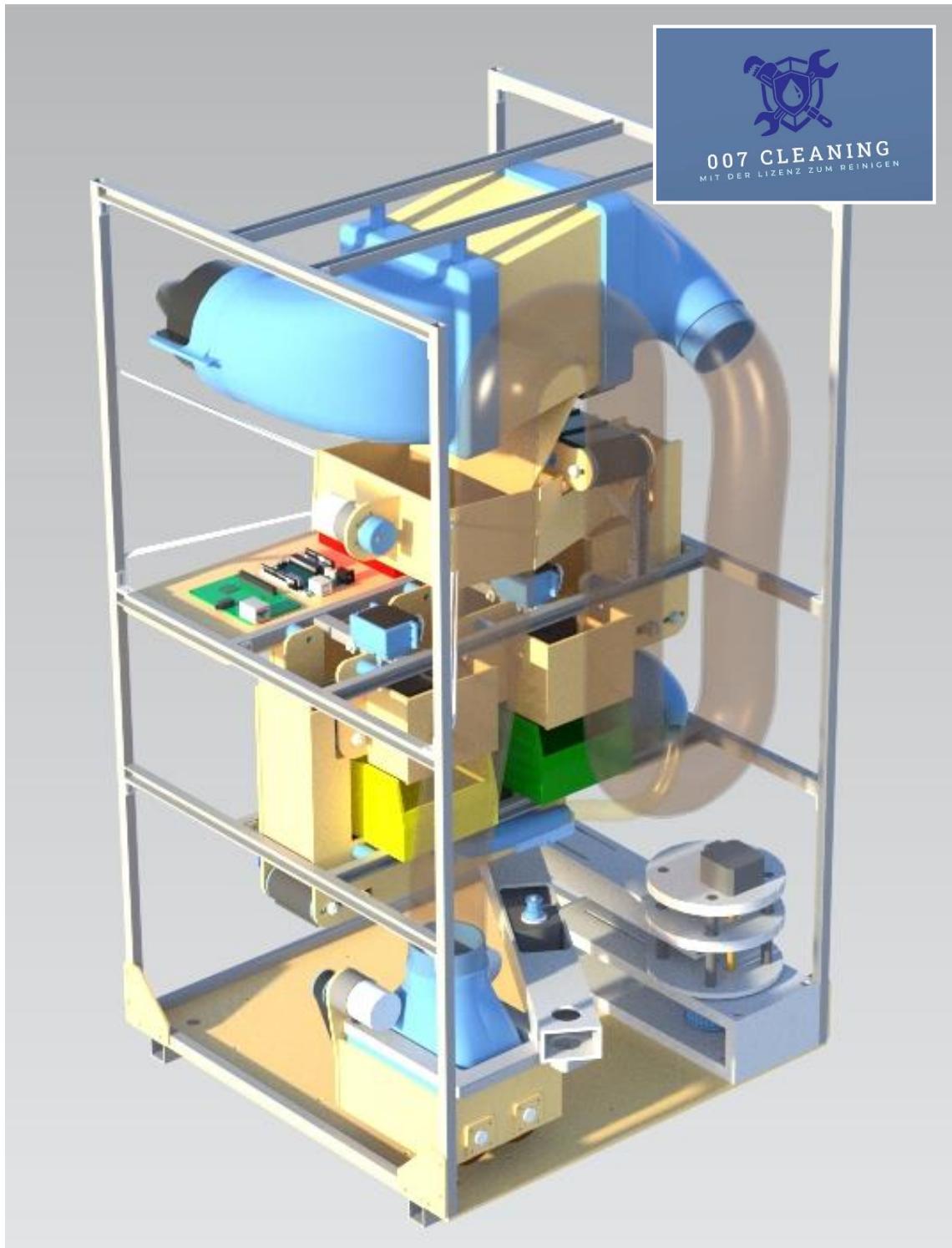


Produktentwicklung 1 - HS22

007-Cleaning präsentiert:
DIRT - Direkt integrierter Restmüll Trenner



Hochschule Luzern - Technik & Architektur / Informatik
Horw, 06. Januar 2023

Produktentwicklung 1 - Team 07

Marco Odermatt	Elektrotechnik (Teilzeit)	marco.odermatt.01@stud.hslu.ch
Merlin Blickisdorf	Elektrotechnik (Vollzeit)	merlin.blickisdorf@stud.hslu.ch
Alessandro Gilardi	Maschinentechnik (Vollzeit)	alessandro.gilardi@stud.hslu.ch
Lukas Schnyder	Maschinentechnik (Vollzeit)	lukas.schnyder@stud.hslu.ch
Simon Gander	Informatik (Teilzeit)	simon.gander@hslu.ch
Dominic Ammann	Informatik (Teilzeit)	dominic.ammann@stud.hslu.ch
Keerthdigan Ravinthiran	Informatik (Vollzeit)	keerthdigan.ravinthiran@stud.hslu.ch

007-Cleaning, Mit der Lizenz zum Reinigen

DIRT - Direkt integrierter Restmüll Trenner

Betreuer Dozent:

Rolf Kamps

Redlichkeitserklärung

Hiermit bestätigt das Team 07 und Ihre Mitglieder, die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne externe Hilfe erarbeitet zu haben. Zudem wurden keine Hilfsmittel verwendet, die nicht explizit erwähnt werden. Sämtliche Textausschnitte, Zitate oder Inhalte anderer Verfasser sind als solches gekennzeichnet und mit einer Quelle fundiert. Die Arbeit wurde durch das Team 07 erstellt und ist in dieser Form online oder in einer anderen Quelle nicht auffindbar. Folgend die Unterschriften aller Teammitglieder:

Marco Odermatt



Merlin Blickisdorf



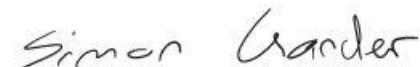
Alessandro Gilardi



Lukas Schnyder



Simon Gander



Dominic Ammann



Keerthdigan Ravinthiran



Versionskontrolle

Version	Datum	Änderung	Wer
1.0	07.10.2022	Abgabe Testat 1 - Anforderungsliste, Technische Recherche und Detail-Skizze Aufgabenst. (SW03)	Team
1.1	21.10.2022	Kapitel 3.2 «Tests Teillösungen» und 5.3 «Risikomanagement» ergänzt	MBL
1.2	28.10.2022	Kapitel 3.2 «Tests Teillösungen» ergänzt	Team
1.3	04.11.2022	Kapitel 3.2 «Tests Teillösungen» ergänzt	MBL
1.4	05.11.2022	Kapitel 3.1 «Morphologischer Kasten», 3.3 «Nutzwertanalyse» und 3.4 «Finale Auswahl» vervollständigt	Team
1.5	10.11.2022	Anpassungen gemäss Mail Herr Kamps vom 06.11.2022 betreffend Kapitel 3	MBL
2.0	11.11.2022	Abgabe Testat 2 - Lösungsfindung (SW08)	Team
2.1	18.11.2022	Kapitel 3.1 «Morphologischer Kasten» ergänzt	Team
2.2	25.11.2022	Kapitel 3.1 «Morphologischer Kasten» ergänzt	Team
2.3	02.12.2022	Kapitel 4.3 «Konzept Elektrotechnik» ergänzt	MBL
2.4	10.12.2022	Redlichkeitserklärung und erste Fassung, Kapitel 1 «Einführung» geschrieben	MBL
2.5	11.12.2022	Kapitel 2 «Problemstellung» & 3.2 «Tests Teillösungen» vervollständigt und 2.1 «Strandreinigung» geschrieben	MBL
2.6	15.12.2022	Kapitel 4 «Lösungskonzept» ergänzt	Team
3.0	16.12.2022	Abgabe Testat 3 - 80% der Dokumentation (SW13)	Team
3.1	23.12.2022	Kapitel 4 «Lösungskonzept» ergänzt	Team
3.2	01.01.2023	Anpassungen gemäss Mail Herr Kamps vom 30.01.2022 betreffend Abbildungsbeschriftungen	MBL
3.3	02.01.2023	Komplettes Dokument bezüglich Konsistenz und offenen Stellen überprüft	MBL
3.4	03.01.2023	Alle Kapitel vervollständigt	Team
4.0	04.01.2023	Vorabzug - 95 % der Dokumentation (zum gegenlesen)	Team
4.1	05.01.2023	Anpassungen der Korrekturvorschläge	MBL
5.0	06.01.2023	Abgabe Dokumentation - Finale Version	Team

Inhaltsverzeichnis

Management Summary	6
1 Einleitung	7
2 Problemstellung.....	8
2.1 Strandreinigung	8
2.2 Aufgabenstellung	9
3 Lösungsfindung	10
3.1 Morphologischer Kasten	10
3.2 Tests Teillösungen.....	20
3.3 Nutzwertanalyse	30
3.4 Finale Auswahl.....	32
4 Lösungskonzept.....	36
4.1 Übersicht und Produktbeschreibung	36
4.2 Konzept Mechanik	37
4.3 Konzept Elektrotechnik	44
4.4 Konzept Informatik	57
4.5 Schnittstellen	62
5 Projektmanagement	63
5.1 Organisation	63
5.2 Durchführung	66
5.3 Risikomanagement	71
5.4 Kostenkontrolle	72
6 Nachhaltigkeit	74
6.1 Ziel 12 der SDGs.....	74
6.2 Unser Beitrag zu SDG 12.....	74
6.3 Ziel 14 der SDGs.....	75
6.4 Unser Beitrag zu SDG 14.....	75
7 Fazit und Ausblick	76
8 Verzeichnisse	78
9 Anhang	87

Management Summary

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des Moduls Produktentwicklung 1 an der Hochschule Luzern Technik & Architektur und Informatik erarbeitet. Das Dokument wurde durch das Team 07 erstellt, welches interdisziplinär aus den drei Studiengängen Maschinentechnik, Elektro- & Informationstechnik und Informatik zusammengesetzt ist.

Die Aufgabe besteht darin, ein Gerät zu entwickeln, welches auf einem Roboter platziert werden kann und dabei verunreinigte Kiesstrände reinigen soll. Die Arbeit des Geräts muss bis auf einen Start und Stopp-Befehl autonom vonstattengehen.

Mithilfe zahlreicher Recherchen und dem Input des Teams wurden mehrere Lösungsansätze zusammengetragen. Daraus wurde ein morphologischer Kasten und eine Nutzwertanalyse erarbeitet, welches die besten Ansätze hervorgebracht hat. Aus diesen Ansätzen wurde ein umfangreiches Lösungskonzept entwickelt. Das Konzept beinhaltet im groben eine Kehrmaschine mit Bürsten, welches die Abfallgegenstände aufsammelt, einen Staubsauger, welcher diesen Abfall in den Gerätekörper transportiert und ein ausgeklügeltes Sortiersystem, welches die unterschiedlichen Abfallgegenstände in die dafür vorgesehenen Abfallbehälter legt. Die Abfallgegenstände werden mittels Bilderkennung eines Raspberry Pi 4 erkannt. Diese Informationen werden an ein Arduino MEGA weitergeleitet, welcher alle Motoren und Sensoren steuert und somit die Sortierung gewährleistet.

Im kommenden Modul PREN 2 wird das hiermit erarbeitete Konzept realisiert, getestet und in einem Wettbewerb auf die Probe gestellt.

1 Einleitung

Mit dieser Dokumentation liegt ein Konzept vor, mit welchem verunreinigte Kiesstrände gereinigt werden können. Dieses Konzept wurde im Rahmen des Moduls Produktentwicklung 1 (PREN 1) an der Hochschule Luzern Technik & Architektur und Informatik erarbeitet. Das durch das Team 07 erarbeitete Konzept wird «Direkt Integrierter Restmüll Trenner» (DIRT) genannt. Nebst dem Namen des Produkts selbst, hat sich das Team zudem noch den fantasievollen Namen «007-Cleaning, Mit der Lizenz zum Reinigen» gegeben, was eine Anspielung an die britischen James-Bond Filme von Ian Flemming ist.

Die Aufgabe des DIRT ist es, ein Kiesbett, welches mit Abfallgegenständen verunreinigt ist, zu reinigen und die Abfallgegenstände in die dafür vorgesehenen Behälter abzulegen. Dabei gibt es ein paar Rahmenbedingungen wie die Dimension, das Gewicht und in welcher Zeit die Reinigung zu erledigen ist. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Frage, wie die Aufgabe des DIRT möglichst effizient und nachhaltig realisiert werden kann. Dabei sollen die gegebenen Rahmenbedingungen und die Nachhaltigkeitsziele eingehalten werden.

Die zwei wichtigsten Teile dieses Dokuments sind die Lösungsfindung und das Lösungskonzept. In der Lösungsfindung wurden zunächst Ideen gesammelt und viele Tests durchgeführt, um diese Ideen auf ihre Effektivität zu prüfen. Dabei gab es ein paar interessante Konzepte, die im Verlauf des Projektes weiterverfolgt wurden. Im Lösungskonzept wird das gesamte Konzept des DIRT beschrieben. Das Kapitel ist in die drei Fachgebiete Mechanik, Elektrotechnik und Informatik aufgeteilt. Im Teil der Maschinentechnik wird das professionell erstellte CAD-Modell vorgestellt und die wichtigsten Komponenten des Aufbaus erläutert. Das Konzept der Elektrotechnik beschreibt die einzelnen Funktionen, wie die Steuerung, die Aktoren, die Sensoren, die Stromversorgung und wie die Module miteinander kommunizieren. Im Teil der Informatik wird näher auf die Bilderkennung, die erstellte Webseite und die Kommunikation zwischen der Webseite und der Hardware eingegangen.

Zum ersten Mal in diesem Modul wird zusätzlich zu der Aufgabe auch noch ein Augenmerk auf die Nachhaltigkeit gelegt. Dabei wird näher auf die Ziele 12 und 14 der «Sustainable Development Goals» (SDG) eingegangen. Diese beschreiben die verantwortungsvolle Benutzung und Herstellung von Produkten sowie das Schonen der Weltmeere und deren Bewohner.

Zum Schluss werden die Schwierigkeiten und die gesammelten Erfahrungen vom Erstellen des Konzeptes und der Dokumentation reflektiert.

Bei diesem Konzept handelt es sich nicht um eine fix fertige Lösung, vielmehr wurde eine gute Voraussetzung geschaffen, um im zweiten Modul der Produktentwicklung auf einer soliden Basis aufbauen zu können. Im Modul Produktentwicklung 2 wird das hiermit ermittelte Konzept realisiert, getestet und schlussendlich in einem Wettbewerb auf die Probe gestellt.

2 Problemstellung

Die heutigen Strände sind vermehrt verschmutzt, durch den Müll, der unsere Wegwerfgesellschaft erzeugt. Dieser Müll, welcher in manchen Fällen achtlos weggeworfen wird, landet in unseren Flüssen, wird über lange Wege in das Meer getragen und unter Umständen irgendwo auf der Welt wieder auf einem Strand angespült. Die Landlebewesen und Meeresbewohner leiden unter dieser Verschmutzung. Dieses Problem ist global und muss kurzfristig gedämpft und langfristig komplett eliminiert werden. Dies ist eine Mammut-Aufgabe, die es in dieser und den nächsten Generationen zu bewältigen gilt.

Das diesjährige Modul PREN der Hochschule Luzern Technik & Architektur und Informatik versucht diesem Geschehen entgegenzuwirken und diesen Müll aus Kiesstränden einzusammeln, um so der Umwelt zu helfen. Zudem soll durch nachhaltige Materialwahl und mitdenken der ökologischen Auswirkungen, keine zusätzliche Verschmutzung stattfinden.

2.1 Strandreinigung

Im Rahmen der Recherche zeigt diese Arbeit folgend, welche Systeme bereits heute zur Reinigung von Sandstränden eingesetzt werden. Das Reinigen von Stränden ist nicht ein neues Problem. In vielen Regionen der Welt, vor allem in Feriendestinationen am Meer, werden Maschinen eingesetzt, um die Strände der Besucher möglichst sauber zu halten. Jedoch beschränken sich diese Maschinen auf das Reinigen von Sandstränden und nicht Kiesstränden. Eine Firma, die sich auf dieses Fachgebiet spezialisiert hat, nennt sich BeachTech, was eine Tochtergesellschaft der «Kässbohrer Geländefahrzeug AG» ist. Dies ist ein deutsches Unternehmen mit Sitz in Laupheim.¹ Die Firma Kässbohrer deckt die drei Sparten Pistenbully, Strandreiniger und Powerbully ab. BeachTech ist der Teil der Firma, der für die Strandreiniger zuständig ist. Das Angebot des Betriebs besteht aus fertigen Fahrzeugen oder Anhängern, die man bei einem Traktor befestigen kann. Diese Fahrzeugtypen sind in den folgenden drei Abbildungen Abb 1, Abb 2 und Abb 3 zu erkennen.

Es ist gut erkennbar, dass diese Maschinen bei einem Kiesstrand nicht funktionieren würden, da diese für Sand konzipiert sind und bei einem Kiesstrand verstopfen und folglich Schaden nehmen würden.



Abb 1: BeachTech Marina



Abb 2: BeachTech Sweepy Hydro



Abb 3: BeachTech 2500

¹ (beach-tech.com, 2022)

2.2 Aufgabenstellung

Die diesjährige Aufgabenstellung des Modul PREN der Hochschule Luzern besteht darin, ein Kiesbett zu reinigen, welches mit Zigarettenstummeln, Kronkorken, PET-Deckeln und Wertgegenständen «verschmutzt» ist. Die vier typen an Gegenständen müssen sortiert und anschliessend in vier Ablageboxen befördert werden. Dabei gibt es Punktabzüge, wenn Gegenstände in einer falschen Ablagebox liegen. Die Gegenstände müssen gezählt und in Echtzeit auf einer Webseite dargestellt werden. Die Dimensionen sind wie folgt definiert: Grösse Kiesbett ca. 950 x 700 x 40 mm (LxBxH), max. Grösse des zu entwickelnden Gerätes 450 x 450 x 800 mm (LxBxH), Grösse Kies $\varnothing = 5$ mm bis 50 mm und die Grösse der Ablageboxen ca. 102 x 170 x 77 mm (LxBxH). Das Gerät darf ein maximales Gewicht von 15 kg nicht überschreiten. Für die Montage des Geräts wird dem Team eine Zeit von zwei Minuten bereitgestellt. Mit vier Schrauben wird die Maschine an der Grundplatte befestigt. Anschliessend hat das Gerät vier Minuten Zeit das Kiesbett zu säubern. Zu diesem Zeitpunkt muss das Gerät zudem zurück in die Ursprungsposition, bzw. innerhalb des zur Verfügung gestellten Volumen Platz finden. Während der Arbeitszeit gibt es eine 2 m grosse Sicherheitszone um die Grundfläche, diese darf durch das Gerät oder andere Objekte, wie z.B. die Steine, nicht verlassen werden. In der Abb 4 ist die eigens erstellte Detailskizze der Aufgabenstellung zu erkennen.

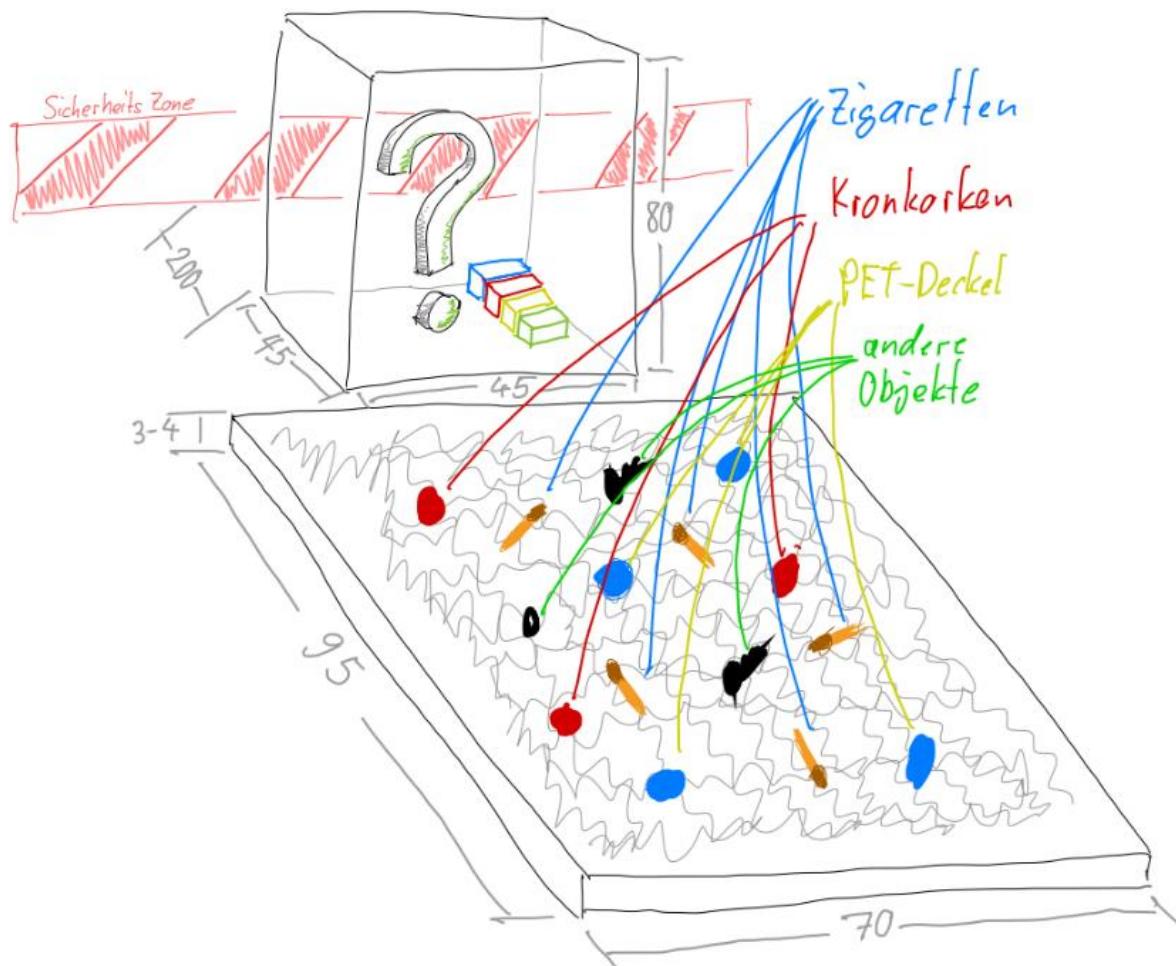


Abb 4: Detailskizze Aufgabenstellung

3 Lösungsfindung

In diesem Kapitel werden die gesammelten Ideen und getesteten Teillösungen behandelt. Mit den Ideen und Teillösungen wurde ein Morphologischer Kasten und eine Nutzwertanalyse erstellt. Dadurch konnte eine finale Auswahl der Teillösungen getroffen werden.

3.1 Morphologischer Kasten

Um die verschiedenen Ideen und Teillösungen sammeln zu können, wurde ein morphologischer Kasten erstellt. Der morphologische Kasten ist in 15 Teilfunktionen aufgeteilt, dabei unterschied man auch zwischen den Kategorien: Elektrotechnik, Maschinentechnik und Informatik. Es gibt im Minimum drei Varianten und im Maximum 14 Varianten pro Teilfunktion. Der morphologische Kasten ist in der folgenden Abb 5 abgebildet und im Anhang angehängt.

Kategorie	Teilfunktion	Teilbereich	Lösungsvarianten	Varianten 1	Varianten 2	Varianten 3	Varianten 4	Varianten 5	Varianten 6	Varianten 7	Varianten 8	Varianten 9	Varianten 10	Varianten 11	Varianten 12	Varianten 13	Varianten 14
E	Steuern		Raspberry Pi Raspberry Pi® ARDUINO	Raspberry Pi Arduino BECKHOFF (PS)	Arduino BECKHOFF (PS)	BECKHOFF (PS)	Tiny X22 FPGA	FPGA	Laptop	Smartphone	Microcontroller	Serverknoten					
E	Kommunikation Intern		I ² C BUS CAN	I ² C BUS CAN	Daisy-Chain	UART	Digital I/O	IoT									
E	Stromversorgung		Kernreaktor Kernzelle	Kernreaktor Kernzelle	Hauptstrom Generator	Solarzellen	Akkus	Stekkosten	H ₂ -Brennstoffzelle								
E	Interface		Webclient	Remote Controlled	Kabelgebunden	Physischer Schalter											
E	Erkennen		Kamera	Farbsensor	Hallsensor	Lichtschranke	Distanzsensor	Waage	Ultrahochwertig	Reflexion							
E	Anzeigen		Dashboard	Menu	Console	Animation	Video										
E	Zählen		Waage	Kamera	Lichtschranke	Klang	Verzweiter										
E	Server		Windows Linux	Linux	Web Service												
E	Kommunikation Extern		GSM (SIM Karte)	Bluetooth	WLAN	Infrarot	Ethernet	USB	Lora								
E	Weberhosting		HSLU	Microsoft Azure	Amazon	Informatic	Google	Hostpoint	NAS								
E	Daten-Speicherung		Cloud	Spreadsheets	SQL	NoSQL	Lokal	Arbeitsspeicher	Lochkarte								
M	Aufheben		Saugen/abheben	Elektronenmagnet	Baggerarm	Mehrhalterzylinder	Kettensäge mit Bürlitz	Fräser	Fluxkompensator	Nagel/Nadelbett	Klebstoff						
M	Tröpfeln		Luftstrom	Magnet	Trichterzylinder	Rüttelsieb	Wasserbad	Springbett	Luftholz	Spiralschneiden	Zentrifugalkreiselprinzip	Nagel/Nadelbett	Fin-Bay sortieren	Faltzunge			
M	Bewegen		Höhenförderer	Airflow	Magnet	Gravitation	Auger (Förderanlage)	Tiefe	Baggerarm	4-Achsen Arm	Rechen	Kran	Agitator	Holzlatte	Mini Roboter	Rollen	
M	Zurücklegen (Kies)		Airflow	Rollen	Airflow (Gravitation)	Plugs (auslösen)	Karussell	Springen	Wasser (auschwimmen)	Förderband	Schraubfeld						

Abb 5: Morphologischer Kasten

Um sich die Teillösungen besser vorstellen zu können, wurden alle Varianten aufwändig mit einer Grafik versehen, welche im Grossteil von Hand gezeichnet wurden. Die Teillösungen stammen aus diversen Internetquellen, Büchern und dem Input der Teammitglieder. Dabei ergaben sich sehr viele gute Ideen, jedoch zum Teil auch eher weniger gute Ideen wie die Kernfusion bei der Stromversorgung, der Fluxkompensator beim Aufheben der Abfallgegenstände

oder das Sprengen beim zurücklegen des Kieses. Folgend werden alle Teillösungen der Teilfunktionen kurz erklärt und mit einer Quelle versehen. Eine Ausnahme dabei sind die weniger guten Ideen, die soeben erwähnt wurden. Um diesen Fließtext übersichtlicher zu gestalten, wurde er in die 15 Teilfunktionen des morphologischen Kasten aufgeteilt.

3.1.1 Teilfunktion Steuern (9x Teillösungen)

Die Idee für den Raspberry Pi und den Arduino ist schnell gefallen. Der Raspberry Pi ist ein Einplatinencomputer und wird häufig bei Projekten verwendet, die eine hohe Softwareleistung benötigen. Der Arduino hingegen ist ein Mikrocontroller und wird häufig bei Projekten verwendet, in denen Hardware gesteuert wird, da diese in Echtzeit arbeiten.² Beckhoff ist eine SPS also einen Industrie-PC, welcher häufig verwendet wird, um Automationen zu realisieren. Dabei kann er einzelne Geräte oder ganze Anlagen steuern.³ Das TinyK22 ist ein Mikrocontroller, welcher von der Hochschule Luzern T&A entwickelt wurde und in den Modulen «Programmieren Grundlagen», «Microcontroller Fundamentals» und «Advanced Programming» verwendet wird.⁴ Deshalb wurde dieser auch in den morphologischen Kasten übernommen, da sich die Elektrotechnik Studenten damit auskennen. Das FPGA ist eine Feldprogrammierbares Gate-Array, also ein ähnliches Bauteil wie ein Mikrocontroller. Es wird mit HDL-Programmiersprachen programmiert und in der Industrie häufig eingesetzt.⁵ Zwei weitere Teillösungen sind der Laptop und das Smartphone. Beides sind Endnutzer-Geräte, welche jedoch viel Leistung besitzen, um anspruchsvolle softwareseitige Probleme zu lösen. Der Mikrocontroller selbst wurde auch noch übernommen, falls für das Projekt einen eigenen Mikrocontroller entwickelt wird. Als letztes wurde noch eine Serverbasierte Lösung als Teillösung übernommen. Falls zum Beispiel eine Bilderkennung nicht lokal, sondern auf einem Server gemacht wird.

3.1.2 Teilfunktion Kommunikation Intern (6x Teillösungen)

Die erste Teillösung unter Kommunikation Intern ist I2C. I2C ist eine sehr verbreitete Bus-Lösung, um Sensoren mit Mikrocontrollern zu verbinden, damit diese miteinander kommunizieren und Daten austauschen können. In vielen Fällen ist diese Technologie die Schnittstelle eines Sensors, weshalb man nicht darum herumkommt, I2C zu verwenden.⁶ Die zweite Teillösung ist CAN. Dies ist wie der I2C auch ein Bus, welcher Sensoren und Aktoren logisch miteinander verbindet. Dieser Bus wird häufig in der Automobilindustrie verwendet.⁷ Als nächstes kommt die Daisy-Chain. Dies ist eine Technologie, die verwendet wird, wenn man mehr Peripheriegeräte mit einem Computer verbinden will, als dieser Anschlüsse besitzt. Mit der Daisy-

² (ionos.de, 2022)

³ (beckhoff.com, 2022)

⁴ (mcuoneclipse.com, 2020)

⁵ (xilinx.com, 2022)

⁶ (circuitbasics.com, 2022)

⁷ (csselectronics.com, 2022)

Chain lassen sich mehrere Peripheriegeräte in Serie schalten.⁸ Die vierte Teillösung ist UART. Dies ist wiederum eine abgespeckte Version der RS232-Schnittstelle. Das RS232-Protokoll ist eine serielle asynchrone Schnittstelle zwischen einem Mikrocontroller und einem Computer und wird meist mit USB oder Bluetooth hergestellt. Wie beim I2C-Bus ist diese Technologie in der Elektrotechnik sehr verbreitet.⁹ Als nächstes wäre Digital I/O. Dies ist ein schöner Begriff für das direkte Anschliessen der Sensoren an den vorhandenen Anschlüssen wie HDMI, USB, CSI, DSI oder Ethernet. Alles Anschlüsse welches ein Raspberry Pi hat. Die letzte Teillösung ist IoT. Ein Begriff, der heutzutage sehr verbreitet ist, da die Technologie stark wächst. IoT ist kurz für «Internet of Things» wobei alle Sensoren einen eigenen WLAN-Chip besitzen (auch GSM oder LORA möglich) und über das Internet miteinander verbunden sind.¹⁰

3.1.3 Teilfunktion Stromversorgung (2x Teillösungen)

In der Teilfunktion Stromversorgung gibt es nur zwei sinnvolle Teillösungen, und zwar die Stromversorgung direkt mit einer Steckdose oder mit einem Akku. Da in der Aufgabenstellung steht, dass eine Steckdose zur Verfügung steht, ist diese natürlich ein Teil der Teillösungen. Zusätzlich wurde hier jedoch noch ein Akku als Teillösung miteinbezogen. Der Vorteil von gewissen Akkus, zum Beispiel eines LiPo-Akkus ist, dass sie kurzzeitig eine sehr hohe Leistung liefern können.¹¹

3.1.4 Teilfunktion Interface (4x Teillösungen)

Die erste Teillösung in diesem Punkt ist das webbasierte Interface. Das heisst, dass der Nutzer mit einem mobilen Gerät auf eine Webseite gehen kann und die Funktionen des DIRT mittels einer Maus oder Touch ein und ausschalten kann. Die wichtigsten Funktionen wären dabei die Maschine zu starten und stoppen. Eine weitere Möglichkeit dies zu realisieren wäre via Remote also eine ferngesteuerte Lösung. Dabei hat der Nutzer eine Fernbedienung, die entweder über Bluetooth, Funk oder Infrarot mit dem DIRT kommuniziert.¹² Die nächste Teillösung ist die einfachste und gleichzeitig auch zuverlässigste. Es handelt sich dabei um eine kabelgebundene Lösung. Dabei wird ein über zwei Meter langes Kabel am DIRT befestigt und am anderen Ende eine kleine Box mit mehreren physikalischen Tastern oder Schaltern, inklusive dem NOT-AUS-Schalter. Der physikalische Taster bzw. Schalter ist auch zugleich noch die vierte Teillösung in dieser Teilfunktion.

⁸ (it-business.de, 2022)

⁹ (analog.com, 2020)

¹⁰ (techtarget.com, 2022)

¹¹ (exp-tech.de, 2018)

¹² (tor7.de, 2022), (rahner-edu.de, 2022), (computerweekly.com, 2022)

3.1.5 Teilfunktion Erkennen (8x Teillösungen)

Die erste Lösung der Teilfunktion Erkennen, ist die Kamera. Die Idee dabei ist es, dass die einzelnen Abfallgegenstände mit einer Kamera und maschinellem Lernen erkannt werden, um sie anschliessend einsammeln oder sortieren zu können.¹³ Dafür wird jedoch noch zusätzlich eine leistungsstarke Hardware, wie ein Raspberry Pi benötigt, welches die Bilderkennung durchführen kann. Die nächste Teillösung ist der Farbsensor. Üblicherweise haben die PET-Deckel, Kronkorken und Zigarettenstummel unterschiedliche Farben. Deshalb wäre es Ideal diese Eigenschaft für das Erkennen zu nutzen, indem Farbsensoren eingesetzt werden.¹⁴ Die Praktikabilität bei gleichfarbigen PET-Deckeln und Kronkorken ist jedoch in Frage gestellt, da in diesem Fall die zwei Abfallgegenstände nicht mehr unterschieden werden können. Als nächstes kommt der Hallsensor. Ein Hallsensor ist ein Sensor, welcher ferromagnetischen Stoffe erkennen kann, also metallische Objekte, die von einem Magneten angezogen werden.¹⁵ Dieser Sensor wäre ideal, um die Kronkorken zu erkennen. In der nächsten Teillösung wurde eine Lichtschranke definiert. Lichtschranken erkennen ein Objekt, dass durch sie durch geht. Dadurch lässt sich zum Beispiel akkurat Zählen wie viele Objekte ein Förderband durchläuft, solange diese alle einzeln die Lichtschranke durchlaufen.¹⁶ Eine Lichtschranke kann natürlich auch verwendet werden, um zu erkennen, ob sich jemand unerlaubt Zugang zu einem Tresor verschafft, wie es in den James Bond Filmen gern gezeigt wird. Die nächste Teillösung ist ein Distanzsensor. Solch ein Sensor ist wichtig, um die Objekte vom Kiesbett aufzuheben, da dabei die Distanz zwischen Aufhebe-Vorrichtung und Kiesbett benötigt wird. Distanzsensoren gibt es in verschiedenen Formen. Hier werden hauptsächlich zwei Varianten betrachtet, der Ultraschallsensor und der TOF-Sensor.¹⁷ Dann wäre da noch die Waage. Mittels einer Waage könnte man das Gewicht der unterschiedlichen Abfallgegenstände messen und mit diesem Normgewicht dann bestimmen, was es für ein Gegenstand ist. Als nächstes kommt noch die Infrarotkamera. Dies ist eine Kamera, welche die Wärme von Objekten darstellen kann.¹⁸ Sie könnte verwendet werden, da metallische Objekte und Objekte aus Kunststoff die Wärme unterschiedlich gut leiten und somit eine unterschiedliche Temperatur besitzen. Die letzte Teillösung unter diesem Punkt wäre die Reflexion. Das Reflexionsverhalten der Abfallgegenstände ist unterschiedlich. Ein Kronkorken zum Beispiel reflektiert das Licht, wobei ein Zigarettenstummel oder PET-Deckel eher dämpfend wirkt.¹⁹ Diese Eigenschaft könnte man mit einem Sensor messen und somit dann die Objekte differenzieren.

¹³ (digikey.ch, 2020)

¹⁴ (rohm.de, 2022)

¹⁵ (baumer.com, 2022)

¹⁶ (baumer.com, 2022)

¹⁷ (elektro.turanis.de, 2022), (elektro.turanis.de, 2022)

¹⁸ (fluke.com, 2022)

¹⁹ (leifiphysik.de, 2022)

3.1.6 Teifunktion Anzeigen (4x Teillösungen)

Bei dieser Teifunktion macht das Dashboard den Start. Dashboard ist eine englischer Begriff für eine grafische Benutzeroberfläche. Im Kontext dieses Projektes ist damit gemeint, dass eine möglichst benutzerfreundliche und intuitive Oberfläche auf der Webseite gestaltet wird, damit der Nutzer sieht wie viele Abfallgegenstände bereits eingesammelt wurden und wie weit der Komplettierungsstand ist. Die Idee wäre also, dass alles auf einer Seite Platz hat und übersichtlich ist.²⁰ Die zweite Teillösung ist ein Menu. Mit einem Menu sind die Kacheln auf einer Webseite gemeint, durch die der Nutzer schnell zu einem anderen Punkt der Webseite oder auf eine neue Seite springen kann. Das nächste wäre eine Konsole. Diese Lösung wäre sehr einfach aufgebaut, ist jedoch gleichzeitig auch nicht sehr übersichtlich, da fortlaufend neue Daten erhält und nie alles gleichzeitig sieht. Die letzte Lösung wäre eine Animation. Dies wäre sehr aufwendig, würde jedoch sehr übersichtlich sein und dem Nutzer ein Schmunzeln ins Gesicht zaubern.

3.1.7 Teifunktion Zählen (5x Teillösungen)

Die erste Teillösung bei der Teifunktion Zählen ist die Waage. Mittels einer Wägezelle und einem Arduino, kann selbst eine Waage gebaut werden.²¹ Mit einer solchen Waage können die Abfallgegenstände gezählt werden, indem das gemessene Gesamtgewicht mit dem Gewicht eines Abfallgegenstandes dividiert wird. Eine andere Möglichkeit wäre das Zählen mit einer Kamera, also mit Bilderkennung. Durch das Erkennen der einzelnen Abfallgegenstände, kann es auch gleichzeitig gezählt werden, insofern es richtig abgelegt wird.²² Das Zählen wäre auch mit einer Lichtschranke möglich. Solch eine Lichtschranke könnte zum Beispiel bei einem Förderband verwendet werden, um die Objekte zu zählen, welche darüber laufen.²³ Weiter könnte auch mit Klang gezählt werden. Die Abfallgegenstände fallen unter Umständen in die Ablageboxen rein. Dort könnte man mit einem Piezokristall-Mikrofon den Aufprall feststellen und dadurch zählen, wie viele Objekte in der Ablagebox landen.²⁴ Als letztes gäbe es da noch die Teillösung des Vereinzelners. Der Vereinzelner sorgt dafür, dass die Abfallgegenstände einzeln durch den Vereinzelner gehen, dadurch könnte man die Anzahl der Objekte zählen, die dort durch Gehen. Es müsste dann jedoch eine andere Teillösung verwendet werden, um wirklich zu zählen, beispielsweise eine Lichtschranke.

3.1.8 Teifunktion Server (3x Teillösungen)

Bei dieser Teifunktion ergab die Recherche nur drei Teillösungen. Die erste wäre einen Windows Server.²⁵ Der Windows Server ist ein Produkt von Microsoft. Deshalb ist es sehr

²⁰ (dataunit.ch, 2022)

²¹ (learn.sparkfun.com, 2022)

²² (docs.roboflow.com, 2022)

²³ (baumer.com, 2022)

²⁴ (itwissen.info, 2022)

²⁵ (www.computerweekly.com, 2022)

zuverlässig und sicher. Die zweite Lösung wäre ein Linux-Server. Dies ist ein Server, welcher auf dem open source Betriebssystem Linux läuft.²⁶ Die dritte Teillösung wäre Webservice im Allgemeinen.

3.1.9 Teilfunktion Kommunikation Extern (7x Teillösungen)

Für die externe Kommunikation wäre eine mögliche Teillösung, das Handy-Netz zu verwenden. Die Technologie dahinter nennt sich GSM, was eine Abkürzung für «Global System for Mobile Communication» ist.²⁷ Der Vorteil davon wäre, dass es praktisch überall verfügbar ist. Eine andere Möglichkeit wäre Bluetooth. Bluetooth ist eine häufig verwendete Technologie für die Kommunikation zweier Geräte über eine kurze Distanz von maximal 100 m. Jedoch ist die Datenübertragungsrate eher klein. Bei Bluetooth 5.2 liegt diese bei maximal 50 MB/s.²⁸ Des Pendant dazu wäre das bekannte WLAN. Diese Technologie wird in praktisch jedem Haus verwendet, hat eine ähnliche Übertragungsdistanz wie das Bluetooth, aber eine viel höhere Datenübertragungsrate von bis zu 150 MB/s beim der aktuellen WLAN-Generation Wi-Fi 6.²⁹ In vielen Fernbedienungen für Fernseher wird Infrarot verwendet. Dies wäre eine weitere Technologie, die verwendet werden könnte. Der Nachteil ist, dass man ein direktes Sichtfeld zwischen Fernbedienung und Empfänger benötigt.³⁰ Um die kabellosen Teillösungen abzuschliessen, wäre da noch LoRaWAN. LoRaWAN wird bei Sensoren verwendet, welche keinen direkten Internetanschluss haben mit einem LoRa-Gateway zu verbinden, welches die Schnittstelle zum Internet ist. Dabei sind sehr grosse Distanzen zwischen Sensoren und Gateway möglich. Der einzige Nachteil dabei sind die geringen Datenmengen.³¹ Als nächstes gibt es noch zwei kabelgebundene Teillösungen. Einerseits wäre da Ethernet, also das Anbinden an das LAN. Andererseits wäre da das Verbinden mit einem USB-Kabel.

3.1.10 Teilfunktion Webhosting (6x Teillösungen)

Für das Webhosting gibt es die Optionen, selbst einen Server zu betreiben oder einen Server über einen Cloudanbieter zu beziehen. Bei den Cloudanbietern gibt es diverse Anbieter, die in Frage kämen. Zum einen sind das die drei weltweit grössten Anbieter für Clouddienste, Microsoft Azure, Amazon AWS und Google Cloud Plattform. Hostpoint als Schweizer Anbieter von Clouddiensten wäre ebenfalls eine Möglichkeit. Die letzte und naheliegendste Teillösung ist das Enterprise-Lab der Hochschule Luzern.

²⁶ (rackspace.com, 2022)

²⁷ (informationszentrum-mobilfunk.de, 2022)

²⁸ (learn.sparkfun.com, 2022)

²⁹ (www.elektronik-kompendium.de, 2022)

³⁰ (mc.mikrocontroller.com, 2022)

³¹ (linemetrics.com, 2022)

3.1.11 Teifunktion Datenspeicherung (3x Teillösungen)

Die Teillösung Arbeitsspeicher meint, dass die Daten transient im Arbeitsspeicher des Servers gespeichert werden können. Dies ist die schnellste Art, wie auf die Daten zugegriffen werden kann. Der Nachteil daran ist, dass die Daten verloren gehen, sobald der Server neu gestartet wird. Für eine persistente Datenspeicherung gibt es 2 mögliche Ansätze: SQL und NoSQL. Eine SQL-Datenbank speichert die Daten in einer strukturierten Form und stellt sicher, dass die Daten konsistent sind. NoSQL-Technologien legen weniger Wert auf die Struktur der Daten, sie bieten dafür einen schnelleren Zugriff auf die Daten und sind besser geeignet für sehr grosse Datenmengen.³²

3.1.12 Teifunktion Aufheben (8x Teillösungen)

Mit der ersten Teillösung Saugen alles ist gemeint, mit einer Art Staubsauger alle Objekte in der Teamfläche einzusammeln. Der Elektromagnet hätte einen Doppelnutzen, auch als Teiltrennung, welche danach nur Kronkorken und eventuell Wertsachen enthält. Mit einer Baggerschaufel würde auch ein komplettes Aufsammeln des gesamten Kieses inklusive Recycling-Objekte erzielt. Ein Mehrschalengreifer hingegen kann sehr selektiv nur einzelne Objekte greifen.³³ Mit dem Vorbild einer richtigen Kehrmaschine können die Bürsten direkt eingesetzt werden, um leichte Gegenstände auf dem schwereren Kies aufzusammeln.³⁴ Ein Fräser, wie in einer Schneefräse, kann Objekte zusammentragen, um diese anderweitig weiter zu befördern.³⁵ Ein Nagel- oder Nadel-Brett kann dazu verwendet werden, nur weiche Objekte anzustechen, somit können nur Zigarettenstummel aufgehoben werden. Mit einer Schicht Klebstoff sollen auch nur leichte und glatte Objekte aufgesammelt werden, was Steine zurücklässt.

3.1.13 Teifunktion Trennen (11x Teillösungen)

Mit einem Luftstrom können Objekte mit grosser Oberfläche die auch noch leicht sind, abgetrennt werden. Mit einem Magneten werden magnetische Objekte abgetrennt, sprich Kronkorken und einige Wertgegenstände. Ein Trommelsieb sortiert Objekte nach Grösse, ähnlich wie ein Rüttelsieb, nur wird das Eine gedreht und das Andere gerüttelt, um kleine Objekte hindurch passieren zu lassen. In einem Wasserbad sinken schwere Objekte wie Kronkorken und Kies, PET-Deckel aus PP sowie Zigarettenstummel treiben auf und können abgeschöpft werden. Das Sprungbrett wirft Objekte aus einer Rampe aufgrund der Bilderkennung. Ein Luftpuls und Sortierzylinder funktionieren ähnlich, auch mit Bilderkennung und befördern selektiv einzelne Objekte in ihren zugehörigen Ort.³⁶ Per Zentrifugalprinzip können auch Objekte nach ihrem Gewicht sortiert werden, zum Beispiel wie weit diese Rollen oder wie schnell sie auf eine Kraft hin die Bahn ändern. Fin-Ray Sortierung funktioniert mit einem flexiblen Stellarm, welcher

³² (IBM, 2022)

³³ (idrobenne.com, 2022)

³⁴ (gruenig.de, 2022)

³⁵ (husqvarna.com, 2022)

³⁶ (lowellma.gov, 2022)

Objekte je nach Kategorie in eine andere Richtung rutschen lassen kann.³⁷ Eine Falltür kann ein Ausweg aus einem geschlossenen Behälter darstellen oder eine Selektive auslese von einzelnen Objekten.

