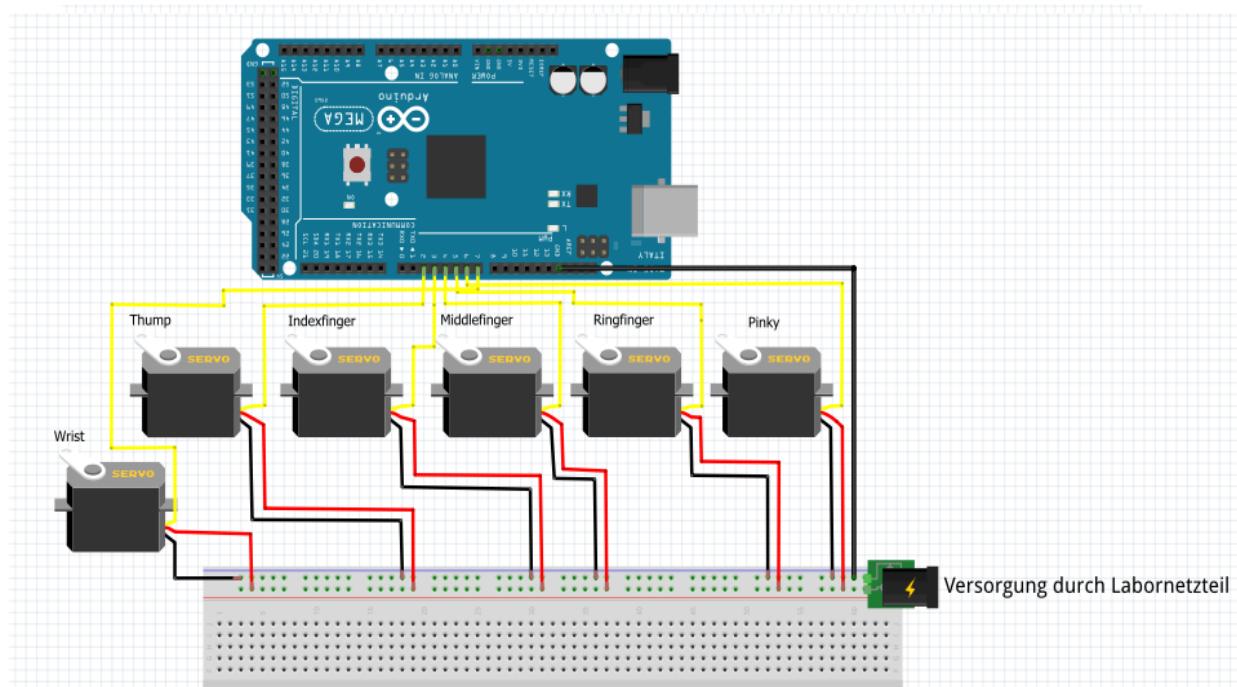
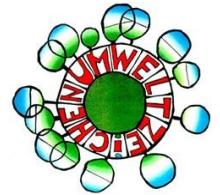
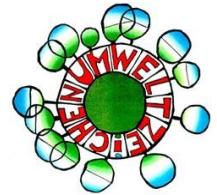


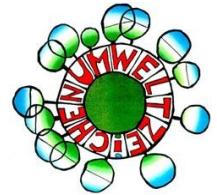
Abb. 8.2 Aufbau am Tag der offenen Tür

Das Programm, welches am Tag der offenen Tür verwendet wurde, kann dem Anhang entnommen werden. In diesem Fall muss die BAUD-Rate nicht spezifisch eingestellt werden.



8.2 Programmierung in MyRobotLab

MyRobotLab bietet mehrere Möglichkeiten, um persönlich gestaltete Programme auszuführen. Dazu gibt es wiederum mehrere Arten der Realisierung. Skripten können direkt in der Python IDE programmiert und ausgeführt werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass ein Programm gleichzeitig mit dem startenden InMoov ausgeführt wird. MyRobotLab kann über zwei Wege gestartet werden: entweder über das Ausführen der myrobotlab.jar oder über das Ausführen der START_INMOOV.bat. Wird MyRobotLab über die „START_INMOOV.bat“ Batchdatei gestartet, werden auch InMoov und alle in den Konfigurationsdateien festgelegten Services mitausgeführt. Wird MRL über myrobotlab.jar aufgerufen, startet MRL ohne InMoov. Alle Services müssen dann entweder manuell unter „runtime“ oder im Nutzerprogramm aufgerufen werden.



8.2.1 Programmierung in der MRL Python IDE

8.2.1.1 Python IDE

MRL bietet eine eigene Python-Entwicklungsumgebung für den Nutzer. Hier können eigene Programme ausgeführt werden. Die Entwicklungsumgebung (engl.: Integrated Developer Environment) kann unter dem Reiter „python“ erreicht werden. In der Entwickleroberfläche können einzelne Programme geschrieben und ausgeführt werden.

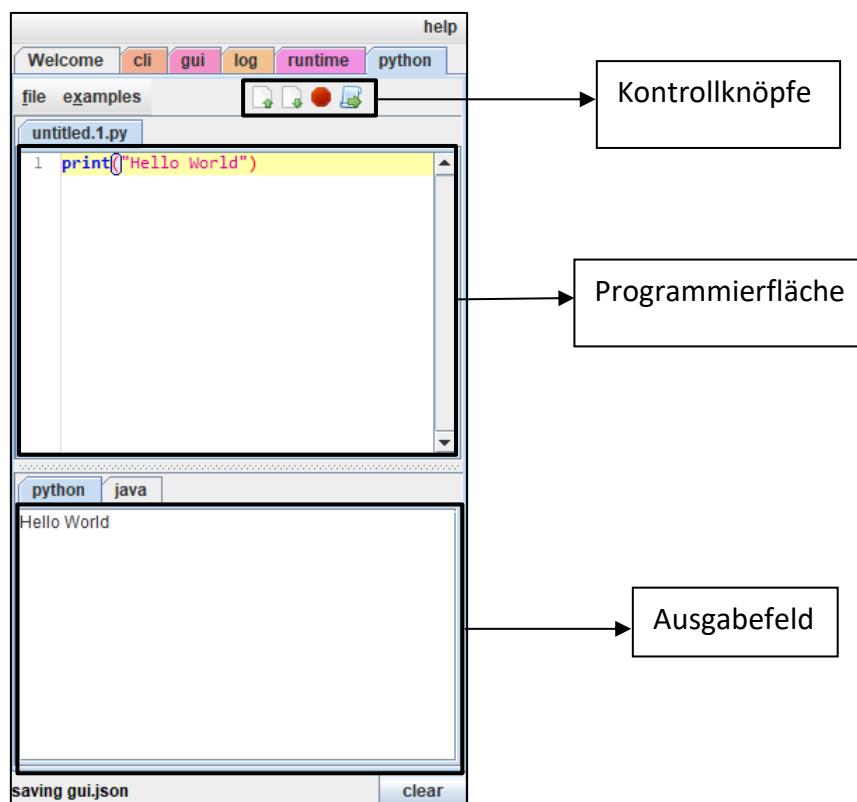
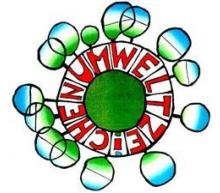


Abb. 8.3 MRL-Python-IDE

Mit den Kontrollknöpfen können Programme geöffnet, gespeichert, ausgeführt und gestoppt werden. Die Programmierfläche bietet dem Nutzer Platz seine eigenen Skripten zu programmieren. Unter der Programmierfläche befindet sich ein Ausgabefeld. Sollte das geschriebene Programm Fehler aufweisen, wird er in diesem Feld wiedergegeben.