3.1.14 Teilfunktion Bewegen (13x Teillösungen)

Bei dieser Teilfunktion wurden am meisten Teillösungen ermittelt. Die erste wäre ein Förderband. Förderbänder werden in der Industrie sehr häufig eingesetzt, um Objekte von einem Ort zu einem anderen Ort zu befördern. Dabei gibt es sehr viele verschiedene Ausführungen und Formen.³⁸ Um leichte Objekte bewegen zu können, gäbe es auch die Möglichkeit diese mit einem Luftstrom zu bewegen. Dabei könnten beispielsweise die Zigarettenstummel oder die PET-Deckel bewegt werden. Eine weitere Möglichkeit wäre das Bewegen mittels eines Magneten. Die Idee ist es, dass magnetische Abfallgegenstände, also Kronkorken, an einem Ort aufgehoben und an einem anderen Ort wieder fallen gelassen werden. Die einfachste Art Gegenstände zu bewegen, ist die Gravitation auszunutzen. Die Idee dahinter ist es, dass mit der zur Verfügung gestellten Höhe aus der Aufgabenstellung gearbeitet wird. Eine Teillösung, um Abfallgegenstände vom Kiesbett aufzuheben, wäre ein sogenannter Auger, also eine Förderschnecke. Solche Förderschnecken werden häufig verwendet, wenn etwas vom Boden aufgelesen werden muss. Dabei kann man Gegenstände horizontal, vertikal oder schräg transportieren.³⁹ Die nächste Idee hat mit einem Bagger zu tun. Bagger werden generell verwendet, um Aushübe zu schaffen und dabei sehr viel Erde aus dem Boden zu holen und in einem Lastwagen zu versorgen. Diese Technologie könnte verwendet werden, um die Abfallgegenstände aufzuheben und an einem geeigneten Ort zu versorgen. Ähnlich wie der Bagger, könnte auch ein Vier-Achsen-Arm verwendet werden, welcher am Ende einen Mehrschalengreifer befestigt hat. Eine Möglichkeit Abfallgegenstände auf dem Kiesbett zu bewegen, wäre einen Rechen für diesen Zweck zu verwenden. Dabei sollte das Kies vermehrt an Ort und Stelle bleiben und die Abfallgegenstände abgetragen werden. Eine weitere Teillösung für das Bewegen wäre ein Kran. Kräne werden auf Baustellen verwendet, um Baumaterialien vom Boden auf das Gebäude hochzuheien. Diese Methode könnte verwendet werden, um die Abfallgegenstände über das ganze Kiesbett hinweg zu transportieren. Falls man jedoch ein Gerüst hätte, könnte man auch Räder verwenden, um das Gerüst auf dem Kiesbett herumzurollen. Dies wäre eine einfache Möglichkeit, um sich auf dem Kiesbett fortzubewegen. Zudem benötigt es nicht eine riesige Konstruktion und kann dementsprechend einfach realisiert werden. Eine etwas andere Teillösung wäre, mehrere Holzplatten aneinander zu reihen, dabei sollten sich die Objekte, die sich darauf befinden in eine definierte Richtung bewegen. Ein Mini-Roboter wäre eine andere Option. Die Idee dahinter liegt dabei einen kleinen autonomen Sammel-Roboter zu verwenden, welcher die Abfallgegenstände sucht, aufhebt und zur Basis zurückführt. Dabei muss sich dieser jedoch auf dem unebenen Terrain des Kiesbetts fortbewegen können. Die letzte Möglichkeit wäre Rollen zu verwenden, dabei ist die Funktionsweise ähnlich wie bei den Förderbändern,

³⁷ (festo.com, 2022)

³⁸ (stokmanbv.com, 2022)

³⁹ (logistikknowhow.com, 2022)

jedoch ohne ein Band. Die Rollen sind dann sehr nah aneinander und transportieren die Abfallgegenstände auf den Oberflächen der Rollen.

3.1.15 Teifunktion Zurücklegen des Kieses (8x Teillösungen)

Bei der Teifunktion Zurücklegen des Kieses geht es darum Kies, dass man ungewollt aufgehoben hat, wieder zurück in das Kiesbett zu legen. Die Teillösungen Förderband, Rollen und Luftstrom wurden hier wieder übernommen, da auch hier etwas bewegt wird. Um die Teillösung Gravitation wieder zu verwenden, wurde diese Idee in diesem Fall in eine Rutsche umgewandelt. Durch eine einfache Rutsche lässt sich das Kies sehr effizient zurücklegen. Eine andere Möglichkeit wäre es das Kies mit einem Pflug auf erhöhtem Grund fallen zu lassen so, dass es wieder im Kiesbett landet. Falls das Kies aus irgendeinem Grund jedoch nicht direkt vor dem Aufbau im Kiesbett landen soll, könnte eine Art Katapult verwendet werden, um den Kies etwas weiter hinten im Kiesbett zurückzuwerfen. Falls man für das Sortieren ein Wasserbecken verwendet, könnte am Schluss der Sortierung das dort verwendete Wasser ein letztes Mal verwendet werden, um den Kies auszuschwemmen. Die letzte Möglichkeit wäre ein grosses Schaufelrad zu verwenden.

Um zu ermitteln, welche Teillösungen weiterverfolgt und getestet werden sollen, wurde von allen Teammitgliedern ein mögliches Konzept im morphologischen Kasten eingetragen. Dabei ergab sich eine unübersichtliche Tabelle mit vielen eingezeichneten Lösungspfaden, siehe folgende Abb 6.

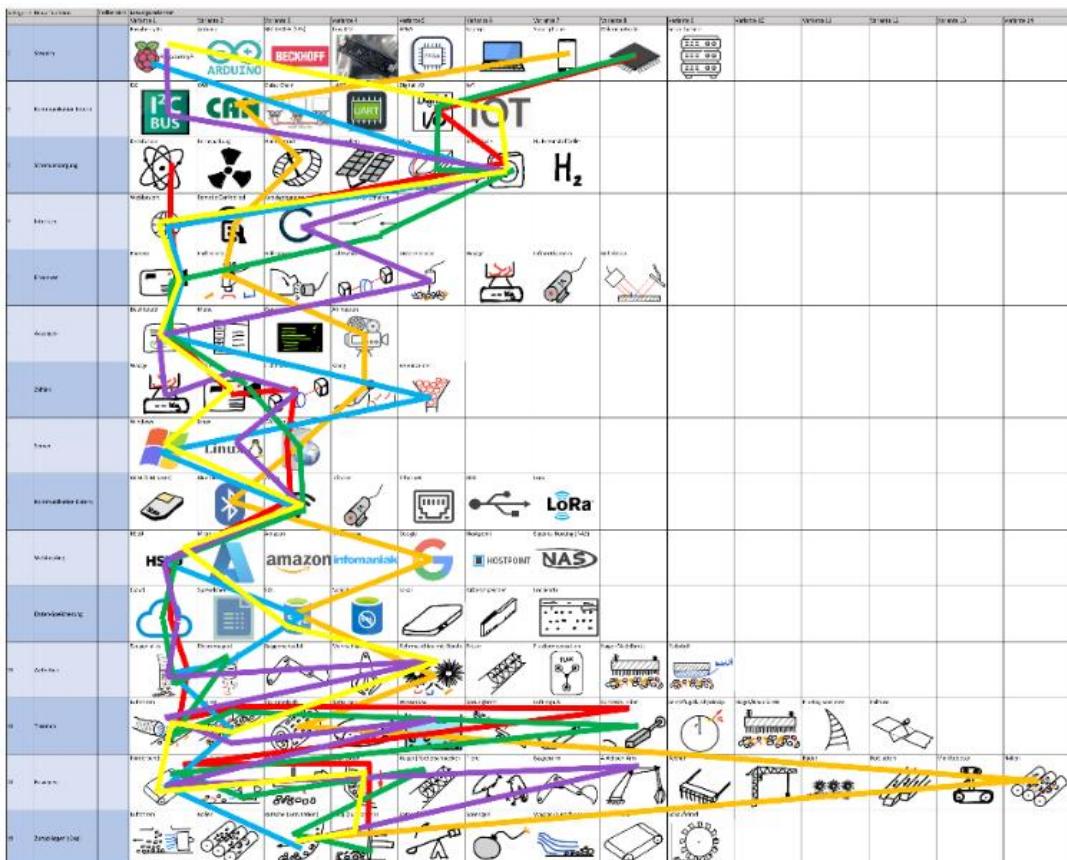


Abb 6: Lösungspfade aller Teammitglieder

Da die Abb 6 unübersichtlich ist, wurde mit den Teillösungen, welche von den Teammitgliedern genutzt wurden, ein neuer zweiter morphologische Kasten erstellt, siehe Abb 7. Der zweite morphologische Kasten ist eine erste Eingrenzung. Dabei wurden die ersten weniger nützlichen Teillösungen entfernt. Diese Teillösungen werden vorerst nicht mehr weiterverfolgt, jedoch weiterhin in der Rückhand gehalten, falls sie durch eine neue Erkenntnis trotzdem noch interessant werden. An der Team-Coaching Präsentation vom 27. Oktober 2022 wurden zwei mögliche Lösungskonzepte dem Dozententeam vorgestellt, welche aus den ersten zwei Spalten des neuen morphologischen Kastens hervorkamen. Damit man sich diese zwei Lösungskonzepte besser vorstellen kann, wurden zwei neue Skizzen erstellt. Siehe Abb 8 (grüne Spalte bei Abb 7) für das erste und Abb 9 (orange Spalte bei Abb 7) für das zweite Lösungskonzept. Diese zwei Lösungskonzepte sind jedoch noch nicht definitiv und wurden noch nicht harmonisiert. Das heisst, dass sie noch keine Zusammenhänge bilden und in dieser Form vermutlich nicht funktionieren würden.

Kategorie / Hauptfunktion	Tafelordner	Variante 1 Hardwaretyp P	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6
E Steuern		Raspberry Pi	Microcontroller	Smartphone	IoT		
E Kommunikation intern	Digital IO	Digital IO Digital I/O	I ² C BUS	CAN	IOT		
E Stromversorgung	Steckdose	AC	DC	Induktivität	Kondensator		
E Interface	USB	RS485	Wireless controlled	Antenne	Proportionaler Schalter		
E Elektronen	Video	AMPS	Motor	Transistor			
E Anzeigen	Display	LCD	LED	Leuchtmittel	Klang	Verstärker	
E Zählen	Counters	Encoder	Ultrasonic	IR Sensor			
E Server	Windows	Linux	Cloud	Cloud			
E Kommunikation extern	Wi-Fi	Bluetooth	Cloud	Cloud			
E Verschärfung	HSLU	G	SQL				
E Daten Speicherung	Cloud	Cloud	Cloud				
N Aufnehmen	Cameras	Druckkopf	Microphone	Microphone			
N Testen	Testbericht	Testbericht	Testbericht	Testbericht	Wasserbad		
N Beobachten	Teleskop	Teleskop	Teleskop	Teleskop	Augen (Brille oder Kontaktlinsen)	Brillen	
N Zurückspulen	Reels	Reels	Reels	Reels			

Abb 7: Zweiter morphologischer Kasten mit genutzten Varianten der Teammitglieder

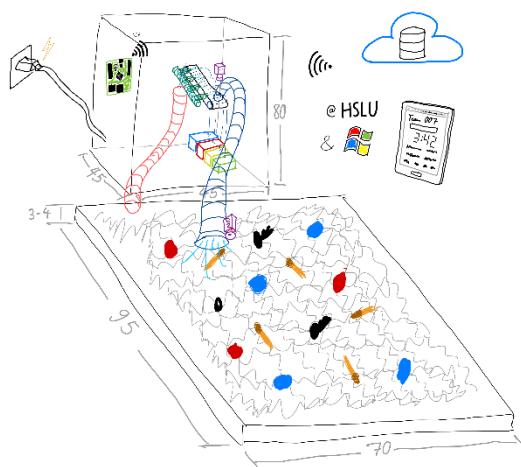


Abb 8: Erste Variante eines Lösungskonzepts



Abb 9: Zweite Variante eines Lösungskonzepts

Aus diesem Grund wurde im folgenden Kapitel 3.2 «Tests Teillösungen» die wichtigsten Teillösungen geprüft und anschliessend eine finale Auswahl der Teillösungen ermittelt.

3.2 Tests Teillösungen

Um die Funktionsweise einzelner Teillösungen zu testen, die durch den Morphologischen Kasten ermittelt wurden, hat das Team diverse Tests durchgeführt, welche die Effektivität dieser Teillösungen prüfen sollte. Dabei konnten einige Teillösungen eliminiert werden, da diese entweder gar nicht funktionierten oder den Erwartungen nicht gerecht wurden. Andere Teillösungen wurden wiederum angepasst oder so optimiert, dass sie den Erwartungen an das Produkt gerecht werden können.

3.2.1 Elektromagnet für die Kronkorken

In der Sammlung der letztjährigen PREN-Bauteile lag ein kleiner Elektromagnet. Um dessen Effektivität zu testen, wurden im Labor diverse Versuche durchgeführt. In der Abb 10 ist der Versuchsaufbau zu erkennen. Leider wurde festgestellt, dass die Anziehungskraft des Elektromagneten nicht so stark ist wie erwartet. Es muss eine maximale Distanz von etwa 2 bis 3 cm eingehalten werden, sodass der Kronkorken angezogen wird. Bei längerem Betrieb von etwa einer Minute, wurde das Elektromagnet zudem beträchtlich warm. Dabei verbrauchte es durchgehend eine Leistung von etwa 10 W, bei einer Spannung von 20 V und einem Strom von 0.5 A. Zusätzlich zu dem kleinen Elektromagneten wurde noch ein grösseres Türmagnet getestet, siehe Abb 11. Bei diesem Elektromagneten war die Anziehungskraft sogar schlechter als bei dem kleinen Elektromagneten. Dies lässt sich erklären durch die viel grössere Auflagefläche, die das Türmagnet besitzt. Zudem ist die Platte, an dem sich das Türmagnet im geschlossenen Zustand anzieht, viel grösser und dicker als die Kronkorken. Die maximale Distanz liegt bei etwa 2 cm.



Abb 10: kleiner Elektromagnet



Abb 11: grosser Elektromagnet

3.2.2 Permanentmagnet für die Kronkorken

Um die Variante des magnetischen Aufhebens von Kronkorken trotzdem noch verfolgen zu können, wurde derselbe Versuch wie beim Elektromagneten diesmal mit einem Permanentmagneten durchgeführt, siehe Abb 12. Dabei stellte sich heraus, dass die Anzugskraft des Permanentmagneten einiges grösser ist. Dadurch ergibt sich eine grössere Distanz und das Permanentmagnet verbraucht keinen Strom, wodurch es auch nicht warm wird. Ein weiterer Vorteil des Permanentmagneten ist die Skalierbarkeit. Es können mehrere Permanentmagnete nebeneinander angeordnet werden, um die Fläche der Anziehungskraft zu vergrössern. Oder die Permanentmagnete werden hintereinander angereiht, um die Anziehungskraft zu verstärken.



Abb 12: Permanentmagnet

3.2.3 Förderband mit Permanentmagnet

Da sich die Permanentmagnete als sehr zuverlässig herausgestellt hatten, wurde diese Idee weiterverfolgt und verfeinert. Die Idee des Förderbands mit Permanentmagnet ist es, dass es ein vertikales Hauptförderband gibt, dass die Abfallgegenstände nacheinander liefert und darüber ein horizontales Förderband platziert, welches die Kronkorken aufliest und neben dem Hauptförderband wieder fallen lässt.

Um die Funktion und Effektivität des Förderbands mit Permanentmagneten zu testen, wurde ein CAD-Modell gezeichnet und daraus ein Testobjekt mit Holz und der CNC-Lasermaschine erstellt. Das CAD-Modell ist in der Abb 13 zu erkennen. Das Förderband selber wurde mit einem flexiblen Filament 3D gedruckt. Im ersten Test wurde herausgefunden, dass sich das Förderband auch ideal als Panzerkette nutzen liesse, siehe Abb 14. Diese Funktion ist für dieses Projekt jedoch weniger zweckmäßig. Im zweiten Test wurde unter dem Förderband eines der Permanentmagnete platziert. Jedoch kam die Einsicht, dass die Kronkorken so stark vom Magneten angezogen werden, dass sie praktisch an Ort und Stelle bleiben. Deshalb wurden hinter dem starken Permanentmagneten noch zwei schwächere Permanentmagnete platziert. Dies hat dann auch funktioniert, siehe Abb 15.

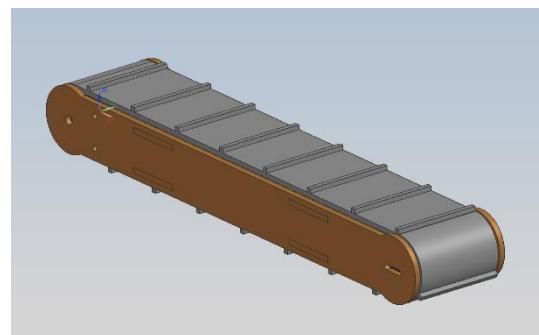


Abb 13: CAD-Modell für Versuchsaufbau

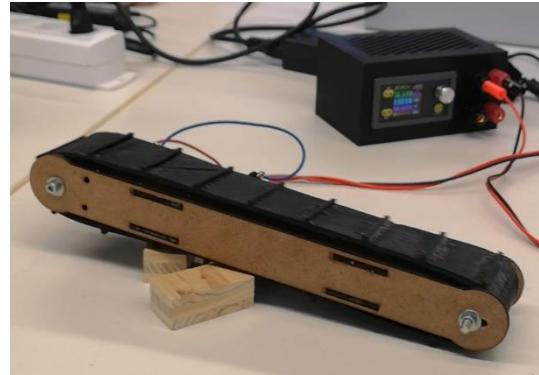


Abb 14: Förderband als Panzerkette

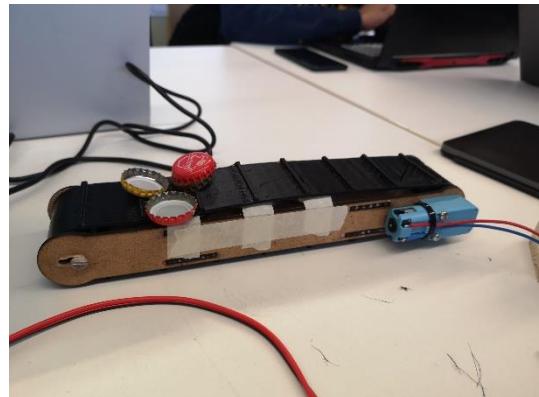


Abb 15: Förderband mit Kronkorken

3.2.4 Waage für das Zählen der Abfallgegenstände

Eine mögliche Methode des Zählens der Gegenstände wäre das Wiegen der Ablageboxen. Wird das Gewicht in der Ablagebox grösser, kann daraus die Anzahl der Abfallobjekte berechnet werden, mit dem Normgewicht eines einzelnen Objektes. Um dies zu testen, wurde zunächst das Normgewicht der einzelnen Abfallobjekte im Elektrolabor mit einer genauen Post-Wage gemessen. Die Kronkorken besitzen ein Gewicht von 2 g. Die PET-Deckel je nach Grösse zwischen 2 und 2.6 g. Die Zigarettenstummel haben praktisch kein Gewicht und wurden von der Waage nicht wahrgenommen. Die Genauigkeit der Post-Wage liegt im Gramm-Bereich, deshalb konnte sie die Zigarettenstummeln nicht messen.

Mit einer Wägezelle, wie auf Abb 16 zu erkennen, wurde nun ein Versuchsaufbau erstellt. Der Versuchsaufbau besteht aus einem Arduino Uno, einem Analog zu Digitalwandler und der Wägezelle selbst, welche mit zwei Platten versehen wurde, damit die Objekte daraufgelegt werden können, siehe Abb 17. Die Wägezelle kommuniziert via I2C mit dem Arduino Uno Mikrocontroller. Dieser wiederum ist mit einer RS-232 Schnittstelle mit dem Notebook verbunden. Dadurch kann mit dem Programm HTerm (zum Auslesen der RS-232 Schnittstelle) mit dem Arduino kommuniziert werden. Zuerst musste man die Wägezelle kalibrieren. Die Ablagebox wurde dabei bereits auf die Waage gelegt. Dies ist nun das Gewicht 0 g. Anschliessend wurden zwei Kronkorken reingelegt und angegeben, dass diese den Wert 40 hätten, also 4 g. In der Abb 18 ist die Messung zweier Kronkorken mit Auslesung des Programms HTerm zu erkennen.

Die Genauigkeit dieser Messungen war erstaunlich akkurat. Jedoch bricht die Genauigkeit sofort ein, wenn der Untergrund instabil ist, also die Wage vibriert. Deshalb wäre das Zählen im Betrieb vermutlich nicht genau. Besser wäre es die finale Anzahl mit dieser Methode zu messen und während dem Betrieb eine grobe Angabe der Zählung anzugeben.



Abb 16: Wägezelle

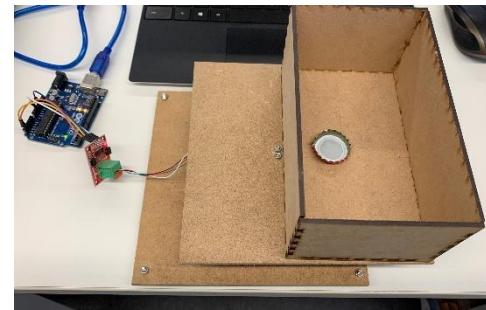


Abb 17: Versuchsaufbau Wägezelle

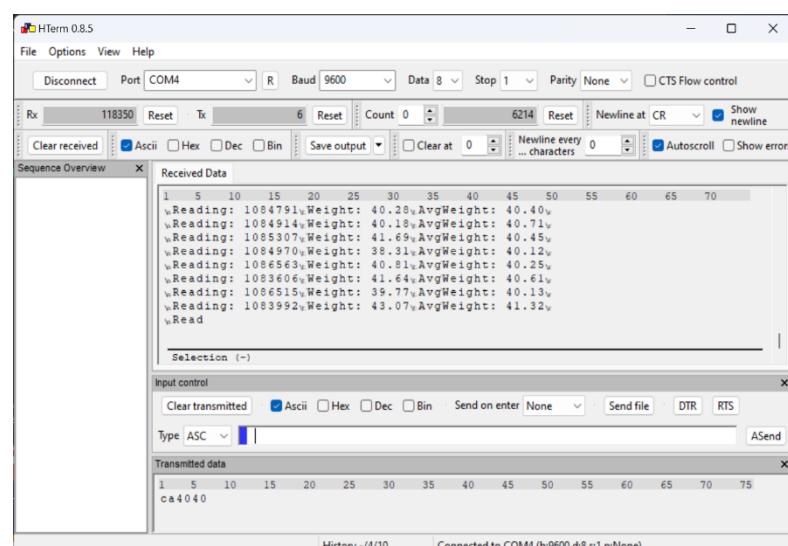


Abb 18: Auslesung RS-232 Schnittstelle mit Programm HTerm

3.2.5 Kehrmaschine mit Bürste

Eine Möglichkeit, die Abfallgegenstände aufzulesen wäre das Prinzip einer Kehrmaschine. Die Idee basiert dabei auf zwei Flaschenbürsten, welche leicht aneinander gedrückt und in entgegengesetzter Richtung drehen. Dabei sollten leichte und unförmige Objekte wie Kronkorken, PET-Deckel oder Zigarettenstummel aufgehoben werden. Die Steine sollten mehrheitlich liegen bleiben, da sie schwerer sind und eine kompakte meist runde Form haben.

Um die Effektivität der Bürsten zu testen, wurde im Kiesbett von Hand ein erster Test durchgeführt, siehe Abb 19. Dabei wurde festgestellt, dass diese Methode effektiver ist als erwartet. Aus diesem Grund wurde ein nächster Versuchsaufbau geplant. Für diesen Versuchsaufbau wurde ein CAD-Modell gezeichnet, siehe Abb 20, um ein Gehäuse für die Bürsten zu realisieren. Das Gehäuse wurde so gezeichnet, dass der Abstand zwischen den zwei Bürsten je nach Effektivität angepasst werden kann. Die Grünen und gelben Flächen im CAD-Modell stellen MDF-Platten dar, welche mit einer CNC-Lasermaschine geschnitten wurden.

In der Abb 21 ist der zweite Test zu erkennen. Wie im Bild gut erkennbar und rot umkreist, werden die Abfallobjekte durch die Bürsten ohne Probleme aufgenommen und in die Luft geschossen. Dabei werden in seltenen Fällen auch kleine Steine aufgenommen. Dies hat jedoch auch damit zu tun, dass die verwendeten Motoren zu wenig Drehmoment besitzen, weshalb die Motoren mit einer zu hohen Drehzahl betrieben werden mussten um genügend Drehmoment zu haben, ohne dass sie bei jedem Objekt zum Stillstand kommen. In seltenen Fällen haben sich die Bürsten auch verkantet. Jedoch ist dies vermutlich auch auf die hohe Drehzahl der Motoren zurückzuführen.



Abb 19: Erster Test der Flaschenbürsten

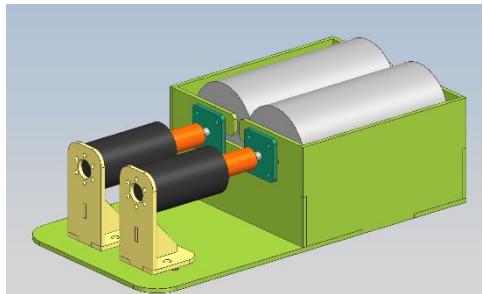


Abb 20: CAD-Modell für Versuchsaufbau



Abb 21: Zweiter Test mit Versuchsaufbau

3.2.6 DIY-Staubsauger mit Elektro-Impeller

Für die Teillösung «Kies aufnehmen» wurde ein Elektro-Impeller (Axialturbine durch Asynchronmotor angetrieben) an einer Kartonbox befestigt. Die Turbine dient als Sauger und die Box als «Lager» für das gesammelte Material. An der Box ist ein Staubsaugerschlauch befestigt, der danach über das ganze Kiesbereich bewegt werden sollte, siehe Abb 22.

Aus dem Versuch hat sich herausgestellt, dass die Leistung der Turbine genügend ist, um alle Gegenstände ausser grossem Kies anzusaugen. Das wäre sogar ein Vorteil, wenn das grosse Kies schon direkt getrennt werden könnte. Das grösste Risiko dieser Variante ist das Verstopfen des Schlauches aufgrund seiner Kurven und der inneren gerippten Oberfläche. Aus diesem Grund sollte ein anderer Schlauch mit einem anderen Durchmesser ausgewählt werden, welcher auch eine glatte Innenwand besitzt.

Ein weiterer Nachteil dieser Variante ist die sehr hohe Leistungsaufnahme der Turbine. Der Strom muss zwingend von leistungsstarken Akkumulatoren entnommen werden (ca. 100 A bei 24 VDC). Netzteile mit dieser Leistung sind aufgrund von hohen Kosten für dieses Projekt nicht einsetzbar. Für ein Netzteil mit einer Leistung von 20 A bei 24 VDC, werden 150 CHF gefragt und für 30 A sogar 250 CHF. Netzteile mit noch grösseren Leistungen liegen zwischen 500 CHF bis 1000 CHF, was nicht mehr im Budget liegt. Die einzige Möglichkeit, diese Variante nutzen zu können, ist das Einsetzen von LiPo-Akkumulatoren.

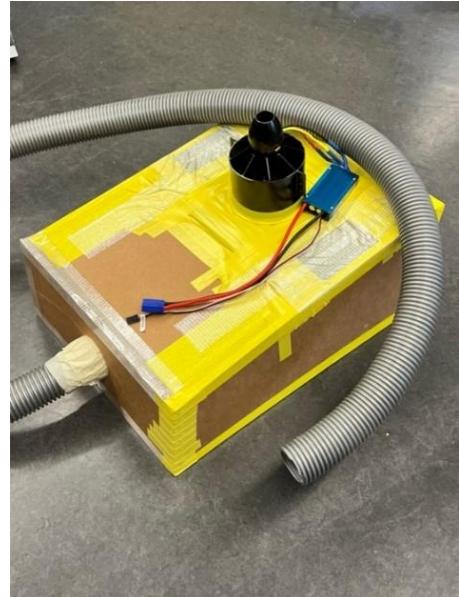


Abb 22: DIY-Staubsauger

3.2.7 Schwimmen PET-Deckel auf Wasser?

Um die PET-Deckel zu sortieren, wäre es praktisch, wenn die PET-Deckel in einem Wasserbecken schwimmen würden. Um dies zu testen, wurde eines der Ablageboxen als Wasserbecken umfunktioniert. Wie in der Abb 23 zu erkennen ist, schwimmen die PET-Deckel. Dies macht Sinn, denn die Dichte von Polypropylen, kurz PP, beträgt zwischen $0,9 \text{ g/cm}^3$ und $0,915 \text{ g/cm}^3$.⁴⁰ Das Wasser hat eine Dichte von etwa 1 g/cm^3 und ist somit schwerer als das Material, aus dem die PET-Deckel hergestellt werden. Falls die Deckel jedoch verschmutzt wären oder zum Beispiel ein Stein sich darin verfangen würde, würden die Deckel mit Sicherheit sinken, was die Sortierung schwierig machen würde.



Abb 23: Schwimmende PET-Deckel

⁴⁰ (Allgemeines Polypropylen, 2022)

3.2.8 PC-Ventilator, um Zigarettenst. zu filtern

Um die Zigarettenstummeln von den restlichen Abfallgegenständen zu trennen, gäbe es die Möglichkeit diese mit einem Luftstrom wegzublasen, da deren Gewicht sehr klein ist. Um dies zu testen, wurde zunächst ein PC-Ventilator mit 20 cm Durchmesser verwendet. Dieser PC-Ventilator hat einen Luftdurchlass von $220.19 \text{ m}^3/\text{h}$. In der ist zu erkennen, dass sich die Zigarettenstummeln nicht bewegen, siehe Abb 24. Die Erkenntnis kam schnell, dass die Fläche des Luftstromes viel zu gross ist. Deshalb wäre ein PC-Ventilator mit kleinem Durchmesser und hohem Luftstrom besser geeignet für diese Methode.



Abb 24: 20cm PC-Ventilator

3.2.9 Radiallüfter, Zigarettenst. filtern

Da der grosse 20 cm Ventilator nicht den Effekt hatte wie erwartet, wurde ein weiterer Test mit einem Radiallüfter durchgeführt. Da solche Radiallüfter jedoch teuer in der Anschaffung sind und es sich hierbei nur um einen Test handelt, wurde auf Thingiverse (eine Plattform mit einer grossen Auswahl an 3D-Designs) ein Design eines Radiallüfter heruntergeladen und anschliessend mit dem 3D-Drucker und PLA-Filament ausgedruckt.⁴¹ Der 3D-Druck hat insgesamt etwa fünf Stunden gedauert und ist in der Abb 25 zu erkennen. Dabei wurden zwei unterschiedliche Propeller gedruckt. Beim Testen fand man jedoch heraus, dass der linke Propeller in der Abb 25 am Gehäuse ankommt. Deshalb wurde der andere Propeller gewählt und in einem Versuchsaufbau mit Holz und Heisskleim provisorisch zusammengebaut, siehe Abb 26. Der Test ergab, dass dieser Lüfter wiederum viel zu stark ist und auch die PET-Deckel wegbläst, siehe rote Umkreisung bei Abb 27. Jedoch kann man den Elektromotor auch drosseln und somit auch nur die Zigarettenstummeln wegblasen, wenn man dies wünscht. Bei Vollast verbrauchte der Motor etwa eine Leistung von 18 W bei einer Spannung von 36 VDC und einem Strom von etwa 0.5 A.



Abb 25: 3D-gedruckte Bauteile

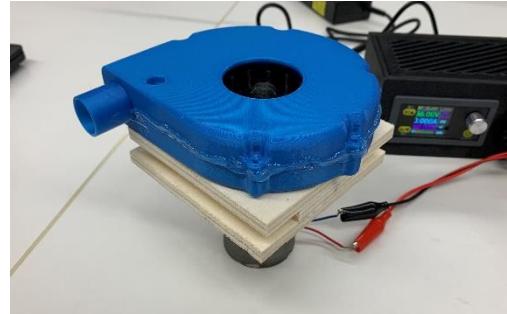


Abb 26: Versuchsaufbau Radiallüfter



Abb 27: Auch die PET-Deckel werden weggeblasen

⁴¹ (ntgorilla, 2019)

3.2.10 Schrittmotoren SCARA-Arm

Für den SCARA-Arm könnte man Schrittmotoren einsetzen. Um zu testen, wie man einen Schrittmotor ansteuert wurde hier ein Versuchsaufbau erstellt.

Dafür wurde ein Schrittmotor und ein Treiber für Schrittmotoren aus der PREN-Kiste ausgeliehen. Wie man in der Abb 28 erkennen kann, wurde wiederum ein Arduino verwendet, welches für die Ansteuerung zuständig ist. Dazu wurden ein paar Zeilen Code geschrieben, um einen Clock mit einer Frequenz auf den Treiber zu lassen. Der Treiber wiederum ist mit dem Schrittmotor verbunden und treibt diesen wortwörtlich an. Für den Treiber wurde noch eine externe Speisung benötigt, welche mit dem Mini-Labornetzteil erstellt wurde. Der

Treiber benötigte dabei eine Spannung von 24 VDC und verbrauchte etwa einen Strom von 0.3 A, somit hat der Motor etwa eine Leistung von 7.2 W verbraucht. Dies hat man auch gemerkt, denn der Schrittmotor wurde beim Versuch beträchtlich warm.

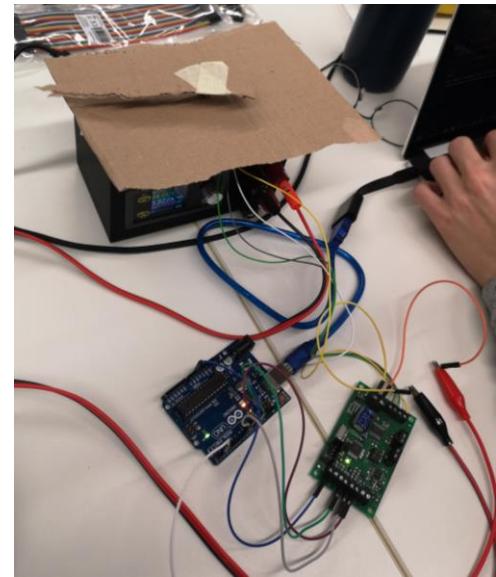


Abb 28: Versuchsaufbau Schrittmotor

3.2.11 Distanzmessung mit TOF-Sensor

Damit die Bürsten der Kehrmaschine immer einen optimalen Abstand zum Kies haben, benötigt man beim Aufbau der Bürsten einen Distanzsensor. In diesem Versuch, wurde ein TOF-Sensor getestet. Der Sensor sendet Licht aus und misst, wie lange es dauert, bis das Licht wieder zurückkommt. Dieser TOF-Sensor hat einen Messbereich von 1 bis 1300 mm.

Um den Sensor zu testen wurde ein Versuchsaufbau mit einem Arduino Uno gemacht, siehe Abb 29. Der Versuchsaufbau wurde direkt im eigenen Kiesbett gemacht, um eine möglichst realistische Testumgebung zu schaffen. Wie bei der Wägezelle konnte man auch hier die Daten des Sensors mit der RS-232-Schnittstelle auslesen und auf dem Notebook wiedergeben. Wie sich herausgestellt hat, hat der Sensor eine Genauigkeit von etwa ± 2 mm, was sehr genau ist. Dabei hat er einen Offset von 15mm, was jedoch in der Programmierung einfach angepasst werden kann. In der Abb 30 ist die Auslesung der RS-232-Schnittstelle zu erkennen. In dem Fall wurde mit dem Doppelmeter 200 mm abgemessen und den TOF-Sensor an die Markierung gehalten. Die Messung ergab gemäss Abb 30 einen Wert zwischen 212 mm und 217 mm.



Abb 29: Versuchsaufbau TOF-Sensor

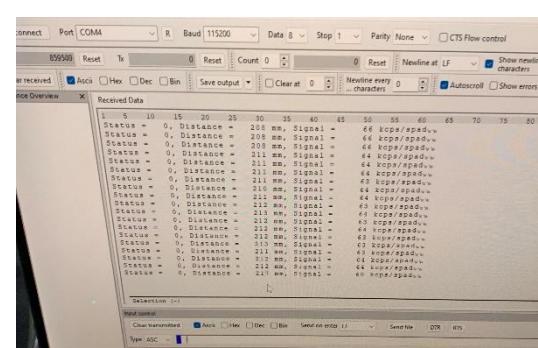


Abb 30: Auslesung RS-232 Schnittstelle mit Programm HTerm

3.2.12 Infrarot-Lichtschranke, Zählen der Abfallgegenstände

Um die Abfallgegenstände Zählen zu können, wäre eine Idee, diese mittels einer Infrarot-Lichtschranke zu zählen, sobald das Objekt durch einen bestimmten Ort hindurchgeht. Um die Effektivität einer solchen Lichtschranke zu prüfen, wurde ein IR-Hindernissensor bestellt, siehe Abb 31. Der Sensor funktioniert so, dass die Infrarot-LED ein pulsierendes Signal ausstrahlt, welches dann reflektiert wird, falls ein Objekt davorsteht. Diese Reflektion wird dann vom Infrarot-Sensor wahrgenommen, welcher gleich neben der Infrarot-LED liegt.

Leider waren beim erhaltenen Produkt die Infrarot-LED und der Infrarot-Sensor sehr schlecht angelötet, weshalb dies in der ET-Werkstatt nachgebessert werden musste.

Nach den Anpassungen wurde der Sensor in einem Versuchsaufbau getestet, siehe Abb 32. Dabei wurde ein kleines Programm auf dem Arduino geschrieben und der Sensor mit dem Arduino Uno verbunden. Falls nun ein Objekt vor dem Sensor durchgeht (in diesem Fall die Mate Alu-Dose), soll eine LED beim Arduino aktiviert werden. Leider hat dies nicht zuverlässig funktioniert. Die LED flackert zwar leicht ist jedoch nie dauerhaft eingeschalten worden. Dementsprechend konnte der Sensor die vorangestellten Objekte nur selten bzw. nicht richtig wahrnehmen. Zuerst war die Vermutung, dass der Sensor nur Objekte erkennt, die bewegt vor dem Sensor hindurchgehen. Als dies getestet wurde, stellte man jedoch fest, dass dies keinen Unterschied gemacht hat.

Es könnte sein, dass das bestellte Sensormodul defekt bestellt oder durch das um löten beschädigt wurde, denn in den diversen Online-Reviews scheint der Sensor tadellos zu funktionieren.⁴² Da es jedoch andere Möglichkeiten gibt ein Objekt zu erkennen, wurde darauf verzichtet, das Modul nachzubestellen.

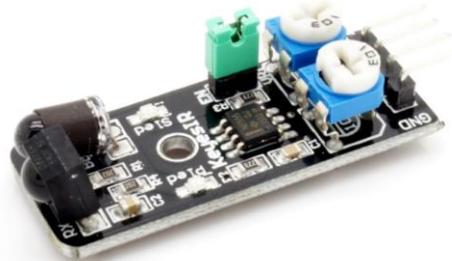


Abb 31: IR-Hindernissensor



Abb 32: Versuchsaufbau IR-Hindernissensor

⁴² (funduino.de, 2022)

3.2.13 Vereinzelner mit Vibrationsmotor

Da im DIRT ein Staubsauger verwendet wird, ist es nicht möglich einen konstanten Durchfluss an Müll-Objekten zu erhalten. Denn um einen guten Luftstrom zu erzeugen, muss der Staubsaugersack geschlossen sein und nur sporadisch durch eine Falltür entleert werden. So kommt eine grosse Masse an Objekten gleichzeitig in den Sortiermechanismus. Dies ist jedoch nicht wünschenswert, da die Bilderkennung besser funktioniert mit einem leeren Hintergrund und ohne andere Objekte. Deswegen soll der Haufen an Müll-Objekten über eine längere Zeit durch die Hilfe eines Vereinzelners aufgeteilt werden.

Als Versuchsaufbau wurde eine Grundplatte mit verstellbaren Führungen gelasert. Die Verstellbarkeit erlaubt es den Durchfluss anzupassen und verschiedene Einstellungen auf die Wahrscheinlichkeit zu testen, ob eine Verstopfung eintreten kann. Für den Versuchsaufbau wurde die grösste Einstellung gewählt, da sonst die grösseren PET-Deckel nicht durch den Vereinzelner passieren können.

Um die Vibration zu realisieren, wurde eine M6 Mutter an einem DC-Elektromotor befestigt, siehe Abb 33. Dies verursachte bei der getesteten Spannung von 12 V eine Vibration mit einer Frequenz von etwa 60 Hz.

Beim Versuchsaufbau wurde der Vibrationsmotor unter die gelaserte Holzplatte gehalten. Deswegen konnte eine Verstopfung an Müll-Objekten erfolgreich aufgehoben werden. Die Objekte wurden auch, wie erhofft, vereinzelt oder zumindest vereinzelter durch die Öffnung befördert, siehe Abb 34.



Abb 33: DC-Motor mit M6 Mutter

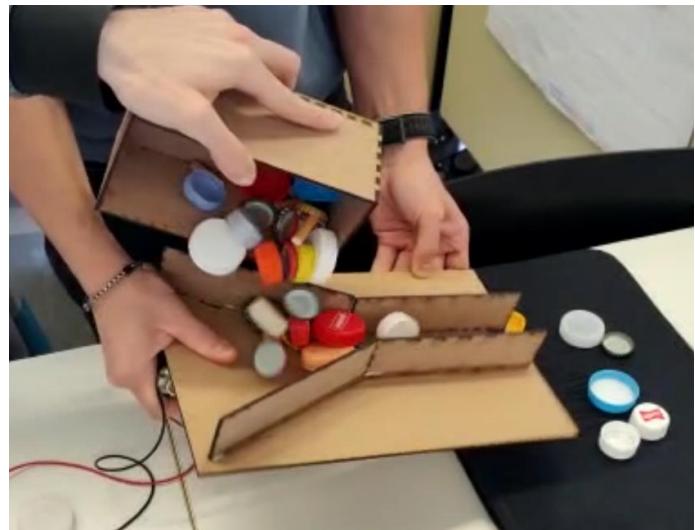


Abb 34: Vereinzelner im Test

3.2.14 Bilderkennung als Zählmechanismus

Zum Zählen der Abfallgegenstände wäre Objekterkennung mit einer Kamera eine Möglichkeit. Für den «Proof of Concept» wurden aus ca. 50 Bildern ein Objekterkennungsmodell trainiert. Dieses Modell kann unter ähnlichen Bedingungen wie auf den Trainingsbildern (dunkler Untergrund und gute Lichtverhältnisse) die Abfallgegenstände mit einer Sicherheit von 80 – 95% erkennen, siehe Abb 35. Mit einer solchen Objekterkennung wäre es möglich, unsere Abfallobjekte zu zählen.

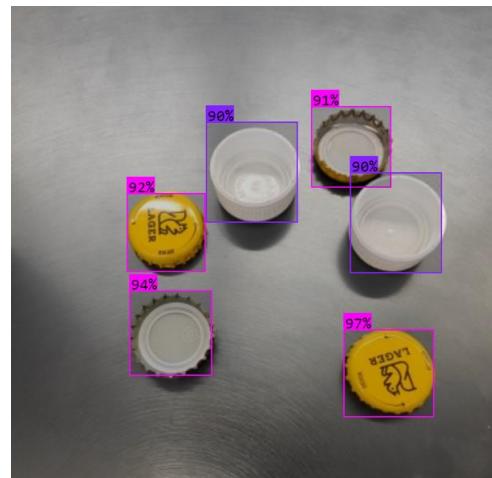


Abb 35: Bilderkennung von PET-Deckeln und Kronkorken

3.2.15 Mockup der Webseite

Für die Webseite wurde ein erstes Mockup erstellt, siehe Abb 36. In der Kopfzeile ist das Logo und der Name des Projektes zu sehen sein. Im Hauptteil der Seite ist zuoberst die verbleibende Zeit zu sehen sein. Darunter ist der aktuelle Stand der Sortierung dargestellt, rechts die gesammelten Objekte und links eine animierte Ansicht des Roboters mit den Teilen, die gerade aktiv sind. Zuunterst ist eine Konsole, in der die Statusinformationen, Fehler und andere Events in chronologischer Reihenfolge aufgeführt sind. Auf mobilen Geräten sollten die Elemente untereinander dargestellt werden.

007 Cleaning Services

Verbleibende Zeit:
03:30

Aktueller Stand

3	4
2	0

Log

```
[Information]: Vorgang gestartet
[Error]: Verbindung unterbrochen
```

Abb 36: Mockup Webseite

Im zweiten Schritt wurde ein weiteres Mockup mit dem Javascript-Framework vue.js erstellt. Dieses wurde auf dem Webserver im Enterprise-Lab der HSLU eingerichtet. Das Mockup ist unter der URL <https://www.007-cleaning.systems/> im Netzwerk der HSLU erreichbar.

3.3 Nutzwertanalyse

Im Modul Kontext 1 wurden in der Nutzwertanalyse drei Varianten verglichen, welche eine Kombination von Teillösungen beinhalteten. In diesem Projekt wurde bewusst entschieden, die Nutzwertanalyse für einen anderen Zweck zu verwenden. Die Idee der folgenden Nutzwertanalyse ist es, faktenbasiert die beste Kombination der Teillösungen zu ermitteln und nicht eine der drei Varianten zu küren, die bereits im Voraus empirisch durch Vorlieben oder Vermutungen gewählt wurde. Die Teillösungen, die dabei in die Nutzwertanalyse übernommen wurden, sind diejenigen, welche das Team genutzt hat, um den zweiten morphologischen Kasten zu erstellen. Da es im zweiten morphologischen Kasten immer noch Teillösungen gibt, die keinen Sinn machen, wurden diese entfernt, wie das Hamsterrad, oder die Kernfusion für die Stromversorgung.

Es wurden zwei Nutzwertanalysen erstellt, die im Anhang beigelegt sind. Einmal mit einer angepassten Gewichtung und einmal mit einer gleichmässigen Gewichtung. Dabei wurden die Teifunktionen des morphologischen Kastens und jeweils zwei bis fünf Teillösungen übernommen und miteinander verglichen. Die Bewertungskriterien wurden im Schulnotensystem bewertet und sehen wie folgt aus: Zuverlässigkeit = 25 Punkte, Komplexität = 20 Punkte, Bauteile = 5 Punkte, Nutzen = 25 Punkte, Kosten = 10 Punkte und Risiko = 15 Punkte. Dabei ist zu sehen, dass die Zuverlässigkeit, die Komplexität und der Nutzen die höchsten Punktzahlen besitzen und somit die wichtigsten Kriterien für dieses Projekt sind.

In der folgenden Abb 37 sieht man eine Zusammenfassung der Nutzwertanalyse mit angepasster Gewichtung. Also jeweils die Teillösung jeder Hauptfunktion, welche am meisten Punkte erreicht hat.

Angepasste Gewichtung		Nr. Hauptfunktionen und Teillösungen	1 Gewichtung Kriterium	2 Zuverlässigkeit	3 Komplexität	4 n Bauteile	5 Nutzen	6 Kosten	7 Risiko	Total
Steuern										
Raspberry Pi	Bewertung n Punkte	4 100	6 120	6 30	3 75	4 40	3 45	3 410	3 100	
Kommunikation intern										
I2C Bus	Bewertung n Punkte	6 150	5 100	6 30	6 150	6 60	5 75	5 565	5 100	
Stromversorgung										
Steckdose	Bewertung n Punkte	6 150	5 100	4 20	6 150	5 50	6 90	6 560	6 100	
Interface										
Kabelgebunden (Schalter)	Bewertung n Punkte	6 150	6 120	4 20	6 150	6 60	6 90	6 590	6 100	
Erkennen										
Farbsensor	Bewertung n Punkte	5 125	4 80	5 25	3 75	5 50	5 75	5 430	5 100	
Anzeigen										
Dashboard	Bewertung n Punkte	5 125	4 80	6 30	5 125	6 60	5 75	5 495	5 100	
Zählen										
Lichtschranke	Bewertung n Punkte	6 150	5 100	5 25	3 75	5 50	5 75	5 475	5 100	
Server										
Windows	Bewertung n Punkte	6 150	3 60	5 25	6 150	6 60	6 90	6 535	6 100	
Kommunikation Extern										
WLAN	Bewertung n Punkte	6 150	4 80	6 30	6 150	6 60	5 75	5 545	5 100	
Webhosting										
HSLU	Bewertung n Punkte	5 125	4 80	5 25	6 150	6 60	4 60	4 500	4 100	
Aufheben										
Kehrmaschine mit Bürste	Bewertung n Punkte	5 125	4 80	3 15	5 125	5 50	4 60	4 455	4 100	
Trennen										
Magnet	Bewertung n Punkte	5 125	5 100	5 25	5 125	5 50	5 75	5 500	5 100	
Bewegen										
Saugen	Bewertung n Punkte	4 100	5 100	6 30	5 125	2 20	2 30	2 405	2 100	
Zurücklegen										
Rutsche (Gravitation)	Bewertung n Punkte	6 150	6 120	5 25	2 50	5 50	4 60	4 455	4 100	

Abb 37: Zusammengefasste Nutzwertanalyse mit angepasster Gewichtung

Dabei war es überraschend, dass bei der Hauptfunktion «Erkennen» die Teillösung Farbsensor am meisten Punkte erreicht hat. Bei den restlichen Teillösungen macht es Sinn, dass diese jeweils am meisten Punkte erhalten haben.

Damit man die Teillösungen weiter differenzieren und kontrollieren kann, dass die Gewichtung das Resultat der besten Teillösung nicht verfälscht, wurde eine zweite Nutzwertanalyse ohne bzw. mit gleichmässiger Gewichtung durchgeführt. Diese zweite Nutzwertanalyse ist wieder in zusammengefasster Form in der folgenden Abb 38 aufgeführt.

Gleichmässige Gewichtung		1	2	3	4	5	6		
Hauptfunktionen und Teillösungen	Kriterium	Gewichtung	Zuverlässigkeit	Komplexität	n Bauteile	Nutzen	Kosten	Risiko	Total
Steuern									
Raspberry Pi	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	6 100	6 100	3 50	4 66.66666667	3 50	3 433.333333	
Kommunikation intern									
I2C Bus	Bewertung n Punkte	6 100	5 83.33333333	6 100	6 100	6 100	5 83.33333333	5 566.666667	
Stromversorgung									
Steckdose	Bewertung n Punkte	6 100	5 83.33333333	4 66.66666667	6 100	5 83.33333333	6 100	6 533.333333	
Interface									
Kabelgebunden (Schalter)	Bewertung n Punkte	6 100	6 100	4 66.66666667	6 100	6 100	6 100	6 566.666667	
Erkennen									
Farbsensor	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	4 66.66666667	5 83.33333333	3 50	5 83.33333333	5 83.33333333	5 450	
Anzeigen									
Dashboard	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	4 66.66666667	6 100	5 83.33333333	6 100	5 83.33333333	5 516.666667	
Zählen									
Lichtschranke	Bewertung n Punkte	6 100	5 83.33333333	5 83.33333333	3 50	5 83.33333333	5 83.33333333	5 483.333333	
Server									
Windows	Bewertung n Punkte	6 100	3 50	5 83.33333333	6 100	6 100	6 100	6 533.333333	
Kommunikation Extern									
WLAN	Bewertung n Punkte	6 100	4 66.66666667	6 100	6 100	6 100	5 83.33333333	5 550	
Webhosting									
HSLU	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	4 66.66666667	5 83.33333333	6 100	6 100	4 66.66666667	4 500	
Aufheben									
Kehrmaschine mit Bürste	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	4 66.66666667	3 50	5 83.33333333	5 83.33333333	4 66.66666667	4 433.333333	
Trennen									
Magnet	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	5 83.33333333	5 83.33333333	5 83.33333333	5 83.33333333	5 83.33333333	5 500	
Bewegen									
Saugen	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	5 83.33333333	6 100	5 83.33333333	2 33.33333333	2 33.33333333	2 33.33333333	400
Zurücklegen									
Rutsche (Gravitation)	Bewertung n Punkte	6 100	6 100	5 83.33333333	2 33.33333333	5 83.33333333	4 66.66666667	4 466.666667	

Abb 38: Zusammengefasste Nutzwertanalyse mit gleichmässiger Gewichtung

Erstaunlicherweise haben alle Teillösungen, die mit Gewichtung bereits die höchsten Punkte besessen, auch ohne Gewichtung wieder die höchsten Punkte erreicht. Dies zeigt, dass die zusammengefassten und grün markierten Teillösungen eine optimale Wahl wären.

3.4 Finale Auswahl

Durch den morphologischen Kasten, den diversen Tests der Teillösungen und der Nutzwertanalyse konnte eine adäquate finale Auswahl getroffen werden. Diese soll einen Leitfaden für das weitere Vorgehen im Projekt sein und die grobe Funktionsweise des DIRT aufzeigen.

Für die finale Auswahl wurde im morphologischen Kasten die nicht gewählten Teillösungen gelöscht. Das Ergebnis kann man in der Abb 39 erkennen. Wie man sieht, gibt es bei den Teilfunktionen «Trennen» und «Bewegen» immer noch diverse verschiedene Varianten. Dies hat damit zu tun, dass es verschiedene Lösungen benötigt, um die verschiedenen Abfallgegenstände trennen und bewegen zu können. Bei der Hauptfunktion «Zählen» gibt es drei verschiedene Varianten. Dies hat damit zu tun, dass die Waage während dem Betrieb der Maschine nicht präzise ist, da der Untergrund vibriert. Sobald sich der Untergrund jedoch nicht mehr bewegt, kann die Wage die Abfallgegenstände sehr genau zählen.

Auf der nächsten Seite werden die einzelnen Teilfunktionen noch etwas genauer erläutert. Sie wurden in die drei Studienrichtungen Elektrotechnik, Informatik und Maschinentechnik unterteilt. Anschliessend dazu, wird in einem Flussdiagramm noch erklärt, welche Schritte der Abfall alles durchläuft, bis er schlussendlich im Abfallbehälter landet, oder im Falle des Kieses im Kiesbett.

Kategorie	Teilfunktion	Teilbereich	Lösungsvarianten				
			Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
E	Steuern		Raspberry Pi 	Mikrocontroller 			
E	Kommunikation intern		I ² C BUS 	Digital I/O 			
E	Stromversorgung		Steckdose 	Akku 			
E	Interface		Kabelgebunden 	Physikalischer Schalter 			
I	Erkennen		Kamera 				
I	Anzeigen		Dashboard 				
I	Zählen		Waage 	Kamera 	Lichtschranke 		
I	Server		Windows 				
I	Kommunikation Extern		WLAN 				
I	Webhosting		HSLU 				
I	Daten-Speicherung		Cloud 				
M	Aufheben		Kehrmaschine mit Bürste 	Saugen alles 			
M	Trennen		Luftstrom 	Magnet 	Trommelsieb 	Vereinzelner 	Sortierzylinder
M	Bewegen		Förderband 	Gravitation 	Fallföre 		
M	Zurücklegen (Kies)		Rutsche (Gravitation) 				

Abb 39: Finale Auswahl der Teillösungen

Auf dieser und der nächsten Seite folgen die Beschreibung der gewählten Varianten.

3.4.1 Maschinentechnik

Beim Aufheben wurde die Variante Kehrmaschine mit Bürsten und das Saugen gewählt. Wie im Kapitel 3.2 bereits erwähnt, funktioniert das Aufheben der Abfallgegenstände mit den Bürsten sehr effektiv. Deshalb wurde entschieden, diese Variante zu wählen. Um jedoch die Abfallgegenstände, die die Bürsten aufnehmen weiter zu transportieren, wurde das Saugen gewählt. Das Saugen ist sehr effizient, schnell und unkompliziert und kann die Abfallgegenstände zu einer gewählten Stelle transportieren.

Beim Trennen wurden fünf verschiedene Varianten gewählt. Zu Beginn wurde ein Vereinzelner gewählt, welcher dafür sorgen soll, dass alle Gegenstände nacheinander Stück für Stück angereihlt über das Förderband laufen. Für das Trennen der Kronkorken fiel die Wahl auf die Variante mit einem Magneten. Für das Trennen der Zigarettenstummeln wurden die zwei Varianten Trommelsieb und Luftstrom gewählt. Das Trommelsieb entfernt die unnötigen Steine und die Zigarettenstummeln sind träge und fliegen in der Mitte herum, wodurch es dann mit einem Luftstrom weggeblasen werden können. Nach dem Trommelsieb muss wieder ein Vereinzelner angewendet werden, um die Gegenstände wiederum Stück für Stück über das Förderband lassen zu können. Für die PET-Deckel und Wertgegenstände, wurde die Variante Sortierzylinder gewählt. Dies aus dem Grund, dass diese Gegenstände beide Stück für Stück über das Förderband gehen.

Beim Bewegen wurden drei verschiedene Varianten gewählt. Erstens wurde für das Leeren des Behälters vom selbstgemachten Staubauger die Variante einer Falltür gewählt. Diese soll die Objekte mittels Gravitation, welches die Wahl der zweiten Variante ist, nach unten befördern. Für das generelle Bewegen innerhalb der Maschine, wurde die Variante eines Förderbandes gewählt. Förderbänder können für viele verschiedene Probleme eingesetzt werden. In diesem Fall sollen die Förderbänder die einzelnen Abfallgegenstände Stück für Stück transportieren.

Der letzte Punkt ist das zurücklegen des Kieses, welches ungewollt aufgenommen wird. Dafür wurde die Variante einer Rutsche gewählt. Dies ist eine sehr unkomplizierte jedoch effiziente Methode, um das Kies zurückzulegen.

3.4.2 Elektrotechnik

Für die Steuerung fiel die Wahl auf den Raspberry Pi für die Bilderkennung und auf einen Mikrocontroller (z.B. ein Arduino) für das Steuern aller elektronischen Aktoren und Sensoren. Dabei wird es in Zukunft wichtig sein, dass die beiden Geräte problemlos und zeitgleich miteinander kommunizieren können. Der Grund für die Wahl zweier Varianten ist, dass ein Mikrocontroller wie das Arduino in Echtzeit Befehle abarbeiten kann, was beim Raspberry Pi nicht der Fall ist. Der Raspberry Pi wiederum hat genügend Leistung für eine Bilderkennung, was ein Arduino nicht vorweist.

Bei der Kommunikation intern wurde I2C (was ein Datenbus ist) und Digital I/O (also direktes anschliessend der Bauteile) als Variante gewählt. Der I2C-Bus ist ein sehr zuverlässiger Bus, welcher dafür optimiert ist, Sensoren und Aktoren mit Mikrocontrollern anzusteuern.

Digital I/O ist ein schöner Name für das direkte Anschliessen der Aktoren und Sensoren am Mikrocontroller selbst, z.B. für Aktoren mit einem Relais, welches die Last schaltet, damit der Mikrocontroller selbst nicht überlastet wird und Sensoren liefern dem Microcontroller einfache binäre Signale, «JA» erkannt oder «NEIN» da ist nichts.

Bei der Stromversorgung fragt man sich zu Beginn vermutlich, wieso nebst der Stromversorgung vom Netz via Steckdose, auch noch die Variante Akku gewählt wurde. Dies hat damit zu tun, dass der Elektro-Impeller, welcher den Staubsauger antreibt, sehr hohe Ströme benötigt. Um solch einen hohen Strom liefern zu können, benötigt man sehr teure Netzteile, welche nicht im Budget liegen. Deshalb wurde entschieden, den Elektro-Impeller mittels starken Akkus zu betreiben und den Rest über die Steckdose.

Beim Interface wurde eine kabelgebundene Lösung gewählt, welche einen Taster oder Schalter besitzt, um die nötigen Vorgänge wie Start, Stopp und Not-Halt bedienen zu können. Die Idee ist es ein über zwei Meter langes Kabel am DIRT anzuschliessen und am Ende dessen ein physikalisches Interface mit Taster oder Schalter zu realisieren. Dies wurde gewählt, da es die einfachste und zugleich auch die zuverlässigste und sicherste Lösung ist.

3.4.3 Informatik

Beim Anzeigen wurde ein Dashboard im Internet Browser gewählt. Dies passt gut mit der Aufgabenstellung überein und ist somit die beste Lösung, um den Stand der gezählten Abfallgegenstände anzuzeigen. Eine andere Lösung wäre gewesen, diese Daten auf einem Bildschirm beim DIRT selbst anzuzeigen. Jedoch ist die Web-basierte Lösung besser, da dadurch jede Person den Stand mit seinem eigenen Gerät mitverfolgen kann.

Das Zählen wurde mit drei unterschiedlichen Varianten gewählt. Erstens wäre da das Wägen, was jedoch wie bereits erwähnt nur genau funktioniert, wenn die Maschine in Ruhe ist. Dann wäre da noch die Kamera, also das Erkennen und anschliessende Zählen der Abfallgegenstände. Weiter wurde auch noch eine Lichtschranke gewählt, damit man eine möglichst genaue Zählung mit mehreren Kontrollstufen durchführen kann.

Beim Server wurde ein Windows Server gewählt. Dies ist einer der am häufigsten verwendeten Server und somit sehr zuverlässig. Deshalb ist dies die optimale Wahl für dieses Projekt.

Bei der externen Kommunikation wurde die Technologie WLAN gewählt. WLAN ist sehr verbreitet und deshalb wie der Windows Server sehr zuverlässig. Zudem ist die Infrastruktur in der Hochschule Technik und Architektur in Horw bereits vorhanden. Es muss jedoch geprüft werden, ob die Infrastruktur bei den finalen Testbedingungen den Ansturm an Zuschauern, und somit weiteren Geräten im Netz, bewältigen kann.

Um die Daten wie z.B. die Anzahl Abfallgegenstände speichern zu können, wurde die Datenspeicherung mittels einer Cloud gewählt. Dies ist am einfachsten, da dann auf die Daten von überall aus Zugegriffen werden kann.

3.4.4 Problemformulierung

Damit man sich die Abläufe des DIRT besser vorstellen kann, wurde eine Funktionsmodellierung erstellt und als Flussdiagramm in Abb 40 abgebildet. Dieses beschreibt die Reise des Abfalls, wie er durch den DIRT bewegt und sortiert wird.

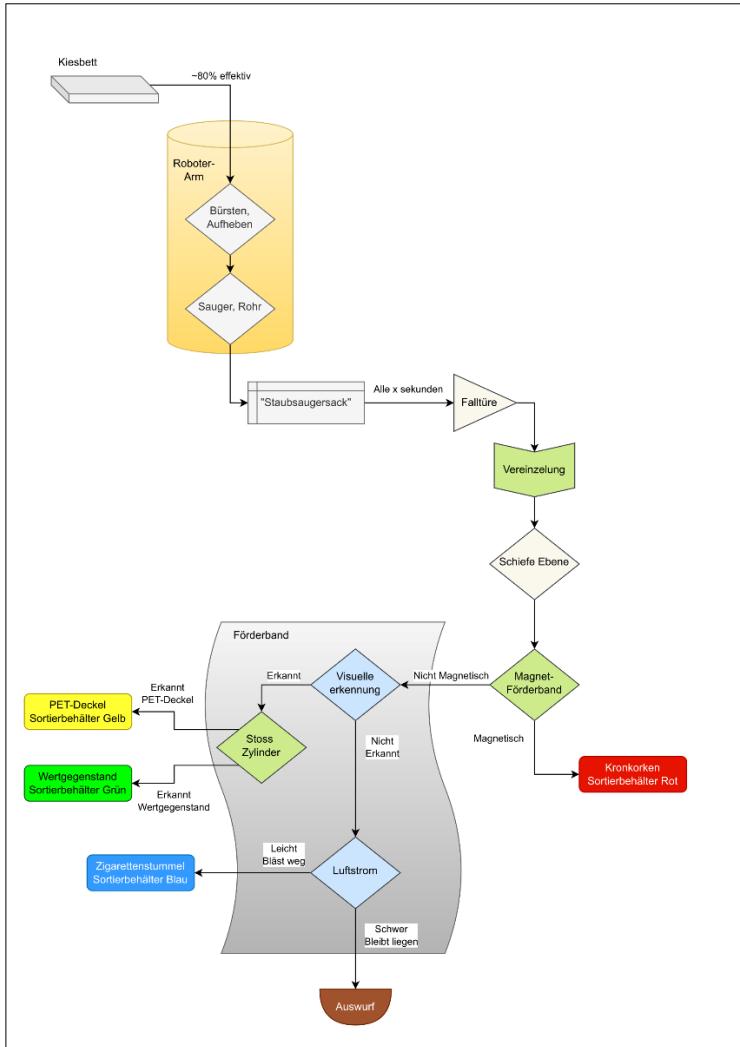


Abb 40: Flussdiagramm der finalen Auswahl

Wertsachen gelten im Moment als Bonusziel, da Grösse und Materialeigenschaft unterschiedlich oder ganz unbekannt sind. Da möglicherweise einige Wertsachen Magnetisch sind, kann bei späterem Testen eine bessere Separation von Wertsachen erneut in Betracht gezogen werden.

4 Lösungskonzept

Das folgende Lösungskonzept beschreibt die evaluierte Lösung des Teams 07 und wie dieses im Detail umgesetzt werden soll. Dabei wurden Berechnungen erstellt, die mit diversen Recherchen unterstützt und anschliessend mit Tests untermauert wurden. Im PREN 2 gilt es dann zu testen, ob das erstellte Konzept so funktioniert wie es durch das Team konzipiert wurde.

4.1 Übersicht und Produktbeschreibung

In der Abb 41 und Abb 42 ist das CAD-Modell des DIRT abgebildet. Beim Wettbewerb wird der ganze Rahmen auf die dafür vorgesehenen Teamfläche gelegt. Die Stromversorgung, also Akku und Netzteile, werden dabei unterhalb der Tischplatte befestigt. Die Schalterbox für die Steuerung, also Ein-, Aus- und NOT-Halt, wird mit einem etwa 3 m langem Kabel am DIRT befestigt und ist deshalb nicht im CAD-Modell dargestellt. Die restlichen Komponenten, welche im CAD-Modell ersichtlich sind, sind in den erwähnten zwei Abbildungen bzw. in der Komponentenliste rechts aufgeführt. Die Ablageboxen der Abfallgegenstände sind farblich notiert und somit gut erkennbar.

Komponenten:

1. Alu-Rahmen
2. Schlauch des Staubsaugers
3. Grosser Elektro-Impeller Staubsauger
4. Kammer des Staubsaugers
5. Magnetförderband für Kronkorken
6. Vereinzelner
7. Sortier-Förderband 1
8. Sortier-Förderband 2
9. Kicker für PET-Deckel und Wertgegenstände
10. Kleiner Elektro-Impeller Gebläse
11. Kehrmaschine mit Bürsten
12. SCARA-Arm
13. Steuerung (Arduino MEGA und Raspberry Pi 4)
14. Gebläse für Zigarettenstummel

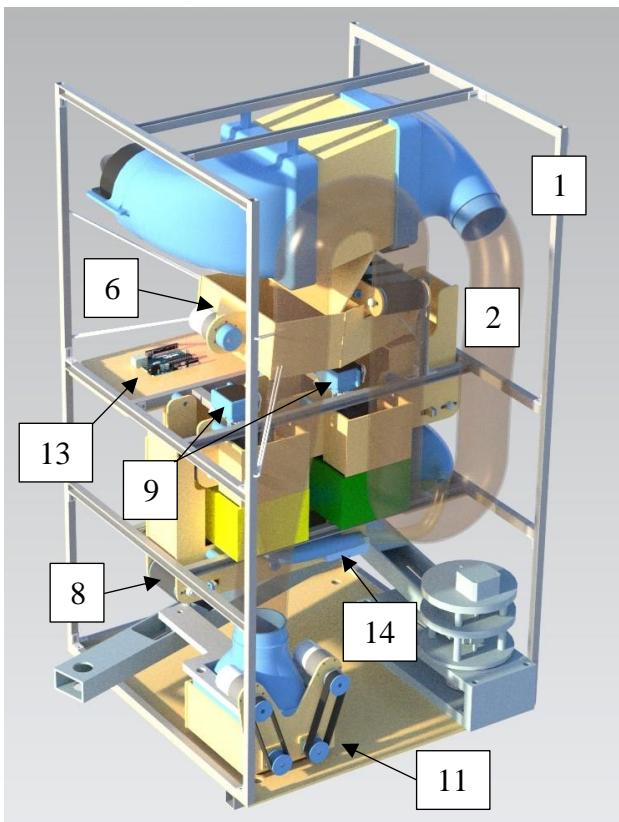


Abb 41: Vorderseite CAD-Modell DIRT

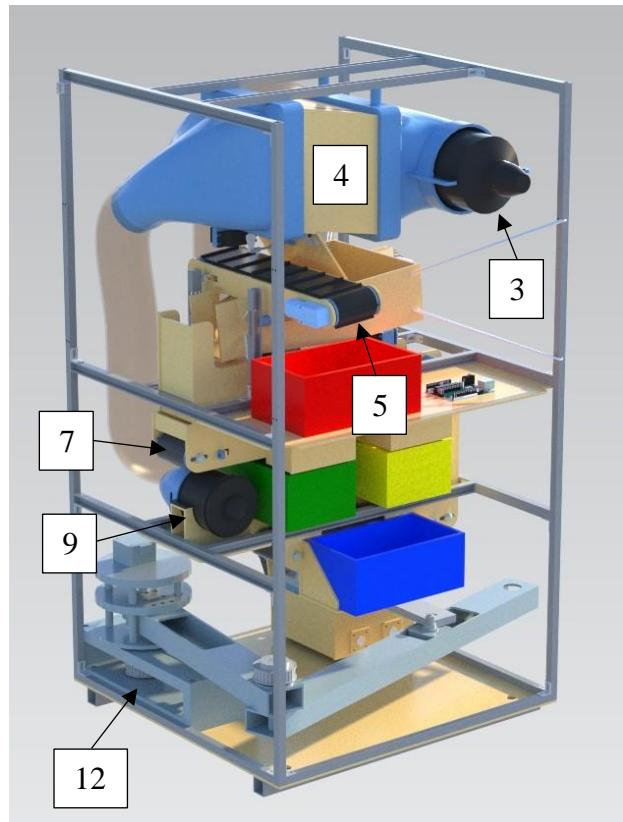


Abb 42: Rückseite CAD-Modell DIRT

4.2 Konzept Mechanik

Das Konzept der Mechanik wurde konzeptionell in einem CAD-Modell realisiert. Hier wurden alle Ideen der physischen Bauteile in einem Modell zusammengefasst. Unten im Bild sieht man eine Übersicht vom Teil Mechanik mit den einzelnen Teilfunktionen, siehe Abb 43. Als erstes fährt der SCARA-Arm mit dem Bürstengerät aus. Im Bürstengerät werden mittels Elektromotoren zwei Flaschenbürsten angetrieben. Die Drehmomentübertragung erfolgt mit einem Zahnriemen. Weiter ist das Bürstengerät mit einem Schlauch verbunden, welcher das Material direkt in den Roboter saugt. Durch den SCARA-Arm wird das Bürstengerät über den ganzen Arbeitsbereich geführt. Der SCARA-Arm ist höhenverstellbar und besteht aus drei Gelenken, welche von Schrittmotoren angetrieben werden. Auch hier ist die Drehmomentübertragung mittels Zahnriemen gewährleistet.

Die Konstruktion besteht hauptsächlich aus gelaserten MDF-Teilen und 3D-gedruckten Teilen. Dies wird eine möglichst selbständige Beschaffung und Herstellung der Konstruktion im PREN 2 ermöglichen. Außerdem ist MDF eine günstige und umweltfreundliche Variante, im Gegensatz zu Aluminium/Stahl Bleche. Eine Metallkonstruktion wurde nur für den SCARA-Arm und für den Rahmen gewählt. In diesen zwei Gebieten sind die Beanspruchungen deutlich höher als sonst und eine metallische Konstruktion darf mit geringerem Platzbedarf umgesetzt werden. Die komplexere Bauelementen, wie zum Beispiel die Halterung für die grosse Turbine, wurden als 3D-Druckteile konzipiert, damit die perfekte Form ohne Kompromisse erreicht werden kann. Ein anderer grosse Vorteil ist die geringere Dichte des Materials (in diesem Fall handelt es sich um nachhaltiges rPET). Die maximalen Dimensionen wurden berücksichtigt, indem der Rahmen 20 mm kleiner ist als die maximal zulässigen Massen. Schrauben und zusätzlichen Komponenten dürfen somit ein bisschen herausschauen, ohne Platzprobleme zu generieren. Das Gewicht musste am Anfang der Entwicklung reduziert werden, um das maximal zulässige Gewicht von 15 kg nicht zu überschreiten. Diese Gewichtreduktion wurde durch Einfügen von dünneren Alu U-Profilen und der Vereinfachung der Grundplatte des Rahmens erreicht. Die gerechnete Masse der aktuellen Konstruktion beträgt ungefähr 14.5 kg.

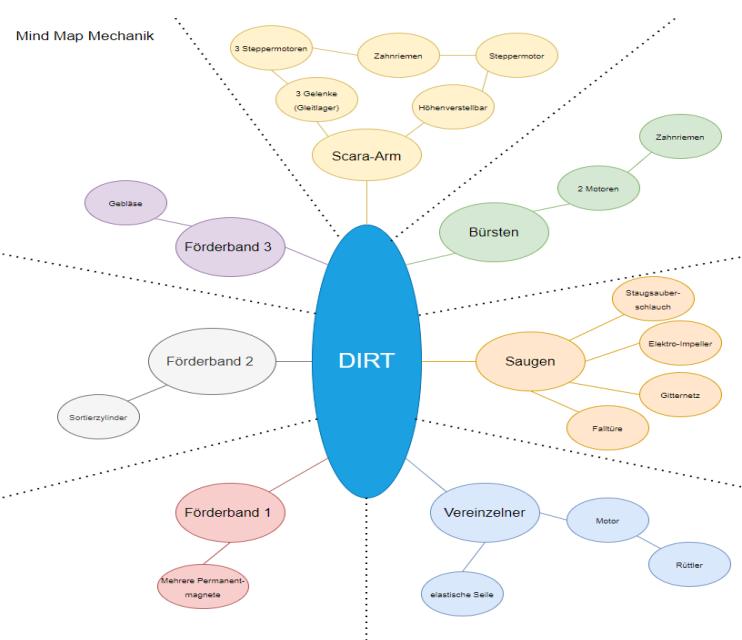


Abb 43: Funktionsdiagramm Maschinentechnik

4.2.1 Bürstengerät

Das Bürstengerät wurde im Kapitel 3.2.5 «Kehrmaschine mit Bürste» getestet und als effektiv bewertet. Darum wurde es in die finale Version implementiert und weiterentwickelt, siehe Abb 44. In der Testphase wurde zum Beispiel herausgestellt, dass die Motoren zu schnell drehten und zu wenig Drehmoment leisten. Aus diesem Grund wurde ein neuer Motor gewählt, der weniger schnell dreht aber mehr Drehmoment zur Verfügung stellt. Ein grosses Drehmoment wird gebraucht, damit auch die grösseren Objekte durch die Bürsten geführt werden können. Weitere

Informationen vom Motor sind im Kapitel 4.3.2.3 «Getriebemotoren Kehrmaschine» aufgelistet. Die Motoren wurden umpositioniert, um dem Schwerpunkt möglichst in der Mitte des Geräts zu bekommen und eine kompaktere Konstruktion zu haben. Die Motoren wurden mittels Zahnriemen mit den Bürsten verbunden. Es wurde die Zahnriemenform nach ISO 5296 XL gewählt, da dieser Riementyp bei Conrad günstig und sofort verfügbar wäre. Die übertragbare Leistung ist weit höher als die Leistung des Motors. Darum sind Berechnungen nicht nötig und auch im Falle einer Verstopfung des Gerätes würde nichts zerreißen. Die Teilung der XL-Riemen beträgt 1/5 Zoll (5.08 mm) und die Riemschieben beweisen 15 Zähne. Mit einer Riemenlänge von 254 mm (geeignet für das Gerät) kann mit der folgenden Formel (1) den Achsenabstand berechnet werden:⁴³

$$a = \frac{1}{4} * \left(L - \frac{p}{2} * (z_1 + z_2) \right) + \frac{1}{4} * \sqrt{\left(L - \frac{p}{2} * (z_1 + z_2) \right)^2 - 2 * \left(\frac{p}{\pi} * (z_1 - z_2) \right)^2} \quad (1)$$

$$a = \frac{1}{4} * \left(254 \text{ mm} - \frac{5.08 \text{ mm}}{2} * (15 + 15) \right) + \frac{1}{4} * \sqrt{\left(254 \text{ mm} - \frac{5.08 \text{ mm}}{2} * (15 + 15) \right)^2 - 2 * \left(\frac{5.08 \text{ mm}}{\pi} * (15 - 15) \right)^2} = 88.9 \text{ mm}$$

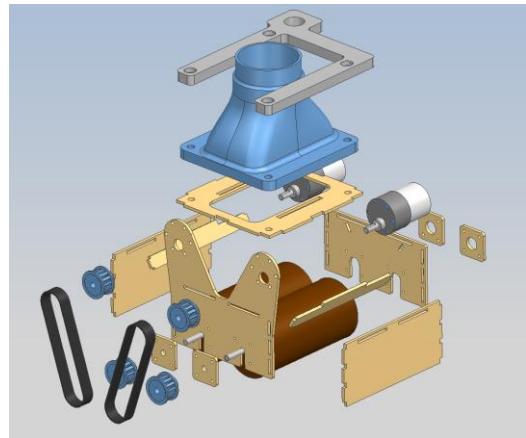


Abb 44: Explosion Bürstengerät

Um kein Riemenspanner einbauen zu müssen, wird ein 8 % grösserer Achsenabstand gewählt, nämlich 89.6 mm.

Zahnriemen eignen sich in diesem Kontext sehr gut, da das Drehmoment der Motoren mittels eines kompakten Getriebes übertragen werden kann. Das Gewicht ist fast vernachlässigbar klein und die Beschaffungskosten sehr tief, denn die Riemscheibe können sogar 3D-gedruckt werden. Der Übergang zwischen dem Saugrohr und dem Bürstengerät ermöglicht ein 3D-gedrucktes Teil, das möglichst runde Formen aufweist, damit Reibungsverluste und Turbulenzen minimiert werden. Das Gerät wird mittels einer einfachen Aluminiumplatte am SCARA-Arm befestigt.

⁴³ (PR_SY_HS22, 2022)

4.2.2 Sauger

Im Kapitel 3.2.6 «DIY-Staubsauger mit Elektro-Impeller» wurde diese Variante getestet und als geeignet für dieses Projekt deklariert. Nun wurde das Konzept erarbeitet und verbessert, siehe Abb 45. Durch Modellierung im CAD konnten die Halterungen der Turbine und des Schlauches optimiert werden, damit eine möglichst turbulenzfreie und effiziente Strömung durch den Sauger strömen

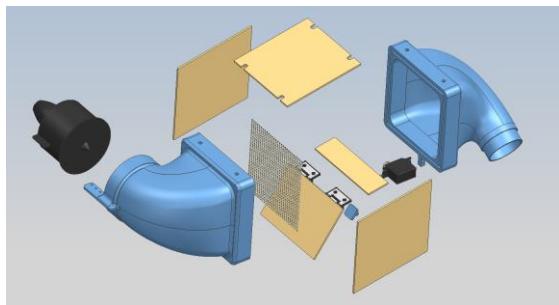


Abb 45: Explosion Sauger

kann. Zwischen den zwei Enden wurde eine Box aus MDF-Platten konstruiert, die als Lager für das angesaugte Material dient. Durch Steuern eines Servos im unteren Bereich kann eine Klappe auf und zu bewegt werden, um das Material in den Vereinzelner fallen zu lassen, siehe Abb 46. Der Apparat wird mittels vier Schrauben am Rahmen befestigt. Die Konstruktion beweist ein Gewicht von ungefähr 1.8 kg. Die technischen Daten der Turbine werden im Kapitel 4.3.2.4 «Grosser Elektro-Impeller Sauger» ausführlicher beschrieben. Der Saugschlauch, der das Bürstengerät mit dem Sauger verbindet, wurde lange gesucht. Die Wahl fiel auf einen sehr flexiblen, aber leichten Schlauch, der im Durchmesser 60 mm gross ist. Die benötigte Länge beträgt ungefähr 1.5 m, um die ganze Kiesbettfläche zu bedecken.

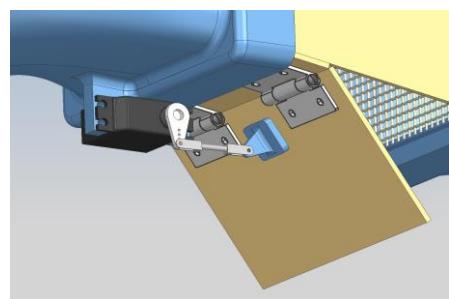


Abb 46: Klappe mit Servo gesteuert

4.2.3 Vereinzelner

Der Vereinzelner wurde auch im Kapitel 3.2.13 «Vereinzelner mit Vibrationsmotor» getestet, um seine Effizienz zu überprüfen. Die Konstruktion ist relativ einfach aufgebaut. Verschiedene MDF-Platten werden zusammengesteckt und geklebt, um eine Trichterform für das Vereinzelnen aller Objekte zu haben, siehe Abb 47. Am Vereinzelner ist ein Motor montiert, der mittels eines exzentrischen Gewichts (ein 3D-gedrucktes Zylinder mit exzentrischer Bohrung) eine Vibration erzeugt. Diese Vibration verhindert das Verklemmen der Objekte im Trichter. Dieses exzentrische Gewicht wird im PREN 2 genau definiert, um die benötigte Vibration für dieses spezifisches System zu erreichen. Die Breite der Verengung und der Winkel des Trichters können ohne grossen Aufwand geändert werden (parametrisiertes Modellieren), falls eine Anpassung nötig wäre. Die Neigung des Vereinzelners gegenüber der horizontalen Achse bestimmt, wie schnell die Objekte vereinzelt werden und wie viele Objekte pro Zeit zur nächsten Station übergeben werden. Dieser Winkel kann beliebig

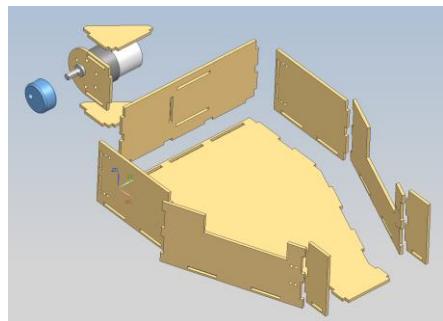


Abb 47: Explosion Vereinzelner

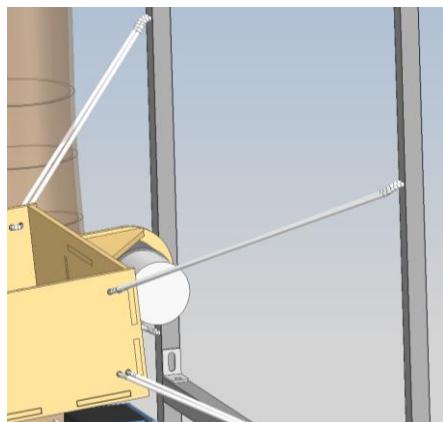


Abb 48: Aufhängung Vereinzelner

eingestellt werden, weil die Konstruktion mit elastischen Schnüren am Rahmen befestigt wird, siehe Abb 48. Alle diese Parameter (genaue Breite der Verengung, Winkel des Trichters und Neigung des Vereinzelners) werden im PREN 2 bestimmt. Grund dafür sind die zu viele unbekannten Informationen bezüglich der Menge der Objekte, die pro Zeit reinkommen werden und deren Verhalten im Vereinzelner.

4.2.4 Magnetisches Förderband

Das erste Förderband überquert den Vereinzelner bei der Verengung in einem Abstand von ungefähr 50 mm. Die Magnete befinden sich, wie beim Prototyp, siehe Kapitel 3.2.3 «Förderband mit Permanentmagnet», unter dem Band geklebt an der Querplatte. Die Magnete haben wie beim Test verschiedene Stärken, damit die angezogenen Objekte weiterfahren können und später in der roten Kiste landen können. Die Bauweise des Förderbands ist simpel und funktional, siehe Abb 49. Der Rahmen besteht, wie bei anderen Komponenten, aus 3 mm gelaserten MDF-Platten. Zwei 3D-gedruckte Rollen, die eine ballige Form aufweisen und mit Bunde vorgesehen sind (damit der Riemen nicht herausrutschen darf) sind auf Aluminiumstangen gelagert. Damit der Riemen sich seitlich nicht verschiebt sind Distanzhülsen angebracht worden. Die axiale Sicherung der Stangen wurde mit Stellringen gewährleistet. Der Motor, im Kapitel 4.3.2.2 «Getriebemotoren Förderbänder» beschrieben, wird direkt an einer MDF-Platte fixiert und seine Antriebswelle ist direkt mit einer Rolle formschlüssig verbunden. Das Band wird wie im Prototyp aus einem 3D-druckbaren flexiblen Material bestehen. Um das Band zu spannen, wurde eine sehr einfache Variante gewählt, siehe Abb 50: zwei M3 Schrauben stoßen die Stellringe der Stange und werden bis zum beliebigen Punkt angezogen. Die Sicherung der Schraube wird mittels Stoffschlüssige Sicherung (Loctite) oder mit einer zweiten Mutter gewährleistet. Komponenten wie die Rollen, die Stangen, der Motor, die Spannmethode des Riemens und die Distanzhülsen wurden auch für die anderen zwei Förderbänder angewendet. Das Förderband wird an den Rahmen geschraubt. Distanzhülsen ermöglichen eine schräge Stellung des Förderbandes, damit das Band parallel zur Bodenfläche des Vereinzelner steht.

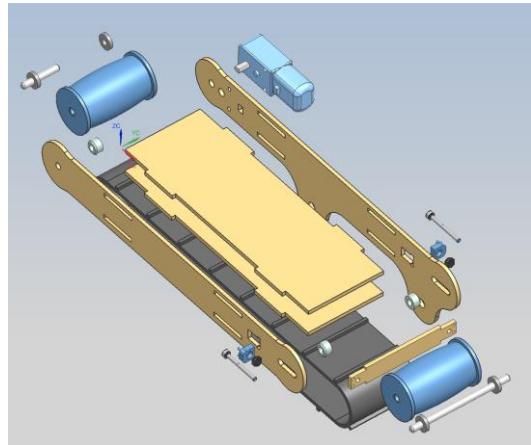


Abb 49: Explosion Magnetförderband

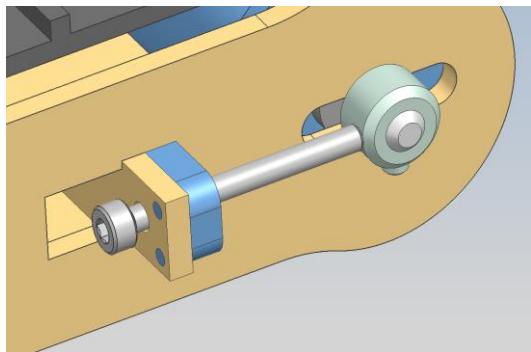


Abb 50: Spannvorrichtung Band

4.2.5 Förderband mit Bilderkennung

Nachdem die magnetischen Objekte getrennt wurden, fallen die restlichen Gegenstände (Zigarettenstummel, PET-Deckel, Wertsachen und Steine) auf ein zweites Förderband. Der Aufbau dieses Förderbandes ist sehr ähnlich wie der vom magnetischen. Der einzige Unterschied besteht in den Seitenwänden, die eine andere Form aufweisen. An den Seiten sind Schutzplatten für die in die Boxen fallenden Objekten vorgesehen und am Anfang ist eine Führung vom Vereinzelner bis zum Band konstruiert worden, siehe Abb 51. Dort werden die Gegenständen als Erstes von einer Kamera erkannt, siehe Abb 52. Danach fahren sie mit einer bestimmten Geschwindigkeit in Richtung der zwei Trennarne. Die zwei Trennarne sorgen für das Abtrennen der Wertgegenstände und den PET-Deckel vom Rest. Die Trennarne sind mit Servos gesteuert (genaue Informationen im Kapitel 5.3.1), die zusammen mit der Kamera gekoppelt werden. Die Software bestimmt, nachdem die Kamera das Objekt erkannt hat, welcher Trennarm betätigt werden soll und nach welcher Zeit. Nach dem Betätigen fallen die Gegenstände in den respektiven Boxen und auf dem Förderband bleiben nur die Zigarettenstummel und die kleinen Steine. Die Servohalterungen und Trennarne bestehen aus 3D-gedrucktem PET. Die Haltrungen sind an den Rahmen geschraubt. Die Trennarne sind durch kleine Aluminiumwellen am Rahmen gelagert und mit verstellbaren Stangen mit den Servos verbunden. Wichtig bei diesem Teil der Konstruktion ist das Zusammenarbeiten der Kamera mit den Trennarmen.

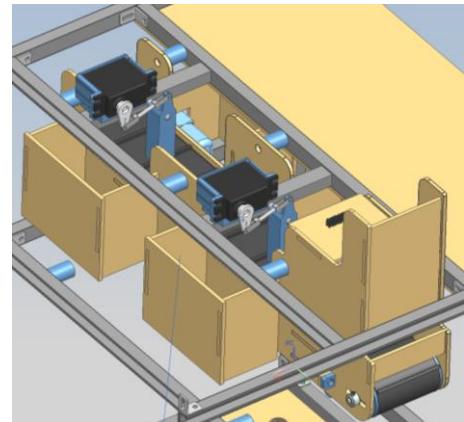


Abb 51: Trennarne und Förderband

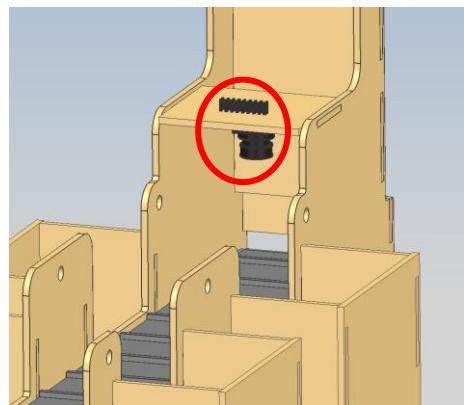


Abb 52: Position der Kamera

4.2.6 Förderband mit Luftgebläse

Das letzte Förderband hat die Aufgabe, die Zigarettenstummel von den Steinen zu trennen. Dieses Förderband besteht wiederum aus den gleichen Komponenten wie die vorherigen zwei Förderbänder, siehe Abb 53. Die unterschiedliche Dichte der Stummeln gegenüber den Steinen kann als Vorteil genutzt werden, indem ein Luftgebläse quer zum Förderband gerichtet wird. Somit werden die Stummel nach aussen gestossen und die Steine bleiben auf dem Förderband. Auf der anderen Seite des Förderbands wurde die blaue Box platziert, in der die Stummel direkt landen werden. Der Luftstrom wird von einer kleinen Turbine erzeugt und von einer Düse, welche am Ende der Turbine platziert ist, in einen Schlauch konzentriert und bis zum Förderband transportiert, siehe Abb 54. In der Testphase siehe Kapitel 3.2 «Tests

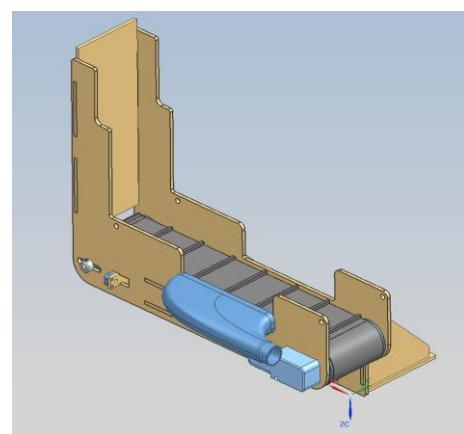


Abb 53: Förderband mit Luftgebläse

Teillösungen», wurde ein Radiallüfter hergestellt, der aber gegenüber der Turbine mehr Platz benötigte und sogar schwerer war. Darum wurde bei der Endvariante eine Turbine gewählt. Die technischen Daten der Turbine werden im Kapitel 4.3.2.5 «Kleiner Elektro-Impeller Gebläse» ausführlicher erklärt. Das Förderband und der Luftstromerzeuger werden am Rahmen durch Verschraubungen befestigt.

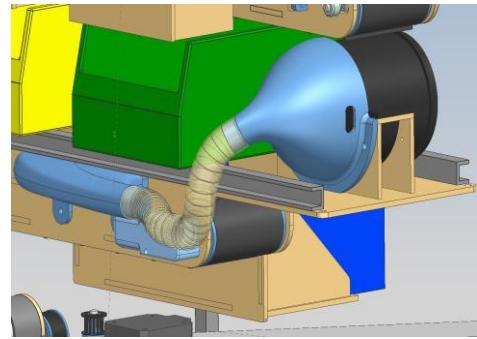


Abb 54: Luftstrom durch Düse, Schlauch und Diffusor

4.2.7 Rahmen

Sobald alle Komponenten modelliert waren, wurde ein Rahmen rundherum konstruiert, siehe Abb 55. Das Fundament des Rahmens besteht aus vier Vierkantröhren 20 x 20 mm und wird direkt mit Schrauben am Tisch befestigt, siehe Abb 56. An den Vierkantröhren wurden in den vier Ecken kleinere quadratische Röhren (10 x 10 mm) eingesetzt, die bis zum höchsten Punkt der Konstruktion gehen. Alle anderen Profile zur Befestigung der Förderbänder sind 10 x 13 U-Profil. Die Profile werden mithilfe von Winkelprofile aus Stahl und Winkelverstrebungen aus MDF miteinander verbunden. Die MDF-Verstrebungen werden nur an den kritischen Punkten eingesetzt, siehe Abb 57. Das Einsetzen von solchen Alu-profile hat zwei grosse Vorteile: Das Rohrmaterial kommt, ausser bei den 10 x 10 mm Vierkantröhre, aus der Rohmaterial-Normteilbestelliste von der HSLU. Somit kann das Material kostenfrei beschafft werden. Der zweite Vorteil ist das geringere Gewicht pro Meter dieser Profile. Das Gewicht des ganzen Rahmens wird nämlich nicht mehr als 2.4 kg betragen. Inbegriffen ist auch eine MDF-Platte, die als Plattform für die Elektronik dienen sollte.