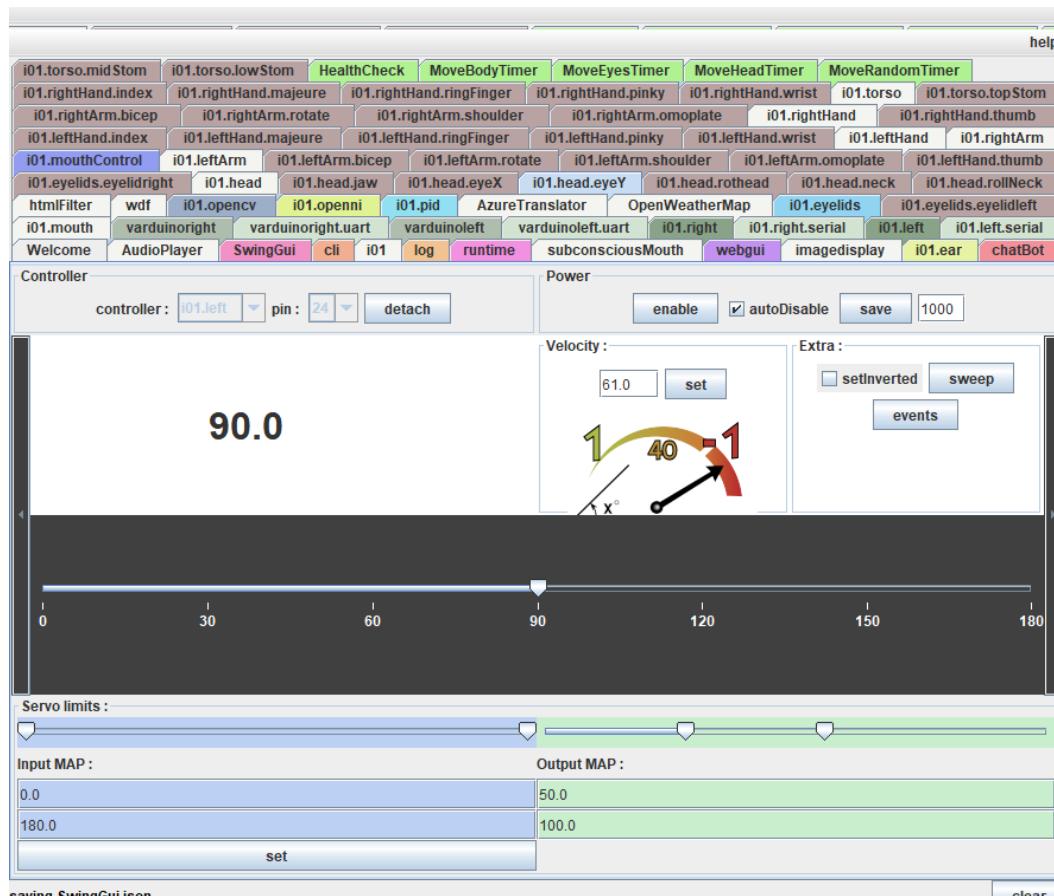


8.3 Gestiken erstellen und aufrufen.

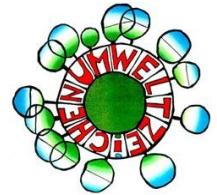
Bewegungen lassen sich Mittels MyRobotLab, unabhängig ob der reale oder der virtuelle Roboter verwendet wird, einfach erstellen. Um eine Bewegung zu erstellen werden immer drei Schritte benötigt. Zuerst ist der Roboter mittels der Schiebebalken in der MRL-GUI in die gewünschte Position zu bringen. Danach muss die Position gespeichert werden. Als letzten Schritt müssen die gespeicherten Servowerte in einer Funktion eingefügt werden von wo aus man sie wieder aufgerufen werden können.

8.3.1 Position einstellen.

Um die Position einzustellen muss der InMoov Service in MyRobotLab ausgeführt sein, damit die nötigen Nutzeroberflächen für die einzelnen Servos vorhanden sind. Wird MRL über die „Start_INMOOV.bat“ Batchdatei ausgeführt, werden diese Nutzeroberflächen automatisch mitausgeführt.

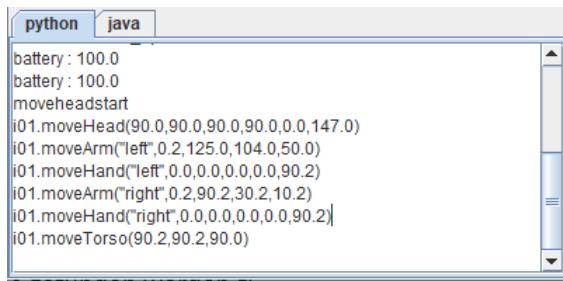


8.4 MyRobotLab-GUI



8.3.2 Position speichern

Hat InMoov nun die gewünschte Position erreicht, können die aktuellen Winkel der Servos ausgelesen werden. Wurde der InMoov über _STARTINMOOV.bat ausgeführt, kann dies einfach mit dem Sprachbefehl „capture Gesture“ bewerkstelligt werden. Wurde ein eigener InMoov durch die „runtime“ oder ein Nutzerprogramm aufgerufen die Funktion „captureGesture“ in dem Nutzerprogramm in der PythonIDE ausgeführt werden. Wird der Befehl nun ausgeführt können die aktuellen Winkel im Ausgabefeld der Python-DIE abgelesen werden. Die Ausgabe erfolgt wie in Abb. 8.5.