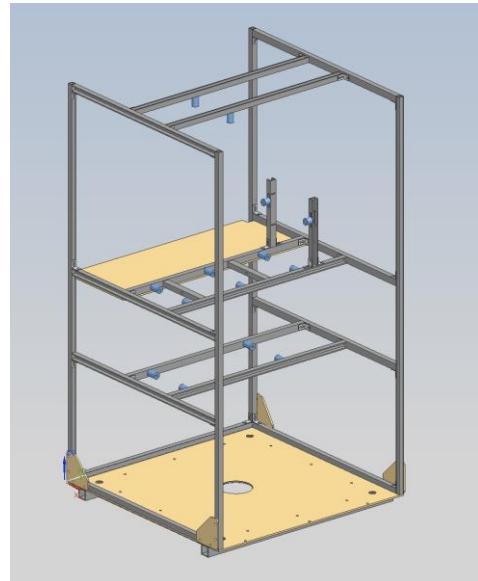


Abb 55: Rahmenkonstruktion

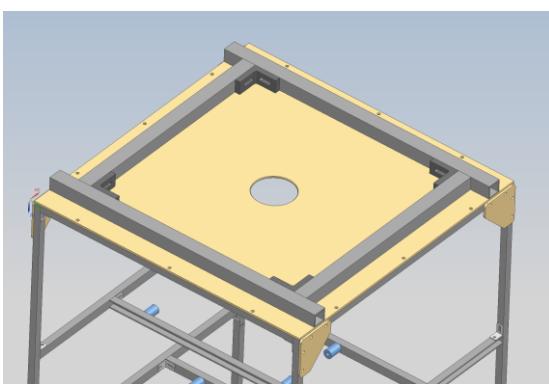


Abb 56: Fundament Rahmen

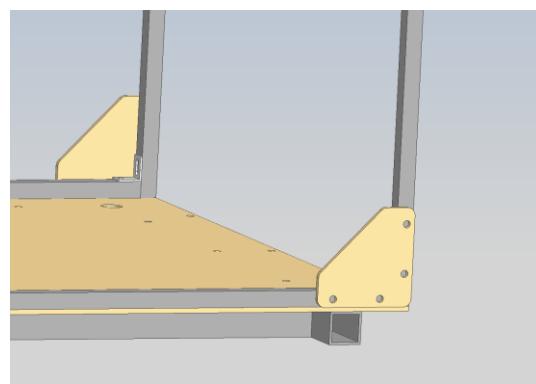


Abb 57: Winkelverstrebungen aus MDF

Anschliessend wird der Saugschlauch mithilfe von «Ski-Zips» am Rahmen befestigt, damit am Schluss des Wettbewerbes der Schlauch zurückgezogen werden kann und das Anfangsvolumen wieder erreicht wird.

4.2.8 SCARA-Arm

Der SCARA-Arm ist da, um den Sauger und das Bürstengerät über die gesamte Arbeitszone zu führen und somit den ganzen Müll aufzunehmen. In der Abb 58 ist ein Ausschnitt aus dem CAD-Modell zu erkennen. Der SCARA-Arm besteht aus einem Grundgestell, welches in der Teamfläche befestigt ist. Auf dem Grundgestell sind drei drehbar miteinander verbundene Scheiben gelagert. Die mittlere Scheibe ist mit dem ersten Aluminium-Profil verbunden. Auf der oberen Scheibe ist ein Stepper Motor, welcher eine Spindel antreibt. Diese Spindel macht den SCARA-Arm höhenverstellbar. Die Scheiben sind mittels Stepper Motor, welcher sich in dem Grundgestell befindet, angetrieben. Die Drehmomentübertragung erfolgt mit einem Zahnrämentrieb. Die Aluminium-Profile sind mittels Gleitlager gelagert und mit je einem Stepper Motor angetrieben. Auch hier erfolgt die Drehmomentübertragung mit einem Zahnrämentrieb. Somit ist der SCARA-Arm im Stande die ganze Arbeitszone abzufahren.

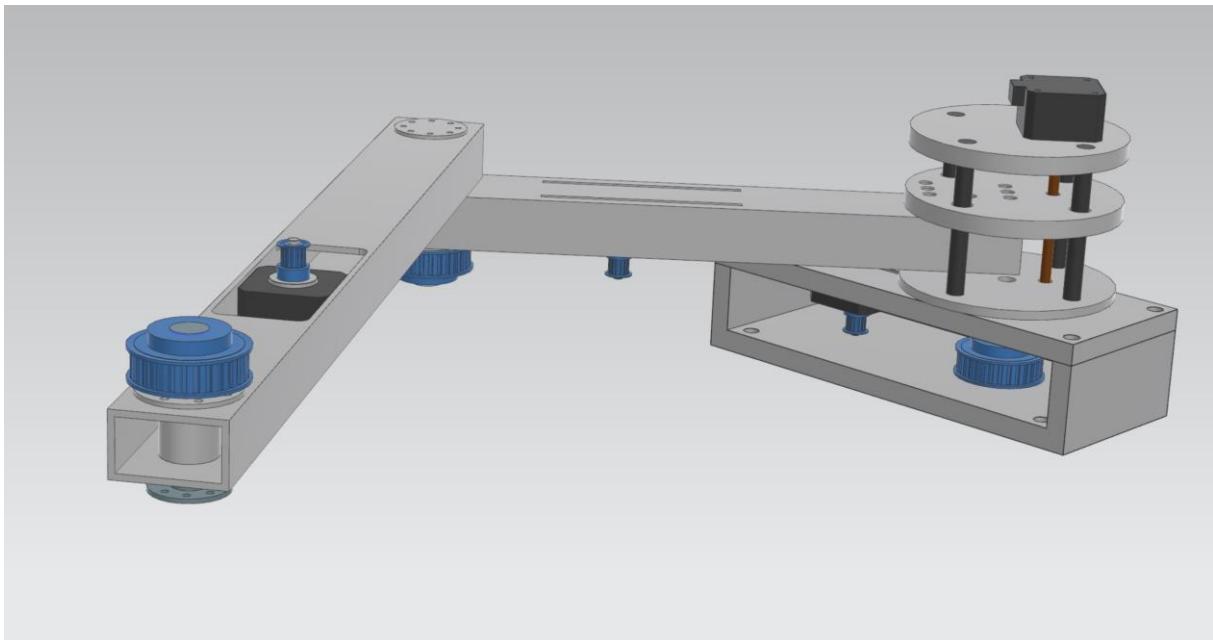


Abb 58: SCARA-Arm

4.3 Konzept Elektrotechnik

Das Konzept der Elektrotechnik enthält die elektrotechnisch notwendigen Komponenten, welche im DIRT verwendet werden und typisiert diese. Das heisst, dass die Steuerung, die Aktoren, wie die verschiedenen Motoren oder Servos und Sensoren wie die Lichtschranke, die Distanz-sensoren oder die Wägezelle, definitiv bestimmt wurden. Die einzelnen Komponenten wurden definiert, damit dessen Gewicht und Dimension bekannt ist und um mit dieser Information ein akkurate CAD-Modell zu schaffen. Das CAD-Modell wurde im Kapitel 4.2 «Konzept Mechanik» bereits erläutert. Zur Übersicht wurde folgendes Funktionsdiagramm, siehe Abb 59 geschaffen. Das Funktionsdiagramm stellt die Steuerungselemente, Aktoren, Sensoren und die relevanten Schnittstellen detailliert dar.

Für eine bessere Übersicht sind die einzelnen Blöcke farblich notiert. Steuerungselemente sind rot, Netzteile zur Spannungs- oder Strombegrenzung sind blau, Aktoren sind grün, Sensoren sind gelb und die Hardware, die die Aktoren ein- und ausschalten oder Regeln sind violett gefärbt. Auf den Verbindungen zwischen den Blöcken ist jeweils aufgeschrieben, um was für eine Schnittstelle es sich dabei handelt.

Anschliessend dem Funktionsdiagramm wird auf die einzelnen Komponenten und deren Auswahlgrund vertieft eingegangen. Dabei wird bei der Steuerung begonnen, anschliessend zu den Aktoren gewechselt, dann die Sensoren erklärt und zum Schluss auf die Stromversorgung eingegangen.

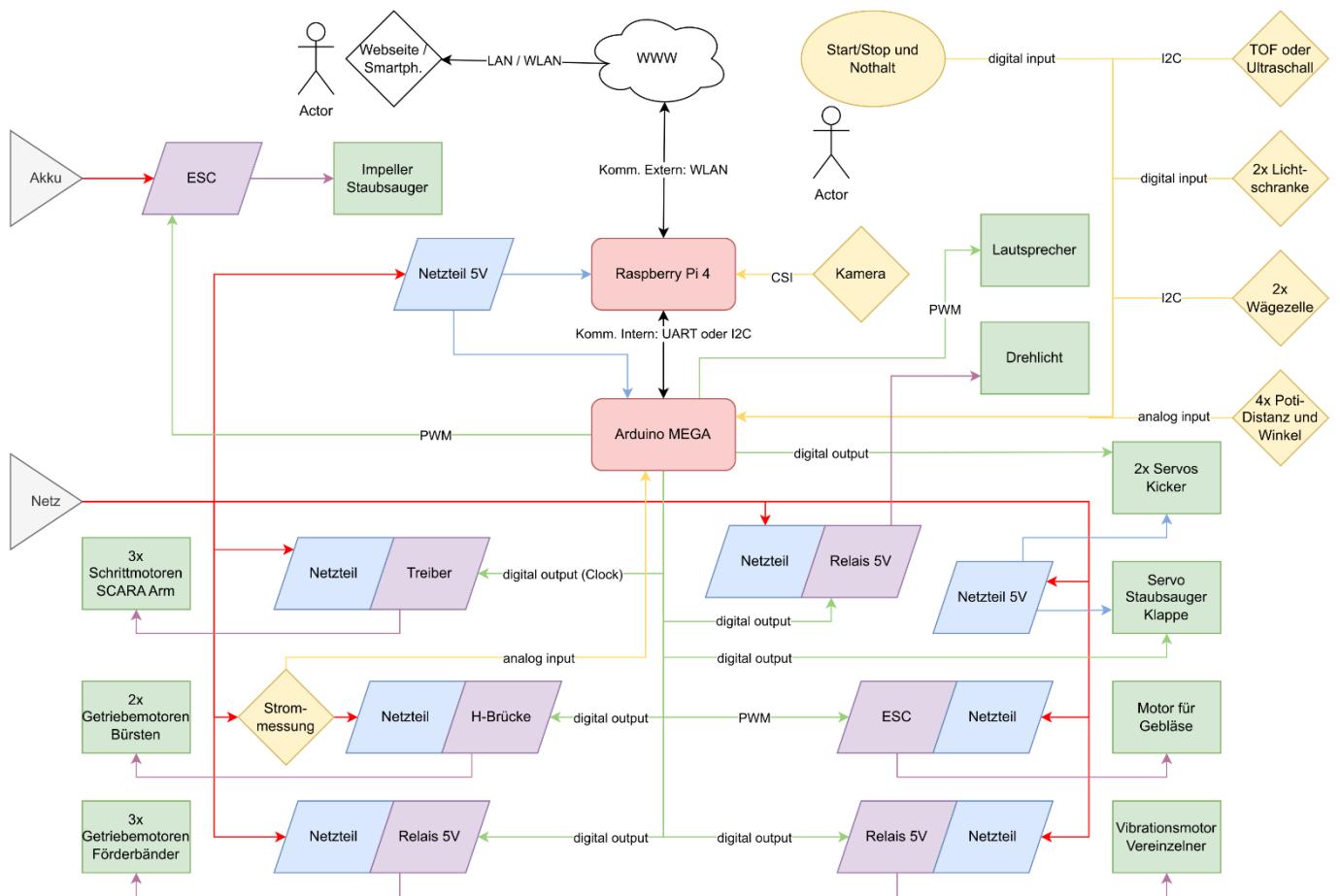


Abb 59: Funktionsdiagramm Elektrotechnik

4.3.1 Steuerung

Die Steuerung des DIRT wird mit einem Mikrocontroller und einem Einplatinencomputer realisiert. Der Grund dafür ist, dass die Bilderkennung viel Leistung benötigt, weshalb für diesen Zweck einen Raspberry Pi 4 verwendet wird. Zusätzlich zur Bilderkennung ist der Raspberry Pi auch die Schnittstelle zum Internet, da er einen WLAN-Chip besitzt. Da der Raspberry Pi jedoch nicht in Echtzeit Befehle ausführen kann, wurde für alle anderen Aufgaben, wie das Auswerten der Sensordaten oder das Ansteuern der Motoren, ein Arduino MEGA gewählt. Für die Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi gibt es zwei Möglichkeiten. Eine Möglichkeit wäre die I2C Schnittstelle zu verwenden. Dort muss jedoch getestet werden, ob diese Schnittstelle schnell genug ist, um nach dem Erkennen eines Objektes schnell genug reagieren zu können. Falls diese Variante nicht funktioniert bzw. die Reaktivität nicht hoch genug ist, könnte man die digitalen Pins verwenden. Dies würde man so realisieren, dass z.B. beim Erkennen eines PET-Deckels der Raspberry Pi einen Pin auf High schalten würde und dieser Pin wäre dann mit dem Arduino verbunden. Die Schnittstellen würden dann wie in der folgende Tabelle 1 definiert werden. Die Pfeile in der Spalte «Kommunikationsrichtung» zeigen auf, in welche Richtung die erkannte Information fliesst. Pro Zeile würde jeweils ein digitaler Pin des Raspberry Pi mit einem digitalen Pin des Arduino verbunden werden. Dabei werden etwa sieben digitale Pins auf beiden Seiten benötigt. Die letzten zwei Zeilen schalten jeweils ein regelmässiges Signal, ein sogenannter Clock, um sicherzustellen, dass das andere Gerät noch aktiv ist. Dies wäre dann hauptsächlich zur Fehlerbehebung notwendig.

Raspberry Pi	Arduino	Kommunikationsrichtung
PET-Deckel erkannt		WLAN <- Pi -> Arduino
Wertgegenstand erkannt		WLAN <- Pi -> Arduino
	Kronkorken gezählt (Lichtschranke)	Arduino -> Pi -> WLAN
	Kronkorken gezählt (Waage)	Arduino -> Pi -> WLAN
	Zigarettenstummel gezählt	Arduino -> Pi -> WLAN
Clock (Pi aktiv)		Pi -> Arduino
	Clock (Arduino aktiv)	Arduino -> Pi

Tabelle 1: Schnittstelle mit digitalen Pins

Auf den nächsten zwei Seiten wird näher auf das Arduino und den Raspberry Pi 4 eingegangen, um dessen Stärken und Schwächen zu differenzieren.

4.3.1.1 *Arduino MEGA 2560*

Der Arduino MEGA ist der grössere Bruder zum Arduino Uno und hat dementsprechend mehr I/O-Schnittstellen als das Uno, siehe Abb 60. Der Grund für die Wahl des grösseren Arduino ist, dass dieser sechs Pins hat, welche Interrupt-Routinen unterstützen.⁴⁴ Der Arduino Uno hat nur zwei Pins, was für dieses Projekt nicht ausreichen würde. Weitere Unterschiede kann der Tabelle 2 entnommen werden. Wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Mikrocontrollern sind die Analogen- und Digitalen Pins, PWM-Pins und die UART-, SPI- sowie I2C-Schnittstellen.

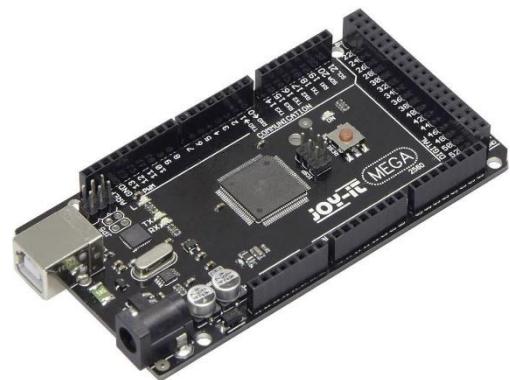


Abb 60: Arduino MEGA 2560 von joy-it

	Arduino Uno	Arduino MEGA von joy-it
Prozessor	Atmega328P	Atmega2560
Clock Geschwindigkeit	16 MHz	16 MHz
Flash Speicher	32 kB	256 kB
EEPROM	1 kB	4 kB
SRAM	2 kB	8 kB
Digitale I/O Pins	14	54
Digitale I/O Pins mit PWM	6	15
Analoge Pins	6	16
UART (RS232)	1	4
SPI	1	3
I2C	1	2
Pins mit Interrupts	2	6

Tabelle 2: Unterschiede Arduino Uno und MEGA

Der Arduino wird folgende Aktoren im DIRT steuern: Schrittmotoren des SCARA-Arm, Getriebemotoren der Bürsten, Impeller des Staubsaugers, Motor der Klappe beim Staubsauger, Vibrationsmotor für den Vereinzelner, Servos für die Kicker (Abfallgegenstände vom Förderband wegkicken), Motoren der Förderbänder, Motor des Gebläse (Zigarettenstummel wegblasen), akustische und visuelle Rückmeldung usw.

Folgende Sensoren werden dem Arduino Daten liefern: TOF- oder Ultraschallsensor für die Distanzerkennung, Wägezelle für das Zählen, Lichtschranke für das Zählen, Volt- und Ampemeter für das Detektieren von festgefahrenen Motoren, Potentiometer für die Winkel und Distanzerkennung des SCARA-Arms usw.

⁴⁴ (arduino.cc, 2022)

4.3.1.2 Raspberry Pi 4 mit 2 GB RAM

Der Raspberry Pi ist ein Einplatinencomputer, weshalb er auch ein Betriebssystem hat. Dieses Betriebssystem ist meistens Linux basiert, deshalb kann man im Betrieb auch über einen Bildschirm oder über eine Remote-Desktopverbindung auf eine Oberfläche zugreifen. Dabei lässt sich der Raspberry Pi direkt auf dieser Oberfläche programmieren. Wie in der Abb 61 zu sehen ist, hat der Raspberry Pi weniger Pins als der Arduino jedoch viel mehr Anschlussmöglichkeiten, wie Audio, USB, oder Ethernet. Ein weiterer Vorteil des Raspberry Pi gegenüber dem Arduino ist dessen erhöhte Rechenleistung der CPU und erhöhtem Speichervermögen des RAM. Deshalb ist es ideal diesen Einplatinencomputer für die Bilderkennung der Abfallgegenstände zu verwenden. Für die Kommunikation mit dem Arduino bräuchte es, falls man die Kommunikation mit Pins wählt, Interrupt fähige Pins beim Raspberry Pi. Dies ist jedoch kein Problem, denn alle GPIO-Pins des Raspberry Pi sind Interrupt fähig. In der folgenden Tabelle 3 sind die wichtigsten technischen Daten aufgeführt.⁴⁵



Abb 61: Raspberry Pi 4

Ein Nachteil des Raspberry Pi 4 sind die aktuellen Lieferengpässe. Aufgrund der aktuell herrschenden Chip-Krise sind die Raspberry Pis einiges teurer als normal. Auf der Homepage von Raspberry Pi werden diese mit einem Preis von ab 38 Dollar angegeben (für das 1 GB Modell). Aktuell kostet ein Raspberry Pi 4 mit mehr als 2 GB RAM jedoch über 150 CHF, falls diese überhaupt verfügbar sind. Auf den Second-Hand Plattformen wie Ricardo oder Tutti, kriegt man Modelle mit 8 GB RAM nicht unter 200 CHF ersteigert. Jedoch besitzt ein Teammitglied bereits ein Raspberry Pi 4 mit 2 GB RAM, aufgrund eines bereits besuchten Moduls an der Hochschule Luzern. Es wird sich jedoch noch zeigen müssen, ob die 2 GB RAM für die Bilderkennung ausreichend sind.

Um die Hauptaufgaben des Raspberry Pi 4 nochmals kurz zu rekapitulieren, diese sind die Bilderkennung, die Zählung der erkannten Objekte und die Kommunikation mit dem Enterprise-Lab für die Webseite.

Prozessor	ARM Cortex-A72 Quad-Core mit 1.5 GHz
Arbeitsspeicher (RAM)	1 GB, 2 GB, 4 GB oder 8 GB
Kabelgebundene I/O	2x USB 2.0, 2x USB 3.0, 2x Micro-HDMI, 1x RJ45 Gigabit-Ethernet, 1x Audio, 1x USB-C zur Stromversorgung, 1x DSI, 1x CSI, 40x GPIO-Pins
Kabellose I/O	WLAN mit 2.4 und 5 GHz, Bluetooth 5.0

Tabelle 3: Technische Daten Raspberry Pi 4 2 GB

⁴⁵ (raspberrypi.com, 2022)

4.3.1.3 Schalterbox für Start-, Stopp- und NOT-Aus

Gemäss der Aufgabenstellung, muss der DIRT mit drei Schaltern, entweder ein- und ausgeschaltet oder mit einem NOT-Aus Schalter sofort gestoppt werden können.

Um dies zu realisieren, wurde entschieden, eine Schalterbox zu erstellen, welche mit einem ca. 3 m langen Kabel am DIRT befestigt ist. Dabei wird beim Betätigen des NOT-Aus Schalters direkt die Stromversorgung gekappt. Da es im DIRT unterschiedliche Stromversorgungen gibt (Akku und Netzversorgung), müssen beide mit einem Relais, siehe Abb 62, galvanisch getrennt werden.

Das Ein- und Ausschalten wird ganz einfach mit zwei Tastern (anstelle von Schaltern) und mit zwei digitalen Inputs auf den Arduino realisiert, welches intern eine Interrupt-Routine auslöst. In der Abb 63 ist eine Skizze der Schalterbox zu erkennen.



Abb 62: Relais-Modul 4 Kanäle 5 V

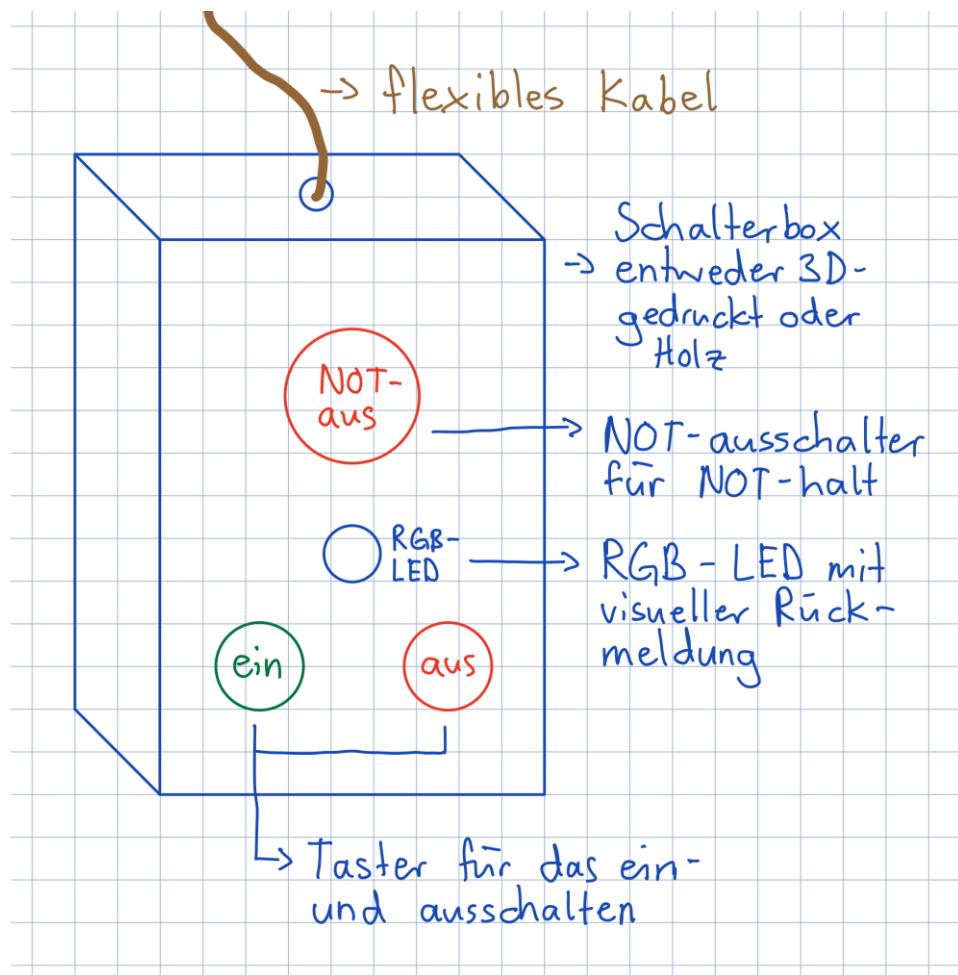


Abb 63: Skizze Schalterbox

4.3.2 Aktoren

In diesem Kapitel wird näher auf die verschiedenen Verbraucher, also Aktoren, des DIRT eingegangen. Dabei wird die Ansteuerung, den Stromverbrauch und die technischen Daten der Komponenten erläutert.

4.3.2.1 Schrittmotoren SCARA-Arm

Für den SCARA-Arm wird auf vier Schrittmotoren gesetzt. Einer für die vertikale Bewegung und drei für die Horizontale Bewegung. In der PREN-Kiste lagen fünf NEMA 17-03 Schrittmotoren, siehe Abb 64, welche das Team schon ziemlich früh ergattert hat.⁴⁶ Diese Schrittmotoren können optimal für den SCARA-Arm verwendet werden. Im Kapitel 3.2.10 «Schrittmotoren SCARA-Arm» wurde der Schrittmotor mit einem Treiber bereits getestet. Der Treiber, der dafür verwendet wurde, stammt ebenfalls aus der PREN-Kiste. Es ist ein Treiber für 2 Phasen Schrittmotoren von der Schweizer Firma «Lionpower GmbH» und trägt den Namen «ELE032», siehe Abb 65. Zwei Stück davon sind vorhanden. Da es jedoch vier braucht, wird für die anderen zwei Schrittmotoren ein anderer Treiber eingesetzt. Der andere Treiber nennt sich «PoStep25-256» und ist ebenfalls aus der PREN-Kiste, siehe Abb 66. Dieser Treiber ist ähnlich wie der «ELE032» hat jedoch weniger Einstellungsmöglichkeiten.



Abb 64: Schrittmotor NEMA 17-03



Abb 65: Treiber ELE032



Abb 66: Treiber PoStep25-256



Abb 67: Kleiner Getriebemotor

⁴⁶ (joy-it.net, 2022)

⁴⁷ (adafruit.com, 2022)

4.3.2.3 Getriebemotoren Kehrmaschine

Wie im Kapitel 3.2.5 «Kehrmaschine mit Bürste» erwähnt, ist es Vorteilhaft, wenn die Bürsten nicht zu schnell drehen. Im Versuchsaufbau wurden zwei Motoren gewählt, welche eine Drehzahl von etwa 3000 U/min besitzen. Wie sich herausstellte, war dies viel zu schnell, da die Abfallgegenstände durch die Luft geflogen sind. Zudem wurden dabei auch ungewollt ein paar Steine aufgenommen. Die hohe Drehzahl war nötig, da die Motoren sonst zu wenig Drehmoment besaßen. Deshalb wird nun auf Getriebemotoren gesetzt. Um einen optimalen Motor zu finden, wurden diverse Getriebemotoren aus der PREN-Kiste genommen und getestet. Leider gab es nur Motoren mit sehr geringen Drehzahlen, welche zwischen 9 bis 100 U/min lagen. Aus diesem Grund wurde im Internet nach einer alternativen gesucht.

Die finale Auswahl traf auf einen Getriebemotor der Firma «Modelcraft», siehe Abb 68.⁴⁸ Die zwei Gründe für diese Wahl, sind die geringen Kosten (etwa 24 CHF) und die passenden technischen Daten, wie das Gewicht, die Drehzahl und das Drehmoment. Die technischen Daten können der folgenden Tabelle 4 entnommen werden. Da die Bürsten über das Kies streifen, benötigen sie ein hohes Drehmoment. Gleichzeitig ist es effektiver, wenn die Bürsten mit einer Drehzahl von etwa 150 U/min bis 300 U/min drehen. Ein Wert, der im Versuchsaufbau ermittelt werden konnte. Der gewählte Motor hat ein Drehmoment von 0.6 Nm. Gemäss Formel (2) hat der Motor rechtwinklig zum Radius am Ende des Bürstenhaars eine Gewichtskraft von 20 N. Starre Borsten könnten dabei Gegenstände mit einer Gewichtskraft von bis zu 20 N anheben. Dies entspricht einer Masse von etwa 2 kg, siehe Formel (3). Da die Borsten jedoch flexibel sind, wird diese Kraft nicht umgesetzt und der Motor nicht ausgelastet.

$$F = \frac{M}{r_{\perp}} = \frac{0.6 \text{ Nm}}{0.03 \text{ m}} = 20 \text{ N} \quad (2)$$

$$m = \frac{F}{g} = \frac{20 \text{ N}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{20 \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}^2}}{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \approx 2 \text{ kg} \quad (3)$$



Abb 68: Getriebemotor

Gewicht	203 g
Übersetzungsverhältnis	30:1
Drehzahl Leerlauf	200 U/min
Drehzahl Last	174 U/min
Drehmoment	0.6 Nm
Spannung	12 V
Max. Laststrom	2.1 A

Tabelle 4: Technische Daten Getriebemotor

Ein anderer wichtiger Punkt ist das Gewicht. Da die Motoren an der vordersten Stelle des SCARA-Armes befestigt sind, müssen diese so leicht wie möglich sein. Die meisten Motoren aus der PREN-Kiste besaßen etwa ein Gewicht von 300 g. Daraus lässt sich schliessen, dass der gewählte Getriebemotor, mit seinen 203 g, ein gutes Mittel zwischen Gewicht und Leistung hat.

⁴⁸ (conrad.ch, 2022)

4.3.2.4 Grosser Elektro-Impeller Staubsauger

Eines der wichtigsten elektrischen Komponenten des DIRT ist der Motor für den Staubsauger. Da dabei eine sehr grosse Saugleistung benötigt wird, fiel die Wahl auf einen Elektro-Impeller, welcher normalerweise im RC-Modellbau in Flugzeugen verwendet wird. Im Kapitel 3.2.6 «DIY-Staubsauger mit Elektro-Impeller» wurde der Elektro-Impeller eingehend getestet. Der Impeller besitzt einen bürstenlosen Motor (zu Englisch: brushless motor) und wird somit 3-Phasig betrieben, siehe Abb 69.⁴⁹ Aufgrund der 3 Phasen, wird für den Betrieb ein sogenannter ESC verwendet, also einen elektronischen Geschwindigkeits-Kontroller. Dieser Kontroller wird mit einem PWM-Signal angesteuert. Aus diesem Grund kann der Impeller und somit die Saugleistung des Staubsaugers sehr einfach mit dem Arduino gesteuert werden. Die technischen Daten des Impellers sind in der Tabelle 5 aufgeführt.



Abb 69: Grosser Elektro-Impeller mit ESC

Gewicht	413 g
Länge	90.5 mm
Durchmesser	90 mm
Turbinenblätter	12
Schub	2 bis 3 kg
Spannung	22.2 V
Max. Strom	87 A
Leistung	1.93 kW
Empfohlener Akku	6s mit 22.2 V

Tabelle 5: Technische Daten grosser Elektro-Impeller

Um zu ermitteln, ob der Impeller auch mit einem Netzteil betrieben werden kann, wurde ein Test durchgeführt, um den Stromverbrauch des Impellers zu messen. Dies wurde mit einem Zangenamperemeter durchgeführt, welches in der ET-Werkstatt ausgeliehen wurde. Die Resultate dieses Tests sind in der Abb 70 aufgeführt. Gemäss diesem Test benötigt der Impeller bei einer Leistung von 40 % bereits 20 A. Aus diesem Grund wird darauf verzichtet, den grossen Elektro-Impeller mit einem üblichen Netzteil zu versorgen. Netzteile, welche solch hohe Ströme liefern können, sind sehr teuer und dementsprechend nicht im Budget von diesem Projekt. Aus diesem Grund wird der dafür vorhergesehene Akku für diese Aufgabe verwendet. Mehr dazu im Kapitel 4.3.4.1 «Akkus».

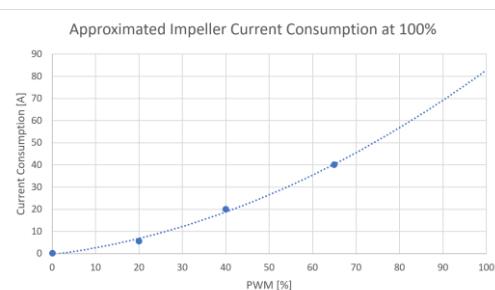


Abb 70: Testresultate mit Approximation, Grosser Elektro-Impeller

⁴⁹ (turbines-rc.com, 2022), (youtube.com, 2022)

4.3.2.5 Kleiner Elektro-Impeller Gebläse

Für das Gebläse, also um die Zigarettenstummeln wegzublasen, wurde zuerst ein 3D-gedruckter Radiallüfter in Erwägung gezogen. Da der Impeller jedoch mit PWM einfach gesteuert werden kann, wird auch für diesen Zweck ein Elektro-Impeller verwendet. Der Impeller für das Gebläse ist jedoch kleiner als der für den Staubsauger und hat dementsprechend weniger Leistung. In der Abb 71 ist der kleine Impeller mit dem dazugehörigen ESC zu erkennen.⁵⁰ Wie beim grossen Impeller wurde auch hier einen Test durchgeführt, um die Stromaufnahme des Impellers zu bestimmen. In diesem Fall wurde jedoch direkt das Mini-Labornetzteil als Speisung genommen, wodurch man die Stromaufnahme direkt am Netzteil ablesen kann. Die Testresultate sind in der Abb 72 zu erkennen. In diesem Fall kann der Impeller direkt vom Netz gespiesen werden, da er nicht so viel Leistung benötigt wie der grosse Elektro-Impeller.



Abb 71: Kleiner Elektro-Impeller mit ESC

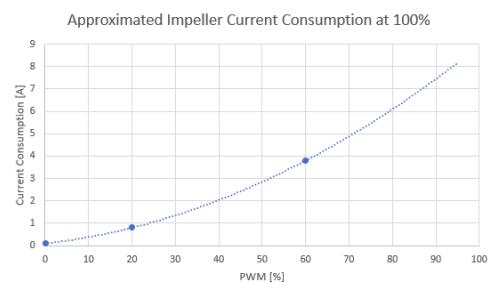


Abb 72: Testresultate mit Approximation, kleiner Elektro-Impeller

4.3.2.6 Motor mit Unwucht für Vereinzelner

Der Staubsauger, welcher im Kapitel 4.2.2 «Staubsauger» beschrieben wird, wird das gesammelte Gut durch eine Klappe komplett entleeren. Dieser entstandene Haufen ist schwer mit einer Bilderkennung zu erkennen oder zu separieren. Deswegen wird dieses Schüttgut zuerst vereinzelt. Durch eine Trichter-Form, genauer beschrieben in Kapitel 4.2.3 «Vereinzelner», gelangt das gut in eine Einerkolonne. Jedoch geschieht dies nicht freiwillig, denn das Schüttgut verkeilt sich sehr einfach in diesem Trichter. Zum Auflösen dieses Staus, wird ein Motor mit Unwucht eingesetzt, um den Vereinzelner zum Vibrieren zu bringen. Getestet wurde in Kapitel 3.2.13 «Vereinzelner mit Vibrationsmotor» ein grober Motor mit befestigter Mutter. Diese Komponenten sind jedoch schwer und sollen für PREN 2 «abspecken». Ein leichterer Motor mit Unwucht wird getestet, sobald die weitere Konstruktion vorhanden ist. So wird sichergestellt, dass die Rüttelleistung für diesen Anwendungszweck ausreichend ist.

4.3.2.7 Servos für Klappe Staubsauger und Kicker

Um in dem generierten Fluss an Sammelgütern die richtigen Abfallgegenstände auszusortieren, sowie auch zur Bewegung der Staubsaugerklappe, werden Servos verwendet. Diese sind so gebaut, dass Erweiterungen und Aufsätze leicht angebracht werden können. Aus Budgetgründen werden Kicker-Pinsel erst im PREN 2 gekauft und montiert. Als Servos können von Teammitgliedern bereits vorhandene Teile verwendet werden.

⁵⁰ (hobbydirekt.de, 2022)

4.3.3 Sensoren

Um die Ausrichtung des SCARA-Arms oder die Zählung der Abfallgegenstände akkurat zu messen, benötigt es diverse Sensoren im DIRT. Auf diese Sensoren wird in diesem Kapitel näher eingegangen.

4.3.3.1 Zählmechanismus mit Lichtschranke

Um die PET-Deckel, Kronkorken und Zigarettenstummeln zählen zu können, wird eine Lichtschranke benötigt. Im Kapitel 3.2.12 «Infrarot-Lichtschranke, Zählen der Abfallgegenstände» wurde eine Lichtschranke mit einer Infrarotdiode getestet. Da diese jedoch nicht zuverlässig funktioniert hat, wird darauf verzichtet und anstelle dessen eine richtige Lichtschranke mit einem Laser realisiert.

Diese Lichtschranke besteht aus einem Lichtsensor, siehe Abb 73, und einer Laserdiode, siehe Abb 74. Dabei zeigt die Laserdiode auf den Fotowiderstand des Lichtsensors. Wenn nun ein Objekt durch die Lichtschranke hindurch geht, gibt es einen kurzfristigen Unterbruch im Signal. Dieses Signal muss dann invertiert werden, wodurch im Arduino ein Interrupt ausgelöst werden kann.

Da der Durchlassbereich, in dem die Abfallgegenstände durchgehen grösser ist, als es ein einziger Laserstrahl abdecken könnte, werden deswegen zwei Spiegel verwendet, um das Licht in einer breiten Fläche verwenden zu können. In der Abb 75 ist eine Skizze dieser Idee dargestellt.

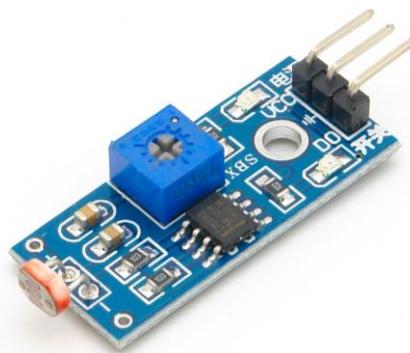


Abb 73: Lichtsensor

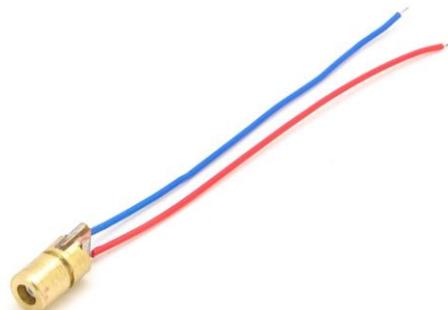


Abb 74: Laserdiode

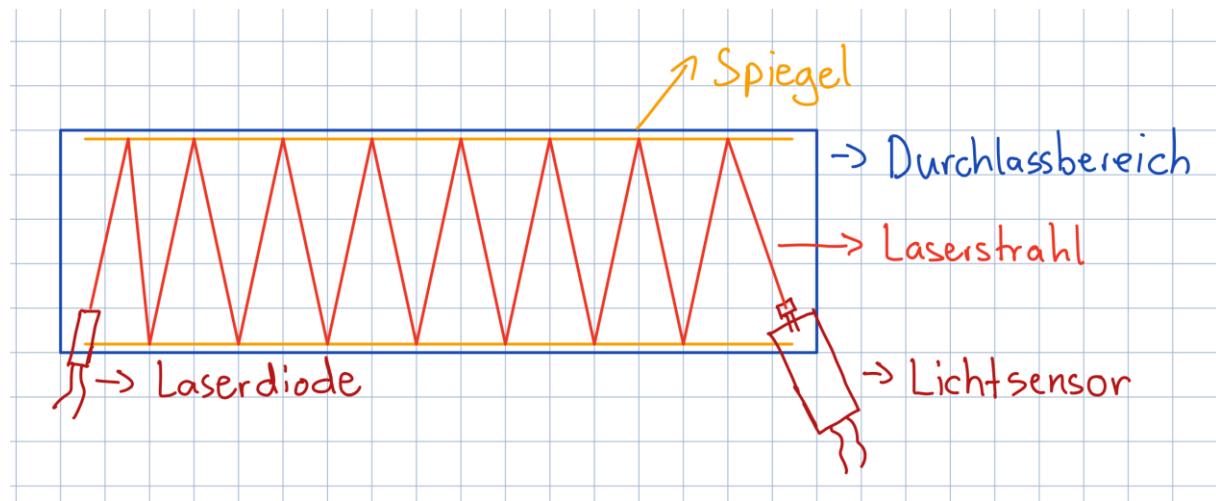


Abb 75: Skizze Lichtschranke mit Laserdiode

4.3.3.2 *Zählmechanismus mit Wägezelle*

Der Zählmechanismus mit einer Wägezelle ist für das Zählen der PET-Deckel und Kronkorken angedacht, um beim Zählvorgang Redundanz zu schaffen. Dabei werden die gleichen Komponenten gewählt, wie bereits im Kapitel 3.2.4 «Waage für das Zählen der Abfallgegenstände» verwendet wurden. Zudem ist es wichtig, dass immer nur dann gezählt wird, wenn der Unwucht Motor des Vereinzelners nicht läuft, da die Wägezelle bei Vibrationen sehr ungenau ist. Eine abschliessende Messung im ruhigen Zustand des DIRT kann, insofern keine anderen Gegenstände im Abfallbehälter sind, eine genaue Zählung garantieren.

4.3.3.3 *Distanzmessung Kehrmaschine zu Kies*

Die Distanzmessung der Kehrmaschine zum Kies wird mit einem TOF-Sensor realisiert. Dieser wurde bereits im Kapitel 3.2.11 «Distanzmessung mit TOF-Sensor» umfassend getestet. Dabei stellte sich heraus, dass der Sensor auf Millimeter genau messen kann. Die Genauigkeit des Sensors ist der Grund, weshalb dieser für das Projekt gewählt wurde. Diese Genauigkeit ist auch wichtig, denn die Bürsten der Kehrmaschine arbeiten am effektivsten, wenn sie leicht an das Kies gedrückt werden, so dass Sie etwa 1 cm eingedrückt werden.

4.3.3.4 *Ortbestimmung SCARA-Arm*

Die Steuerung des SCARA-Arms wird eine grosse Herausforderung sein. Der SCARA-Arm hat entlang der horizontalen, drei Achsen und vertikal eine Achse zur Anpassung der Höhe. Diese können und sollen sich alle gleichzeitig bewegen können. Um die Programmierung zu vereinfachen und zu bestimmen, in welcher Position sich der SCARA-Arm befindet und ob die Schrittmotoren genau sind, ist eine Ortsbestimmung notwendig. Dies wird beim DIRT mit Potentiometer realisiert.

Für die Messung der Höhe wird ein lineares Schiebe-Potentiometer, wie in Abb 76 zu sehen, verwendet.⁵¹ Die Länge von diesem Potentiometer ist gut erhältlich für die anpassbare Höhe des SCARA-Armes.

Um die Achsen im Arm selbst zu messen ist ein Rotationssensor nötig. Da die möglichen Stellwinkel unter 360 Grad sind, ist ein Dreh-Potentiometer, wie in Abb 77, der bevorzugte Sensor.⁵²



Abb 76: Schiebe-Potentiometer



Abb 77: Dreh-Potentiometer

⁵¹ (berrybase.ch, 2022)

⁵² (berrybase.com, 2022)

4.3.4 Stromversorgung

Die Stromversorgung findet Grosssteiles unter dem Tisch statt, und versorgt den DIRT mit Spannung. Die Versorgung soll jederzeit durch Betätigen eines NOT-Aus Knopfes unterbrochen werden können, siehe Kapitel 4.3.1.3 «Schalterbox für Start-, Stopp- und NOT-Aus».

4.3.4.1 Akkus

Da für den Staubsauger ein starker Elektro Impeller-Motor verwendet wird, welcher ein Stromverbrauch von maximal 100 A bei 24 V aufweist, siehe Kapitel 4.3.2.4 «Grosser Elektro-Impeller Staubsauger», ist die Speisung mit einem Netzteil nicht realisierbar. Um trotzdem für die Dauer des Wettkampfes den Impeller betreiben zu können, wird ein Lithium-Polymer Akku verwendet, siehe Abb 78. Um 100 A über 4 Minuten zu unterstützen, werden 400 Amin benötigt, also 6,7 Ah. Zwei 5 Ah Akkus können parallel betrieben werden, um 10 Ah Leistung zu erhalten.



Abb 78: Lithium-Polymer Akku 5 Ah

4.3.4.2 Netzteile

Für die Speisung aller elektrischen Geräte werden diverse Netzteile benötigt. Die Logik, welche Arduino, Raspberry Pi, Sensoren u.Ä. umfasst, benötigt 5 V. Der grösste Verbraucher davon ist der Raspberry Pi mit maximal 6 W, also 1.2 A. Da diverse unvorhergesehene Komponenten auch von dieser Speisung versorgt werden können, sollte mit einem Sicherheitsfaktor von fünf gerechnet werden und eine Versorgung von 6 A zur Verfügung gestellt werden. Die Schrittmotoren dürfen mit 24 V versorgt werden, so erreichen diese ein höheres Haltemoment. Pro Schrittmotor ist eine maximale Leistung von 7.6 W zu erwarten. Mit vier Schrittmotoren ergibt das 30.4 W, bei 24 V sind das 1.3 A. Als Sicherheitsfaktor wird zwei gewählt, um noch für unvorhergesehenes vorbereitet zu sein. Als weiteres steht noch eine 12 V Versorgung zur Verfügung. Damit können Lichter, Rüttel- und Förderband- Motoren betrieben werden. Für diese können zusätzliche Gleichspannungswandler zwischengeschaltet werden. So kann jede gewünschte Drehzahl unter der Basisdrehzahl bei 12 V erreicht werden.

Für die Versorgung von 12 V sowie 5 V wird ein Computer Netzteil verwendet, siehe Symbolbild Abb 79.⁵³ Die Versorgung von 24 V wird mittels eines Hutschienen-Netzteils erreicht, siehe Symbolbild Abb 80.⁵⁴

Bei Vollauslastung dieser Netzteile (530 W & 480 W) ergibt sich ein maximaler Verbrauch von 1010 W. Bei 230 VAC bedeutet das einen maximalen und abzusichernden Strom von 4.4 A.

Eine Haus-Steckdose ist im Normalfall mit 13 A abgesichert. Eine handelsübliche Steckdose ist jedoch nur für 10A ausgelegt. Trotzdem wird dies nicht überschritten und es sollten keine weiteren Massnahmen nötig sein, um den DIRT zu betreiben.



Abb 79: Computer Netzteil



Abb 80: Hutschienen-Netzteil

⁵³ (sartech.com, 2022)

⁵⁴ (pulspower.com, 2022)

4.4 Konzept Informatik

Im Konzept der Informatik werden die verschiedenen Bestandteile der Webapplikation und die Funktionen der Bilderkennung erläutert. Für die Webapplikation wurde ein Diagramm erarbeitet, welches aufzeigt, wie die Komponenten zusammenarbeiten, siehe Abb 81. Darauffolgend werden die einzelnen Komponenten genauer beschrieben.

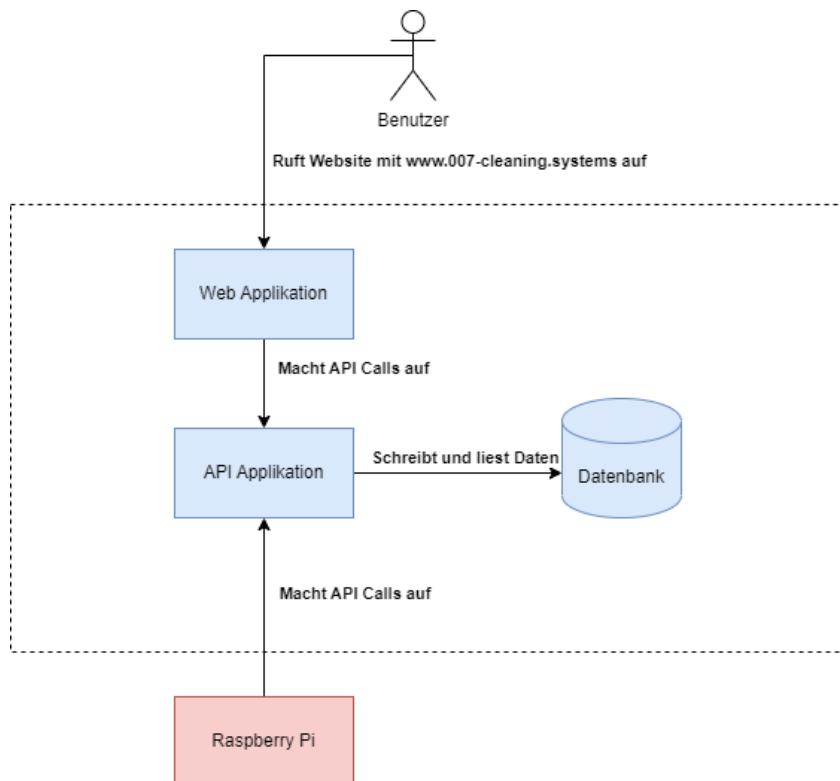


Abb 81: Diagramm Webapplikation

4.4.1 Webhosting

Für das Hosting der Webseite wird ein Windows Server vom Enterprise-Lab der HSLU verwendet. Auf dem Server sind die IIS (Internet Information Services) installiert, auf welchem die Webseite und die API gehostet ist. Die Ports für die Kommunikation mit http/https sind geöffnet. Der Server ist allerdings nur im Netzwerk der Hochschule Luzern erreichbar. Die Webseite soll über die Domain <https://www.007-cleaning.systems/> erreichbar sein. Dafür wurde die Domain beim Domainregister name.com registriert und können diese für das Projekt einsetzen. Damit die Kommunikation zwischen Client und Server verschlüsselt abläuft, wurde ein SSL-Zertifikat für die Domain ausgestellt und auf dem Server installiert. Damit kann eine verschlüsselte Kommunikation mit https gewährleistet werden. Zum Schluss wurde ein DNS-Eintrag erstellt, damit die Webseite über den Domännamen zugänglich wird. Die Webapplikation sowie die API wird auf dem IIS gehostet, die Datenbank wird auch auf dem Windows Server installiert.

4.4.2 Vue.js

Für die Erstellung der Webanwendung wurde «Vue.js» ausgewählt.⁵⁵ «Vue.js» ist ein Web-framework basierend auf JavaScript. Vue.js ist einfach zu erlernen und bietet auch eine vielfältige Dokumentation, was für Neueinsteiger ziemlich hilfreich sein kann. Vue.js bietet auch verschiedene Plugins an, um Arbeiten zu erleichtern oder verschiedene Funktionen zu verwenden. Für dieses Projekt wird zum Beispiel das Plugin «Vitest» verwendet, um automatisierte Unit-Tests zu erstellen und auszuführen.

4.4.3 Webseite

Für die Webseite wurde ein Dashboard-Design ausgewählt, da so alle relevanten Informationen auf einer Seite sichtbar sind. Zusätzlich zu «Vue.js» kommt «Vuetify» zum Einsatz, ein CSS-Framework, dass speziell für den Einsatz mit «Vue.js» geschaffen wurde.⁵⁶ Die Webseite wird als «Single Page Application» umgesetzt. Das heisst, beim Aufrufen der Webseite wird die gesamte Webseite mit allen Unterseiten und Komponenten an den Client gesandt. Danach werden nur noch Daten zwischen Client und Server ausgetauscht. Dadurch soll die Last für den Server kleiner werden, wenn viele Clients auf die Webseite zugreifen. Als Backend wird eine REST-Schnittstelle verwendet, die in C# entwickelt wird. Die Kommunikation zwischen API und Webseite geschieht über http-Calls. Wenn neue Objekte gezählt werden, muss sich der Zähler innerhalb von einer Sekunde erhöhen. Damit dies performant geschieht und nicht jeder Client einmal pro Sekunde einen Request an die API senden muss, kommen «Server Sent Events» zum Einsatz.⁵⁷ Mit «Server Sent Events» erstellt der Server einen «Event Stream» zum Client und kann damit Nachrichten an den Client senden. Der Client verarbeitet die Nachrichten über einen «Event-Listener».

Das Klassendiagramm in Abb 82 gibt eine Übersicht über die verwendeten Klassen und Datenflüsse.

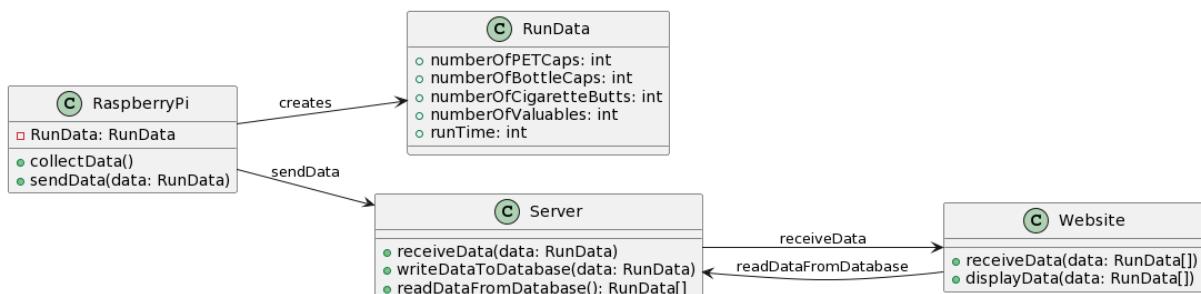


Abb 82: Klassendiagramm API und Webseiten

⁵⁵ (Vue, 2022)

⁵⁶ (Vuetify, 2022)

Die Abb 83 zeigt den Entwurf der Webseite, der mit «Vue.js» und dem Framework «Vuetify» erstellt ist.

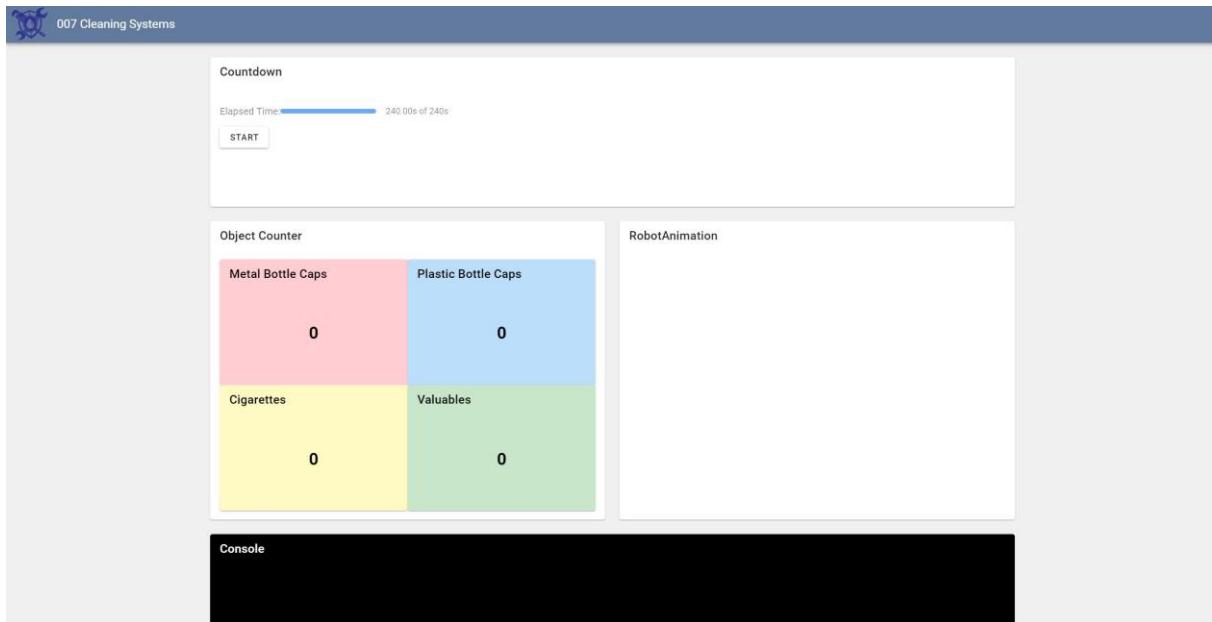


Abb 83: Entwurf Webseite

4.4.4 Schnittstellendefinition API

Die API bietet der Webseite und dem DIRT verschiedene Methoden an, die diese aufrufen können. Die Methoden wurden bereits im Voraus definiert, um das Entwickeln zu vereinfachen. Durch die Definition wissen die Entwickler, welche Daten sie an die API senden müssen oder welche Daten sie von der API erwarten können, auch wenn die API noch nicht fertig entwickelt ist. In der folgenden Tabelle 6 sind alle geplanten Methoden der API aufgelistet. Die Methode «/ObjectCount/GetCounter» gibt ein Objekt vom Typ «ObjectState» zurück, welches alle vier Arten von gesammelten Objekten enthält und in Abb 84 modelliert ist.

Pfad	Me- thode	Parameter	Rückgabewert	Beschreibung
/ObjectCount/Get- Counter	GET	-	ObjectState	Gibt die aktuelle Menge von gezählten Abfallobjekten zurück
/ObjectCount/Incre- mentCounter	POST	String ObjectType	-	Erhöht den Zähler für einen Typ von Abfallobjekt um 1 und Benachrichtigt alle Clients
/Countdown/GetCur- rentTime	GET	-	Int Cur- rentTimeInMs	Gibt die verstrichene Zeit des aktuellen

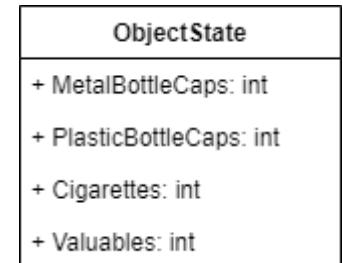


Abb 84: Klassendiagramm ObjectState

					Durchlaufs des DIRT in Millisekunden zurück
/Animation/GetCurrentState	GET	-	String State		Gibt den aktuellen Arbeitsschritt des DIRT zurück
/Animation/SetCurrentState	POST	String State	-		Setzt den aktuellen Arbeitsschritt des DIRT und benachrichtigt alle Clients
/Log/GetLogMessages	GET	-	List<string>		Gibt alle Lognachrichten des aktuellen Durchlaufs des DIRT zurück
/Log/AddLogMessage	POST	String Message	-		Fügt eine Lognachricht hinzu und benachrichtigt alle Clients
/Control/StartNewRun	POST	-	-		Initialisiert einen neuen Durchlauf des DIRT
/GetCounterUpdates	GET	-	EventStream		Abonniert die Updates der Abfallobjekte
/GetCountdownUpdates	GET	-	EventStream		Abonniert die Updates des Timers
/GetAnimationUpdates	GET	-	EventStream		Abonniert die Updates der Arbeitsschritte
/GetLogUpdates	GET	-	EventStream		Abonniert die Updates der Lognachrichten

Tabelle 6: Schittstellendefinition API

4.4.5 SQL-Datenbank

Das Datenbankmodell zeigt die vier Tabellen auf, welche gebraucht werden, um alle relevanten Daten abzuspeichern. Bei jeder Ausführung des Geräts wird ein Eintrag in die Tabelle «Run» geschrieben. Diese enthält die ID, die Start- und die Endzeit der Ausführung. Pro Durchgang werden die gesammelten Objekte in der Tabelle «TrashObject» festgehalten. Pro Objektart wird die Anzahl der gesammelten Objekte eingetragen. Bei jeder Durchführung werden mehrere Logs erstellt, die in die Tabelle «Event» geschrieben werden. Es können verschiedene Events stattfinden, wie z.B. das Starten bzw. Beenden des Geräts, Fehler im Gerät und sonstige Events, die geloggt werden. Für diese unterschiedlichen Events gibt es die Tabelle «EventStatus», welche zeigt, welche Art von Event es sich handelt. In der Abb 85 ist das «ER-Diagramm» abgebildet.

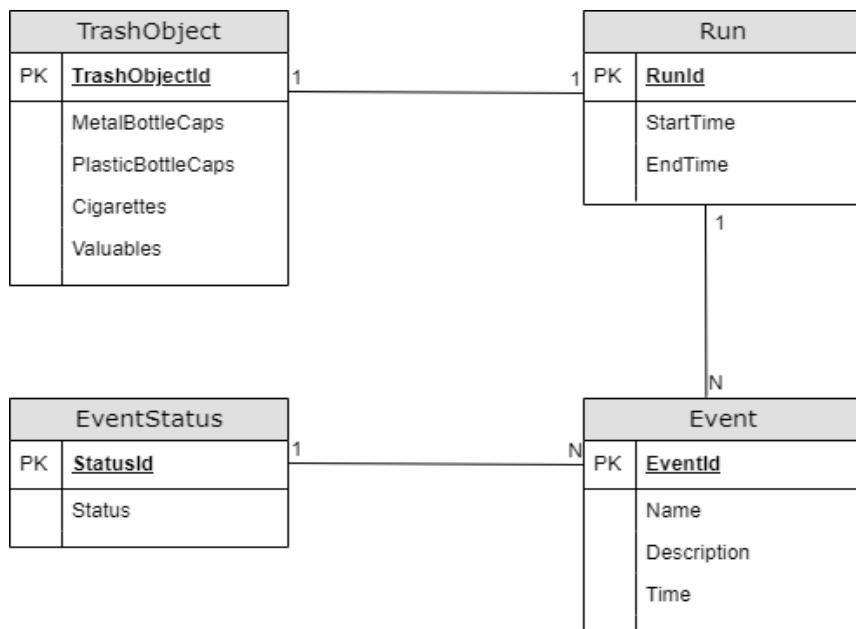


Abb 85: Datenbankschema

4.4.6 Lasttest

Mit dem Lasttest kann getestet werden, ob 200 Clients auf die Webseite zugreifen können. Dafür wurde das Software JMeter ausgewählt. JMeter ist ein Tool für das Testen von Webapplikationen. Mit JMeter können mehrere Threads erstellt werden, welche die Benutzer darstellen. Diese Threads greifen auf die Webseite zu. In den Einstellungen kann angegeben werden, wie viele dieser Benutzer gleichzeitig die Webseite aufrufen und wie lange sie auf der Webseite bleiben. Es gibt auch andere Optionen, wie z.B. das Einbauen von Schleifen, um die Tests mehrmals auszuführen. Während die Tests laufen, kann auf dem Server die Auslastung überwacht werden.

4.4.7 Bilderkennung

Die Bilderkennung mit einer KI hat sich bei den Tests als erstaunlich zuverlässig erwiesen. Deshalb soll die Sortierung von Plastikdeckeln durch eine Bilderkennung gesteuert werden. Für die Tests wurden Bilder den vorgegebenen Abfallobjekten erstellt und über die Plattform Roboflow die Labels dazu erstellt. Das Training des KI-Modells geschah mit Python und dem Algorithmus «yolov5».⁵⁷ Die Bilderkennung im Roboter soll auf dem Raspberry Pi laufen und über die Bibliothek «PyTorch» gesteuert werden.⁵⁸ Die Bilderkennung im DIRT geschieht mit der Version 2 der Raspberry Pi Kamera, die als Modul am Raspberry Pi angeschlossen wird.⁵⁹ Das Raspberry Pi ist so im DIRT positioniert, dass es möglichst nahe beim entsprechenden Förderband liegt.

⁵⁷ (Ultralytics, 2022), (Ultralytics, 2022)

⁵⁸ (PyTorch, 2022), (PyTorch, 2022)

⁵⁹ (Raspberry Pi Foundation, 2023)

4.5 Schnittstellen

Damit der DIRT möglichst zuverlässig funktioniert und die einzelnen Komponenten harmonisch miteinander arbeiten, ist es wichtig, dass die Schnittstellen zwischen Mechanik, Elektrotechnik und Informatik präzise definiert sind. Aus diesem Grund gab es viele Absprachen zwischen den Teammitgliedern der verschiedenen Studienrichtungen.

Die Schnittstellen zwischen Elektrotechnik und Informatik wurden bereits im Funktionsdiagramm Elektrotechnik, siehe Abb 59, und im Kapitel 4.3.1 «Steuerung» eingehend thematisiert.

Die Schnittstellen zwischen Elektrotechnik und Mechanik sehen wie folgt aus. Grössere elektrische Komponenten wie die Motoren wurden bereits im CAD-Modell übernommen und sind somit definiert, was Position und Gewicht anbelangt. Bei den Sensoren sieht es etwas anders aus. Da zum jetzigen Zeitpunkt nur ein Konzept und kein fertiger Prototyp besteht, werden die genauen Standorte der Sensoren im PREN 2 definiert. Der Grund dafür ist, dass die elektrischen Sensoren klein und somit flexibel positioniert werden können. Zudem ist der Aufwand die Sensoren im CAD-Modell zu übernehmen unverhältnismässig gross und auch unpräzise.

Die Schnittstelle zwischen Mechanik und Informatik gibt es nicht, da dort die Elektrotechnik das Bindeglied darstellt. Schliesslich kann die Webseite nicht direkt mit dem SCARA-Arm kommunizieren. Denn der SCARA-Arm und die Sensoren werden durch den Arduino MEGA gesteuert. Bei Zählung von Abfallobjekten werden diese Informationen an den Raspberry Pi weitergeleitet, welches diese dann an die Webseite weiterleitet.

5 Projektmanagement

Im Kapitel Projektmanagement wird erläutert, wie das Team den Ablauf des Projektes strukturiert hat damit das Projekt erfolgreich verläuft. Dazu gehört der Projektplan, das Organigramm und die Rollenverteilung. Der Umgang mit Risiken wird ebenfalls erläutert, sowie die Kostenkontrolle.

5.1 Organisation

Die Projektplanung wird über eine Tabelle gehandhabt, in der alle Teilaufgaben aufgelistet sind. Um den Fortschritt zu kontrollieren, ist die Soll-Dauer sowie die Ist-Dauer festgehalten. Der Projektplan ist im Kapitel 5.1.1 genauer erläutert. Als Meilensteine dienen die drei Testate, während dem Semester. Für die Aufgabenverteilung wird ein «Kanban-Board» über das Online-Tool «Trello» verwendet. Dort sind die Teilaufgaben aus der Projektplanung erneut aufgeführt und an die Teammitglieder verteilt. Jede Teilaufgabe hat ein Fälligkeitsdatum und einen Status «Arbeitsvorrat», «In Arbeit» oder «Erledigt». Die Aufgaben werden vom Verantwortlichen für die Planung verteilt, in Absprache mit den Teammitgliedern.

5.1.1 Projektplanung

Die Projektplanung ist eines der wichtigsten Werkzeuge eines solchen Projektes. Sie beinhaltet die wichtigen Meilensteine und gibt dem Team einen gewissen Rhythmus vor. Die Projektplanung hilft, wichtige Termine und Fristen einzuhalten. In der folgenden Abb 86 ist die Projektplanung eingefügt, im Anhang ist zudem eine grössere Variante im Querformat beigelegt. Die Testate sind mit grossen blauen Rauten unten bei der Projektplanung dargestellt.

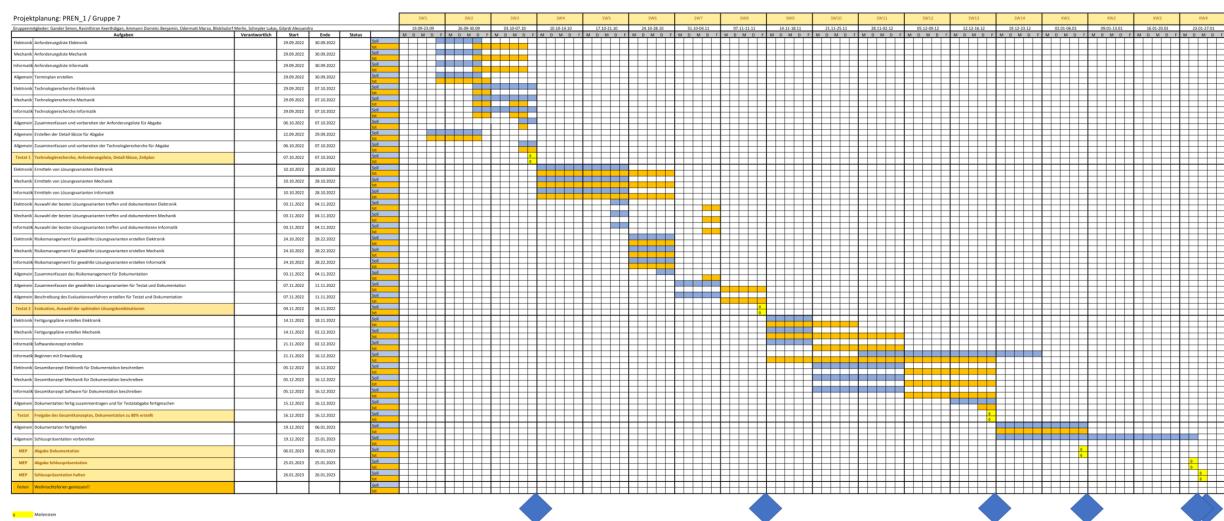


Abb 86: Terminplan

5.1.2 Organigramm

Das Organigramm zeigt auf, welches Teammitglied welche Rollen und Verantwortungsbereiche übernimmt und ist in der folgenden Abb 87 abgebildet. Im Organigramm hat es zwei Bereiche. Der obere Bereich zeigt die Rollen der Teammitglieder und im unteren Bereich sieht man die Teammitglieder inkl. Fotos und Studiengang.

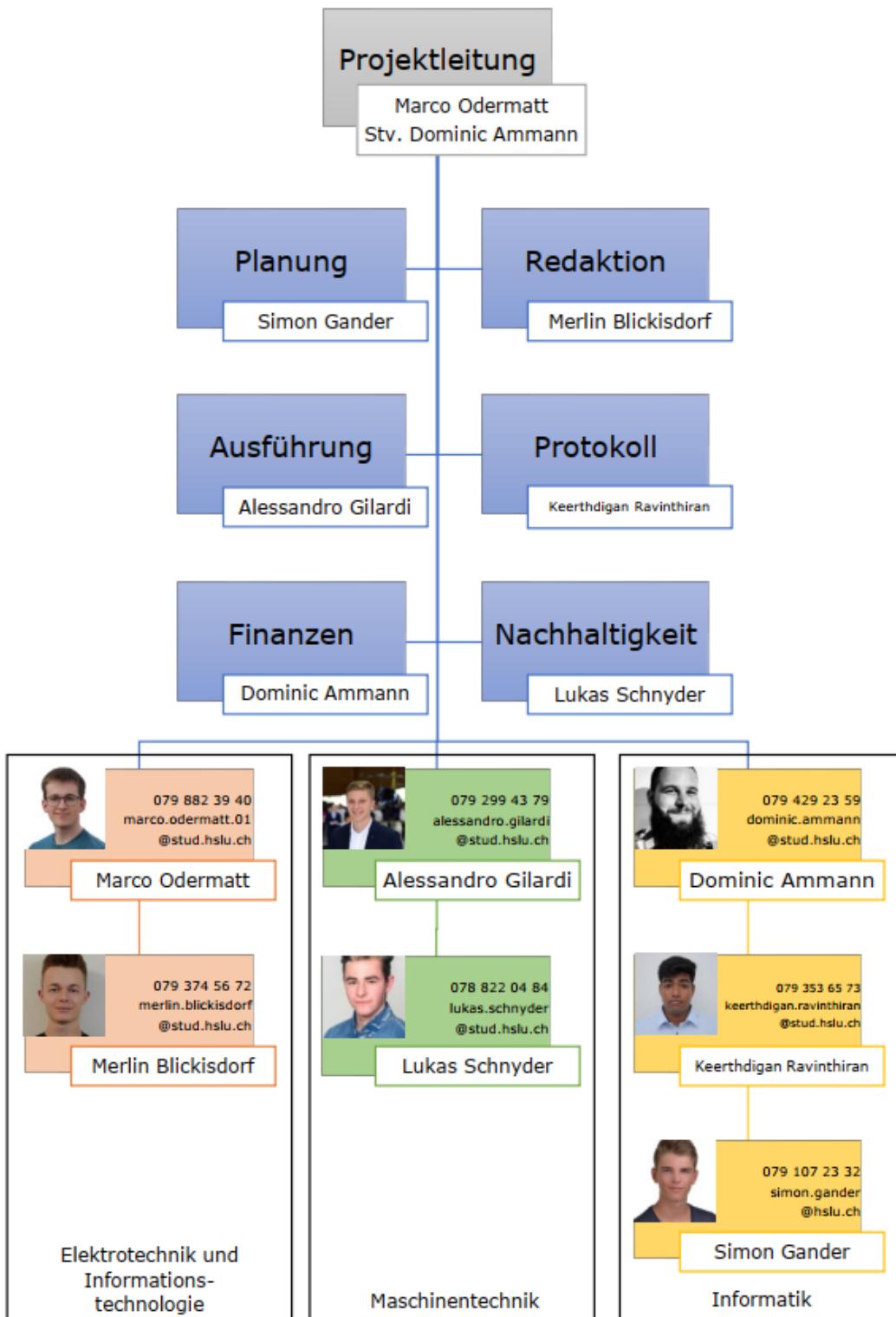


Abb 87: Organigramm

5.1.3 Rollenverteilung

Die Rollenverteilung vertieft die Angaben des Organigramms und verteilt die einzelnen Rollen der Teammitglieder, siehe Abb 88. Dafür wurde eine Tabelle geschaffen mit den Gruppenmitgliedern, Studiengang und deren E-Mail-Adresse.

Mitglied	Rolle / Verantwortung / Aufgaben
Marco Odermatt Elektrotechnik & Informationstechnologie marco.odermatt.01@stud.hslu.ch	Projektleitung - Koordination des Teams - Kommunikation mit Dozenten
Merlin Blickisdorf Elektrotechnik & Informationstechnologie merlin.blickisdorf@stud.hslu.ch	Redaktion - Organigramm - Dokumentation - Recherche (Quellensammlung)
Alessandro Gilardi Maschinentechnik alessandro.gilardi@stud.hslu.ch	Ausführung - CAD - 3D-Druck - Laserteile
Lukas Schnyder Maschinentechnik lukas.schnyder@stud.hslu.ch	Ausführung - Projektplanung -
Dominic Ammann Informatik dominic.ammann@stud.hslu.ch	Stv. Projektleitung und Finanzen - Excelliste Finanzen und Aufwand
Keerthdigan Ravinthiran Informatik keerthdigan.ravinthiran@stud.hslu.ch	Protokoll - Anforderungsliste
Simon Gander Informatik simon.gander@hslu.ch	Planung - Trello ergänzen (Tasks machen) -

Abb 88: Rollenverteilung

5.2 Durchführung

In diesem Kapitel wird beschrieben, was sich das Team überlegt hat, um die gegebene Aufgabe möglichst effizient, also mit möglichst kleinem Aufwand und effektiv, also zielbezogen, erledigen zu können. Dabei wird die grobe Vorgehensweise und die verwendeten Hilfsmittel kurz erläutert.

5.2.1 Vorgehensweise

Nachdem die Aufgabenstellung bekannt war, wurde im Team mögliche Lösungen angeschaut. Mit einem Mindmap konnten alle Lösungsvarianten festgehalten werden. Einige Lösungsvorschläge wurden mit Prototypen getestet. So konnte geprüft werden, ob die Lösungsvarianten für das Projekt verwendet werden können. Für die richtige Wahl der Lösungen wurde ein morphologischer Kasten erstellt und die verschiedenen Lösungen bewertet. Nachdem die Lösungsansätze gewählt wurden, konnte mit der Planung der einzelnen Teilfunktionen begonnen werden.

5.2.2 Protokoll

Datum	Tätigkeiten	Bemerkung
22./23. Sep 2022	Am Anfang gab es ein Input zum Modul und zur Aufgabenstellung. Nach dem Input es eine Vorstellungsrunde und die verschiedenen Rollen wurden zugeteilt. Es gab auch noch eine Vorstellung des Coaches. Es wurden Excel Tabellen für die Ausgaben und für den Projektplan erstellt.	Organigramm mit allen Mitgliedern und deren Zuständigkeiten bis nächste Woche für Coach bereitstellen.
29./30. Sep 2022	Diese Woche wurde die Dokumentation und die Anforderungsliste erstellt und bearbeitet. Die Anforderungsliste wurde mit allen Mitgliedern besprochen und angepasst.	Die Anforderungsliste muss nächste Woche abgegeben werden.
06./07. Okt 2022	Das Team hat mit der technischen Recherche angefangen. Hierbei wurden wichtige Links in eine Excel Tabelle kopiert. Die Dokumentation wurde noch weiter angepasst. Der Coach hat die Anforderungen geprüft und genehmigt.	
13./14. Okt 2022	Für alle Teilfunktionen wurden mehrere Lösungsvarianten besprochen und aufgeschrieben. Aus diesen Lösungsvarianten konnte ein Morphologischer Kasten erstellt werden. Am Freitag wurde die Risikoanalyse durchgeführt.	
20./21. Okt 2022	Nach einem Input gab es eine Besprechung mit dem Coach. Hier wurden allfällige Fragen beantwortet und mögliche Lösungen besprochen. Von jedem Mitglied	Nächste Woche findet eine Kurzpräsentation, in der der

	wurden die besten Lösungsvarianten pro Teilfunktion ausgewählt und im Morphologischen Kasten markiert.	aktuelle Stand erläutert wird, statt.
27./28. Okt 2022	Das erstellte Prototyp wurde getestet. Es wurde an den Prototypen weitergearbeitet. Diverse Motoren mussten repariert werden. Die PC-Ventilatoren wurden für eine Teilfunktion getestet. Die Bilderkennungssoftware wurde mit Bildern von PET-Deckel, Kronkorken und Zigarettenstummeln trainiert. Der Server konnte beim Enterprise-Lab angefragt werden. Die ausgeführten Tests wurden anschliessend dokumentiert.	
03./04. Nov 2022	Das Förderband wurde mit dem aufzunehmenden Abfall getestet. Diese Woche gab es die Vorbesprechung für das Testat 2. Die Nutzwertanalyse konnte erstellt werden und die Dokumentation wurde ergänzt.	Nächste Woche ist Abgabe für Testat 2
10./11. Nov 2022	Die Nutzwertanalyse wurde mit dem Coach besprochen. Dies wurde in der Dokumentation angepasst. Es wurde mit dem CAD der Teillösungen angefangen. Anhand des Mockups wurde ein Gerüst für die Webseite mit Vue JS erstellt.	
17./18. Nov 2022	Die Dokumentation wurde mit dem Coach besprochen. Die Dokumentation sollte laut Coach so angepasst werden, dass zuerst die Teillösungen erklärt und danach die gewählten Lösungen präsentiert werden. Weiter wurde noch am CAD-Modell gearbeitet und ein Prototyp für den Vereinzeler erstellt und getestet. Die Informatikgruppe hat an der Webseite weitergearbeitet.	
24./25. Nov 2022	Die Dokumentation wurde weiter ergänzt. Für das Staubsaugen des Abfalls wurde ein Schlauch bestellt. Die Bilderkennungssoftware wurde erneut mit den erstellten Bildern trainiert. Die CAD-Modelle für den Vereinzeler, Sauger und Förderband wurden erstellt bzw. angepasst.	
1./2. Dez 2022	Ein Mindmap für die Elektrotechnik wurde erstellt. Der Schrittmotor wurde in Betrieb genommen. Anschliessend wurden die Ultraschall- und Infrarotsensoren getestet. Die Bilderkennungssoftware wurde noch weiter trainiert und auf dem Förderband getestet, ob die Objekte erkannt werden.	
9. Dez 2022	In der Dokumentation wurden die Konzepte der einzelnen Gruppen beschrieben und diverse Diagramme	Nächste Woche muss 80% der

	erstellt. Team Maschinentechnik hat an den CAD-Modellen weitergearbeitet.	Dokumentation abgegeben werden.
15./16. Dez 2022	Die Arbeit an den CAD-Modellen wurde fortgesetzt. Es mussten Massnahmen ergriffen werden, um das Gesamtgewicht der Maschine zu reduzieren. In der Dokumentation konnten die Konzepte weiterbearbeitet werden. Anschliessend wurde die Dokumentation für die Abgabe des 3. Testats vorbereitet und hochgeladen.	
22./23. Dez 2022	Diese Woche wurde geschaut, dass die restlichen Kapitel in der Dokumentation fertiggeschrieben werden, damit sie für die Abgabe bereit ist.	

5.2.3 Hilfsmittel

Im Projekt wurden mehrere Hilfsmittel verwendet, um die verschiedenen Aufgaben zu erleichtern. Diese werden hier erläutert.

5.2.3.1 *Trello*

Die verschiedenen Aufgaben des Teams konnte mit «Trello» verwaltet werden. Hier konnten die pendenten Aufgaben erfasst und den einzelnen Teammitgliedern vergeben werden. Dies führte dazu, dass die Aufgaben termingerecht erledigt werden konnten.

5.2.3.2 *Datenablage*

Für die Ablage von Daten wurde ein OneDrive Verzeichnis erstellt. Hier befinden sich alle Dateien für das Projekt, wie z.B. die Dokumentation, CAD-Modelle, Bilder usw. Der Code für die Webseite befindet sich allerdings nicht im OneDrive Verzeichnis. Dafür wurde ein GitHub Repository erstellt. Damit können verschiedene Teammitglieder am gleichen Code arbeiten und der Code wird versioniert im Repository gelagert. Die URL des Repositorys ist <https://github.com/simongander/PRENGroup7>.

5.2.3.3 *Abfallboxen gelasert*

Am Anfang des Projektes wurden noch keine Abfallboxen zur Verfügung gestellt. Aus diesem Grund wurden ein paar Abfallboxen vom Team aus MDF-Platten gelasert. Damit war es besser ersichtlich, wie viel Platz die Boxen einnehmen würden. In der Abb 89 ist eines dieser Boxen ersichtlich. Später im Projekt wurden dann die definitiven Boxen von der Hochschule zur Verfügung gestellt. Aus diesem Grund werden die Boxen nun als Ablageboxen verwendet, um die verletzlichen elektrotechnischen Komponenten in der grossen PREN-Kiste von aussen Einwirkung zu schützen. Dadurch können die Boxen wiederverwendet werden, ohne dass Sie entsorgt werden müssen.



Abb 89: Abfallbox gelasert

5.2.3.4 Kartonaufbau Dimensionen und eigenes Kiesbett

Damit sich das Team die Aufgabenstellung besser Vorstellen kann und somit in erster Linie die Dimensionen, die dem Team zu Verfügung gestellt werden, sehen kann, wurde aus Karton eine Box gebastelt. Zusätzlich zu dieser Box wurde auch ein kleines Kiesbett geschaffen, indem eine flache RAKO-Box mit den Massen 600 x 400 x 60 mm (LxBxH) mit Kies gefüllt wurde, welches man in der Hochschule Luzern T&A zwischen dem Trakt 4 und 2 provisorisch ausgeliehen hat. Das Kiesbett hat jedoch nicht die gleichen Dimensionen wie es schlussendlich beim Wettbewerb sein wird. Es ist jedoch nützlich, um etliche Tests durchführen zu können, wie zum Beispiel die Tests der Distanzsensoren oder der Bilderkennung. In der Abb 90 sind beide Objekte nebeneinander zu erkennen.

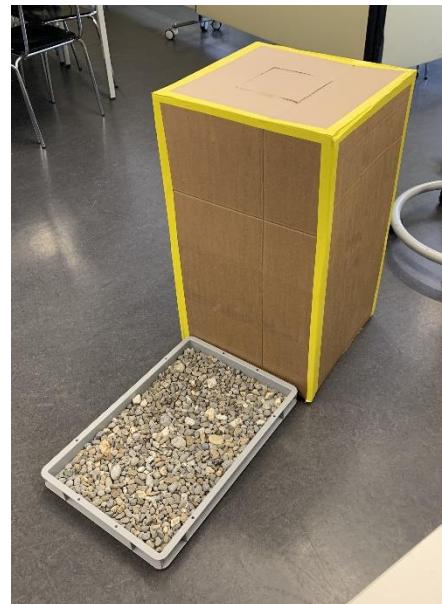


Abb 90: Kartonaufbau und eigenes Kiesbett

5.2.3.5 Eigenes Mini-Labornetzteil

Eines der Gruppenmitglieder hat privat ein Mini-Labornetzteil gebaut. Dieses konnte in diesem Projekt perfekt für diverse Tests verwendet werden und stellte sich als sehr nützlich heraus um diverse Ideen kurz auszuprobieren. Durch das Labornetzteil musste man nicht jedes Mal in das Elektrotechnik-Labor gehen. Die Nützlichkeit von diesem Mini-Labornetzteil hat sich weiter bestätigt, als ein Gruppenmitglied einer anderen Gruppe regelmäßig das Labornetzteil ausgeliehen hat, um selbst Tests durchführen zu können.

Das Gehäuse wurde selbst designt und 3D-gedruckt. Die internen elektrischen Komponenten wurden zugekauft und elektrisch miteinander verbunden. Die Technischen Daten des Labornetzteils sind wie folgt: Maximale Spannung = 36 VDC, maximaler Strom = 5 A und zwei parallel geschaltete Anschlüsse, welche separat eingeschaltet werden können. In der folgenden Abb 91 ist das Mini-Labornetzteil zu erkennen.



Abb 91: Eigenes Mini-Labornetzteil

5.3 Risikomanagement

Um die wichtigsten Punkte des Risikomanagements zu erkennen und wenn nötig Massnahmen gegen hohe Risiken zu ergreifen, wurde eine Risikoanalyse durchgeführt. Diese beinhaltet drei Dokumente. Als erstes wurde eine Übersicht in Form einer Grafik geschaffen. In der Abb 92 ist diese Grafik ersichtlich. Sie wurde in drei Hauptrisiken unterteilt: Umsetzungsrisiken, Managementrisiken und soziale Risiken. Um diese besser voneinander unterscheiden zu können, wurden sie farblich gekennzeichnet. Ein weiteres Dokument ist eine Tabelle, welche die einzelnen Risiken inkl. Ursache, Auswirkung und Massnahmen beinhaltet und genau umschreibt. Die Tabelle ist im Anhang beigelegt. Damit man sich die Bewertungen des Excel-Dokument in Wahrscheinlichkeit und Schadensausmass besser vorstellen kann, wurde noch ein weiters Dokument mit einer Bewertungsmatrix erstellt. Die Bewertungsmatrix ist in der Abb 93 zu erkennen.

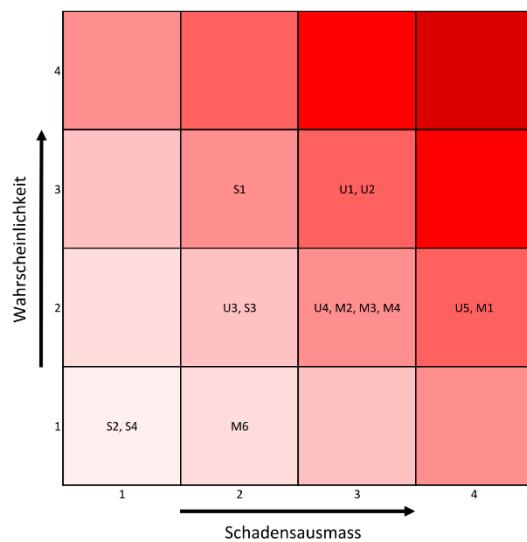
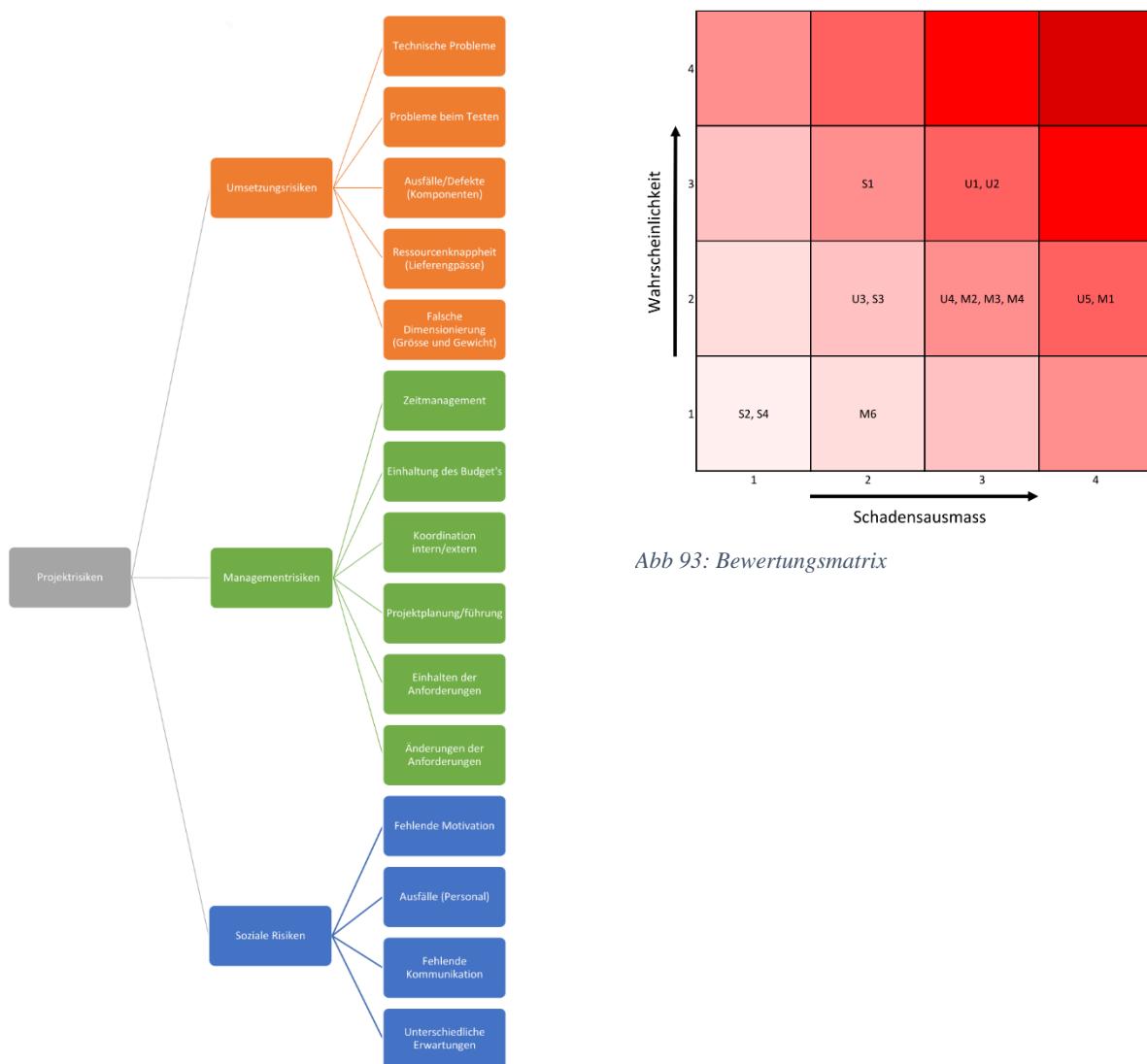


Abb 93: Bewertungsmatrix

Abb 92: Graphik Risikoanalyse

5.4 Kostenkontrolle

In der Aufgabenstellung ist vorgegeben, dass über beide PREN-Semester ein Budget von 500 CHF zur Verfügung gestellt wird. Im ersten Semester sollen dabei nicht mehr als 200 CHF davon verwendet werden und im zweiten Semester steht dem Team das restliche Budget zur Verfügung. Das Budget wird bereitgestellt, um sämtliche Bauteile oder falls nötig auch Software zu bezahlen. Gesponserte oder private Bauteile sind zulässig, müssen jedoch im Budget miteingerechnet werden. Notebooks, Smartphones und Tablets gehören nicht in das Budget, da dies die Grundausstattung jedes Studenten ist.

5.4.1 Budget

Um das gegebene Budget der Aufgabenstellung nicht zu überschreiten, wurde eine Tabelle erstellt, siehe Abb 94. Diese Tabelle enthält alle Ausgaben, die vom Team getätigt werden und wurde fortlaufend durch das Team ergänzt. Dabei wurden auch Online-Recherchen und Private 3D-Drucke in das Budget übernommen. Dasselbe Dokument konnte auch für die Erfassung der geleisteten Arbeitszeit genutzt werden.

Datum Bestellt	Liefertermin	ev.Shipping/Zoll	Kosten	Name	Produkt/Was	Baugruppe (Wofür)	Zeit [h]	Zeitkategorie
22/09/2022	23/09/2022		0	1 Marco	Team Symbol	Dekoration	0.5	Private 3D Drucker
25/09/2022				Simon	Technische Recherche	Informatik / Bilderkennung	3	Recherche
29/09/2022				Merlin	Technische Recherche		0.25	Recherche
30/09/2022				Dominic	Technische Recherche		2	Recherche
30/09/2022				Merlin	Technische Recherche		0.5	Recherche
30/09/2022				0 Marco	Sortierboxen aus MDF		0.5	Privates Lasergerät
					Wägezelle 500g & Zubehör, TOF-Sensor und IR-Hindernissensor			
14/10/2022		58.9		Merlin	Sensor und IR-Hindernissensor			
20/10/2022		13		Merlin	Flaschenbürsten			
20/10/2022				Merlin	Fotos Morphologischer Kasten		1	Recherche
22/10/2022		2.35		Alessandro	MDF Platte für Bürstengerät	Kies aufnehmen	0.1	Private Lasergeräte
22/10/2022		0.4		Alessandro	Hülse Bürstengerät	Kies aufnehmen	1.1	Private 3D Drucker
26/10/2022		0		Simon	Training Bilderkennung	Informatik / Bilderkennung	0.5	Testing
29/10/2022		1		Alessandro	Rollen Förderband	Trennen	3.5	Private 3D Drucker
29/10/2022		1		Alessandro	MDF Teile Förderband	Trennen	0.1	Private Lasergeräte
29/10/2022		0		Alessandro	CAD Förderband und Bürstengerät	Kies aufnehmen/Trennen	5	Fertigung
29/10/2022		0		Alessandro	Fertigung Sauger/Bürstengerät/Förde Kies aufnehmen/Trennen		5	Fertigung
30/10/2022		2		Marco	Band Förderband	Bewegen/Trennen	3	Private 3D Drucker
30/10/2022		4.5		Merlin	Radiallüfter	Bewegen/Trennen	5	Private 3D Drucker

Abb 94: Tabelle der Kostenkontrolle

Wie in der Tabelle 7 ersichtlich, befinden wir uns für den ersten Teil des Moduls PREN innerhalb des budgetierten Bereichs.

Viele der für den Prototyp genutzten Bauteile waren schon vorhanden und mussten nicht hinzugekauft werden, was die Ausgaben bis zum Schluss sehr flexibel hielt.

Durch unsere gut eingerichteten Privaten Werkstätten und Kontakte konnten wir die Arbeitsleistung, der von der HSLU zur Verfügung gestellten Maschinen aufsparen und werden diese für die Fertigungszeit im zweiten Teil des Moduls noch vollumfänglich zur Verfügung haben.

Kategorie	Budget	gebraucht
Maschinenlaufzeit 3D Drucker	25h	0
Maschinenlaufzeit des Lasergeräts	1h	0
Werkstattpersonal Elektrotechnik	10h	0
Werkstattpersonal Maschinentechnik	10h	0
Private Lasergeräte	10h	0.5
Private 3D Drucker	50h	13
Recherche	200h	223
Fertigung	50h	67
Testing	200h	210
Arbeitsaufwand Team	1260h	1270
Einkäufe	200 CHF	199.53

Tabelle 7: Budgetübersicht

5.4.2 Zeiterfassung

Die in der Tabelle 7 eingetragene Arbeitsleistung errechnet sich aus den Einträgen der Teammitglieder in dem Excel Dokument. Die Einträge beinhalten eine gewisse Unschärfe, da nicht minutiös eingetragen und somit eine Schätzung der geleisteten Arbeit jedes Teammitgliedes abgegeben wurde.