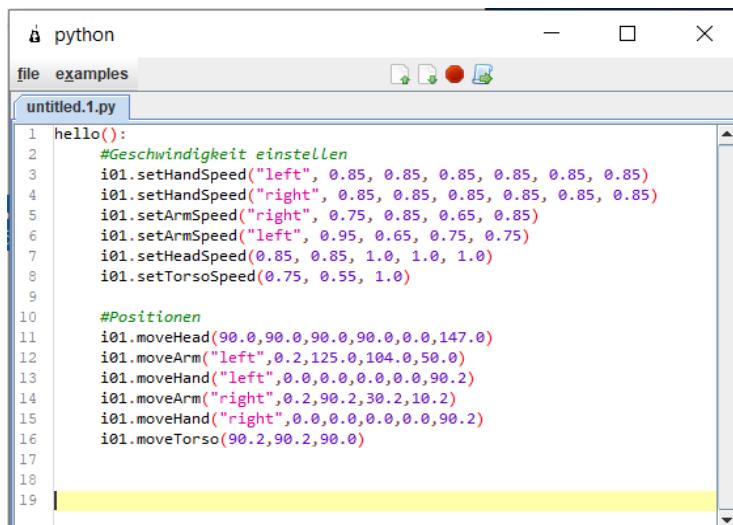
```
battery : 100.0
battery : 100.0
moveheadstart
i01.moveHead(90.0,90.0,90.0,90.0,0.0,147.0)
i01.moveArm("left",0.2,125.0,104.0,50.0)
i01.moveHand("left",0.0,0.0,0.0,0.0,90.2)
i01.moveArm("right",0.2,90.2,30.2,10.2)
i01.moveHand("right",0.0,0.0,0.0,0.0,90.2)
i01.moveTorso(90.2,90.2,90.0)
```

Abb. 8.5 Ausgabe in der Python-DIE

Die Funktion „CaptureGesture“ kann in dem Ordner „gestures“ unter C:\mrl\myrobotlab.1.0.2693.8\InMoov\gestures gefunden werden.

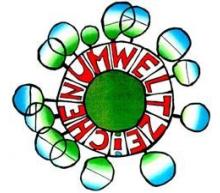
8.3.3 Funktion erstellen

Damit die Positionen nun wieder aufgerufen werden können müssen die Positionen in eine Funktion gespeichert werden. Die Position kann dann durch Aufruf der Funktion wieder angefahren werden. Weiters ist es möglich die Geschwindigkeit mit der sich die Servos drehen sollen festzulegen. Abb. 8.6 zeigt einen typischen Funktionsaufbau.



```
1 hello():
2     #Geschwindigkeit einstellen
3     i01.setHandSpeed("left", 0.85, 0.85, 0.85, 0.85, 0.85, 0.85)
4     i01.setHandSpeed("right", 0.85, 0.85, 0.85, 0.85, 0.85, 0.85)
5     i01.setArmSpeed("right", 0.75, 0.85, 0.65, 0.85)
6     i01.setArmSpeed("left", 0.95, 0.65, 0.75, 0.75)
7     i01.setHeadSpeed(0.85, 0.85, 1.0, 1.0, 1.0)
8     i01.setTorsoSpeed(0.75, 0.55, 1.0)
9
10    #Positionen
11    i01.moveHead(90.0,90.0,90.0,90.0,0.0,147.0)
12    i01.moveArm("left",0.2,125.0,104.0,50.0)
13    i01.moveHand("left",0.0,0.0,0.0,0.0,90.2)
14    i01.moveArm("right",0.2,90.2,30.2,10.2)
15    i01.moveHand("right",0.0,0.0,0.0,0.0,90.2)
16    i01.moveTorso(90.2,90.2,90.0)
```

Abb. 8.6 Bewegung als Funktion



8.4 Rock Paper Scissors-Programm

Im Fokus dieses Programms steckt die Interaktion zwischen Roboter und Mensch. Gleichzeitig kann durch dieses Programm auch die Funktion der Sensoren und Aktoren präsentieren.

8.4.1 Struktur

Das Programm läuft in mehreren Schritten ab. Zunächst soll mittels einer Spracheingabe das Spiel gestartet werden. Die Kinect wird daraufhin gestartet und erkennt den Nutzer. Der Roboter imitiert die typische Schere-Stein-Papier-Bewegung und führt danach gleichzeitig mit dem Nutzer eine der drei Gestiken aus. Der Nutzer teilt dem Roboter per Spracheingabe mit ob er nun Schere Stein oder Papier gewählt hat. Der Roboter berechnet die Punkte und wählt daraufhin einen Sieger.

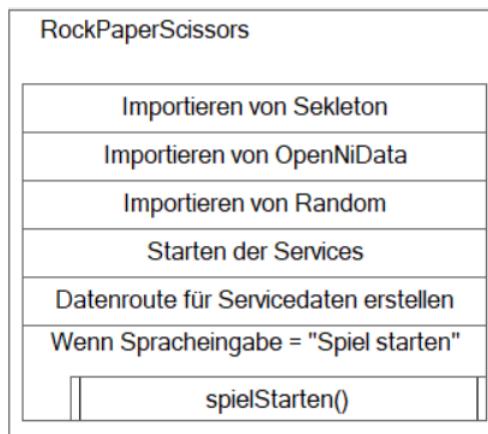
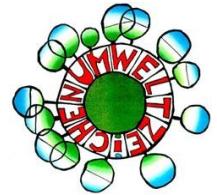
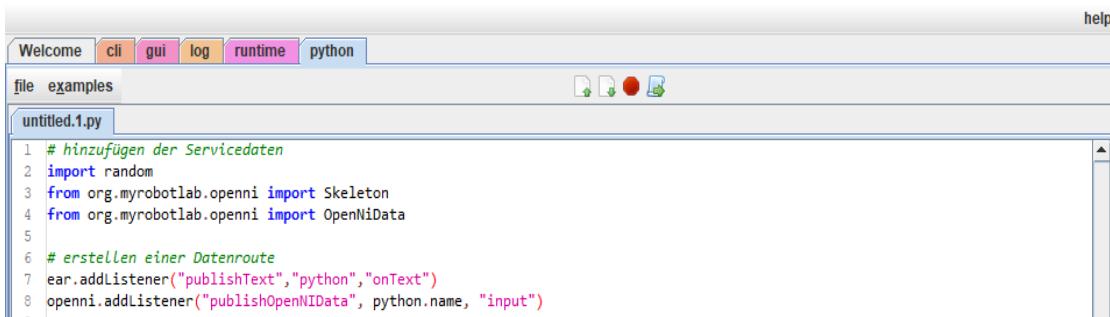


Abb. 8.7 Programmstruktur



8.4.2 Servicedaten importieren

Damit eine Abfrage über die Kinect erfolgen kann, müssen die Daten, welche diese zur Verfügung stellen, in das Programm importiert werden und ein eine Funktion weitergeleitet werden.



```

1 # hinzufügen der Servicedaten
2 import random
3 from org.myrobotlab.openni import Skeleton
4 from org.myrobotlab.openni import OpenNIData
5
6 # erstellen einer Datenroute
7 ear.addListener("publishText","python","onText")
8 openni.addListener("publishOpenNIData", python.name, "input")

```

Abb. 8.8 Einlesen und weiterleiten von Servicedaten

Importiert wird das Skelett, welche in der „SimpleOpenNi.jar“ erstellt wird, da der Text, welcher vom „ear“-Service erzeugt wird, standartmäßig im Programm zur Verfügung steht. Danach muss eine Datenroute hinzugefügt werden, welche die eingelesenen Daten in eine Funktion zur Weiterverarbeitung leitet. In der Funktion „input“ werden diese weiterverarbeitet. Das gleiche geschieht für die Daten, die durch den „ear“-Service eingelesen werden. Der erkannte Text wird durch eine Datenroute an die Funktion „onText“ weitergeleitet, wo sie verarbeitet werden

8.4.3 Servicedaten Weiterverarbeiten

Sind die Servicedaten eingelesen, können diese weiterverarbeitet werden.

8.4.3.1 Sprache zu Text

Die Daten des „ear“-Services werden als Text ausgewertet weswegen sie eine einfache Abfrage als String erlauben. Abb.8.9 zeigt den Aufbau zur Weiterverarbeitung weitergeleiteter Daten

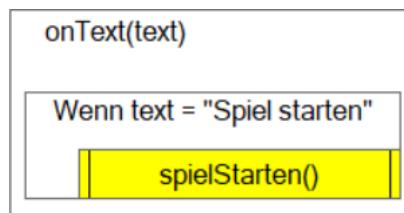
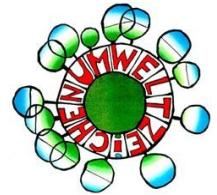
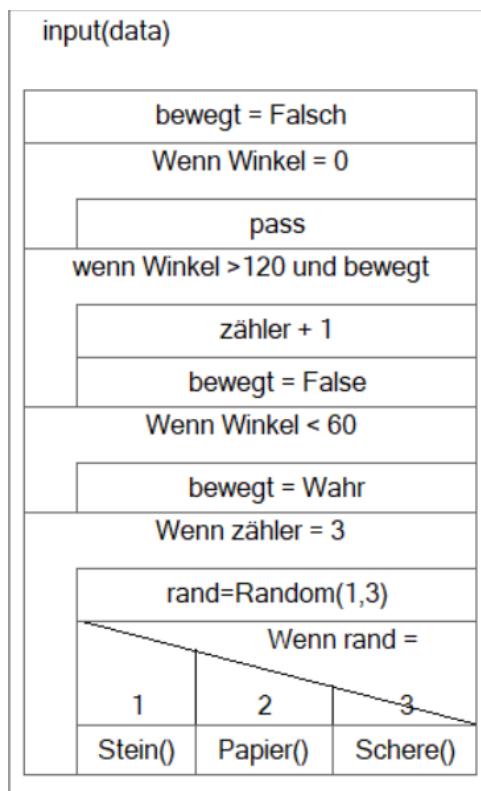


Abb. 8.9 Textverarbeitung

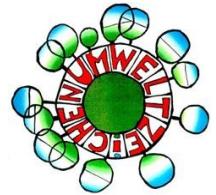


8.4.3.2 Verarbeitung der Kinect-Daten

Die Daten der Kinect müssen extra importiert werden. Die „SimpleOpenNi“ erstellt ein vollständiges Skelett des erkannten Nutzers. Um Schere-Stein-Papier erfolgreich spielen zu können, ist für das Programm nur der Winkel des rechten Ellenbogens von Interesse. Die typische Bewegung von Schere-Stein-Papier beinhaltet, dass der Winkel des Ellenbogens beider Spieler dreimal einen Wert unter 60 Grad und dreimal einen Wert über 120 Grad einnimmt. Diese Werte wurden empirisch ermittelt. Nach dieser Bewegung soll der Roboter entweder die Stein-, die Papier-, oder die Scherengestik ausführen. Dies wird in der Funktion „input(data)“ bewerkstelligt. Die nachfolgende Abbildung Abb 8.10 erklärt den Ablauf der Bewegungsdatenauswertung. Ein Codebeispiel zur Implementierung der „SimpleOpenNi“-Daten kann dem Kapitel 7.3 unter dem Abschnitt 7.3.3 entnommen werden.

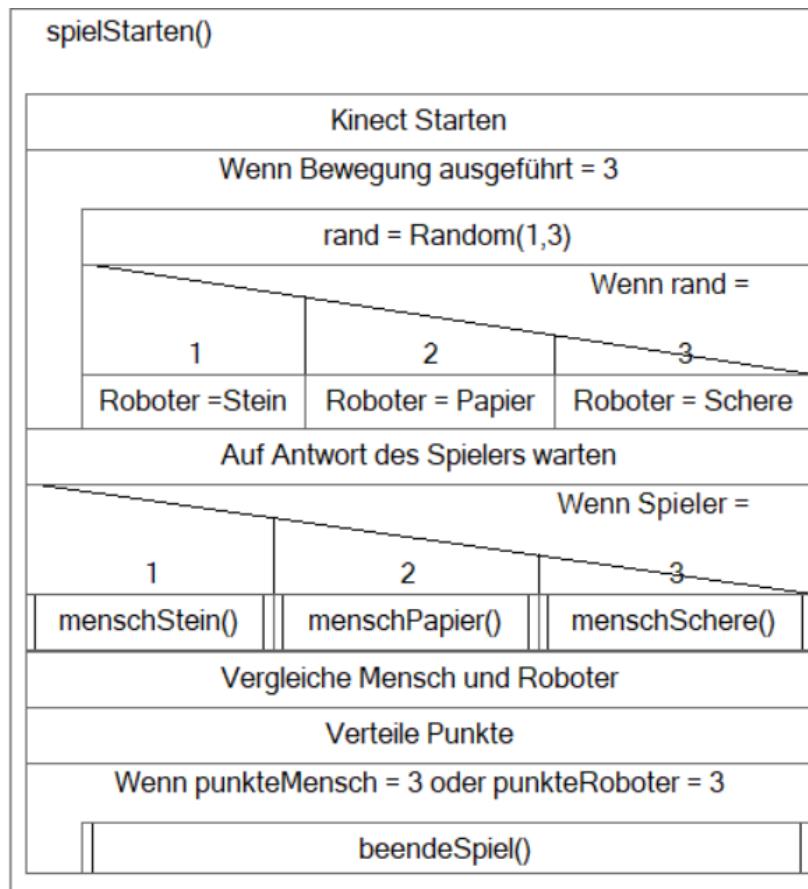


8.10 OpenNi Datenverarbeitung



8.4.4 Spielstruktur

Zuerst wird das Spiel über den Sprachbefehl gestartet. Dies hat zur Folge, dass die Kinect eingeschaltet wird und anfängt einen Spieler zu suchen. Ist der Spieler erkannt worden, kann mit der Bewegung begonnen werden. Die Erkennung und Verarbeitung der Bewegung wurde im vorherigen Abschnitt 8.4.3.2 beschreiben. Nachdem der Roboter und der Spieler die Bewegung ausgeführt haben, teilt der Roboter dem Mitspieler die von ihm gewählte Option mit. Danach wird der Nutzer aufgefordert dem Roboter seine gewählte Option mitzuteilen. Daraufhin werden die Punkte nach den Regeln von Schere-Stein-Papier verteilt. Derjenige, der zuerst 3 Punkte erreicht, gewinnt das Spiel. Aufgrund von möglichem Datenverlust durch überschreiben, werden zur Übertragung der gewählten Option keine globalen Variablen verwendet, sondern eigene Funktionen aufgerufen. In diesen Funktionen wird nun lediglich die vom Menschen gewählte Option mit der vom Roboter gewählten Option verglichen. Aufgrund der Punkteanzahl wird der Gewinner gewählt.