Zu den Aufgeführten Kategorien kommt noch ein sehr grosser Punkt hinzu, die Arbeit an dieser Dokumentation diese wurde Nebenläufig zu allen anderen Arbeiten erstellt und macht einen Geschätzten Zeitaufwand von 40% aller Arbeiten aus.

6 Nachhaltigkeit

Bis 2030 soll die Welt ökologischer und nachhaltiger werden. Um dieses Ziel zu erreichen haben sich die UNO-Mitgliederstaaten zusammengetan und 17 Ziele mit insgesamt 169 Unterzielen erarbeitet. In der Abb 95 unten sieht man die 17 Ziele. Im PREN 1 werden zwei Ziele genauer betrachtet. Diese Ziele sollen auch im Projekt eingehalten werden.⁶⁰



Abb 95: Sustainable Development Goals

6.1 Ziel 12 der SDGs

Im Moment werden mehr Ressource gebraucht, als unsere Umwelt bereitstellen kann. Im Ziel 12 soll das geändert werden. Es geht vor allem um den Konsum und die Produktion von Gütern. Dabei wird gefordert, dass mit allen Abfällen und Chemikalien umweltverträglicher umgegangen werden soll. Weiter soll die Wiederverwertung von Abfällen gefördert werden und die Nahrungsverschwendungen verhindert. Als nächstes sollen die Unternehmen ermutigt werden nachhaltiger die Betriebe zu führen und bei öffentlichen Beschaffungen sollte der Fokus auf Nachhaltigkeit liegen.⁶¹

6.2 Unser Beitrag zu SDG 12

Es werden viele Produkte, welche zuhause oder in der Schule schon vorhanden sind, genutzt. Zum Beispiel Motoren oder Getriebe, welche von alten PREN-Projekten zur Verfügung gestellt werden. Weiter wird viel darauf geachtet, dass an Stelle online zu bestellen, vieles im 3D-Drucker produziert wird oder MDF-Platten direkt in der Schule gelasert werden. Wichtig ist auch,

⁶⁰ (eda.admin.ch, 2022)

⁶¹ (eda.admin.ch, 2022)

dass die meisten Produkte in der Region gekauft werden. Dies ist jedoch nicht immer so einfach. Die in der Region hergestellten Produkte sind meist teurer, als wenn man sie in China bestellt. Trotzdem sollte man den einheimischen Markt unterstützen und somit auch stärken.

6.3 Ziel 14 der SDGs

Der Plastikmüll in den Meeren nimmt jeden Tag zu, dabei wird die Artenvielfalt gefährdet. Durch zu grosse Nutzung der Ressourcen von den Meeren, sind die Ozeane nicht mehr im Gleichgewicht. Diese Probleme sollen mit dem Ziel 14 gelöst werden. Dabei soll die Meeresverschmutzung verringert werden, die Versauerung reduziert werden und mit einer nachhaltigen bewirtschaftung der Küsten die Meere geschützt werden. Weiter soll die Fangtätigkeit besser geregelt werden und gewisse Fischereisubventionen untersagen werden, um die Überfischung zu stoppen.⁶²

6.4 Unser Beitrag zu SDG 14

Das Ziel von unserem Projekt ist Müll am Strand einzusammeln. Sobald diese gelingt, gelangt auch viel weniger Müll in die Seen, Meere und Ozeane. Weiter sollen Materialen genutzt werden welche biologisch abbaubar sind. Es gibt zum Beispiel 3D-Druck Filamente, welche abbaubar sind und somit weniger schädlich für die Umwelt. Wichtig ist aber vor allem, dass überhaupt kein Müll mehr in die Meere gelangt. Mit unserem DIRT, kommt man diesem Ziel ein bisschen näher.

⁶² (eda.admin.ch, 2022)

7 Fazit und Ausblick

Der Start in das Projekt erfolgte mit einer Sammlung von Ideen der einzelnen Teammitglieder. Daraus entstanden gute wie auch schlechte Ideen, welche zusammengetragen und in einem morphologischen Kasten und in einer Nutzwertanalyse miteinander verglichen wurden. Dabei entstand eine Lösungsvariante, welche dem Dozententeam vorgetragen wurde. Es wurden alle möglichen Versuchsaufbauten vorgestellt, welche im Zuge der Tests zur Prüfung der Effektivität von Teillösungen erstellt wurden. Die äusserts positive Rückmeldung des Dozententeams hat das Team weiter motiviert die kommenden Aufgaben mit Elan zu bewältigen. Dabei ist dem Team ein gut durchdachtes Lösungskonzept mit einem detaillierten CAD-Modell gelungen. Bei der Auswertung des Gewichts vom CAD-Modell war das Team zunächst schockiert, da das Gewicht bei etwa 23 kg und somit weit über der Anforderung lag. Dies konnte jedoch mit diversen Anpassungen, wie das Verkleinern der Alu-Profile, auf unter 15 kg gebracht werden.

Während den Tests, der Erstellung des CAD-Modells und der Webseite wurde die Dokumentation parallel in Stand gehalten und ergänzt. Dabei wurde ein Augenmerk daraufgelegt, dass die Tests der Teillösungen zeitnah in die Dokumentation übernommen wurden, damit diese mit hohem Detail widergespiegelt werden konnten. Dies ist dem Team auch im Grossen und Ganzen gelungen.

Alle CAD-Modelle wurden mithilfe vom Programm «Siemens NX» erstellt. Die Zusammenarbeit zwischen den Teammitgliedern an den Baugruppen gelang einwandfrei, jedoch wäre das Zusatzprogramm «Siemens Teamcenter» von Vorteil gewesen, damit das gleichzeitige Arbeiten am Projekt möglich gewesen wäre. Trotzdem konnten alle Bauteile und Baugruppen mit einem relativ hohen Detaillierungsgrad konstruiert werden und sogar für die zukünftige Herstellung vorbereitet werden. Während dem PREN 2 werden noch ein paar Details nötig sein, um die Konstruktion für die Fertigung bereit zu stellen, wie das Konstruieren der Rutsche für das Zurücktransportieren vom Kies oder das Konzipieren der Halterungen für die verschiedenen Sensoren. Allgemein war das CAD sehr hilfreich für die Dimensionierung vom Konzept und vor allem für die Abschätzung des Gewichtes, denn das stellt ein wichtiges Kriterium für den Wettbewerb dar.

In der Elektrotechnik war zu Beginn das Ansteuern der verschiedenen Sensoren eine Schwierigkeit. Da es jedoch im Internet viele Hilfestellungen gibt, konnten die offenen Fragen meist schnell beantwortet werden. Ein anderer Punkt war das Ansteuern des Schrittmotors, was etwas mehr Zeit in Anspruch genommen hat. Denn der Treiber des Schrittmotors kann auf verschiedene Möglichkeiten angesteuert werden. Schlussendlich wurde entschieden diesen mittels einem Clock, welches durch den Arduino generiert wird, zu betreiben. Es wurde gelernt, wie man ein übersichtliches Diagramm erstellt. Beim Erstellen des Diagramms musste viel recherchiert werden, um die Funktionsweise garantieren zu können, dies half enorm beim Verständnis.

Die grösste Herausforderung im Teilbereich Informatik war die Bilderkennung, da keines der Teammitglieder Erfahrung mit künstlicher Intelligenz mitbrachte. Dank grossem Interesse am Thema und einer guten Zusammenarbeit entstand trotzdem eine zuverlässige Bilderkennung. Die Konzeption der Webseite war einfacher, da alle Teammitglieder aus der Schule oder dem Berufsleben Erfahrung im Bereich der Webentwicklung mitbrachten.

Das Erstellen dieser Dokumentation und die dabei enthaltenen Informationen wie die Lösungsfundung und das Lösungskonzept hat das Team vor einige Herausforderungen gestellt. Dadurch konnten viele Erfahrungen gesammelt und neues dazugelernt werden. Zwei Beispiele davon sind das Handhaben von solch grossen Word-Dokumenten, was zu Beginn schwierig war, da die Fotos noch nicht komprimiert waren, wodurch das Word-Dokument sehr träge geworden ist. Ein anderer Punkt sind die Beschriftungen der Abbildungen. Zeitweise gab es das Problem, dass die Abbildungsnummern nicht die korrekte Reihenfolge hatten. Durch eine Recherche konnte dieses Problem jedoch behoben werden.

Der weitere Verlauf des Projekts sieht wie folgt aus: Im kommenden Modul PREN 2 wird sich das Team zu Beginn stark auf die physikalische Realisation des DIRT fokussieren. Dafür müssen am Anfang alle notwendigen Komponenten und Bauteile bestellt werden, damit diese zeitnah verbaut werden können. Anschliessend wechselt die Priorität auf die Implementierung der Steuerung und den Motoren sowie Sensoren. Die Steuerung des SCARA-Armes wird anspruchsvoll und vermutlich einige Zeit in Anspruch nehmen. Parallel dazu, wird sich die Informatik weiterhin hinter die Bilderkennung setzen, die Webseite vervollständigen und dessen Kommunikation mit dem Raspberry Pi realisieren.

8 Verzeichnisse

Folgend sind die verschiedenen Verzeichnisse, wie Literatur- und Quellenverzeichnis, Abbildungsverzeichnis, Tabellenverzeichnis und Abkürzungsverzeichnis aufgeführt.

8.1 Literatur- und Quellenverzeichnis

- 1-2-do.com. (2022). Von <https://www.1-2-do.com/projekt/kompost-trommelsieb-mit-separation/bauanleitung-zum-selber-bauen/11891> abgerufen
- (26. 09 2018). Von exp-tech.de: <https://www.exp-tech.de/blog/wiki-lipo-akkus> abgerufen
- (11 2020). Von mcuoneclipse.com: <https://mcuoneclipse.com/2020/11/01/tinyk22-board-rev-1-3-released/> abgerufen
- (12 2020). Von analog.com: <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/uart-a-hardware-communication-protocol.html#:~:text=By%20definition%2C%20UART%20is%20a,going%20to%20then%20receiving%20end>. abgerufen
- (25. 02 2020). Von digikey.ch: <https://www.digikey.ch/de/articles/use-the-openmv-camera-machine-learning-object-detection> abgerufen
- (07. 07 2022). Von ionos.de: <https://www.ionos.de/digitalguide/server/knowhow/arduino-vs-raspberry-pi/> abgerufen
- (2022). Von xilinx.com: <https://www.xilinx.com/products/silicon-devices/fpga/what-is-an-fpga.html> abgerufen
- (2022). Von circuitbasics.com: <https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/> abgerufen
- (2022). Von beckhoff.com: <https://www.beckhoff.com/de-ch/unternehmen/#:~:text=Beckhoff%20realisiert%20offene%20Automatisierungssysteme%20auf,sowie%20Hardware%20zur%20industriellen%20Bildverarbeitung>. abgerufen
- (2022). Von csselectronics.com: <https://www.csselectronics.com/pages/can-bus-simple-intro-tutorial> abgerufen
- (15. 01 2022). Von it-business.de: <https://www.it-business.de/was-ist-daisy-chain-a-1103031/> abgerufen
- (2022). Von techtarget.com: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT> abgerufen
- (2022). Von tor7.de: <https://www.tor7.de/funktechnik-grundlagen> abgerufen
- (2022). Von rahner-edu.de: <https://www.rahner-edu.de/grundlagen/signale-richtig-verstehen/ir-fernbedienung/> abgerufen
- (2022). Von computerweekly.com: <https://www.computerweekly.com/de/definition/Bluetooth> abgerufen
- (2022). Von rohm.de: <https://www.rohm.de/electronics-basics/sensor/color-sensor> abgerufen

- (2022). Von baumer.com: https://www.baumer.com/de/de/service-support/funktionsweise/funktionsweise-und-technologie-von-hallsensoren/a/Know-how_Function_Hallsensors abgerufen
- (2022). Von baumer.com: https://www.baumer.com/ch/de/service-support/funktionsweise/funktionsweise-und-technologie-von-lichtschrangen-und-lichttastern/a/Know-how_Function_Lichtschrangen-Lichttaster abgerufen
- (2022). Von elektro.turanis.de:
<https://elektro.turanis.de/html/prj121/index.html#:~:text=mit%20Ultraschall%20erledigen.,Funktionsweise,Entfernung%20zum%20Objekt%20berechnet%20werden.>
abgerufen
- (2022). Von elektro.turanis.de:
<https://elektro.turanis.de/html/prj179/index.html#:~:text=Die%20Zeit%20zwischen%20dem%20Aussenden,Datenblatt%20zwischen%2030mm%20und%202000mm.>
abgerufen
- (2022). Von fluke.com: <https://www.fluke.com/de-de/mehr-erfahren/blog/thermografie/wie-funktionieren-waermebildkameras#:~:text=Alle%20Gegenst%C3%A4nde%20strahlen%20Infrarotenergie%20ab,des%20zu%20messenden%20Gegenstands%20darstellt.> abgerufen
- (2022). Von leifiphysik.de:
<https://www.leifiphysik.de/optik/lichtreflexion/grundwissen/reflexionsgesetz>
abgerufen
- (02. 08 2022). Von dataunit.ch: <https://www.dataunit.ch/was-ist-eine-grafische-benutzeroberflache/> abgerufen
- (2022). Von learn.sparkfun.com: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/qwiic-scale-hookup-guide> abgerufen
- (2022). Von docs.roboflow.com: <https://docs.roboflow.com/> abgerufen
- (2022). Von baumer.com: https://www.baumer.com/ch/de/service-support/funktionsweise/funktionsweise-und-technologie-von-lichtschrangen-und-lichttastern/a/Know-how_Function_Lichtschrangen-Lichttaster abgerufen
- (2022). Von itwissen.info: <https://www.itwissen.info/Kristallmikrofon-piezoelectric-microphone.html> abgerufen
- (2022). Von www.computerweekly.com:
<https://www.computerweekly.com/de/definition/Microsoft-Windows-Server> abgerufen
- (2022). Von rackspace.com: <https://www.rackspace.com/library/what-is-a-linux-server#:~:text=A%20Linux%20server%20is%20a,community%20of%20resources%20and%20advocates.> abgerufen
- (2022). Von informationszentrum-mobilfunk.de: <https://www.informationszentrum-mobilfunk.de/technik/funktionsweise/gsm> abgerufen
- (2022). Von learn.sparkfun.com: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/bluetooth-basics/all> abgerufen

- (2022). Von www.elektronik-kompendium.de: <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/0610051.htm> abgerufen
- (2022). Von mc.mikrocontroller.com: <https://mc.mikrocontroller.com/de/IR-Protokolle.php> abgerufen
- (2022). Von linemetrics.com: <https://www.linemetrics.com/de/lora-und-lorawan-einfach-erklaert/> abgerufen
- (2022). Von stokmanbv.com: <https://www.stokmanbv.com/de/was-ist-eine-foerderbandrolle/#:~:text=F%C3%B6rderbandrollen%20sind%20Teil%20eines%20Bandes%20derer,die%20Trommeln%20und%20Rollen%20herum.> abgerufen
- (2022). Von logistikknowhow.com: <https://logistikknowhow.com/materialfluss-und-transport/foerderschnecke/> abgerufen
- adafruit.com*. (2022). Von <https://www.adafruit.com/product/3802> abgerufen
- Allgemeines Polypropylen*. (2022). Von <https://www.krv.de/wissen/allgemeines-6> abgerufen
- arduino.cc*. (2022). Von <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/external-interrupts/attachinterrupt/> abgerufen
- beach-tech.com*. (2022). Von <https://www.beach-tech.com/> abgerufen
- berrybase.ch*. (2022). Von <https://www.berrybase.ch/schiebepotentiometer-mono-1k-937-500mw-tht-20-linear> abgerufen
- berrybase.com*. (2022). Von <https://www.berrybase.ch/drehpotentiometer-10k-937-stehend-mono-6mm-printmontage> abgerufen
- conrad.ch*. (2022). Von <https://www.conrad.ch/de/p/modelcraft-rb350030-0a101r-getriebemotor-12-v-1-30-227544.html> abgerufen
- eda.admin.ch*. (2022). Von <https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung/ziel-12-fuer-nachhaltige-konsum-und-produktionsmuster-sorgen.html> abgerufen
- eda.admin.ch*. (2022). Von <https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung/ziel-14-ozeane-meere-und-meeresressourcen-im-sinne-nachhaltige.html> abgerufen
- eda.admin.ch*. (2022). Von <https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html> abgerufen
- festo.com*. (2022). Von https://www.festo.com/net/en-us_us/SupportPortal/Files/42086/FinRay_en.pdf abgerufen
- funduino.de*. (2022). Von <https://funduino.de/arduino-infrarot-abstandssensor> abgerufen
- gruenig.de*. (2022). Von <https://www.gruenig.de/de/produkte/radlader-kehrmaschinen/> abgerufen
- hobbydirekt.de*. (2022). Von <https://www.hobbydirekt.de/sonstiges/sonstiges/RTR-Impeller-DF69-mit-Himax-A-2825-3600-Multiplex-332570::111345.html> abgerufen
- husqvarna.com*. (2022). Von <https://www.husqvarna.com/ch-de/schneefraesen/> abgerufen

- IBM. (12. 6 2022). *SQL vs. NoSQL Databases: What's the Difference?* Von SQL vs. NoSQL Databases: What's the Difference?: <https://www.ibm.com/cloud/blog/sql-vs-nosql> abgerufen
- idrobenne.com. (2022). Von <https://www.idrobenne.com/de/mehrschalengreifer> abgerufen
- joy-it.net. (2022). Von <https://joy-it.net/en/products/NEMA17-03> abgerufen
- lowellma.gov. (2022). Von <https://www.lowellma.gov/1467/Plastics> abgerufen
- Mozilla Developer Network. (9. September 2022). *Server Sent Events*. Von Server Sent Events: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Server-sent_events abgerufen
- ntgorilla. (01. 11 2019). *Centrifugal blower fan*. Von Thingiverse: <https://www.thingiverse.com/thing:3949401> abgerufen
- PR_SY_HS22, Z. (2022). *Zugmittelgetriebe*. C.Haack.
- pulspower.com. (2022). Von <https://www.pulspower.com/ch/produkte/product-landingpages/24v-20a-din-rail-power-supplies/> abgerufen
- PyTorch. (16. Dezember 2022). *PyTorch*. Von PyTorch: <https://pytorch.org/> abgerufen
- Raspberry Pi Foundation. (06. 01 2023). *Camera Module V2*. Von Camera Module V2: <https://www.raspberrypi.com/products/camera-module-v2/> abgerufen
- raspberrypi.com. (2022). Von <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/> abgerufen
- sartech.com. (2022). Von <https://www.startech.com/de-ch/computerteile/atx2pw530pro> abgerufen
- turbines-rc.com. (2022). Von <https://www.turbines-rc.com/en/freewing/1650-edf-ducted-fan-freewing-90mm-6s-motor-1450kv.html> abgerufen
- Ultralytics. (16. Dezember 2022). *yolov5*. Von yolov5: <https://github.com/ultralytics/yolov5> abgerufen
- Vue. (16. Dezember 2022). *Vue.js Introduction*. Von Vue.js Introduction: <https://vuejs.org/guide/introduction.html> abgerufen
- Vuetify. (16. Dezember 2022). *Vuetify Introduction*. Von Vuetify Introduction: <https://vuetifyjs.com/en/introduction/why-vuetify/> abgerufen
- youtube.com. (2022). Von <https://www.youtube.com/watch?v=yiD5nCfmbV0&feature=youtu.be> abgerufen

8.2 Abbildungsverzeichnis

Abb 1: BeachTech Marina	8
Abb 2: BeachTech Sweepy Hydro	8
Abb 3: BeachTech 2500	8
Abb 4: Detailskizze Aufgabenstellung.....	9
Abb 5: Morphologischer Kasten	10
Abb 6: Lösungspfade aller Teammitglieder.....	18
Abb 7: Zweiter morphologischer Kasten mit genutzten Varianten der Teammitglieder	19
Abb 8: Erste Variante eines Lösungskonzepts	19
Abb 9: Zweite Variante eines Lösungskonzepts	19
Abb 10: kleiner Elektromagnet	20
Abb 11: grosser Elektromagnet.....	20
Abb 12: Permanentmagnet	21
Abb 13: CAD-Modell für Versuchsaufbau	21
Abb 14: Förderband als Panzerkette	21
Abb 15: Förderband mit Kronkorken.....	21
Abb 16: Wägezelle	22
Abb 17: Versuchsaufbau Wägezelle	22
Abb 18: Auslesung RS-232 Schnittstelle mit Programm HTerm	22
Abb 19: Erster Test der Flaschenbürsten	23
Abb 20: CAD-Modell für Versuchsaufbau	23
Abb 21: Zweiter Test mit Versuchsaufbau	23
Abb 22: DIY-Staubsauger	24
Abb 23: Schwimmende PET-Deckel	24
Abb 24: 20cm PC-Ventilator.....	25
Abb 25: 3D-gedruckte Bauteile.....	25
Abb 26: Versuchsaufbau Radiallüfter	25
Abb 27: Auch die PET-Deckel werden weggeblasen	25
Abb 28: Versuchsaufbau Schrittmotor	26
Abb 29: Versuchsaufbau TOF-Sensor	26
Abb 30: Auslesung RS-232 Schnittstelle mit Programm HTerm	26
Abb 31: IR-Hindernissensor.....	27
Abb 32: Versuchsaufbau IR-Hindernissensor.....	27
Abb 33: DC-Motor mit M6 Mutter	28
Abb 34: Vereinzelner im Test	28
Abb 35: Bilderkennung von PET-Deckeln und Kronkorken	29

Abb 36: Mockup Webseite.....	29
Abb 37: Zusammengefasste Nutzwertanalyse mit angepasster Gewichtung	30
Abb 38: Zusammengefasste Nutzwertanalyse mit gleichmässiger Gewichtung.....	31
Abb 39: Finale Auswahl der Teillösungen.....	32
Abb 40: Flussdiagramm der finalen Auswahl.....	35
Abb 41: Vorderseite CAD-Modell DIRT.....	36
Abb 42: Rückseite CAD-Modell DIRT	36
Abb 43: Funktionsdiagramm Maschinentechnik	37
Abb 44: Explosion Bürstengerät	38
Abb 45: Explosion Sauger.....	39
Abb 46: Klappe mit Servo gesteuert	39
Abb 47: Explosion Vereinzelner	39
Abb 48: Aufhängung Vereinzelner	39
Abb 49: Explosion Magnetförderband	40
Abb 50: Spannvorrichtung Band.....	40
Abb 51: Trennarmen und Förderband	41
Abb 52: Position der Kamera	41
Abb 53: Förderband mit Luftgebläse	41
Abb 54: Luftstrom durch Düse, Schlauch und Diffusor	42
Abb 55: Rahmenkonstruktion	42
Abb 56: Fundament Rahmen.....	42
Abb 57: Winkelverstrebungen aus MDF.....	42
Abb 58: SCARA-Arm.....	43
Abb 59: Funktionsdiagramm Elektrotechnik	44
Abb 60: Arduino MEGA 2560 von joy-it	46
Abb 61: Raspberry Pi 4	47
Abb 62: Relais-Modul 4 Kanäle 5 V.....	48
Abb 63: Skizze Schalterbox	48
Abb 64: Schrittmotor NEMA 17-03.....	49
Abb 65: Treiber ELE032	49
Abb 66: Treiber PoStep25-256	49
Abb 67: Kleiner Getriebemotor.....	49
Abb 68: Getriebemotor.....	50
Abb 69: Grosser Elektro-Impeller mit ESC	51
Abb 70: Testresultate mit Approximation, Grosser Elektro-Impeller.....	51
Abb 71: Kleiner Elektro-Impeller mit ESC.....	52

Abb 72: Testresultate mit Approximation, kleiner Elektro-Impeller	52
Abb 73: Lichtsensor	53
Abb 74: Laserdiode	53
Abb 75: Skizze Lichtschranke mit Laserdiode.....	53
Abb 76: Schiebe-Potentiometer	54
Abb 77: Dreh-Potentiometer	54
Abb 78: Lithium-Polymer Akku 5 Ah	55
Abb 79: Computer Netzteil	56
Abb 80: Hutschienen-Netzteil	56
Abb 81: Diagramm Webapplikation	57
Abb 82: Klassendiagramm API und Webseiten	58
Abb 83: Entwurf Webseite	59
Abb 84: Klassendiagramm ObjectState	59
Abb 85: Datenbankschema.....	61
Abb 86: Terminplan	63
Abb 87: Organigramm	64
Abb 88: Rollenverteilung	65
Abb 89: Abfallbox gelasert	69
Abb 90: Kartonaufbau und eigenes Kiesbett.....	70
Abb 91: Eigenes Mini-Labornetzteil.....	70
Abb 92: Graphik Risikoanalyse	71
Abb 93: Bewertungsmatrix	71
Abb 94: Tabelle der Kostenkontrolle	72
Abb 95: Sustainable Development Goals.....	74

8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schnittstelle mit digitalen Pins	45
Tabelle 2: Unterschiede Arduino Uno und MEGA	46
Tabelle 3: Technische Daten Raspberry Pi 4 2 GB	47
Tabelle 4: Technische Daten Getriebemotor.....	50
Tabelle 5: Technische Daten grosser Elektro-Impeller	51
Tabelle 6: Schittstellendefinition API	60
Tabelle 7: Budgetübersicht.....	73

8.4 Abkürzungsverzeichnis

AC	<i>Alternating Current</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CAN	<i>Controller Area Network</i>
CNC	<i>Computerized Numerical Control</i>
CSI	<i>Camera Serial Interface</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DNS	<i>Domain Name System</i>
DSI	<i>Display Serial Interface</i>
ESC	<i>Electronic Speed Controller</i>
ET	<i>Elektrotechnik</i>
FPGA	<i>Field Programmable Gate Array</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communication</i>
HDL	<i>Hardware Description Language</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IIS	<i>Internet Information Services</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IR	<i>Infrarot</i>
KI	<i>Künstliche Intelligenz</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LiPo	<i>Lithium-Polymer-Akkumulator</i>
LoRaWAN	<i>Long Range Wide Area Network</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PET	<i>Polyethylenterephthalat</i>
PLA	<i>Polylactic Acid</i>
PP	<i>Polypropylen</i>
PREN	<i>Produktentwicklung</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RC	<i>Radio Controlled</i>
rPET	<i>recyceltes Polyethylenterephthalat</i>
RS-232	<i>Recommended Standard 232</i>
SCARA	<i>Selective Compliance Assembly Robot Arm</i>
SDG	<i>Sustainable Development Goals</i>

SPS

Speicherprogrammierbare Steuerung

SQL

Structured Query Language

SSL

Secure Sockets Layer

TOF

Time Of Flight

URL

Uniform Resource Locator

USB

Universal Serial Bus

WLAN

Wireless Local Area Network

9 Anhang

9.1 Aufgabenstellung



Informatik
Technik & Architektur

Projektmodul Produktentwicklung PREN 22 / 23

Aufgabenstellung PREN 1 - Herbstsemester 2022 VERSION 1.0

21. September 2022
Martin Vogel

Littering-Tool Aufsatz für einen Robo-Dog

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	2
2.	Aufgabe	3
2.1.	Ausblick auf PREN 2	4
3.	Nachhaltigkeit.....	4
4.	Details der Aufgabenstellung.....	5
4.1.	Arbeitsplatz	5
4.2.	Arbeitszone.....	5
4.3.	Ablage und Ablageprozess.....	5
4.4.	Website mit Echtzeit-Daten	6
4.5.	Zu realisierendes Gerät	6
4.6.	Wettbewerbskriterien	7
4.7.	Material und Beschaffung.....	8
4.8.	Kosten	8
5.	Ausführung und Bewertung PREN 1.....	9

Modulverantwortlicher: Carsten Haack

Fachliche Begleitung: Marco De Angelis
Carsten Haack
Rolf Kamps
Pierre Kirchhofer
Thomas Koller
Hans Kurmann
Rolf Mettler
Adrian Omlin
Peter Sollberger
Markus Thalmann
Martin Vogel

1. Einleitung

Die aktuellen Herausforderungen in der ingenieurmässigen Produktentwicklung lassen sich meist nicht mehr von einer einzelnen Disziplin lösen. Deshalb erarbeiten an der Hochschule Luzern Teams aus Studierenden der Studiengänge Elektrotechnik & Informationstechnologie, Informatik, Digital Engineering sowie Maschinentechnik Lösungen zu einer interdisziplinären, exemplarischen Aufgabenstellung.

In PREN 1 im Herbstsemester erarbeitet jedes Team ein Lösungskonzept. In PREN 2 im folgenden Frühlingssemester bauen die Teams basierend auf ihrem Lösungskonzept ein Funktionsmuster auf, um die Tauglichkeit des Konzepts zu beweisen. Zentral in PREN ist die strukturierte, professionelle Projektabwicklung unter Anwendung des in Kontext / Grundmodulen sowie in den fachspezifischen Modulen Gelernten. Die Arbeit soll in späteren Projektaufgaben als Beispiel für die Vorgehensweise und die Projektdokumentation dienen.

Die Aufgabestellung in PREN widmet sich dieses Jahr dem Thema «Littering» am exemplarischen Beispiel Kies-Strand, wie wir ihn von den Schweizer Seen und Flüssen kennen, siehe Abb. 1.

«Littering» bezeichnet das Verschmutzen von öffentlichen Flächen und Räume durch Abfall in der Folge durch achtloses Wegwerfen und Liegenlassen von Abfall. Ursachen von Littering sind unter Anderem veränderte Konsumgewohnheiten (Wegwerf-Gesellschaft) und ein generell nachlässiger Umgang mit dem öffentlichen Raum. Eine der Folgen von Littering sind Umweltbelastungen, welche vor allem in Gewässer und Gewässernähe in ein Abfließen und eine Belastung der Seen und Meere zur Folge hat (siehe zum Beispiel die Problematik [Mikroplastik](#)).



Abbildung 1: Symbol-Bild, Littering am Kiesstrand

2. Aufgabe

An einem Strand findet man regelmässig Littering-Objekte, welche, wenn sie nicht aufgesammelt werden, sicher im Gewässer und später in den Ozeanen landen. Diese Problematik wird in PREN durch eine technische Lösung zum Entfernen des Litterings angegangen. Andere gesellschaftliche und nicht-technische Lösungen können am Rande auch betrachtet werden – siehe Kapitel 3.

Sie entwickeln ein Gerät in der Form eines Aufsatzes, welcher das Potenzial hat, später als Prototyp auf einem autonomen, mobilen Roboter oder Robo-Dog verbaut zu werden, siehe Darstellung Abb. 2.

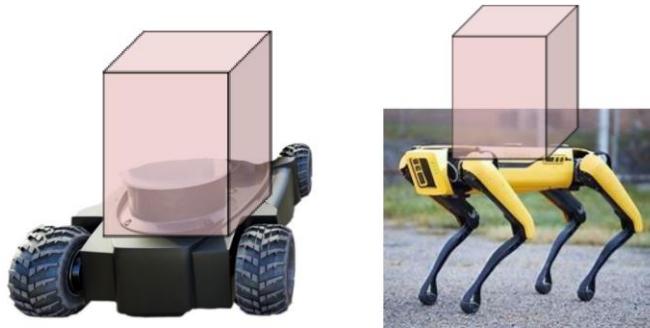


Abbildung 2: Symbol-Bilder mobiler Roboter mit schematischer Darstellung des Aufsatzes

Dieses Gerät muss in der Lage sein, aus einem Strand-/Kiesbereich verschiedene Littering-Objekte zu entfernen und korrekt abzulegen. Dabei muss das Gerät autonom arbeiten sowie diese Aufgabe zuverlässig und schnell erledigen. Während der Arbeit steht der Unterbau bzw. der Robo-Dog stabil (1. Phase).

Für Test- und Versuchszwecke gibt es eine Grundfläche mit 2 getrennten Teamflächen, auf welchen sich der verteilte Abfall in der Arbeitszone befindet. Der Aufsatz wird auf der Grundfläche befestigt. Mindestens vier Ablageboxen für die gefundenen Objekte sind Teil des Aufbaus / Aufsatzes, siehe Abb. 3.

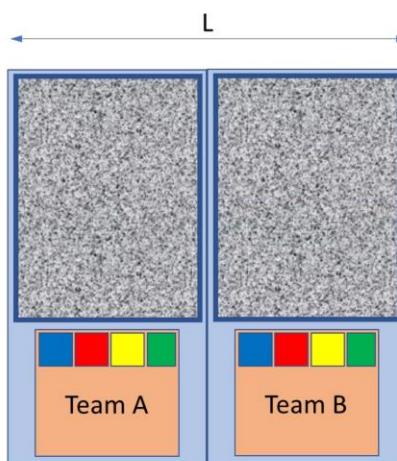


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Grundfläche (hellblau) mit Arbeitszonen (grau), Teamflächen A und B mit je vier Ablageboxen

Im Abfall befinden sich verschiedene typische Litter-Objekte in der Form von Zigarettenstummeln, Kronkorken sowie PET-Flaschen-Deckeln, umgeben von Kies in definierter Grösse, siehe Abb. 4. Auf einer Website stellen Sie in Echtzeit den Fortschritt und den Erfolg des Prozesses Ihres Geräts dar.



Abbildung 4: Litter-Objekte und Kies – exemplarische Darstellungen

Die Hauptaufgabe in PREN 1 ist das Erarbeiten eines Gesamtkonzeptes mit den Details zu den Konzepten aller Teilfunktionen, so dass in PREN 2 das Gesamtfunktionsmuster daraus aufgebaut werden kann. Der Lösungsansatz für einzelne kritische Teilprobleme muss in PREN 1 durch den Aufbau von geeigneten Teilfunktionsmustern in allen Disziplinen verifiziert und dokumentiert werden. Es wird in PREN 1 eine Nachhaltigkeits-Betrachtung hinsichtlich SDGs¹ gefordert sowie den Aspekt Nachhaltigkeit bei der Konzeptausarbeitung miteinbezogen.

2.1. Ausblick auf PREN 2

In PREN 2 wird das System basierend auf dem in PREN 1 erarbeiteten Lösungskonzept aufgebaut, getestet und Ihr Konzept bestätigt. Als Höhepunkt findet im Rahmen des Kompetenznachweises im Sommer 2023 ein «Wettbewerb» statt, an welchem Sie Ihr Gerät mit denen der anderen Teams messen. Ein Teil der Bewertungspunkte wird entsprechend dem Wettbewerbsberfolg vergeben. Bewertet werden die Effizienz und die Zuverlässigkeit Ihrer Lösung. Voraussichtlich wird der oben beschriebene Arbeitsplatz am Wettbewerb im Foyer vor der Mensa aufgestellt (Campus Horw). Im PREN 2 werden Sie auch Ihre Lösung hinsichtlich Nachhaltigkeit und Life-Cycle-Design analysieren und beschreiben und sich in dem Prozess und zu den SDGs reflektieren.

3. Nachhaltigkeit

Die HSLU leistet in der Lehre und Forschung einen wichtigen Beitrag zum Aufbau von Kompetenzen der heutigen und zukünftigen Entscheidungsträger. Diese werden einen wesentlichen aktiven Teil in der Transformation zur globalen Nachhaltigkeits-Entwicklung-Ziele (SDGs) beitragen. Im diesjährigen PREN wollen wir Sie deshalb zusätzlich hinsichtlich der SDGs sensibilisieren, welche Ihnen helfen, weitere Kompetenzen erfolgreich zu erreichen².



Abbildung 5: Die 17 Nachhaltigkeits-Entwicklungs-Ziele der UNO und der Schweiz

In PREN 1 werden Sie allgemein die SDGs kennen lernen und dabei die Wichtigkeit bestimmter SDGs für PREN erkennen. Insbesondere kennen Sie die direkte Beziehung der Aufgabe von PREN zu den Nachhaltigkeitszielen 14 und 12. SDG Nr. 12 – «Verantwortungsvolle Produktion» - wird entsprechend Ihre Entscheidungen beeinflussen, wie zum Beispiel die Konzeption der Materialwahl, die Konstruktion, die

Hardware- und die Software-Ressourcen sowie deren Beschaffungswege und Recycling-Möglichkeiten. Sie werden den Erwerb dieser Kompetenzen in Form einer Reflektion in der Dokumentation darlegen. Dazu erhalten Sie einen separaten Kurz-Input.

4. Details der Aufgabenstellung

4.1. Arbeitsplatz

Die Grundfläche wird auf Tischhöhe aufgebaut sein, vgl. Abb. 3. Die Grundfläche ist quadratisch mit dem Mass (L) 140 x 140 cm und besteht aus einer zusammengesetzten, stabilen Holzplatte mit noch unbekannter Dicke. Je Team steht eine Hälfte dieser Grundfläche zur Verfügung – die Teams dürfen sich nicht behindern, bzw. ihre Seite verlassen. Der Kies muss auf der zugeteilten Arbeitszone verbleiben.

Der Bereich, wo der Abfall ausgekippt wird, ist mit einer Berandung (ca. 3 - 5 cm Höhe) eingefasst. Das Gerät muss im vorgesehenen Bereich (rechteckige Montagefläche) vor dem Start fixiert werden. Die Befestigungspunkte bzw. das Interface werden noch spezifiziert. Die Ablageboxen sind Bestandteil des Aufsatzes.

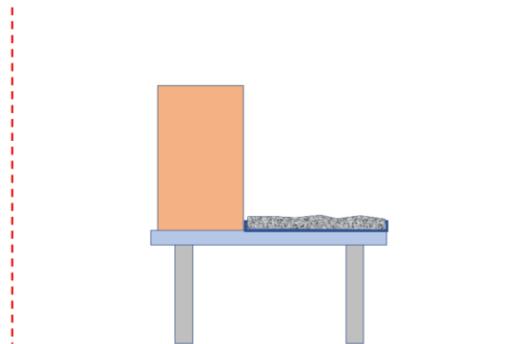


Abbildung 6: Schematische Seitenansicht mit Abfall, Arbeitszone und Schutzzone

Um die Grundfläche herum wird eine ca. 2 m breite Schutzzone eingerichtet. Während der Arbeit des Gerätes wird sich keine Person darin befinden, siehe Abb. 6. In der Nähe des Arbeitsplatzes befindet sich ein Spannungsanschluss für 230V, welcher genutzt werden kann.

4.2. Arbeitszone

Der Abfall wird vor dem Start in der Arbeitszone ausgekippt und verteilt. Dabei wird versucht eine gute Durchmischung von Litter-Objekten und Kies zu erreichen. Der Abfall und der Kies dürfen während der Arbeit den Teambereich der Grundfläche nicht verlassen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich ungewollte Fremdpartikel wie z.B. Schmutz und Staub im Abfall befinden.

4.3. Ablage und Ablageprozess

Die Ablagebehälter sind wie beschrieben Teil des zu entwickelnden Roboter-Aufbaus, die Position und Anordnung ist frei wählbar. In diese Behälter werden die im Abfallhaufen gefundenen Objekte abgelegt. Folgende Farben sind den Litter-Objekten zugeordnet: blau=Zigaretten, rot=Kronkorken, gelb=PET-Deckel, grün=andere Objekte (Wertsachen, siehe unten).

Die Reihenfolge für den Ablageprozess ist ebenfalls frei wählbar – der Status muss auf der Website in Echtzeit angezeigt werden. Die Außenmasse eines Behälters sind ungefähr 102 x 170 x 77 mm (B x L x H) und wird voraussichtlich aus PE oder ähnlichem Material sein (wie z.B. SILAFIX Sichtlagerkästen Grösse 5).



Abbildung 7: Mögliche Form und Farbe des Ablage-Behälters

Dem Abfall sind ein paar wenige weitere Objekte beigemischt, die nicht als Abfall / Littering zu behandeln sind, wie beispielsweise Wertsachen. Diese Wertsachen sollen detektiert, ausgewiesen und separat abgelegt werden - Beispiele solcher Wertsachen sind in Abb. 8 dargestellt.



Abbildung 8: typische Wertsachen im Abfall

4.4. Website mit Echtzeit-Daten

Während des Laufes des Gerätes soll in Echtzeit der Erfolg und Prozess der Objekt-Findung und Objekt-Ablage abgerufen und gezeigt werden. Die persistente Datenspeicherung soll dabei geprüft und optional umgesetzt werden. Sie betreiben zudem einen Webserver, welcher Daten des Prozesses über eine (oder mehrere) Website(s) visualisiert zur Verfügung stellt. Es ist Ihre Aufgabe, dazu das Konzept, die Dienste und die Infrastruktur zu evaluieren und zu betreiben. Es dürfen dafür auch Dienste des «enterpriselab HSLU Informatik» oder externe Software-Dienste benutzt werden.

Folgende Echtzeit-Daten auf der Website(s) sind mindestens gefordert: Team-Name, Skizze des Arbeitsplatzes mit Fortschritt und Erfolg der Objekt-Ablage darin (laufende Anzahl in Behälter), Ablage-Positionen und -Inhalte, Gerät-Status-Informationen wie Start/Stopp-, Fehlermeldungen sowie gut ersichtlich eine eigene Zeit-Messung ab Start bis Stopp mit einer Genauigkeit von einer Sekunde.

Die Website(s) soll(en) benutzerfreundlich in einem responsive Webdesign (für Smartphone, Tablets und Laptop) erstellt werden. Die Benutzer werden die Zuschauer, Dozierende und Experten an dem Wettbewerb sein. Die Website soll für maximal 200 gleichzeitige Web-Clients ausgelegt sein. Dabei ist das Team für eine sichere und stabile Datenübertragung verantwortlich. Die Website muss dabei über eine durch das Team definierte URL (in Form eines erstellten QR-Codes) erreichbar sein.

4.5. Zu realisierendes Gerät

Der zu realisierende Aufsatz muss wie beschrieben auf der Grundfläche befestigt werden. Vor dem Start darf dieses Gerät die Montagefläche nicht überragen. Die maximale Höhe vor dem Start beträgt 80 cm. Während des Laufes dürfen die Abmasse grösser sein. Es ist zu keiner Zeit erlaubt den Bereich

ausserhalb der Schutzzone zu überschreiten. Nach dem Ablauf muss das Gerät wieder die angegebenen Grenzmasse einhalten.

Das Gerät darf ein maximales Gewicht von 15 kg haben bei einer Grundfläche von 45 x 45 cm, die Betriebsspannung ist auf < 50 Volt begrenzt (Personenschutz). Das Gerät muss eine Eigenkonstruktion sein. Einzelne Systemkomponenten, wie z.B. Servos, Motoren, Mikrocontrollerboard, Kamera u.a. dürfen zugekauft und eingesetzt werden. Es dürfen Software-Komponenten-/Services von Fremd-Herstellern verwendet werden. Das Gerät muss die Aufgabe autonom bewältigen. Es müssen sich alle Hardware-Komponenten wie z.B. Kamera, Sensoren, Aktoren, Steuergeräte am/im Gerät befinden. Es ist erlaubt externe Webservices, Server-Applikationen zu nutzen.

Allfällige Netzgeräte dürfen sich auf dem Boden unterhalb der Grundfläche befinden. Hierbei sind Sie für den Sicherheitsschutz der Geräte und Personen zuständig.

Das Gerät ist zusätzlich mit einem physikalischen Taster/Schalter zu versehen, mit welchem das Gerät mit dem Start-Kommando gestartet wird. Ein Eingreifen auf das Gerät ist nach dem Start nicht mehr erlaubt. Nach abgelaufener definierter Zeit muss das Gerät mittels Stopp-Taster/-Schalter gestoppt werden können. Das Gerät muss dann wieder komplett in die Ursprungs-Start-Position zurückkehren.

Auf dem Gerät muss sich zudem ein separater, immer zugänglicher Not-Aus-Knopf befinden, welche den mechanisch-dynamischen sowie den elektrischen Prozess sofort unterbricht. Sie sind im Weiteren während allen Phasen zuständig für die Sicherheit Ihres Gerätes (z.B. geeignete IP-Schutzart) sowie für den Schutz der Personen im Umkreis (keine beschleunigten Objekte ausserhalb der Schutzzzone).

4.6. Wettbewerbskriterien

Es ist vorgesehen den Wettbewerb anlässlich des Kompetenznachweises in PREN 2 im Foyer der HSLU vor der Mensa auszutragen (Campus Horw). Ein Lauf bezeichnet den Prozess (automatisch Finden- Entfernen- Ablegen) vom Start- bis zum Stopp. Am Wettbewerb wird jedes Team zwei Läufe mit unterschiedlichen Partnern (Teams) absolvieren, wobei der Punkte-bessere Lauf gewertet wird.

Am Wettbewerb haben Sie vor dem Start maximal 2 Minuten Zeit, um das Gerät startklar zu machen und auf der Montagefläche zu fixieren. Die Zeit und Ihr Gerät werden mit dem Kommando «DREI, ZWEI, EINS – START» durch Betätigen des Start-Taster/Schalter gestartet. Nach 4 Minuten wird das Kommando «STOP» erteilt und Ihr Gerät muss durch manuelles Betätigen des Stopp-Taster/Schalter innerhalb von 15 Sekunden in die ursprüngliche Startposition zurückkehren.

Für den Wettbewerb und den Kompetenznachweis in PREN 2 gibt es für die gefundenen und richtig abgelegten Objekte folgende Punkte (Wettbewerbspunkte):

- Zigarettenstummel = 2 Punkte (in falscher Ablage: -1 Punkte)
- Kronkorken = 2 Punkte (in falscher Ablage: -1 Punkt)
- PET-Deckel = 2 Punkte (in falscher Ablage: -1 Punkt)
- Kies im Behälter (falsche Ablage) = -1 Punkt pro Kiesstück
- Wertsachen erkannt und abgelegt = 5+5 Punkte (richtige Ablage + Identifikation Webpage)

Weiter gibt es folgende Abzüge:

- Überschreiten der Teamfläche der Grundfläche: - 20 Punkte
- Gerät nach Zeitablauf nicht in der ursprünglichen Position: - 50 Punkte

Gemäss den Wettbewerbspunkten wird eine Rangliste erstellt. Die Punkte, welche in die Notengebung für den Kompetenznachweis PREN 2 einfließen, werden entsprechend der Rangierung bestimmt. Sie sind also nicht identisch mit diesen Wettbewerbspunkten.

4.7. Material und Beschaffung

Wird in PREN 1 für Tests oder für den Aufbau von Funktionsmustern Material benötigt, so kann der Kauf beim betreuenden Dozierenden beantragt werden. Der Entscheid zur Beschaffung obliegt dem betreuenden Dozenten oder dem Dozententeam.

Damit Sammelbestellungen getätigt werden können, soll das beschaffte Material vorzugsweise von folgenden Lieferanten kommen: *Conrad Electronic, Distrelec, Mädler, Farnell*. Wenn nötig und begründet kann Material auch bei anderen Lieferanten bestellt werden.

Wird Material vom Team selbst eingekauft, können nur die Material-Kosten zurückgefordert werden, d.h. ohne Porto, Versand-/Zollspesen, etc. und nur mittels Abgabe des Originals des Kaufbeleges. Eine selbst getätigte Materialbestellung muss auf die Privatadresse erfolgen. Es darf kein Material auf den Namen der Hochschule Luzern Technik & Architektur beschafft werden.

Wird Material im Ausland bestellt, ist zu beachten, dass die Lieferkosten und die Zollgebühren sehr hoch sein können, welche nicht von der HLSU übernommen werden und dass oft beträchtliche Lieferzeiten bestehen.