8.12 Struktogramm Spielablauf



9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1 ASPIR [1]	- 14 -
Abb. 3.2 InMoov [3]	- 15 -
Abb. 3.3 Poppy Humanoid [4].....	- 16 -
Abb. 4.1 rechter Unterarm und rechte Hand Teile.....	- 18 -
Abb. 4.2 Rechtes Handgelenk Teile	- 19 -
Abb. 4.3 Rechtes Servobett Teile.....	- 19 -
Abb. 4.4 Rechter Oberarm Teile	- 20 -
Abb. 4.5 Rechte Schulter Teile.....	- 21 -
Abb. 4.6 Torso Teile 2	- 22 -
Abb. 4.7 Torso Teile 1	- 22 -
Abb. 4.8 Rücken Teile 2.....	- 23 -
Abb. 4.9 Rücken Teile 1.....	- 23 -
Abb. 4.10 Untere Bauchregion Teile.....	- 24 -
Abb. 4.11 Mittlere Bauchregion Teile.....	- 24 -
Abb. 4.12 Obere Bauchregion Teile 1	- 25 -
Abb. 4.13 Obere Bauchregion Teile 2	- 25 -
Abb. 4.14 Brust Teile.....	- 26 -
Abb. 4.15 Nacken Teile	- 27 -
Abb. 4.16 Nacken (Ältere Version) Teile.....	- 28 -
Abb. 4.17 Gesicht und Kiefer Teile	- 28 -
Abb. 4.18 Augenmechanismus Teile.....	- 29 -
Abb. 4.19 Schädel und Ohren Teile	- 30 -
Abb. 4.20 Linker Fuß Teile	- 31 -
Abb. 4.21 Linkes Schienbein Teile.....	- 32 -
Abb. 4.22 Linkes Kniegelenk	- 32 -
Abb. 4.23 Linker Oberschenkel.....	- 33 -
Abb. 5.1 Rechter Unterarm Schritt 1	- 35 -
Abb. 5.2 Rechter Unterarm Schritt 2	- 35 -
Abb. 5.3 Rechter Unterarm Schritt 4	- 35 -
Abb. 5.4 Rechter Unterarm Schritt 3	- 35 -
Abb. 5.5 Rechter Unterarm Schritt 5	- 36 -
Abb. 5.6 Rechter Unterarm Schritt 6	- 36 -
Abb. 5.7 Rechtes Handgelenk Schritt 1.....	- 37 -
Abb. 5.8 Rechtes Handgelenk Schritt 2.....	- 37 -
Abb. 5.9 Rechtes Handgelenk Schritt 3.....	- 38 -
Abb. 5.10 Rechtes Handgelenk Schritt 4	- 38 -
Abb. 5.11 Rechte Hand Schritt 1	- 39 -
Abb. 5.12 Rechte Hand Schritt 2	- 39 -
Abb. 5.13 Rechte Hand Schritt 3	- 40 -
Abb. 5.14 Rechte Hand Schritt 4	- 40 -

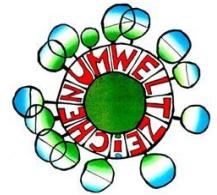


Abb. 5.15 Rechte Hand Schritt 5	- 40 -
Abb. 5.16 Rechte Hand Schritt 6	- 40 -
Abb. 5.17 Rechte Hand Schritt 7	- 41 -
Abb. 5.18 Rechte Hand Schritt 8	- 41 -
Abb. 5.19 Rechte Hand Schritt 9	- 41 -
Abb. 5.20 Rechte Hand Schritt 10	- 41 -
Abb. 5.21 Rechte Hand Schritt 11	- 42 -
Abb. 5.22 Rechte Hand Schritt 12	- 42 -
Abb. 5.23 Rechte Hand Schritt 13	- 42 -
Abb. 5.24 Rechte Hand Schritt 14	- 42 -
Abb. 5.25 Rechte Hand Schritt 15	- 43 -
Abb. 5.26 Rechter Bizeps Schritt 1	- 44 -
Abb. 5.27 Rechter Bizeps Schritt 2	- 44 -
Abb. 5.28 Rechter Bizeps Schritt 3	- 45 -
Abb. 5.29 Rechter Bizeps Schritt 4	- 45 -
Abb. 5.30 Rechter Bizeps Schritt 5	- 45 -
Abb. 5.31 Rechter Bizeps Schritt 6	- 45 -
Abb. 5.32 Rechter Bizeps Schritt 7	- 46 -
Abb. 5.33 Rechter Bizeps Schritt 8	- 46 -
Abb. 5.34 Rechter Bizeps Schritt 9	- 46 -
Abb. 5.35 Rechter Bizeps Schritt 10	- 46 -
Abb. 5.36 Rechter Bizeps Schritt 11	- 47 -
Abb. 5.37 Rechter Bizeps Schritt 12	- 47 -
Abb. 5.38 Rechter Bizeps Schritt 13	- 47 -
Abb. 5.39 Rechter Bizeps Schritt 14	- 47 -
Abb. 5.40 Rechter Bizeps Schritt 15	- 48 -
Abb. 5.41 Rechte Schulter Schritt 1	- 50 -
Abb. 5.42 Rechte Schulter Schritt 2	- 50 -
Abb. 5.43 Rechte Schulter Schritt 3	- 50 -
Abb. 5.44 Rechte Schulter Schritt 4	- 50 -
Abb. 5.45 Rechte Schulter Schritt 5	- 51 -
Abb. 5.46 Rechte Schulter Schritt 6	- 51 -
Abb. 5.47 Rechte Schulter Schritt 7	- 51 -
Abb. 5.48 Rechte Schulter Schritt 8	- 51 -
Abb. 5.49 Rechte Schulter Schritt 9	- 52 -
Abb. 5.50 Rechte Schulter Schritt 10	- 52 -
Abb. 5.51 Rechte Schulter Schritt 11	- 52 -
Abb. 5.52 Rechte Schulter Schritt 12	- 52 -
Abb. 5.53 Rechte Schulter Schritt 13	- 53 -
Abb. 5.54 Rechte Schulter Schritt 14	- 53 -
Abb. 5.55 Rechte Schulter Schritt 16	- 53 -
Abb. 5.56 Rechte Schulter Schritt 15	- 53 -
Abb. 5.57 Rechte Schulter Schritt 17	- 54 -

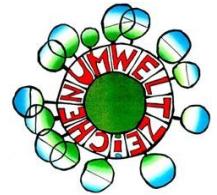


Abb. 5.58 Rechte Schulter Schritt 18	- 54 -
Abb. 5.59 Rechte Schulter Schritt 19	- 54 -
Abb. 5.60 Rechte Schulter Schritt 20	- 54 -
Abb. 5.61 Rechte Schulter Schritt 21	- 55 -
Abb. 5.62 Rechte Schulter Schritt 22	- 55 -
Abb. 5.63 Rechte Schulter Schritt 23	- 55 -
Abb. 5.64 Rechte Schulter Schritt 24	- 55 -
Abb. 5.65 Torso Schritt 1	- 57 -
Abb. 5.66 Torso Schritt 2	- 57 -
Abb. 5.67 Torso Schritt 3	- 57 -
Abb. 5.68 Torso Schritt 4	- 57 -
Abb. 5.69 Torso Schritt 5	- 58 -
Abb. 5.70 Torso Schritt 6	- 58 -
Abb. 5.71 Torso Schritt 7	- 58 -
Abb. 5.72 Torso Schritt 8	- 58 -
Abb. 5.73 Torso Schritt 10	- 59 -
Abb. 5.74 Torso Schritt 9	- 59 -
Abb. 5.75 Torso Schritt 11	- 59 -
Abb. 5.76 Bauchregion Schritt 1	- 61 -
Abb. 5.77 Bauchregion Schritt 2	- 61 -
Abb. 5.78 Bauchregion Schritt 3	- 61 -
Abb. 5.79 Bauchregion Schritt 4	- 61 -
Abb. 5.80 Bauchregion Schritt 5	- 62 -
Abb. 5.81 Bauchregion Schritt 6	- 62 -
Abb. 5.82 Bauchregion Schritt 7	- 62 -
Abb. 5.83 Bauchregion Schritt 8	- 62 -
Abb. 5.84 Bauchregion Schritt 9	- 63 -
Abb. 5.85 Bauchregion Schritt 10	- 63 -
Abb. 5.86 Bauchregion Schritt 11	- 63 -
Abb. 5.87 Bauchregion Schritt 12	- 63 -
Abb. 5.88 Bauchregion Schritt 13	- 64 -
Abb. 5.89 Bauchregion Schritt 14	- 64 -
Abb. 5.90 Bauchregion Schritt 15	- 64 -
Abb. 5.91 Bauchregion Schritt 16	- 64 -
Abb. 5.92 Bauchregion Schritt 17	- 65 -
Abb. 5.93 Bauchregion Schritt 18	- 65 -
Abb. 5.94 Bauchregion Schritt 20	- 65 -
Abb. 5.95 Bauchregion Schritt 19	- 65 -
Abb. 5.96 Bauchregion Schritt 21	- 66 -
Abb. 5.97 Bauchregion Schritt 22	- 66 -
Abb. 5.98 Bauchregion Schritt 23	- 66 -
Abb. 5.99 Bauchregion Schritt 24	- 66 -
Abb. 5.100 Bauchregion Schritt 25	- 67 -

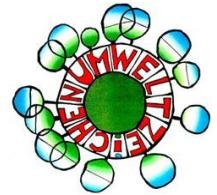


Abb. 5.101 Bauchregion Schritt 26	- 67 -
Abb. 5.102 Bauchregion Schritt 29	- 67 -
Abb. 5.103 Bauchregion Schritt 28	- 67 -
Abb. 5.104 Bauchregion Schritt 31	- 68 -
Abb. 5.105 Bauchregion Schritt 30	- 68 -
Abb. 5.106 Bauchregion Schritt 33	- 68 -
Abb. 5.107 Bauchregion Schritt 32	- 68 -
Abb. 5.108 Bauchregion Schritt 35	- 69 -
Abb. 5.109 Bauchregion Schritt 34	- 69 -
Abb. 5.110 Brustverkleidung Schritt 1	- 70 -
Abb. 5.111 Brustverkleidung Schritt 2	- 70 -
Abb. 5.112 Brustverkleidung Schritt 3	- 71 -
Abb. 5.113 Rückenverkleidung Schritt 1	- 72 -
Abb. 5.114 Rückenverkleidung Schritt 2	- 72 -
Abb. 5.115 Rückenverkleidung Schritt 3	- 73 -
Abb. 5.116 Rückenverkleidung Schritt 4	- 73 -
Abb. 5.117 Rückenverkleidung Schritt 5	- 73 -
Abb. 5.118 Rückenverkleidung Schritt 6	- 73 -
Abb. 5.119 Rückenverkleidung Schritt 7	- 74 -
Abb. 5.120 Rückenverkleidung Schritt 8	- 74 -
Abb. 5.121 Rückenverkleidung Schritt 10	- 74 -
Abb. 5.122 Rückenverkleidung Schritt 9	- 74 -
Abb. 5.123 Rückenverkleidung Schritt 11	- 75 -
Abb. 5.124 Rückenverkleidung Schritt 12	- 75 -
Abb. 5.125 Rückenverkleidung Schritt 13	- 75 -
Abb. 5.126 Nacken und Hals Schritt 1	- 76 -
Abb. 5.127 Nacken und Hals Schritt 2	- 76 -
Abb. 5.128 Nacken und Hals Schritt 3	- 77 -
Abb. 5.129 Nacken und Hals Schritt 4	- 77 -
Abb. 5.130 Nacken und Hals Schritt 5	- 77 -
Abb. 5.131 Nacken und Hals Schritt 6	- 77 -
Abb. 5.132 Nacken und Hals Schritt 7	- 78 -
Abb. 5.133 Nacken und Hals Schritt 8	- 78 -
Abb. 5.134 Nacken und Hals Schritt 10	- 78 -
Abb. 5.135 Nacken und Hals Schritt 9	- 78 -
Abb. 5.136 Nacken und Hals Schritt 11	- 79 -
Abb. 5.137 Nacken und Hals Schritt 12	- 79 -
Abb. 5.138 Nacken und Hals Schritt 13	- 79 -
Abb. 5.139 Nacken und Hals Schritt 14	- 79 -
Abb. 5.140 Nacken und Hals Schritt 15	- 80 -
Abb. 5.141 Nacken und Hals Schritt 16	- 80 -
Abb. 5.142 Nacken und Hals Schritt 17	- 80 -
Abb. 5.143 Augenmechanismus Schritt 1	- 81 -

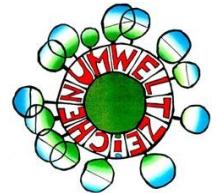
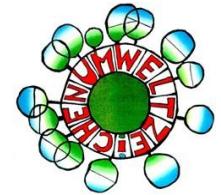
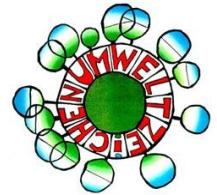