Die Hochschule hat aus ehemaligen PREN-Durchführungen einiges an Material an Lager wie Servoantriebe, DC- und Schrittmotoren sowie Sensoren und Aktoren. Dieses Material kann für PREN 1 ausgeliehen und in PREN 2 allenfalls weiterverwendet werden. Dieses Material wird zu 20% des ursprünglichen Preises in den Kosten angerechnet.

4.8. Kosten

Für den Bau der Teilstücke in PREN 1 und für die Realisierung des Systems in PREN 2 stehen Ihnen als Team insgesamt CHF 500.- zur Verfügung. Davon dürfen maximal CHF 200.- in PREN 1 ausgegeben werden.

Aus diesem Betrag müssen sämtliche Kaufteile sowie allfällige Software bezahlt werden. Die Kosten für Normteile wie Schrauben, Lager, Rohmaterial, Widerstände, Kondensatoren usw. werden nicht verrechnet, sofern die Teile in den Werkstätten der HLSU T&A am Lager sind.

Die Verwendung von «gesponserten» Komponenten ist möglich. Um kein Team zu benachteiligen, werden diese Komponenten, auch wenn der HLSU keine Auslagen entstehen, mit einem realistischen Preis in die Kostenrechnung einbezogen.

Private Laptops, Computer, Smartphones und Tablets fallen nicht in die Kostenrechnung. Verwendete Netz- und Ladegeräte fallen ebenfalls nicht in die Kostenrechnung, ausser wenn Sie extra für diese Anwendung beschafft und von der Hochschule Luzern bezahlt werden. Die Nutzung von freien Softwarekomponenten und/oder -Services ist zulässig und belastet die Kostenrechnung nicht. Es können Bauteile im «Rapid-Prototyping» Verfahren mit den 3D-Druckern der HLSU - T&A hergestellt werden. Das mit eigenen 3D-Druckern verarbeitete Material kann nicht vergütet werden. Die verarbeitete Menge muss ausgewiesen werden (Vergleichbarkeit).

Für Arbeiten am Gerät steht Ihnen die PREN-Werkstatt im Labortrakt (Gebäude I) zur Verfügung. Im Fablab (Gebäude I) lässt sich u.a. mit einem Lasergerät Plexiglas und Holz zuschneiden und bearbeiten.

Die Kosten für die Arbeitszeit von Mitarbeitenden der HLSU - T&A zur Herstellung von Teilen sind in den oben erwähnten CHF 500.- nicht mit eingerechnet.

Jedem Team stehen für PREN 1 und PREN 2 zusammen folgende Hilfen zur Verfügung:

- maximal 25 h Maschinenlaufzeit der 3D-Drucker
- maximal 1 h Maschinenlaufzeit des Lasergeräts
- maximal 10 Arbeitsstunden des Werkstattpersonals Elektrotechnik
- maximal 10 Arbeitsstunden des Werkstattpersonals Maschinentechnik

5. Ausführung und Bewertung PREN 1

Neben der technischen Richtigkeit legen wir unser Augenmerk auch auf die professionelle Abwicklung des Projekts. Dazu gehören unter anderem:

- Kontinuierliche Projektplanung mit Vergleich von Planung und Realität
- Definition der Produktanforderungen in einer Anforderungsliste
- Detail Skizze der Aufgabenstellung in einer geeigneten Form
- Dokumentation der Technologierecherche
- Risikomanagement
- Erarbeiten von Lösungsvarianten und systematische Lösungsfindung
- Vollständige, verständliche und nachvollziehbare Dokumentation des Gesamtkonzepts mit entsprechenden Unterkapiteln zu den Hauptfunktionen

Die Arbeit muss in einem Projektbericht (PDF) dokumentiert und abgegeben werden. Der Aufbau der Dokumentation basiert auf den Inputs aus den Kontext-/Grundmodulen.

Für die Zulassung zum Kompetenznachweis müssen die folgenden Testate erfüllt sein:

- Technologierecherche, Anforderungsliste, Skizzierung / Modell der Aufgabenstellung (Testat 1)
- Evaluation der Lösungsprinzipien, Auswahl der optimalen Lösungskombination(en) (Testat 2)
- Freigabe des Gesamtkonzepts. Dokumentation zu 80% fertig gestellt, s.o. (Testat 3)

Für Testzwecke der Teilstukturmuster werden ab Mitte Oktober in PREN 1 die oben genannten Litter-Objekte sowie Kies (>5mm und <50mm) für die Teams zur Verfügung stehen.

Für den Kompetenznachweis werden die folgenden Kriterien mit der entsprechenden Gewichtung bewertet (PREN 1):

Kriterien	Gewichtung
Teamarbeit und Arbeitsweise Zusammenarbeit / Arbeitsplanung / Problemerfassung / Konfliktbewältigung / Systematik / Informationsbeschaffung / Interdisziplinarität / Projektmanagement / persönlicher Einsatz / Initiative / Effizienz / Arbeitsmenge	20 %
Resultate und Ergebnisse Innovationsgehalt / technische Machbarkeit / technische Richtigkeit / Einfachheit / Herstellbarkeit / sinnvoller Einsatz von Technologien / Vollständigkeit / Schnittstellen / Wirtschaftlichkeit / Nachvollziehbarkeit / Layout / Softwarearchitektur / Zuverlässigkeit / Ästhetik / Bedienbarkeit / Technologierecherche / Produktanforderung / (Teil-)Funktionsmuster inkl. Website-Konzept und -Design / Reflexion der Erreichung und Umsetzung der Nachhaltigkeits-Kompetenzen	50 %
Dokumentation Formales / Aufbau / Integration der Disziplinen / Sprache / Vollständigkeit / Verständlichkeit / Glaubwürdigkeit / Kohärenz / Abbildungen / Tabellen / Quellenangaben	20 %
Präsentation Beginn / Schluss / Sprache / Inhalt / Verständlichkeit / Glaubwürdigkeit / Vorgehen / nonverbale Aspekte / Einsatz visueller Hilfsmittel	10 %

Wir erwarten eine Zusammenarbeit über die Grenzen der Disziplinen hinweg. Jede Disziplin muss einen nachweisbaren Beitrag zum Erfolg leisten. Alle Mitglieder des Teams erhalten die gleiche Bewertung. In Ausnahmefällen können einzelne Teammitglieder separat bewertet werden und eine individuelle Aufgabe erhalten (Nacharbeit etc.).

Wir freuen uns auf ein erfolg- und lehrreiches Semester mit Ihnen!

9.2 Projektplanung

Projektplanung: PREN_1 / Gruppe 7

Gruppenmitglieder: Gander Simon, Ravinthiran Keerthigas, Armann Dominik Benjamin, Odermatt Marco, Blöcklidorf Merlin, Schnyder Lukas, Gilardi Alessandro

Aufgaben	Verantwortlich	Start	Ende	Status	SW1	SW2	SW3	SW4	SWS	SW6	SW7	SW8	SW9	SW10	SW11	SW12	SW13	SW14	KW1	KW2	KW3	KW4
					M	D	M	D	F	M	D	M	D	F	M	D	M	D	F	M	D	F
Elektronik Anforderungsliste Elektronik		29.09.2022	30.09.2022	fest																		
Mechanik Anforderungsliste Mechanik		29.09.2022	30.09.2022	fest																		
Informatik Anforderungsliste Informatik		29.09.2022	30.09.2022	fest																		
Allgemein Terminplan erstellen		29.09.2022	30.09.2022	fest																		
Elektronik Technologierecherche Elektronik		29.09.2022	07.10.2022	fest																		
Mechanik Technologierecherche Mechanik		29.09.2022	07.10.2022	fest																		
Informatik Technologierecherche Informatik		29.09.2022	07.10.2022	fest																		
Allgemein Zusammenfassen und vorbereiten der Anforderungsliste für Abgabe		06.10.2022	07.10.2022	fest																		
Allgemein Erstellen der Detail-Skizze für Abgabe		22.09.2022	29.09.2022	fest																		
Allgemein Zusammenfassen und vorbereiten der Technologierecherche für Abgabe		06.10.2022	07.10.2022	fest																		
Testat 1 Technologierescherche, Anforderungsliste, Detail-Skizzen, Zeitplan		07.10.2022	07.10.2022	fest																		
Elektronik Ermitteln von Lösungsvarianten Elektronik		10.10.2022	28.10.2022	fest																		
Mechanik Ermitteln von Lösungsvarianten Mechanik		10.10.2022	28.10.2022	fest																		
Informatik Ermitteln von Lösungsvarianten Informatik		10.10.2022	28.10.2022	fest																		
Elektronik Auswahl der besten Lösungsvarianten treffen und dokumentieren Elektronik		03.11.2022	04.11.2022	fest																		
Mechanik Auswahl der besten Lösungsvarianten treffen und dokumentieren Mechanik		03.11.2022	04.11.2022	fest																		
Informatik Auswahl der besten Lösungsvarianten treffen und dokumentieren Informatik		03.11.2022	04.11.2022	fest																		
Elektronik Risikomanagement für gewählte Lösungsvarianten erstellen Elektronik		24.10.2022	28.22.2022	fest																		
Mechanik Risikomanagement für gewählte Lösungsvarianten erstellen Mechanik		24.10.2022	28.22.2022	fest																		
Informatik Risikomanagement für gewählte Lösungsvarianten erstellen Informatik		24.10.2022	28.22.2022	fest																		
Allgemein Zusammenfassen des Risikomanagements für Dokumentation		03.11.2022	04.11.2022	fest																		
Allgemein Zusammenfassen der gewählten Lösungsvarianten für Testat und Dokumentation		07.11.2022	11.11.2022	fest																		
Allgemein Beschreibung des Evaluationsverfahrens erstellen für Testat und Dokumentation		07.11.2022	11.11.2022	fest																		
Testat 2 Evaluation, Auswahl der optimalen Lösungskombinationen		04.11.2022	04.11.2022	fest																		
Elektronik Fertigungspläne erstellen Elektronik		14.11.2022	18.11.2022	fest																		
Mechanik Fertigungspläne erstellen Mechanik		14.11.2022	02.12.2022	fest																		
Informatik Softwarekonzept erstellen		21.11.2022	02.12.2022	fest																		
Informatik Beginnen mit Entwicklung		21.11.2022	16.12.2022	fest																		
Elektronik Gesamtkonzept Elektronik für Dokumentation beschreiben		05.12.2022	16.12.2022	fest																		
Mechanik Gesamtkonzept Mechanik für Dokumentation beschreiben		05.12.2022	16.12.2022	fest																		
Informatik Gesamtkonzept Software für Dokumentation beschreiben		05.12.2022	16.12.2022	fest																		
Allgemein Dokumentation fertig zusammentragen und für Testatdokumentation fertigmachen		15.12.2022	16.12.2022	fest																		
Testat Freigabe des Gesamtkonzeptes, Dokumentation zu 80% erstellt		16.12.2022	16.12.2022	fest																		
Allgemein Dokumentation fertigstellen		19.12.2022	06.01.2023	fest																		
Allgemein Schlusspräsentation vorbereiten		19.12.2022	25.01.2023	fest																		
MEP Abgabe Dokumentation		06.01.2023	06.01.2023	fest															0	0		
MEP Abgabe Schlusspräsentation		25.01.2023	25.01.2023	fest															0	0		
MEP Schlusspräsentation halten		26.01.2023	26.01.2023	fest															0	0		
Ferien Weihnachtsferien genießen!!				fest																		

Meilenstein

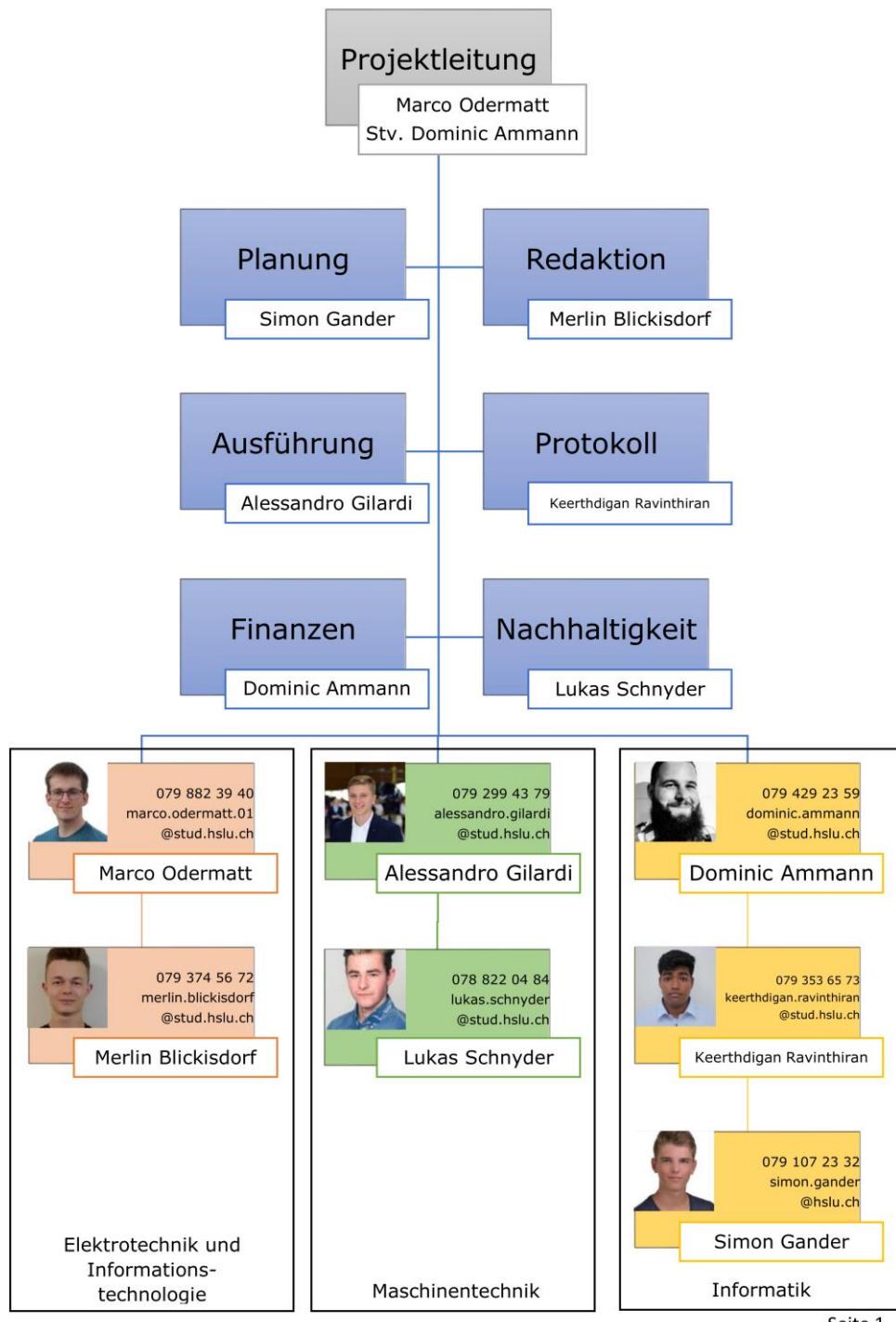


9.3 Organigramm

Projektmodul 1 - Team 07

Hochschule Luzern - T & A

Organigramm



Seite 1

9.4 Rollenverteilung

Projektmodul 1 - Team 07

Hochschule Luzern - T & A

Rollenverteilung

Mitglied	Rolle / Verantwortung / Aufgaben
Marco Odermatt Elektrotechnik & Informationstechnologie marco.odermatt.01@stud.hslu.ch	Projektleitung - Koordination des Teams - Kommunikation mit Dozenten
Merlin Blickisdorf Elektrotechnik & Informationstechnologie merlin.blickisdorf@stud.hslu.ch	Redaktion - Organigramm - Dokumentation - Recherche (Quellensammlung)
Alessandro Gilardi Maschinentechnik alessandro.gilardi@stud.hslu.ch	Ausführung - CAD - 3D-Druck - Laserteile
Lukas Schnyder Maschinentechnik lukas.schnyder@stud.hslu.ch	Ausführung - Projektplanung -
Dominic Ammann Informatik dominic.ammann@stud.hslu.ch	Stv. Projektleitung und Finanzen - Excelliste Finanzen und Aufwand
Keerthdigan Ravinthiran Informatik keerthdigan.ravinthiran@stud.hslu.ch	Protokoll - Anforderungsliste
Simon Gander Informatik simon.gander@hslu.ch	Planung - Trello ergänzen (Tasks machen) -

9.5 Anforderungsliste

Produktentwicklung 1 - Team 07

007-Cleaning, Mit der Lizenz zum Reinigen

Hochschule Luzern - Technik und Architektur / Informatik

				Anforderungsliste PREN Team 7		
				007-Cleaning, Mit der Lizenz zum Reinigen		
Nr.	F/M/W	Priorität	Komplexität	Anforderung	Zus. Infos/Beschreibung	Verantwortlich
1	Aufgabe					
1.1	M	3	3	Littering-Objekte aus Strand-/ Kiesbereich entfernen und korrekt ablegen		Team (M.Odermatt)
1.2	F	3	3	Gerät arbeitet autonom		Team (M.Odermatt)
1.4	M	2	3	Website stellt in Echtzeit den Vorschritt und Erfolg des Prozesses dar		Team (M.Odermatt)
2	Ausblick auf PREN 2					
2.1	F	1	1	Teilnahme am Wettbewerb im Sommer 2023	Zuverlässigkeit und Effizienz des Geräts werden getestet.	Team (M.Odermatt)
2.2	M	1	1	Analyse und Beschreibung des Life-Cycle-Design und Reflexion über die SDGs		Team (M.Odermatt)
3	Nachhaltigkeit					
3.1	M	2	2	Beziehung der Aufgabe zu den Nachhaltigkeitszielen (SDGs) 12 und 14 dokumentieren		L.Schnyder
4	Arbeitsplatz					
4.1	F	3	2	Teamfläche darf nicht verlassen werden	70 x 140 cm auf tischhöhe (Hälfte der quadratischen Grundfläche 140 x 140 cm).	Team (M.Odermatt)
4.2	F	3	2	Keine Behinderung des anderen Teams	Das Gerät muss auf die zugewiesene Seite bleiben.	Team (M.Odermatt)
4.3	F	3	1	Gerät im vorgesehenen Bereich (rechteckige Montagefläche) vor dem Start fixiert	Befestigungspunkte und Interface noch nicht spezifiziert.	A.Gilardi
4.4	F	3	1	Während dem Wettbewerb 2 m Schutzzone um Grundfläche herum nicht betretbar		Team (M.Odermatt)
5	Arbeitszone					
5.1	M	2	2	Abfall, Kies und Litterobjekte bleiben im Teambereich	Alle Objekte der Arbeitszone dürfen die Grundfläche des Teamsbereiches nicht verlassen.	Team (M.Odermatt)
5.2	W	3	3	Objekte unter dem Kies erkennen und sortieren	Circa 3-5 cm hohe Kiesbelag. Kiesgrösse: 5 bis 50 mm.	Team (M.Odermatt)
6	Ablage und Ablageprozess					
6.1	F	3	2	Ablageboxen Bestandteil des Aufsatzes	Die Ablageboxen müssen sich in der rechteckigen Montagefläche des Geräts befinden.	L.Schnyder
6.2	F	3	1	Anzahl Boxen: Mindestens 4, Position frei wählbar	Dimensionen: 102 x 170 x 77 mm (B x L x H) Blau = Zigaretten, Rot = Kronkorken, Gelb = PET-Deckel, Grün = andere Objekte (Wertsachen). Material aus PE oder ähnlichem Material sein (wie z.B. SILAFIX Sichtlagerkasten Grösse S)	Team (M.Odermatt)
7	Website mit Echtzeit-Daten					
7.1	W	3	3	Anzahl gesammelte Objekte in Echtzeit auf einer Website anzeigen		S.Gander
7.2	W	1	2	Persistente Datenspeicherung prüfen und optional umsetzen		K.Ravinthiran
7.3	F	3	1	Webservice betreiben, welcher eine oder mehrere Websites zur Verfügung stellt.	Eine Domain bereitstellen	D.Ammann
7.4	W	2	1	Fortschritt der Sortierung	Progress-Bar	S.Gander
7.5	M	2	2	Anzuzeigende Daten, Geräte-Status	Start-Stopp, Genauigkeit 1s, Zeit-Messung ab Start, Fehlermeldungen erkennen und anzeigen, Dienste, Backend, Team Name, Skizze des Arbeitsplatzes, Ablageposition, Responsive Webdesign für Smartphone, Tablets und Laptop).	K.Ravinthiran
7.6	F	3	2	Wird von Zuschauern, Dozierenden und Experten am Wettbewerb verwendet	200 Clients	D.Ammann
7.7	W	2	1	Sichere und stabile Datenübertragung	PING unter 200	S.Gander
7.8	M	2	1	Durch URL in der Form eines QR-Codes erreichbar		K.Ravinthiran
8	Gerät					

Seite 1

8.1	F	3	1	Das Gerät darf vor dem Start und nach dem Ende des Wettbewerbs die Montagevolumen nicht überragen	Dimensionen: 45 x 45 x 80 cm (B x L x H)	A.Gilardi
8.2	F	3	1	Gerät darf nicht aus der Schutzone über die ganze Zeit überragen	2m um Arbeitsfläche	Team (M.Odermatt)
8.3	F	3	2	Gerät darf eine Masse von 15 kg nicht überschreiten	<15kg	Team (M.Odermatt)
8.4	F	3	1	Betriebsspannungen können nicht mehr als 50 V überschreiten	Spannungsanschluss: 230 V	M.Odermatt
8.5	F	3	3	Gerät ist eine Eigenkonstruktion	Servos, Motoren, Kameras, usw. können eingekauft werden. Externe Webservices, server-Applikationen sind auch erlaubt.	Team (M.Odermatt)
8.6	W	2	1	Netzgeräte können auf dem Boden unterhalb der Grundfläche positioniert werden		M.Blickisdorf
8.7	F	3	1	Start des Geräts nur mit physikalischer Taster/Schalter bedienbar		M.Odermatt
8.8	M	2	3	Stopp Taster/Schalter für das Abstellen des Geräts	Das Gerät muss nachher komplett zurück in die Ursprungs-Start-Position zurückkehren.	Team (M.Odermatt)
8.9	F	3	1	Immer zugänglicher Not-Aus-Knopf	Alle mechanischen und elektronischen Prozesse müssen unterbrochen werden.	M.Blickisdorf
8.10	M	3	2	Schutz von Objekten und Personen gewährleistet	Die elektronische Geräte müssen durch Filter, Puffer,... Abgesichert sein.	M.Odermatt
9 Wettbewerbskriterien						
9.1	M	2	2	Fixierung und Bereitstellung des Geräts innerhalb 2 Minuten		A.Gilardi
9.2	W	1	3	Sammeln allen Gegenstände innerhalb 4 Minuten		Team (M.Odermatt)
9.3	M	2	2	Nach Betätigung des Stopp Schalter/Taster Gerät innerhalb 15 Sekunden im Ursprungposition		Team (M.Odermatt)
10 Materialien						
10.1	W	2	1	Beschaffung Einkaufsmaterial bei Conrad Electronic, Discrelec, Mädler oder Farnell	Falls nötig und mit Absprache des Dozenten kann das Material mit einer guten Begründung bei anderen Lieferanten beschafft werden	Team (M.Odermatt)
11 Kosten						
11.1	F	3	2	500.- zur Verfügung PREN 1&2	In PREN 1 nur 200.- brauchbar	Team (M.Odermatt)
11.2	M	2	2	Max. 25h Maschinenlaufzeit der 3D-Drucker		A.Gilardi
11.3	M	2	3	Max. 1h Maschinenlaufzeit des Lasergeräts		M.Odermatt
11.4	M	2	1	Max. 10 Arbeitsstudien des Werkstattpersonals Elektrotechnik		M.Blickisdorf
11.5	M	2	1	Max. 10 Arbeitsstudien des Werkstattpersonals Maschinentechnik		L.Schnyder

Erstellt durch:	Kunde (Dozent) einverstanden:	Version:	An. Seiten:
A.Gilardi:	R.Kamps:	1.0	2

Version	Änderung	Datum	Verantwortlich
1.0	Anforderungsliste erstellt	03/10/2022	A.Gilardi

9.6 Risikoanalyse

Risikoanalyse PREN Team 7						
Wahrscheinlichkeit, 1 = klein, 4 = hoch		Schadensausmass, 1 = klein, 4 = hoch				
Nr.	Risiken	Wahrscheinlichkeit 1-4	Schadensausmass 1-4	Ursache	Auswirkung	Massnahme
U1	Technische Probleme	3	3	<ul style="list-style-type: none"> - Datenverlust (OneDrive) - defekte Geräte (Notebook, Tablet) - Technologie funktioniert nicht so wie sich das Team das vorgestellt hat 	<ul style="list-style-type: none"> - Zeitverluste (doppelte Arbeiten nötig) - Änderung der Planung notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> - Sicherungen durchführen - viele Tests durchführen
U2	Probleme beim Testen	3	3	<ul style="list-style-type: none"> - falsches Material - falsche Bedingungen - Labor's sind ausgelastet 	<ul style="list-style-type: none"> - erneutes Durchführen der Tests 	<ul style="list-style-type: none"> - ESD-Schutz verwenden - Schutzkleinspannung einhalten
U3	Ausfälle/Defekte (Komponenten)	2	2	<ul style="list-style-type: none"> - Überlastung einzelner Komponenten - gelieferte Bauteile sind defekt 	<ul style="list-style-type: none"> - Neukauf der Komponenten verursacht zusätzliche Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> - vorsichtiger Umgang mit den Komponenten
U4	Ressourcenknappheit (Lieferengpässe)	2	3	<ul style="list-style-type: none"> - aktuelle Chipkrise (Raspberry Pi's sind praktisch nicht erhältlich) - höhere Stromkosten oder Stromausfälle führen zu teureren Preisen 	<ul style="list-style-type: none"> - Testen nicht möglich - Ausführen nicht möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - private Raspberry Pi's verwenden - früh genug bestellen

Produktentwicklung 1 - Team 07

007-Cleaning, Mit der Lizenz zum Reinigen

Hochschule Luzern - Technik und Architektur / Informatik

US	Falsche Dimensionierung (Grösse und Gewicht)	2	4	<ul style="list-style-type: none"> - einzelne Lösungen oder Bauteile sind zu gross oder zu schwer - Änderung der Komponentenwahl resultiert in höherem Gewicht 	<ul style="list-style-type: none"> - Disqualifizierung bei Wettbewerb 	<ul style="list-style-type: none"> - Gute Toleranzen
M1	Zeitmanagement	2	4	<ul style="list-style-type: none"> - Zeitüberzug - sich mit unwichtigem die Zeit versöhnen - Spätes Anfangen für Meilensteine 	<ul style="list-style-type: none"> - Testat wird nicht erteilt (Durchfall des Moduls) 	<ul style="list-style-type: none"> - Zeit frühzeitig einplanen - Arbeiten besprechen vor dem Anfangen
M2	Einhaltung des Budget's	2	3	<ul style="list-style-type: none"> - falsche Kalkulierung/Planung - defekte Bauteile müssen wieder eingekauft werden 	<ul style="list-style-type: none"> - private Kostenübernahme - bitteln bei den Dozenten - sanfte Anpassung der Zahlen 	<ul style="list-style-type: none"> - Budget Tabelle aktuell halten - Ausgaben im Team besprechen
M3	Koordination intern/extern	2	3	<ul style="list-style-type: none"> - In Auftrag gegebene Teile, mechanik, et-werkstat, laser, 3-D Drucker 	<ul style="list-style-type: none"> - doppelt durchgeführte Arbeiten - Mehrkosten 	<ul style="list-style-type: none"> - Rückfragen - Gut ersichtlich dimensionieren
M4	Projektplanung/führung	2	3	<ul style="list-style-type: none"> - Ungenaue Planung - Schlechte Aufgabenverteilung 	<ul style="list-style-type: none"> - ungenutzte Zeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Zeit in Management investieren
M5	Einhalten der Anforderungen	2	4	<ul style="list-style-type: none"> - Vorgaben/Limitierungen aus der Aufgabenstellung die eingehalten werden müssen 	<ul style="list-style-type: none"> - Disqualifizierung bei Wettbewerb 	<ul style="list-style-type: none"> - Gute Toleranzen
M6	Änderungen der Anforderungen	1	2	<ul style="list-style-type: none"> - Die Aufgabenstellung ändert 	<ul style="list-style-type: none"> - Mehraufwand - Neu berechnungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Anwalt vorbereiten
S1	Fehlende Motivation	3	2	<ul style="list-style-type: none"> - errare humanum est (Iren sind auch nur Menschen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbeit wird nicht übernommen 	<ul style="list-style-type: none"> - Süßigkeiten verteilen
S2	Ausfälle (Personal)	1	1	<ul style="list-style-type: none"> - Krankheit - Unfälle - Studienabbruch/wechsel 	<ul style="list-style-type: none"> - Weniger Arbeit kann erledigt werden - Arbeit muss übergeben werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbeit Dokumentieren - Apfel essen

Seite 2

Produktentwicklung 1 - Team 07

007-Cleaning, Mit der Lizenz zum Reinigen

Hochschule Luzern - Technik und Architektur / Informatik

S3	Fehlende Kommunikation	2	2	<ul style="list-style-type: none"> - Missverständniss - Nur Online-Meetings - Zu wenig Kommunikation 	<ul style="list-style-type: none"> - falsche Bestellungen - Fehlkalulation bei der Konstruktion - falsche Planung - falsches Erstellen von Dokumenten 	<ul style="list-style-type: none"> - Motivation zur Kommunikation - Mehr Möglichkeiten zur Kommunikation
S4	Unterschiedliche Erwartungen	1	1	<ul style="list-style-type: none"> - Unterschiedliche Vorzüge für Ideen 	<ul style="list-style-type: none"> - Unglückliches Team 	<ul style="list-style-type: none"> - Mehr Kommunizieren

Seite 3

9.7 Morphologischer Kasten

Kategorie	Teilfunktion	Teilbereich	Lösungsvarianten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10	Variante 11	Variante 12	Variante 13	Variante 14
E	Steuern		Raspberry Pi Arduino BECKHOFF (SPS)	Raspberry Pi Arduino BECKHOFF	Arduino BECKHOFF (SPS)	Tiny K22 FPGA	FPGA	Laptop	Smartphone	Mikrocontroller	Serverbaustein						
E	Kommunikation intern	I2C	CAN	Daisy-Chain	UART	Digital I/O	IOT										
E	Stromversorgung	Kernfusion	Kernspaltung	Hammerrad	Solarzellen	Akku	Steckdose		H ₂ -Brennstoffzelle								
E	Interface	Webbasiert	Remote Controlled	Kabelgebunden	Physikalischer Schalter												
I	Erkennen	Kamera	Farbsensor	Hallsensor	Lichtschranke	Distanzsensor	Waage	Infrarotsensor	Reflektion								
I	Anzeigen	Dashboard	Menu	Console	Animation												
I	Zählen	Waage	Kamera	Lichtschranke	Klang	Vereinzeler											
I	Server	Windows	Linux	Web Service													
I	Kommunikation Extern	GSM (SIM Karte)	Bluetooth	WLAN	Infrarot	Ethernet	USB		LoRa								
I	Webhosting	HSLU	Microsoft Azure	Amazon	Informatic	Google	Hostpoint		Eigenes Hosting (NAS)								
I	Daten-Speicherung	Cloud	Spreadsheet	SQL	NoSQL	Lokal	Arbeitspeicher	Lochkarte									
M	Aufheben	Saugen alles	Elektromagnet	Bagger schaufel	Mehr schalen greifer	Kehrmachine mit Borste	Fräser	Fluxkonzentration	Nagel/Nadelbrett	Klebstoff							
M	Trennen	Luftstrom	Magnet	Trommelsieb	Rüttelsieb	Wasserbad	Sprungbett	Luftimpuls	Sortierzylinder	Zentrifugalkräfteprinzip	Nagel/Nadelbrett	Fin-Ray sortieren	Fallküre				
M	Bewegen	Förderband	Luftstrom	Magnet	Gravitation	Auger (Förderschnecke)	Tiefe	Baggerarm	4-Achsen Arm	Rechen	Kran	Räder	Holzlatten	Mini Roboter	Rollen		
M	Zurücklegen (Kies)	Luftstrom	Rollen	Rutsche (Gravitation)	Plug (ausstoßen)	Katapult	Sprengen	Wasser (ausschwemmen)	Förderband	Schaufelrad							

9.8 Nutzwertanalyse, angepasste Gewichtung

Nutzwertanalyse

1=klein, 6=gross 1=hoch, 6=klein 1=viel, 6=wenig 1=klein, 6=gross 1=viel, 6=wenig 1=hoch, 6=klein

Angepasste Gewichtung

	Nr.	1	2	3	4	5	6	
Hauptfunktionen und Teillösungen	Gewichtung	25	20	5	25	10	15	100
Kriterium		Zuverlässigkeit	Komplexität	n Bauteile	Nutzen	Kosten	Risiko	Total
Steuern								
Raspberry Pi	Bewertung n Punkte	4 100	6 120	6 30	3 75	4 40	3 45	410
Mikrocontroller	Bewertung n Punkte	6 150	3 60	6 30	1 25	6 60	3 45	370
Kommunikation intern								
Digital I/O	Bewertung n Punkte	6 150	6 120	2 10	6 150	4 40	6 90	560
I2C Bus	Bewertung n Punkte	6 150	5 100	6 30	6 150	6 60	5 75	565
Stromversorgung								
Steckdose	Bewertung n Punkte	6 150	5 100	4 20	6 150	5 50	6 90	560
Akku	Bewertung n Punkte	4 100	4 80	3 15	6 150	3 30	4 60	435
Interface								
Webbasiert	Bewertung n Punkte	4 100	0 0	6 30	0 0	0 0	3 45	175
Remote Controlled	Bewertung n Punkte	3 75	4 80	5 25	2 50	5 50	3 45	325
Kabelgebunden (Schalter)	Bewertung n Punkte	6 150	6 120	4 20	6 150	6 60	6 90	590

Seite 1

Erkennen								
Kamera	Bewertung n Punkte	3 75	3 60	4 20	6 150	3 30	5 75	410
Farbsensor	Bewertung n Punkte	5 125	4 80	5 25	3 75	5 50	5 75	430
Anzeigen								
Dashboard	Bewertung n Punkte	5 125	4 80	6 30	5 125	6 60	5 75	495
Animation	Bewertung n Punkte	3 75	2 40	6 30	6 150	4 40	2 30	365
Zählen								
Kamera	Bewertung n Punkte	4 100	2 40	4 20	6 150	2 20	3 45	375
Lichtschranke	Bewertung n Punkte	6 150	5 100	5 25	3 75	5 50	5 75	475
Waage	Bewertung n Punkte	4 100	4 80	5 25	5 125	5 50	4 60	440
Vereinzelter	Bewertung n Punkte	3 75	6 120	5 25	4 100	6 60	4 60	440
Server								
Windows	Bewertung n Punkte	6 150	3 60	5 25	6 150	6 60	6 90	535
Linux	Bewertung n Punkte	6 150	3 60	5 25	6 150	6 60	4 60	505
Kommunikation Extern								
WLAN	Bewertung n Punkte	6 150	4 80	6 30	6 150	6 60	5 75	545
Bluetooth	Bewertung	4	4	5	6	6	4	

Seite 2

Produktentwicklung 1 - Team 07		007-Cleaning, Mit der Lizenz zum Reinigen						Hochschule Luzern - Technik und Architektur / Informatik
Beschreibung	n Punkte	100	80	25	150	60	60	475
Webhosting								
HSLU	Bewertung n Punkte	5 125	4 80	5 25	6 150	6 60	4 60	500
Google	Bewertung n Punkte	6 150	3 60	3 15	6 150	5 50	4 60	485
Aufheben								
Alles Saugen	Bewertung n Punkte	4 100	5 100	6 30	5 125	2 20	2 30	405
Kehrmaschine mit Bürste	Bewertung n Punkte	5 125	4 80	3 15	5 125	5 50	4 60	455
Elektromagnet	Bewertung n Punkte	5 125	5 100	5 25	2 50	2 20	5 75	395
Trennen								
Luftstrom (Zigarettenstummel)	Bewertung n Punkte	5 125	4 80	4 20	5 125	4 40	5 75	465
Magnet	Bewertung n Punkte	5 125	5 100	5 25	5 125	5 50	5 75	500
Trommelsieb	Bewertung n Punkte	6 150	4 80	5 25	5 125	4 40	5 75	495
Sortierzylinder	Bewertung n Punkte	4 100	4 80	3 15	5 125	4 40	4 60	420
Wasserbad	Bewertung n Punkte	6 150	3 60	3 15	5 125	5 50	4 60	460
Bewegen								
Förderband	Bewertung n Punkte	5 125	2 40	2 10	5 125	3 30	5 75	405
Saugen	Bewertung n Punkte	4 100	5 100	6 30	5 125	2 20	2 30	405

Seite 3

Produktentwicklung 1 - Team 07		007-Cleaning, Mit der Lizenz zum Reinigen						Hochschule Luzern - Technik und Architektur / Informatik
Beschreibung	n Punkte	4	3	3	4	2	3	340
Auger	Bewertung n Punkte	4 100	3 60	3 15	4 100	2 20	3 45	340
4-Achsen Arm	Bewertung n Punkte	3 75	1 20	1 5	4 100	2 20	2 30	250
Zurücklegen								
Rutsche (Gravitation)	Bewertung n Punkte	6 150	6 120	5 25	2 50	5 50	4 60	455
Pflug (Ausstossen)	Bewertung n Punkte	5 125	4 80	3 15	5 125	4 40	4 60	445

Seite 4

9.9 Nutzwertanalyse, gleichmässige Gewichtung

Nutzwertanalyse

1=klein, 6=gross 1=hoch, 6=klein 1=viel, 6=wenig 1=klein, 6=gross 1=viel, 6=wenig 1=hoch, 6=klein

Gleichmässige Gewichtung

Nr.	1	2	3	4	5	6		
Hauptfunktionen und Teillösungen	Gewichtung	16.66666667	16.66666667	16.66666667	16.66666667	16.66666667	16.66666667	100
Kriterium	Zuverlässigkeit	Komplexität	n Bauteile	Nutzen	Kosten	Risiko	Total	
Steuern								
Raspberry Pi	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	6 100	6 100	3 50	4 66.66666667	3 50	433.333333
Mikrocontroller	Bewertung n Punkte	6 100	3 50	6 100	1 16.66666667	6 100	3 50	416.666667
Kommunikation intern								
Digital I/O	Bewertung n Punkte	6 100	6 100	2 33.33333333	6 100	4 66.66666667	6 100	500
I2C Bus	Bewertung n Punkte	6 100	5 83.33333333	6 100	6 100	6 100	5 83.33333333	566.666667
Stromversorgung								
Steckdose	Bewertung n Punkte	6 100	5 83.33333333	4 66.66666667	6 100	5 83.33333333	6 100	533.333333
Akku	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	4 66.66666667	3 50	6 100	3 50	4 66.66666667	400
Interface								
Webbasiert	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	6 0	6 100	0 0	0 0	3 50	216.666667
Remote Controlled	Bewertung n Punkte	3 50	4 66.66666667	5 83.33333333	2 33.33333333	5 83.33333333	3 50	366.666667
Kabelgebunden (Schalter)	Bewertung n Punkte	6 100	6 100	4 66.66666667	6 100	6 100	6 100	566.666667

Seite 1

Erkennen								
Kamera	Bewertung n Punkte	3 50	3 50	4 66.66666667	6 100	3 50	5 83.33333333	400
Farbsensor	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	4 66.66666667	5 83.33333333	3 50	5 83.33333333	5 83.33333333	450
Anzeigen								
Dashboard	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	4 66.66666667	6 100	5 83.33333333	6 100	5 83.33333333	516.666667
Animation	Bewertung n Punkte	3 50	2 33.33333333	6 100	6 100	4 66.66666667	2 33.33333333	383.333333
Zählen								
Kamera	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	2 33.33333333	4 66.66666667	6 100	2 33.33333333	3 50	350
Lichtschranke	Bewertung n Punkte	6 100	5 83.33333333	5 83.33333333	3 50	5 83.33333333	5 83.33333333	483.333333
Waage	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	4 66.66666667	5 83.33333333	5 83.33333333	5 83.33333333	4 66.66666667	450
Vereinzelter	Bewertung n Punkte	3 50	6 100	5 83.33333333	4 66.66666667	6 100	4 66.66666667	466.666667
Server								
Windows	Bewertung n Punkte	6 100	3 50	5 83.33333333	6 100	6 100	6 100	533.333333
Linux	Bewertung n Punkte	6 100	3 50	5 83.33333333	6 100	6 100	4 66.66666667	500
Kommunikation Extern								
WLAN	Bewertung n Punkte	6 100	4 66.66666667	6 100	6 100	5 100	5 83.33333333	550
Bluetooth	Bewertung	4	4	5	6	6	4	

Seite 2

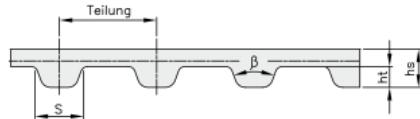
Produktentwicklung 1 - Team 07		007-Cleaning, Mit der Lizenz zum Reinigen						Hochschule Luzern - Technik und Architektur / Informatik
Begriff	n Punkte	66.66666667	66.66666667	83.33333333	100	100	66.66666667	483.333333
Webhosting								
HSLU	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	4 66.66666667	5 83.33333333	6 100	6 100	4 66.66666667	500 500
Google	Bewertung n Punkte	6 100	3 50	3 50	6 100	5 83.33333333	4 66.66666667	450 450
Aufheben								
Alles Saugen	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	5 83.33333333	6 100	5 83.33333333	2 33.33333333	2 33.33333333	400 400
Kehrmaschine mit Bürste	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	4 66.66666667	3 50	5 83.33333333	5 83.33333333	4 66.66666667	433.333333 433.333333
Elektromagnet	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	5 83.33333333	5 83.33333333	2 33.33333333	2 33.33333333	5 83.33333333	400 400
Trennen								
Luftstrom (Zigarettenstummel)	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	4 66.66666667	4 66.66666667	5 83.33333333	4 66.66666667	5 83.33333333	450 450
Magnet	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	5 83.33333333	5 83.33333333	5 83.33333333	5 83.33333333	5 83.33333333	500 500
Trommelsieb	Bewertung n Punkte	6 100	4 66.66666667	5 83.33333333	5 83.33333333	4 66.66666667	5 83.33333333	483.333333 483.333333
Sortierzylinder	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	4 66.66666667	3 50	5 83.33333333	4 66.66666667	4 66.66666667	400 400
Wasserbad	Bewertung n Punkte	6 100	3 50	3 50	5 83.33333333	5 83.33333333	4 66.66666667	433.333333 433.333333
Bewegen								
Förderband	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	2 33.33333333	2 33.33333333	5 83.33333333	3 50	5 83.33333333	366.666667 366.666667
Saugen	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	5 83.33333333	6 100	5 83.33333333	2 33.33333333	2 33.33333333	400 400

Seite 3

Produktentwicklung 1 - Team 07		007-Cleaning, Mit der Lizenz zum Reinigen						Hochschule Luzern - Technik und Architektur / Informatik
Begriff	n Punkte	4 66.66666667	3 50	3 50	4 66.66666667	2 33.33333333	3 50	316.666667
Auger	Bewertung n Punkte	4 66.66666667	3 50	3 50	4 66.66666667	2 33.33333333	3 50	316.666667
4-Achsen Arm	Bewertung n Punkte	3 50	1 16.66666667	1 16.66666667	4 66.66666667	2 33.33333333	2 33.33333333	216.666667
Zurücklegen								
Rutsche (Gravitation)	Bewertung n Punkte	6 100	6 100	5 83.33333333	2 33.33333333	5 83.33333333	4 66.66666667	466.666667 466.666667
Pflug (Ausstoßen)	Bewertung n Punkte	5 83.33333333	4 66.66666667	3 50	5 83.33333333	4 66.66666667	4 66.66666667	416.666667

Seite 4

9.10 Diverse Datenblätter



Werkstoff: Neopren mit Fiberglaseinlagen

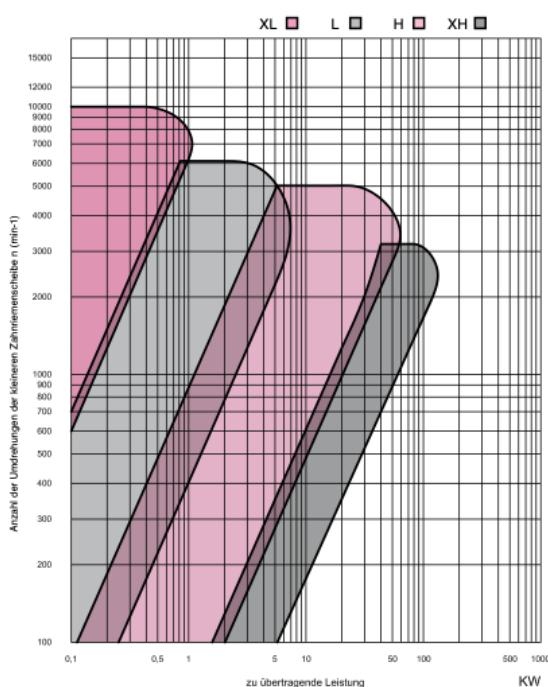
ABMESSUNGEN UND TOLERANZEN DER DICKE

Typ	Teilung mm	hs mm	Tol. mm	ht mm	S mm	β Grad
XL	5.080	2,3	$\pm 0,20$	1,27	2,57	50
L	9.525	3,6	$\pm 0,25$	1,91	4,65	40
H	12.700	4,3	$\pm 0,25$	2,29	6,12	40
XH	22.225	11,2	$\pm 0,65$	6,35	12,57	40

BREITENTOLERANZEN

Nennlänge in 1/10 eines Zolls	in mm	Breitentoleranz auf Teilungslänge		
		bis 838,2 mm	> 838,2 bis 1676,4 mm	> 1676,4 mm
0,12-0,37	3,0-9,5	+0,5 - 0,8	-	-
> 037-150	> 9,5-38,1	+0,8 - 0,8	+0,8 - 1,3	+0,8 - 1,3
> 150-200	> 38,1-50,8	+0,8 - 1,3	+1,3 - 1,3	+1,3 - 1,5
> 200-300	> 50,8-76,2	+1,3 - 1,5	+1,5 - 1,5	+1,5 - 2,0

AUSWAHLTABELLE RIEMENTEILUNG



218

LÄNGENTOLERANZEN

Wirklänge in 1/10 eines Zolls	in mm	Toleranz mm
< 36	< 91,4	$\pm 0,15$
> 36-100	> 91,4-254,0	$\pm 0,20$
> 100-150	> 254,0-381,0	$\pm 0,23$
> 150-200	> 381,0-508,0	$\pm 0,25$
> 200-300	> 508,0-762,0	$\pm 0,30$
> 300-390	> 762,0-990,6	$\pm 0,33$
> 390-480	> 990,6-1219,2	$\pm 0,38$
> 480-600	> 1219,2-1524,0	$\pm 0,40$
> 600-700	> 1524,0-1778,0	$\pm 0,43$
> 700-800	> 1778,0-2032,0	$\pm 0,45$
> 800-900	> 2032,0-2286,0	$\pm 0,48$
> 900-1000	> 2286,0-2540,0	$\pm 0,50$
> 1000-1100	> 2540,0-2794,0	$\pm 0,53$
> 1100-1200	> 2794,0-3048,0	$\pm 0,55$
> 1200-1260	> 3048,0-3200,4	$\pm 0,58$
> 1260-1400	> 3200,4-3556,0	$\pm 0,60$
> 1400-1600	> 3556,0-4064,0	$\pm 0,65$
> 1600-1700	> 4064,0-4318,0	$\pm 0,68$
> 1700-1800	> 4318,0-4572,0	$\pm 0,70$

**ZAHNRIEMEN – ISO 5296**

XL Teilung 1/5" (5,080 mm)
Werkstoff: Neopren

code	Zähnezahl	Nennlänge Zoll	Nennlänge mm
60 XL	30	6,00	152,40
70 XL	35	7,00	177,80
80 XL	40	8,00	203,20
90 XL	45	9,00	228,60
100 XL	50	10,00	254,00
102 XL	51	10,20	259,08
106 XL	53	10,60	269,24
108 XL	54	10,80	274,32
110 XL	55	11,00	279,40
116 XL	58	11,60	294,64
120 XL	60	12,00	304,80
130 XL	65	13,00	330,20
140 XL	70	14,00	355,60
148 XL	74	14,80	375,92
150 XL	75	15,00	381,00
160 XL	80	16,00	406,40
170 XL	85	17,00	431,80
180 XL	90	18,00	457,20
190 XL	95	19,00	482,60
200 XL	100	20,00	508,00
210 XL	105	21,00	533,40
220 XL	110	22,00	558,80
230 XL	115	23,00	584,20
240 XL	120	24,00	609,60
250 XL	125	25,00	635,00
260 XL	130	26,00	660,40
270 XL	135	27,00	685,80
280 XL	140	28,00	711,20
290 XL	145	29,00	736,60
300 XL	150	30,00	762,00
316 XL	158	31,60	802,64
330 XL	165	33,00	838,20
344 XL	172	34,40	873,76
380 XL	190	38,00	965,20

L Teilung 3/8" (9,525 mm)
Werkstoff: Neopren

code	Zähnezahl	Nennlänge Zoll	Nennlänge mm
124 L	33	12,37	314,33
150 L	40	15,00	381,00
187 L	50	18,75	476,25
210 L	56	21,00	533,40
225 L	60	22,50	571,50
240 L	64	24,00	609,60
255 L	68	25,50	647,70
270 L	72	27,00	685,80
285 L	76	28,50	723,90
300 L	80	30,00	762,00
322 L	86	32,25	819,15
345 L	92	34,50	876,20
367 L	98	36,75	933,45
390 L	104	39,00	990,60
420 L	112	42,00	1066,80
450 L	120	45,00	1143,00
480 L	128	48,00	1219,20
510 L	136	51,00	1295,40
540 L	144	54,00	1371,60
600 L	160	60,00	1524,00

code	Riemenbreite	
	Zoll	mm
XL 025	1/4"	6,35
XL 031	5/16"	7,94
XL 037	3/8"	9,52

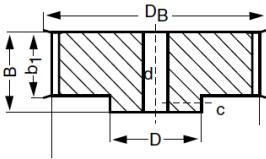
code	Riemenbreite	
	Zoll	mm
L 050	1/2"	12,70
L 075	3/4"	19,05
L 100	1"	25,40

15 Zahnriemenscheiben

Material: Aluminium mit beidseitigen Deckscheiben. Zahnteilung

5,08 mm/0,2 Zoll (1/5). Abmessungen in mm. Die Zahnriemenscheiben mit den Größen 40 Z, 52 Z und 60 Z werden ohne Boardscheiben geliefert !