Abb. 5.144 Augenmechanismus Schritt 2	- 81 -
Abb. 5.145 Augenmechanismus Schritt 3	- 82 -
Abb. 5.146 Augenmechanismus Schritt 4	- 82 -
Abb. 5.147 Augenmechanismus Schritt 5	- 82 -
Abb. 5.148 Augenmechanismus Schritt 6	- 82 -
Abb. 5.149 Augenmechanismus Schritt 7	- 83 -
Abb. 5.150 Augenmechanismus Schritt 8	- 83 -
Abb. 5.151 Augenmechanismus Schritt 10	- 83 -
Abb. 5.152 Augenmechanismus Schritt 9	- 83 -
Abb. 5.153 Augenmechanismus Schritt 11	- 84 -
Abb. 5.154 Augenmechanismus Schritt 12	- 84 -
Abb. 5.155 Augenmechanismus Schritt 13	- 84 -
Abb. 5.156 Augenmechanismus Schritt 14	- 84 -
Abb. 5.157 Augenmechanismus Schritt 15	- 85 -
Abb. 5.158 Augenmechanismus Schritt 16	- 85 -
Abb. 5.159 Augenmechanismus Schritt 17	- 85 -
Abb. 5.160 Augenmechanismus Schritt 18	- 85 -
Abb. 5.161 Augenmechanismus Schritt 19	- 86 -
Abb. 5.162 Schädel Schritt 1	- 87 -
Abb. 5.163 Schädel Schritt 2	- 87 -
Abb. 5.164 Schädel Schritt 3	- 87 -
Abb. 5.165 Schädel Schritt 4	- 87 -
Abb. 5.166 Schädel Schritt 5	- 88 -
Abb. 5.167 Linker Fuß Schritt 3	- 90 -
Abb. 5.168 Linker Fuß Schritt 4	- 90 -
Abb. 5.169 Linker Fuß Schritt 5	- 90 -
Abb. 5.170 Linker Fuß Schritt 6	- 90 -
Abb. 5.171 Linker Fuß Schritt 7	- 91 -
Abb. 5.172 Linkes Schienbein Schritt 1	- 92 -
Abb. 5.173 Linkes Knie Schritt 1	- 93 -
Abb. 5.174 Linkes Knie Schritt 2	- 93 -
Abb. 5.175 Linker Oberschenkel Schritt 1	- 94 -
Abb. 5.176 Linker Oberschenkel Schritt 2	- 94 -
Abb. 6.1 Funktionsstruktur MyRobotLab	- 98 -
Abb. 6.2 _InMoov.config	- 100 -
Abb. 6.3 MyRobotLab GUI	- 101 -
Abb. 6.4 Virtual InMoov	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abb. 6.4 Virtual InMoov	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abb. 6.5 Auszug aus skeleton_rightHand.config	- 102 -
Abb. 6.6 Arduino-Konfiguration	- 103 -
Abb. 7.1 Service-Call in Python	- 104 -
Abb. 7.2 MyRobotLab-Runtime	- 105 -
Abb. 7.3 Kontrollfeld für Servomotoren	- 106 -



7.4 InMoov-Service aufrufen	- 107 -
Abb. 7.5 Kinect Sensorleiste [6]	- 108 -
Abb. 7.6 OpenNI.config.....	- 109 -
Abb. 7.7 Integration von Kinectdaten.....	- 110 -
Abb. 7.8 WebkitSpeechRecognition	- 111 -
Abb. 8.1 Logische Programmstruktur am Tag der offenen Tür	- 113 -
Abb. 8.2 Aufbau am Tag der offenen Tür	- 114 -
Abb. 8.3 MRL-Python-IDE	- 116 -
8.4 MyRobotLab-GUI	- 117 -
Abb. 8.5 Ausgabe in der Python-DIE.....	- 118 -
Abb. 8.6 Bewegung als Funktion.....	- 118 -
Abb. 8.7 Programmstruktur.....	- 119 -
Abb. 8.8 Einlesen und weiterleiten von Servicedaten	- 120 -
Abb. 8.9 Textverarbeitung	- 120 -
8.10 OpenNi Datenverarbeitung	- 121 -
8.11 Struktogramm Spielablauf	- 122 -
8.11 Struktogramm Spielablauf	- 122 -



10 Literaturverzeichnis

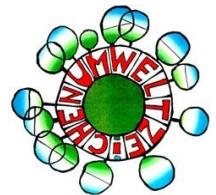
- [1] J. Choi, "Instructables," Chiotek, 04 04 2019. [Online]. Available: <https://www.instructables.com/id/ASPIR-Full-Size-3D-Printed-Humanoid-Robot/>.
- [2] G. Langevin, "inmoov.fr," inmoov, 4 April 2019. [Online]. Available: <http://inmoov.fr/>. [Accessed 04 April 2019].
- [3] T. W. N. E. M. Invisigoth67, „Wikipedia,“ 4 April 2019. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=InMoov&oldid=186287868>. [Zugriff am 04 April 2019].
- [4] M. Lapeyre, „poppy-project,“ Inria, 2016. [Online]. Available: <https://www.poppy-project.org/en/about/>. [Zugriff am 04 April 2019].
- [5] G. Langevin, „MyRobotLab.org,“ 17 November 2012. [Online]. Available: <http://myrobotlab.org/service/lnmoov>. [Zugriff am 4 April 2019].
- [6] H. G. HilberTarum, "Wikipedia," 5 März 2019. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kinect&action=history>. [Accessed 2019 April 4].



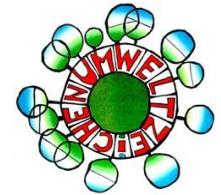
11 Arbeitszeittabelle

11.1 Arbeitszeit Peter Schiretz

Datum	Arbeit	Zeit in h
07.07.2018	Recherchearbeiten	1
08.07.2018	Recherchearbeiten	2
13.07.2018	Recherchearbeiten	2
31.08.2018	GITREPO	1
20.09.2018	Recherche & Besprechung	2
27.09.2018	Recherche	2
28.09.2018	Besprechung	1
07.10.2018	Recherche (Billiger Poppy mit RC Servos)	2
09.10.2018	Recherche (Pypot and Extending Pypot)	2
12.10.2018	Besprechung	1
16.10.2018	Besprechungsprotokoll erstellt einlesen in MyRobotlab/Setup für MyRobotLab/ Erster Sketch in ARDUINO IDE /	3
17.10.2018	Zwischenpräsentation erstellen / Roadmap erstellen / erstes Softwaresetup	4
24.10.2018	Sponsorenblatt	2
30.10.2018	3D-Druck	2
04.11.2018	Sponsorenblatt & Bestellliste	2
06.11.2018	3D_Druck	3
07.11.2018	3D_Druck	3
08.11.2018	3D_Druck	1
09.11.2018	3D_Druck	1
10.11.2018	3D_Druck	1
11.11.2018	3D_Druck	1
13.11.2018	3D_Druck	1
14.11.2018	3D_Druck	1
15.11.2018	3D_Druck	1
16.11.2018	3D_Druck	1
17.11.2018	3D_Druck	1
18.11.2018	3D_Druck / Druckliste	2
26.11.2018	Druckliste erstellen	2
02.12.2018	Recherche	1
14.12.2018	MRL und InMoov Setup	3