15



Best.-Nr.	Zähnezahl	DB	d	D	B	b1
22 61 06-04	10	24	6	9,5	20	14
22 60 17-04	15	28	6	16	20	14
22 60 33-04	20	38	8	24	22	14
22 60 25-04	25	45	8	27	22	14
22 60 41-04	30	54	8	35	22	14
22 60 42-04	35	57	8	38	25	14
22 60 43-04	40	65	8	45	25	14
22 60 44-04	52	84	10	45	25	14
22 60 45-04	60	97	10	45	25	14

正齒輪 (Spur gear)

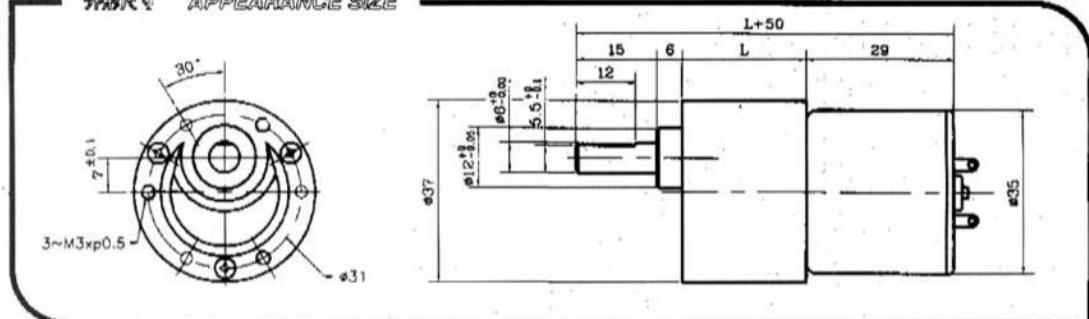
**RB-35C
GEARED MOTOR
SERIES**

RB-35GM
01 TYPE

REDUCTION RATIO	L	REDUCTION RATIO	L
1/6~1/10	19.5	1/120~1/300	27
1/18~1/30	22	1/350~1/1000	29.5
1/36~1/100	24.5	1/1500~1/3000	32



外觀尺寸 APPEARANCE SIZE



GEARED MOTOR TORQUE/SPEED

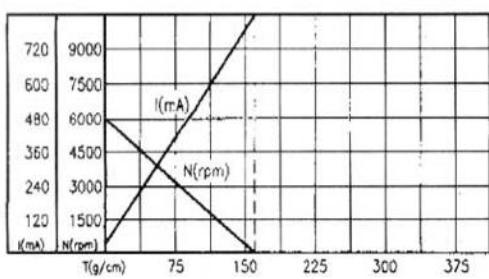
馬達單體型式

MOTOR INSTALLATION

定格電壓 Rated volt (V)	定格扭力 Rated torque (g·cm)	定格回轉數 Rated speed (rpm)	定格電流 Rated current (mA)	無負荷回轉數 No load speed (rpm)	無負荷電流 No load current (mA)	定格出力 Rated output (W)
12	35	4650	210	6000	380	2.2

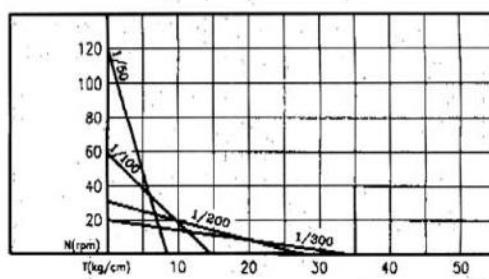
第3單體特性圖

MOTOR CHARACTERISTICS



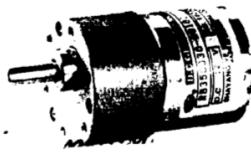
體驗箱馬達特性圖

GEARED MOTOR CHARACTERISTICS



RB-35 Getriebemotor

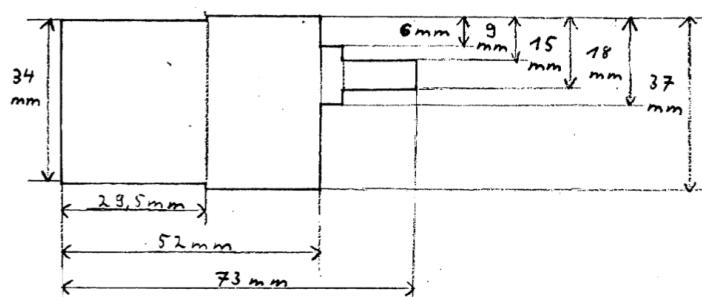
Hervorragend verarbeitet, hohe Widerstandsfähig, leise, klein und dennoch mit hohem Wirkungsgrad. Die Ein- und Ausgangswellen sind versetzt.



Technische Daten: Nenn- /Arbeitsspannung 12 V, Motoren-Ø 34 mm, Gebiete-Ø 37 mm Welle-Ø 6 mm.

Best.-Nr.	Untersetz	Leerlauf-drehzahl	Leistungs-aufnahme	max. Dreh-moment	Länge o.	Länge mit
227544-4B	1 : 30	200 UpM	1,25 W	60 Ncm (6 kg x cm)	52 mm	73 mm
227552-4B	1 : 50	120 UpM	1,22 W	90 Ncm (9 kg x cm)	55 mm	75 mm
227560-4B	1 : 100	59 UpM	1,23 W	180 Ncm (18 kg x cm)	54 mm	76 mm
227579-4B	1 : 200	31 UpM	1,10 W	180 Ncm (18 kg x cm)	57 mm	78 mm

22 75 44



12/31/22, 10:38 AM

EDF Ducted Fan Freewing 90mm + 6s Motor 1450Kv - TURBINES RC



Home > EDF Ducted Fan > EDF by brand > Freewing > EDF Ducted Fan Freewing 90mm + 6s Motor 1450Kv



EDF Ducted Fan Freewing 90mm + 6s Motor 1450Kv

Reference: FW-FWE721 Condition: New product Brand: Freewing

Combo 90mm / 12 pales / 1450Kv (outrunner) / 6S / 413g
> 6S (22.2V) : 87A / 3.0kg (approx) / 1930W

This product is no longer in stock

your@email.com

Notify me when available

By buying this product you can collect up to 132 points . Your cart will total 132 points that can be converted into a voucher of 2,64 € .

132,50 €

12/31/22, 10:38 AM

EDF Ducted Fan Freewing 90mm + 6s Motor 1450Kv - TURBINES RC



DATA SHEET

Length (mm):	90.5 mm
Weight (gr):	413 gr
EDF thrust (categorization)	2-3kg, 3-4kg
Direction of Rotation (EDF Rotor)	Classic Counter Clock Wize (CCW)
EDF Diameter Class (mm):	90
EDF Outside Diameter (mm):	93 mm
Rotor Diameter (mm):	90 mm
Blades:	12
Stators:	8
Turbine shroud	Metal
EDF Rotor	Synthetic
Turns/min/Volt (Kv):	1450 Kv
Motor Type:	Out-Runner

<https://www.turbines-rc.com/en/freewing/1650-edf-ducted-fan-freewing-90mm-6s-motor-1450kv.html>

2/4

12/31/22, 10:38 AM

EDF Ducted Fan Freewing 90mm + 6s Motor 1450Kv - TURBINES RC

Motor Diameter (mm):	37 mm
Battery Cells:	6s - 22.2v
Connection:	PK 4mm

MORE INFO

EDF Ducted Fan Freewing 90mm + 6s Motor 1450Kv

Can be for instance used with the Freewing Stinger 90mm EDF Jet. The motor and fan unit comes assembled and balanced from the factory.

Measures

Description / LiPo	6s (22.2v)
--------------------	------------

Thrust:	3.0 kg
---------	--------

Current:	87 A
----------	------

Power:	1930 W
--------	--------

Recommended ESC:	110 A / LV
------------------	------------

Min recommended battery:	3500mAh 40C
--------------------------	-------------

About the above measures : they have been read on the test bench with the intake lip on the unit. The measures have been made using a bench stabilized power source. Results may change depending upon your equipment and situation. The controller should be chosen 2% over rated due to the long lasting load.

LV = low voltage controller up to 6s, HV = high voltage controller above 6s.
Battery should be chosen about 15/ - 1/20 of the max current for 4-3 minutes WOT. 30-40 C is appropriate.

Operating the motor outside of the specifications listed above can either damage the motor, battery or esc. It is important that these components are set up properly. Failure to do so can void the warranty. It is strongly encouraged to use a Watt Meter to test the watt and amp performance when setting up a new system. If the output is above the factory recommended specs, then it needs to be adjusted by the esc. The timing and pulse settings on the esc can help to set the appropriate levels.

12/31/22, 10:38 AM

EDF Ducted Fan Freewing 90mm + 6s Motor 1450Kv - TURBINES RC

Specifications

- Rotor Blade Material: Nylon Composite with injected fiber
- Outer Diameter: 93mm
- Length: 90.5mm
- Weight: 413g
- Rotor: 90mm 12 Blade Normal
- Spinner: Aluminium Spinner
- Motor: 3748 1450Kv Outrunner motor (Installed)
- Working Voltage: 6s 22.2v
- Static Thrust: Around 3.0kg (87A)
- Connections: Banana / PK 4mm (in place)

Content

- 1x EDF Ducted Fan Freewing 90mm + 6s Motor 1450Kv

REVIEWS

No customer reviews for the moment.

CONTACT US

Turbines RC, 5 rue Jean Carbon 52400 Bourbonne les Bains France
Tel +33 (0)3 10 37 02 01



1/2/23, 12:15 PM

RTR Impeller DF69 mit Himax A 2825-3600 Multiplex 332570 / MPX332570



RTR Impeller DF69 mit Himax A 2825-3600 Multiplex 332570

Art.Nr.: MPX332570

RTR Impeller DF69 mit Himax A 2825-3600 Multiplex 332570

PREIS:

31,85 EUR

inkl. 19 % MwSt. zzgl. Versandkosten



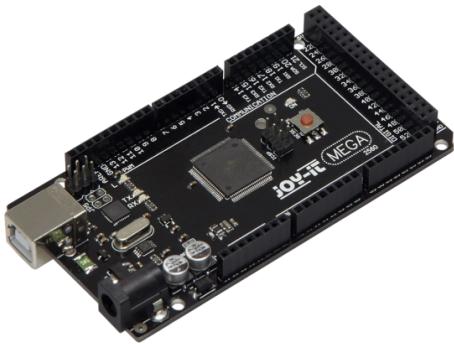
<https://www.hobbydirekt.de/sonstiges/sonstiges/RTR-Impeller-DF69-mit-Himax-A-2825-3600-Multiplex-332570::111345.html>

1/1



ARD-MEGA2560R3

Joy-IT Mega2560R3 - Mega2560R3 Board (Arduino-kompatibel)



HAUPTMERKMALE

Mikrocontroller	ATmega2560
Digitale Pins	54 (14 mit PWM)
Analoge Pins	16
Eingangs Spannung	7 - 12 V

WEITERE BESONDERHEITEN

Speicher	256 kB (8 kB für Bootloader)
SRAM	8 kB
EEPROM	4 kB
Taktfrequenz	16MHz

WEITERE DETAILS

Abmessungen (T x B)	101 x 53 mm
Lieferumfang	ATmega2560 Entwicklungsboard, USB-Kable
Gewicht	62 g
Artikelnummer	ARD-Mega2560R3
EAN	4250236812366
Zolltarif Nummer	8473302000

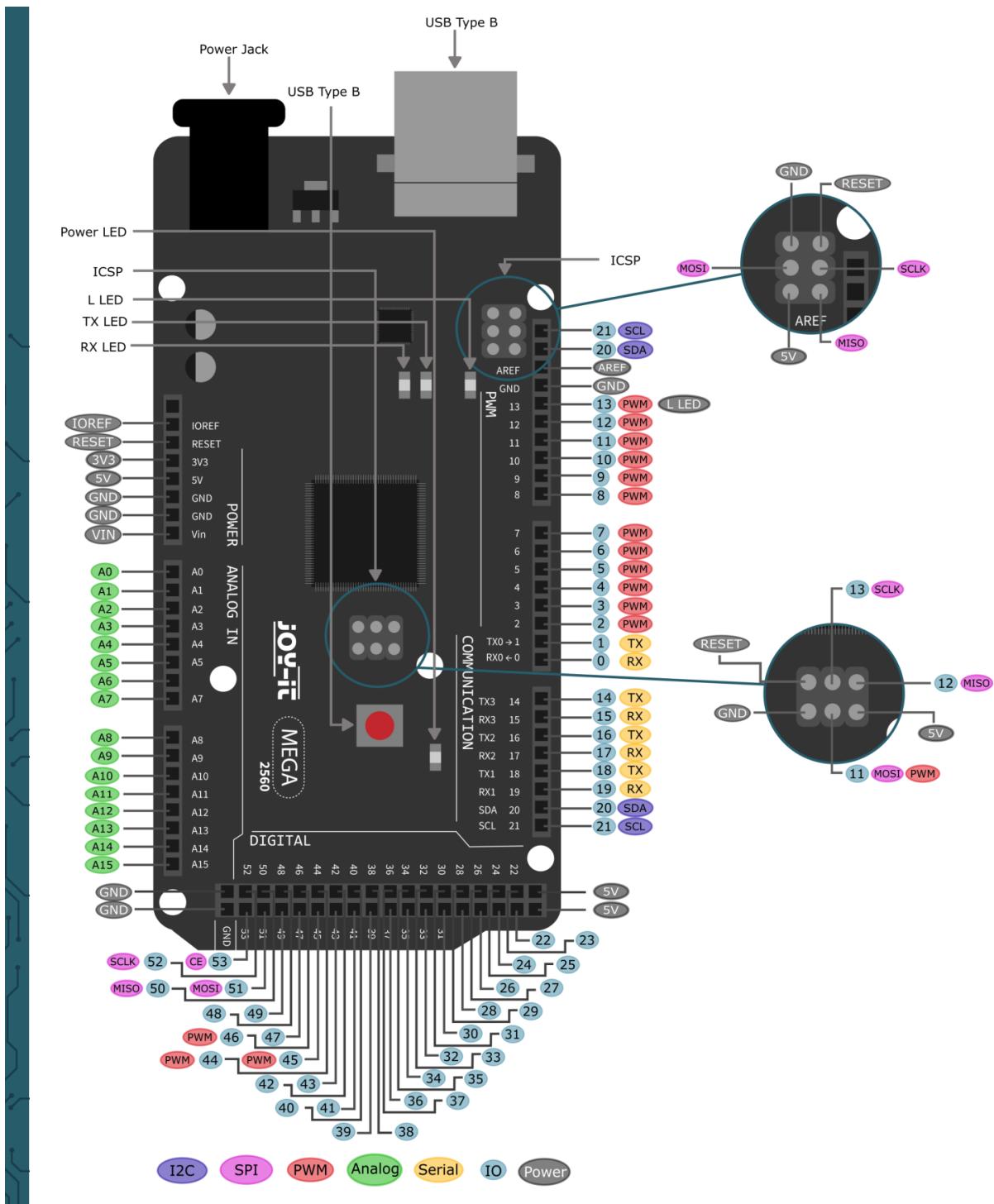
Das Mega Board ist das richtige Mikrocontroller-Board für alle, die schnell und einfach in die Welt der Programmierung einsteigen wollen.

Sein ATmega2560 Mikrocontroller bietet Ihnen genügend Leistung für Ihre Ideen und Projekte. Es misst 101,52 mm x 53,3 mm und hat mit 54 digitalen Ein- und Ausgängen und 16 analogen Eingängen viele Anschlussmöglichkeiten.

Das Mega2560 Board hat einen USB Typ B Anschluss, so dass Sie es schnell und einfach mit der bekannten Arduino IDE Programmierumgebung programmieren können.

Der Joy-IT Mega2560 mit den Stecksystemen und Schaltungen kann sowohl über den USB-Anschluss als auch alternativ über einen eigenen Stromanschluss mit Strom versorgt werden.

HINWEIS: Das MEGA2560 Board ist ein Arduino-kompatibler Mikrocontroller mit Original-Chip, aber kein Original-Arduino -Produkt!



Published: 08.09.2022

www.joy-it.netSIMAC Electronics GmbH
Pascalstr. 8, 47506 Neukirchen-Vluyn



NEMA17-03

Bipolar Stepper Motor



This stepper motor can be optimally used for tasks in the areas of Automation, CNC (f. e. engraving lasers, 3D printers, milling machines, etc.), or robotic. The compact design and the low weight predestine this stepper motor for projects with low building space or weight capacity.

KEY FEATURES

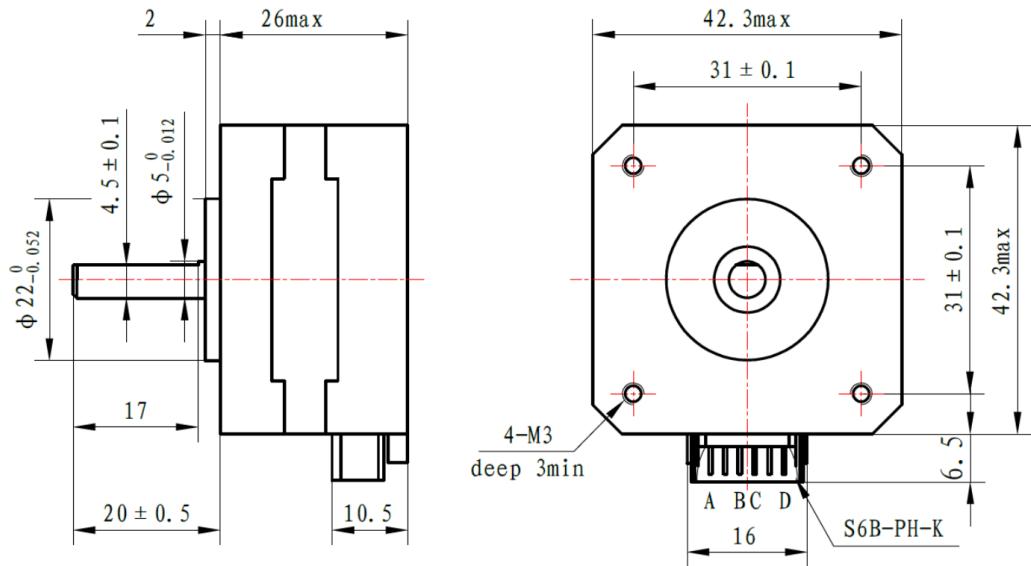
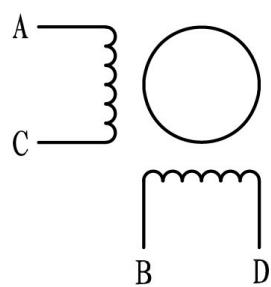
Shaft diameter	Ø 5 x 18 mm (single shaft)
Specification	42SHD0513-20
Connection	6-pol connector (JST), 4
Steps per revolution	200
Dimensions	42 x 42 x 27 mm
Items delivered	NEMA17-03 stepper motor

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Holding Torque	0.2 Nm
Rated Voltage	5 V
Rated Current	1.2 A
Step Angle	1.8 °
Amount of Phases	2
Phase Resistance	4.2 Ω
Phase Inductivity	5.6 mH
Isolation resistance	Min. 100MΩ at 500 V DC
Isolation class	B (130°)
Rotational inertia	38 g·cm²
Detent torque	0,012 Nm
Operating Temperature	-10°C - 50°C

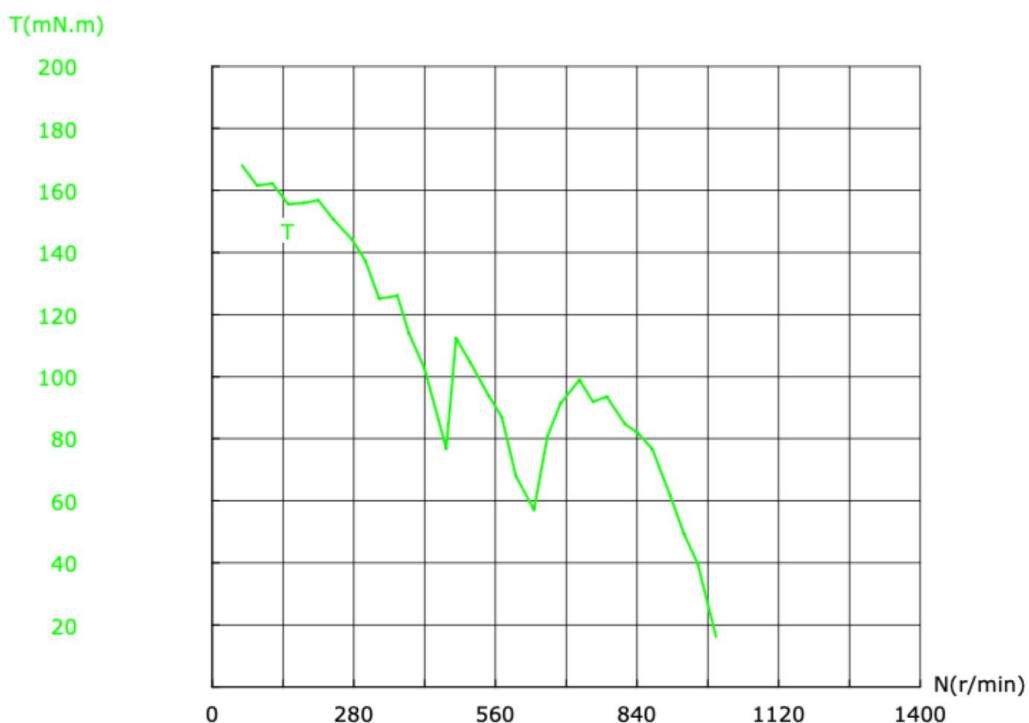
FURTHER DETAILS

Article No.	NEMA17-03
EAN	4250236818764
Customs Tariff No.	8501109990

DRAWING**WIRING**

TORQUE DIAGRAM**DRIVER SETTINGS**

Voltage 24,72 V



MAX. EFFICIENCY		MAX. TORQUE		MAX. POWER	
Efficiency	57,0 %	Torque	168,1 mNm	Torque	93,6 mNm
Torque	81,7 mNm	Current	0,418 A	Current	0,562 A
Current	0,529 A	Speed	59 min ⁻¹	Speed	780 min ⁻¹
Speed	843 min ⁻¹	Output power	1,039 W	Output power	7,642 W
Output power	7,214 W				

Published: 27.10.2021

www.joy-it.netSIMAC Electronics GmbH,
Pascalstr. 8, 47506 Neukirchen-Vluyn

PoStep25-256 user's manual v1.0

November 17, 2022



PoStep25-256 user's manual v1.0



Please read the following notes

1. All information included in this document is current as of the date this document is issued. Such information, however, is subject to change without any prior notice.
2. PoLabs does not assume any liability for infringement of patents, copyrights, or other intellectual property rights of third parties by or arising from the use of PoLabs products or technical information described in this document. No license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any patents, copyrights or other intellectual property rights of PoLabs or others. PoLabs claims the copyright of, and retains the rights to, all material (software, documents, etc.) contained in this release. You may copy and distribute the entire release in its original state but must not copy individual items within the release other than for backup purposes.
3. Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided only to illustrate the operation of the products and application examples. You are fully responsible for the incorporation of these circuits, software, and information in the design of your equipment. PoLabs assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
4. PoLabs has used reasonable care in preparing the information included in this document, but PoLabs does not warrant that such information is error free. PoLabs assumes no liability whatsoever for any damages incurred by you resulting from errors in or omissions from the information included herein.
5. PoLabs devices may be used in equipment that does not impose a threat to human life in case of the malfunctioning, such as: computer interfaces, office equipment, communications equipment, test and measurement equipment, audio and visual equipment, home electronic appliances, machine tools, personal electronic equipment, and industrial robots.
6. Measures such as fail-safe function and redundant design should be taken to ensure reliability and safety when PoLabs devices are used for or in connection with equipment that requires higher reliability, for example: traffic control systems, anti-disaster systems, anticrime systems, safety equipment, medical equipment not specifically designed for life support, and other similar applications.
7. PoLabs devices shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety, as for example: aircraft systems, aerospace equipment, nuclear reactor control systems, medical equipment or systems for life support (e.g. artificial life support devices or systems), and any other applications or purposes that pose a direct threat to human life.
8. You should use the PoLabs products described in this document within the range specified by PoLabs, especially with respect to the maximum rating, operating supply voltage range and other product characteristics. PoLabs shall have no liability for malfunctions or damages arising out of the use of PoLabs products beyond such specified ranges.
9. Although PoLabs endeavors to improve the quality and reliability of its products, semiconductor products have specific characteristics such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Further, PoLabs products are not subject to radiation resistance design. Please be sure to implement safety measures to guard them against the possibility of physical injury, and injury or damage caused by fire in the event of the failure of a PoLabs product, such as safety design for hardware and software including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other appropriate measures.
10. Usage: the software in this release is for use only with PoLabs products or with data collected using PoLabs products.
11. Fitness for purpose: no two applications are the same, so PoLabs cannot guarantee that its equipment or software is suitable for a given application. It is therefore the user's responsibility to ensure that the product is suitable for the user's application.
12. Viruses: this software was continuously monitored for viruses during production, however the user is responsible for virus checking the software once it is installed.
13. Upgrades: we provide upgrades, free of charge, from our web site at www.poscope.com. We reserve the right to charge for updates or replacements sent out on physical media.
14. Please contact a PoLabs support for details as to environmental matters such as the environmental compatibility of each PoLabs product. Please use PoLabs products in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. PoLabs assumes no liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
15. Please contact a PoLabs support at support.poscope.com if you have any questions regarding the information contained in this document or PoLabs products, or if you have any other inquiries.
16. The licensee agrees to allow access to this software only to persons who have been informed of and agree to abide by these conditions.
17. Trademarks: Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation. PoKeys, PoKeys55, PoKeys56U, PoKeys56E, PoKeys57U, PoKeys57E, PoKeys57CNC, PoScope, PoLabs, PlasmaSens and others are internationally registered trademark

PoStep25-256 user's manual v1.0

November 17, 2022

PoStep25-256 user's manual

Description	3
PoStep25-256 features.....	3
Smooth tune control	3
Board use requirements.....	3
LEDs description	4
Connection and setting	4
10 pin IDC connector pinout	4
Microstepping settings.....	4
1. Microstepping setting – jumpers	5
Power dissipation	5
Motor connections	6
Layout.....	6
Grant of license	7

Description

The PoStep25-256 is a high-performance, cost-effective stepping motor driver to implement intelligent stepping motor control – Smooth tune. The driver incorporates an advanced architecture and surface mount technology to archive an exceptional power density.

PoStep25-256 features

- 0.5 to 2.5 Amps Phase Current,
- Simple current setting with jumper,
- Compatible with 4, 6 and 8 wire stepper motors of any voltage,
- +9 VDC to +30 VDC Power Supply,
- Reverse supply voltage protection,
- 1, 2, 4, 8, 16, 32, 128 and 256 Micro-steps per Step,
- 500 kHz Max Step Rate
- 3.3 V and 5 V logic compatible inputs,
- 0°C to 70°C operating temperature,
- LED power, Error and Enable Indicators,
- Small size 48 mm X 48 mm,
- Smoother and silently movement of stepper motor,
- Improved torque,
- Protection Features:
 - Overcurrent protection,
 - Open Load detection,
 - Thermal Shutdown,
 - Fault Condition Output,
 - Undervoltage Lockout.

Smooth tune control

The Smooth tune control - is a largest advantage of PoStep25-256 in front of others drivers on market. Intelligent stepper motor control, increasing stepper motor efficiency and system performance, eliminate motor noise at low speeds and at standby. Making the control precise.

Board use requirements

Step, direction and enable inputs. 9-30 VDC power supply, connected bipolar stepper motor **before** applying power. Do not connect or disconnect a motor while the driver is energized. This could cause permanent damage to the driver.

LEDs description

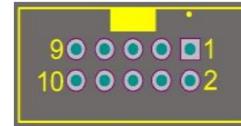
- PWR (green) when power is applied. It must be illuminated.
- ENBL (green) – Enable. It must be illuminated.
- ERR (red) – Error. It is illuminated on these errors: Overtemperature, Overcurrent. Controller must cool down or short circuit must be illuminated. After that Switch power down.

Connection and setting

1. Mount the PoStep to the stable surface. If PoStep25-256 will be mounted to metal surface, please isolate it.
2. Set micro stepping jumper to required micro stepping multiplier according to table on the backside of the driver.
3. Put current limit jumper to required position: 0.5 A, 1 A, 1.5 A, 2 A or 2.5 A.
4. Connect step, direction, enable and GND to PoStep25-256
5. Connect motor. Use thick wires, at least 1mm² or more.
6. Connect power supply. Use thick (at least 1mm²) and as short as possible wires. Connect each motor driver directly to power supply with + and GND.

10 pin IDC connector pinout

Pin	Function
1	Enable (1=enable, 0=disable)
3	Direction
5	Step
7	Error (from PoStep to controller)
2, 4, 6, 8, 10	GND
9	Not connected



Microstepping settings

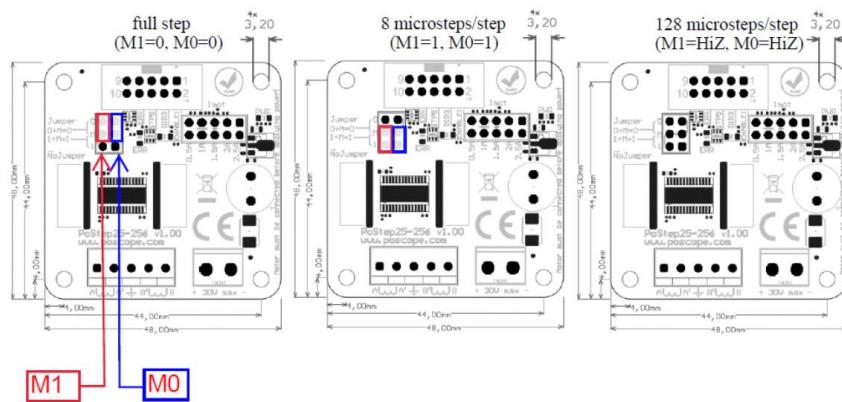
PoStep25-256 can be set to full step, half step and up to 256 microstepping.

M0	M1	STEP
0	0	Full step
1	0	½ Non circular
HiZ	0	½
0	1	¼
1	1	8 microsteps/step
HiZ	1	16 microsteps/step
0	HiZ	32 microsteps/step
HiZ	HiZ	128 microsteps/step
1	HiZ	256 microsteps/step

Microsteps per full-step	Incremental holding torque per microstep
1	100%
2	70.71%
4	38.27%
8	19.51%
16	9.80%
32	4.91%
64	2.45%
128	1.23%
256	0.61%

1. Microstepping setting - jumpers

(Example: How to setup microstepping considering table above)



Power dissipation

The PoStep25-256 has maximum current rating of 2,5A. For currents over 1,5A, please consider to add additional fan to keep IC cool. If the PoStep25-256 is mounted in enclosure, it must have vent holes and preferably a fan to blow hot air outside.

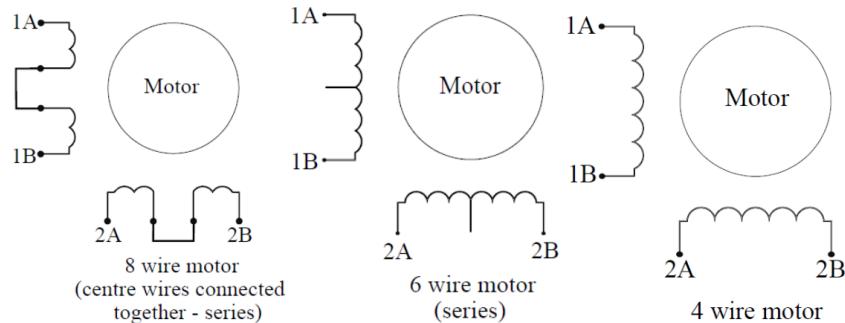
Motor connections

The drive will work with 4-wire, 6-wire or 8-wire stepper motors.

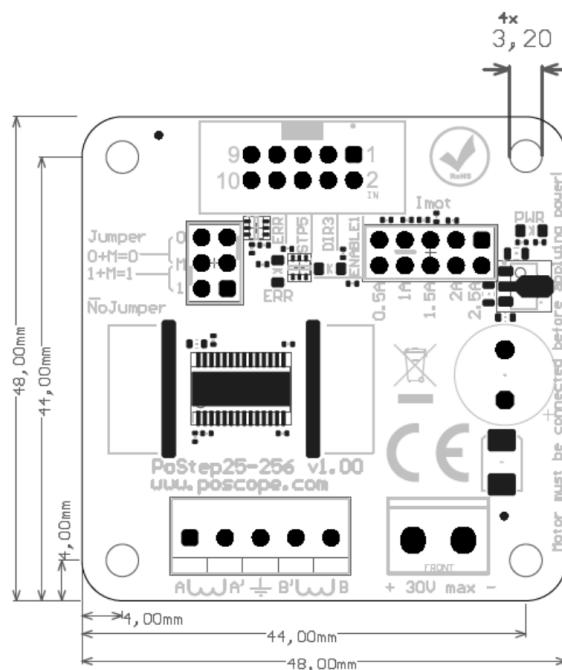
4-wire motors are truly bipolar, and can be run as such.

6-wire motors can be wired two ways to work with the bipolar drive.

8-wire motors can be run in parallel or serial mode. Parallel mode needs higher current, has lower inductance and better torque, serial mode needs lower current and has lower torque.



Layout



PlasmaDiv user's manual v1.0

November 17, 2022

Grant of license

The material contained in this release is licensed, not sold. PoLabs grants a license to the person who is using any compatible PoLabs product, subject to the conditions listed below.

1. Access

The licensee agrees to allow access to this manual only to persons who have been informed of and agree to abide by these conditions.

2. Usage

The information in this release is for use only with PoLabs products.

3. Copyright

PoLabs claims the copyright of, and retains the rights to, all material (software, documents etc) contained in this release. You may copy and distribute the entire release in its original state, but must not copy individual items within the release other than for backup purposes.

4. Liability

PoLabs and its agents shall not be liable for any loss or damage, howsoever caused, related to the use of PoLabs equipment or software, unless excluded by statute.

5. Fitness for purpose

No two applications are the same, so PoLabs cannot guarantee that its equipment or software is suitable for a given application. It is therefore the user's responsibility to ensure that the product is suitable for the user's application.

6. Mission Critical applications

Because the software runs on a computer that may be running other software products, and may be subject to interference from these other products, this license specifically excludes usage in 'mission critical' applications, for example life support systems.

7. Errors

This manual was continuously monitored for errors during production, however the user is responsible for error checking the manual once it is used.

8. Support

There could be errors in these manual, but if you found some, please contact our technical support staff, who will try to fix the problem within a reasonable time.

9. Upgrades

We provide upgrades, free of charge, from our web site at www.poscope.com. We reserve the right to charge for updates or replacements sent out on physical media.

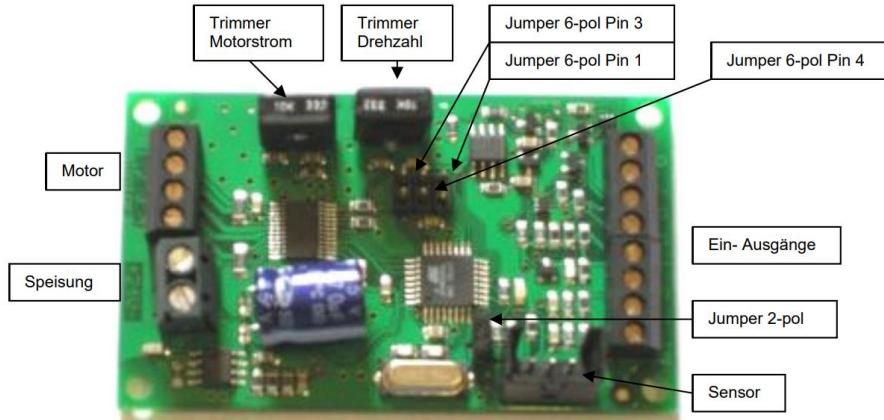
10. Trademarks

Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation. PoKeys, PoKeys55, PoKeys56U, PoKeys56E, PoKeys57U, PoKeys57E, PoKeys57CNC, PoScope, PoLabs, PoExtBus, PoExtBus Smart, PoRelay8, PlasmaSens and others are internationally registered trademarks.

support: www.poscope.com



2 Phasen Schrittmotor Steuerung ELE032



- Ansteuerung von Bipolar Schrittmotoren (2-Phasen oder 4-Phasen)
- Eingangsspannung 10..28V DC
- Phasenstrom max. 1.2A
- Eingebauter Mikroprozessor (512 Byte EEPROM für Parameter, 8k Byte Flash als Programmspeicher): Möglichkeit von projektspezifischen Programmen. Projekte auf Anfrage.
- Printdimension 43x72mm
- Schutzfunktionen: Thermisch, Kurzschluss auf Phase
- Mikroschritt Betrieb
- Drehzahlvorgabe des Motors wahlweise mit:
 - Eingebautem Trimmer
 - Analogem Sollwert (0..10V oder 4-20mA)
 - Direkter Anschluss an externes Potentiometer
 - Taktsignal (Clock)
- Openkollektor Ausgang z.B. für Alarm
- Interface für Sensor (z.B. Hallsensor mit Openkollektor für Überwachungsfunktionen)
- Einstellbarer Phasenstrom mit eingebautem Trimmer
- Digitale Eingangssignale: Clock, Enable, und Drehrichtung

Anschlussbelegung:

Speisung: (Schraubklemme 5mm Raster mit Drahtschutz)

+	Plus Speisung: 10 – 28V DC max. Rippel 5%
-	Minus Speisung

Motor: (Schraubklemme 3.5mm Raster mit Drahtschutz)

1	Schrittmotor Phase A+
2	Schrittmotor Phase A-
3	Schrittmotor Phase B+
4	Schrittmotor Phase B-

Ein- Ausgänge: (Schraubklemme 3.5mm Raster mit Drahtschutz)

1	Referenz (Minuspole Speisung) für Ein- und Ausgänge
2	0..10V Eingang Analog (Eingangswiderstand 20kΩ)
3	4 – 20mA Eingang (Eingangswiderstand 220Ω)
4	Clock Eingang (TTL Pegel aber 24V tolerant) Ein Puls (fallende Flanke) löst einen Mikroschritt aus. Defaultprogramm 1/8 Schritt
5	Enable Eingang (TTL Pegel aber 24V tolerant) Eingang auf Low Level heisst Steuerung disable
6	Drehrichtung Eingang (TTL Pegel aber 24V tolerant)



7	Openkollektor Ausgang (max. 35V, max. Strom 20mA) Im Defaultprogramm wird der Zustand des Sensoreingangs abgebildet.
8	10VDC Ausgang max. Strom 20mA (zur Speisung eines externen Potentiometer oder Sensor)

Die Eingänge und der Ausgang können durch Anpassung des Programms in der Funktion geändert werden. Kundenspezifische Projekte auf Anfrage.
Sensor Eingang (Stecker Lumber 2,5MSF/O)

1	Speisung Sensor 5V max. 30mA
2	Minus Speisung (Referenz)
3	Eingang für Openkollektor Ausgang des Sensors

Der Eingang ist für einen Standard Hall Element ausgelegt. Es können aber auch andere gleichartige Sensoren (z.B. Lichtschranke) angeschlossen werden.

Jumper: (2 Poliger Stecker)

offen	Sollwert Vorgabe intern: Drehzahlvorgabe durch eingebauten Trimmer P2
geschlossen	<p>Sollwertvorgabe extern:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trimmer P2 dient zum Einstellen der max. Drehzahl (Kalibrierung) • Sollwertvorgabe 0..10V oder 4 – 20mA oder Clock <p>Prioritäten und Regeln der Sollwertvorgabe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clock Impulse werden immer verarbeitet. Liegt gleichzeitig ein analoger Sollwert an, so werden die Clockpulse dem analogen Sollwert überlagert. • Liegt am analogen Eingang 4-20mA über 4mA an, so wird dieser Eingang als Vorgabe genommen. Liegt weniger als 4mA (oder Eingang offen) am Eingang 4-20mA an, so wird der Sollwert vom 0..10V Eingang genommen.

Jumper (6-poliger Stecker)

Dieser Stecker dient zur Programmierung des eingebauten Controllers. Er kann gleichzeitig als Jumper genutzt werden.

Kein Jumper	Drehzahlbereich: 140 – 204 Upm ¹⁾
Jumper Pin3 zu Pin 4	Drehzahlbereich: 70 – 150 Upm ¹⁾
Jumper Pin1 zu Pin 3	Drehzahlbereich: 0 – 80 Upm ¹⁾
Andere Belegung:	Andere Belegungen sind nicht erlaubt, da sonst der Betrieb der Steuerung nicht gewährleistet ist.

¹⁾ Die Angabe der Drehzahl ist mit einem 1.8° Schrittmotor gerechnet. Jumper Eingänge werden nur beim Aufstarten der Steuerung gelesen und übernommen.

Ausführungen:

Das Modul ist in verschiedenen Stromvarianten erhältlich:

Art. Nr.	Phasenstrom
ELE032	0.6 – 1.2A
ELE033	0 – 0.7A

Preise, andere Ausführungen oder Spezifikation auf Anfrage

Individuelle Software auf Anfrage.

Technical Data Sheet



Product name: ReForm™ - rPET

Date of issue: 2 May 2017

Version: v1

ReForm is a sustainable initiative within Formfutura to efficiently manage residual extrusion waste streams and re-use them into high-end upcycled filaments. The ideology behind ReForm is to make 3D printing more sustainable – without having to make compromises on material properties – and yet keep it affordable.

ReForm rPET is based on exactly the same unique formulation as our HDglass filament range, but is made out of residual extrusion waste streams which are re-compounded and homogenized into a high-end and easy to print upcycled PETG-based filament with significantly less environmental impact.

Properties	Typical value	Test Method	Test condition
Physical			
Specific gravity	1.27 g/cc	ASTM D792	-
Melt flow rate	-	-	-
Water absorption	-	-	-
Moisture absorption	0.13%	ASTM D570	-
Mechanical			
Impact strength	7.2 KJ/m²	ASTM D256	Izod Notched @23° C (73° F)
Tensile strength	50Mpa	ASTM D638	@Yield 50mm/min (2 inch/min)
Tensile modulus	1940 Mpa	ISO 527	1mm/min
Elongation at break	120%	ASTM D638	50mm/min (2 inch/min)
Flexural strength	70.6 Mpa	ASTM D790	1.27mm/min (0.05 inch/min)
Flexural modulus	2147.6 Mpa	ASTM D790	1.27mm/min (0.05 inch/min)
Hardness	105	ASTM D785	Rockwell R-scale
Thermal			
Print temperature	± 195 - 225° C	-	-
Melting temperature	-	-	-
Viscat softening temp.	± 70° C	ASTM D648	@ 0.455 Mpa (66psi)
Optical			
Haze	<1.0%	ASTM D1003	-
Transmittance	90%	ASTM D1003	-
Gloss	-	-	-

Product details, certifications and compliance	Diameter	Tolerance	Roundness
HS Code 39169090	1.75mm	± 0.05mm	≥ 95%
REACH compliant Yes	2.85mm	± 0.10mm	≥ 95%
RoHS certified Yes			
FDA compliant Yes			

Formfutura VOF Groenestraat 215 6531 HH Nijmegen The Netherlands	CoC: 55502105 VAT: NL851741083B01 EORI: NL851741083	Tel: +31 (0)85 002 0881 Email: info@formfutura.com Website: www.formfutura.com
---	---	--

All information supplied by or on behalf of Formfutura in relation to its products, whether in the nature of data, recommendations or otherwise, is supported by research and, in good faith, believed reliable, but Formfutura assumes no liability and makes no warranties of any kind, express or implied, including, but not limited to, those of title, merchantability, fitness for a particular purpose or non-infringement or any warranty arising from a course of dealing, usage, or trade practice whatsoever in respect of application, processing or use made of the aforementioned information or product. The user assumes all responsibility for the use of all information provided and shall verify quality and other properties or any consequence from the use of all such information. Typical values are indicative only and are not to be construed as being binding specifications.