17.12.2018	FingerStarter angesprochen über Arduino und direkte Steuerung mit MRL	3
07.01.2018	Treffen mit robotics Team SoftwareSetup	4
13.01.2019	Assembly linke Hand	3
14.01.2019	Assembly linke Hand	3
15.01.2019	Assembly linke Hand/ simple Arduino Code(Handopen/Close)	7
17.01.2019	Assembly linke Hand/ Vorbereitung TdoT / Hand.io.	5
18.01.2019	Assembly Line Hand/ Tag der offenen Tür/ Erweiterung Hand.io	10
28.01.2019	Druckliste erstellen	1
30.01.2019	Besprechung mit Prof.Wurzinger über Kinect usw	2
31.01.2019	Druckliste erstellen	1
06.01.2019	Motion caprure Kinect	1
15.02.2019	Bizeps erkennung	2
19.02.2019	rock paper scissors programm	2
21.02.2019	rock paper scissors programm	2
22.02.2019	rock paper scissors programm	3
23.02.2019	programm in Custom.py	5
24.02.2019	programm in Custom.py	1
25.02.2019	Besprechung mit Prof.Wurzinger programmierung	2
27.02.2019	Kleinste Programme	4
01.03.2019	Kleinste Programme	3
02.03.2019	Kinecteinbindung	2
03.03.2019	Kinecteinbindung	2
04.03.2019	Besprechung mit Hr. Prof. Wurzinger & Programmierung	3
06.03.2019	Kinecteinbindung besprechung mit Hr. Wurzinger	3
08.03.2019	Erstellen Schreibvorlage	1
11.03.2019	Programmieren Voice und Kinect	2
12.03.2019	Dokumentation	1
14.03.2019	Dokumentation	1
15.03.2019	Programmieren Voice Commands	1
16.03.2019	Programmieren Voice Commands	2
17.03.2019	Dokumentation	2
18.03.2019	Programmierung Voice Commands	3
20.03.2019	Programm RockPaperScissors	2
21.03.2019	Programm RockPaperScissors	3



Ausbildungsschwerpunkt Informationstechnik

22.03.2019	Programm RockPaperScissors	2
23.03.2019	Dokumentation	4
24.03.2019	Dokumentation	6
25.03.2019	Dokumentation	3
26.03.2019	Dokumentation	3
27.03.2019	Dokumentation	5
28.03.2019	Dokumentation	3
29.03.2019	Dokumentation	1
30.03.2019	Dokumentation	1
01.04.2019	Dokumentation	3
02.04.2019	Dokumentation	4
03.04.2019	Dokumentation	9
04.04.2019	Dokumentation	10
Summe		197



11.2 Arbeitszeit Thomas Schachner

Datum	Verrichtete Arbeit	Zeit in h
06.07.2018	Besprechen der Diplomarbeit	1
18.08.2018	Recherche / Besprechen der Möglichen Robotervarianten	2
05.10.2018	Recherche / Informationsbeschaffung über InMoov	2
04.12.2018	Löten des Nervo Boards	2,5
17.12.2018	Sortieren der 3D-gedruckten Teile	0,5
13.01.2019	Bau der linken Hand	4
14.01.2019	Bau der linken Hand	3
15.01.2019	Bau der linken Hand	4
16.01.2019	Bau der linken Hand	2
17.01.2019	Bau der linken Hand	3
18.01.2019	Präsentation der Diplomarbeit am Tag der offenen Tür	9
21.01.2019	Bau des linken Bizeps	2
22.01.2019	Bau des linken Bizeps	1
03.02.2019	Bau des linken Bizeps	1,5
04.02.2019	Bau des linken Bizeps / Bau der linken Schulter	3
08.02.2019	3D-Druck / Erweitern der Druckliste	0,5
09.02.2019	3D-Druck / Bearbeiten der Teile	0,5
10.02.2019	3D-Druck / Bearbeiten der Teile	0,5
11.02.2019	3D-Druck / Bearbeiten der Teile	0,5
12.02.2019	3D-Druck / Bearbeiten der Teile	0,5
13.02.2019	3D-Druck / Erweitern der Druckliste	0,5
20.02.2019	3D-Druck / Bearbeiten der Teile	0,5
21.02.2019	Bau des linken Bizeps	3
22.02.2019	Bau des linken Bizeps	2
23.02.2019	Bau des linken Bizeps	3,5
28.02.2019	Bau des linken Bizeps	1,5
02.03.2019	Bau des linken Fußes	2
03.03.2019	Bau des linken Fußes	3
04.03.2019	Bau des rechten Fußes	3
09.03.2019	Reparatur des 3D-Druckers / Bau des Torsos	1
10.03.2019	Erweiterung der Druckliste	1
11.03.2019	Bau des Kopfes	5
13.03.2019	Bau des Kopfes / Bau der rechten Hand	5
14.03.2019	Bau der rechten Hand	7
15.05.2019	Bau des rechten Bizeps	5,5



Ausbildungsschwerpunkt Informationstechnik

16.03.2019	Bau des rechten Bizeps	5
17.03.2019	Bau des rechten Oberarmes	7,5
18.03.2019	Bau des rechten Oberarmes / Schreiben der Konstruktionsanleitung	6,5
19.03.2019	Bau der rechten Schulter / Bau des Torsos	7,5
20.03.2019	Schreiben der Konstruktionsanleitung	3
21.03.2019	Schreiben der Konstruktionsanleitung	2
22.03.2019	Bau der rechten Schulter / Bau des Torsos	2,5
23.03.2019	Bau der rechten Schulter / Bau des Torsos	9,5
24.03.2019	Reparatur der linken Hand / Bau der linken Schulter	9
25.03.2019	Bau der Bauchregion / Schreiben der Konstruktionsanleitung	6,5
26.03.2019	Bau der Bauchregion / Schreiben der Konstruktionsanleitung	2,5
27.03.2019	Schreiben der Konstruktionsanleitung	4,5
28.03.2019	Schreiben der Konstruktionsanleitung	4,5
29.03.2019	Schreiben der Konstruktionsanleitung	3
30.03.2019	Bau der Bauchregion	10
31.03.2019	Bau der Bauchregion	10,5
01.04.2019	Bau der Brustverkleidung / Bau der linken Schulter	7,5
02.04.2019	Bau des Kopfes / Bau der linken Schulter	7,5
03.04.2019	Bau des Kopfes / Bau der Rückenverkleidung / Schreiben der Konstruktionsanleitung	13
04.04.2019	Schreiben der Konstruktionsanleitung / Letzte Verbesserungsarbeiten am InMoov Roboter	10
05.04.2019	Letzte Verbesserungsarbeiten am InMoov Roboter	
Summe		216,5