

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Produktentwicklung 1 | Team 36

Pila Funda

ein autonomer Ballwerfer



Interdisziplinäre Projektarbeit
der fachbereiche Technik
Elektrotechnik
Informatik
Maschinentechnik

Horw, 8. Januar 2015

Autoren

Pascal Lischer
Projektleiter
Haslirainstrasse 12a
6035 Perlen
pascal.lischer@stud.hslu.ch
Maschinentechnik

Dominic Keller
Verantwortung Informatik
Stettenstrasse 1
6235 Winikon
dominic.keller@stud.hslu.ch
Informatik

Lukas Hediger
Stv. Projektleiter, Verantwortung
Maschinentechnik
Rigiblickrain 7
6048 Horw
lukas.hediger@stud.hslu.ch
Maschinentechnik

Daniel Eisner
Redakteur
Bahnhofstrasse 29
6460 Altdorf
daniel.eisner@stud.hslu.ch
Informatik

Marc Leuenberger
Finanzcontroller
Eichbühlstrasse 11
6146 Grossdietwil
marc.leuenberger@stud.hslu.ch
Maschinentechnik

Emanuel Julien
Verantwortung Elektrotechnik
Riedstrasse 45
3920 Zermatt
emanuel.julien@stud.hslu.ch
Elektrotechnik

Dozent

Prof. Ernst Lüthi

Inhaltsverzeichnis

1	Management Summary	5
2	Einleitung	6
3	Konzeptfindung	7
3.1	Teilfunktionsanalyse	7
3.2	Auswahl der Lösungskonzepte	7
3.3	Bewertung der Lösungskonzepte	7
3.4	Entschluss	7
3.5	Zusammenstellung der Teilfunktionen	8
3.6	Ausarbeitung der einzelnen Teilfunktionen	9
3.7	Evaluation der einzelnen Teilfunktionen	9
4	Beschreibung des Lösungskonzepts	11
4.1	Produktbeschreibung	11
4.2	Funktionsablauf	12
4.3	Komponentenbeschreibung	13
4.3.1	Komponentendiagramm	13
4.3.2	Steuerung und Ortung	13
4.3.3	Pneumatik	14
4.3.4	Elektrotechnik Prinzip Schema	14
4.3.5	Schwenkung	15
4.3.6	Magazin	16
4.3.7	Energieversorgung	17
4.4	Schnittstellenbeschreibung	18
4.4.1	Servoansteuerung über das Raspberry Pi	18
4.4.2	Kameramodul auf dem Raspberry Pi	19
4.4.3	Raspberry Pi Zugriff über ein externes Gerät	19
4.5	Softwarebeschreibung	20
4.5.1	Ablauf der Software	20
4.5.2	Frameworks	20
4.5.3	Programmiersprache	20
4.5.4	Klassendiagramm Client	21
4.5.5	Klassendiagramm Steuerung (Raspberry Pi)	21
4.5.6	Sequenzdiagramm	22
4.6	Berechnungen und Tests	23
4.6.1	Berechnung der Abschussgeschwindigkeit	23
4.6.2	Berechnung der Ausrichtungstoleranzen	24
4.6.3	Berechnung des Pneumatikzylinders	24
4.6.4	Berechnung Kameragenauigkeit	25
5	Projektmanagement und Planung	26
5.1	Organigramm	26
5.2	Funktionsbeschrieb	27

5.3	Planung	27
6	Schlussdiskussion	28
6.1	Entwicklungskosten und Zeitaufwand	28
6.1.1	Kosten	28
6.1.2	Zeitaufwand	29
6.2	Lessons Learned	29
6.3	Offene Punkte	30
6.4	Risiken	30
6.5	Ausblick	31
7	Literaturverzeichnis	32
	Abbildungsverzeichnis	33
	Tabellenverzeichnis	34
	Formelverzeichnis	34
	Anhang	35

1 Management Summary

In dieser Dokumentation wird das Lösungskonzept vom Team 36 für die Aufgabenstellung des Moduls Produktentwicklung (PREN) aufgezeigt. Ziel der Anforderungen ist es eine autonome Apparatur zu konstruieren, welche fliegend oder schießend fünf Tennisbälle in einen Korb befördert. Dabei muss das Start- und Stoppsignal von einem externen Gerät aus drahtlos gesendet werden. Anhand einer Technologierecherche konnten viele Informationen für eine geeignete Lösung gesammelt werden. Nach der Eliminierung der Flugvariante wurde das Augenmerk auf eine stationäre Schussvorrichtung gelegt. Untersucht wurden dabei die Ortung und die Ausrichtung des Korbes und die Abschussmechanik des Roboters. Nach einigen Tests konnte die bevorzugte Lösung eruiert werden. Die resultierende Apparatur besteht aus einer pneumatischen Schussvorrichtung, welche durch einen Schwenkantrieb drehbar gelagert ist. Zur Erkennung des Korbes dient ein Kameramodul eines Raspberry Pis. Dieses verarbeitet die Daten und übernimmt zusätzlich die Steuerung des Roboters. Die Umsetzung des Konzepts wird im Modul Produktentwicklung 2 stattfinden.

2 Einleitung

Die Hochschule Luzern Technik & Architektur erstellt jedes Jahr eine komplexe Aufgabenstellung (Anhang I) für das Modul PREN. Diese soll von einem interdisziplinären Team, bestehend aus den Bereichen Elektrotechnik, Informatik und Maschinentechnik, möglichst effizient umgesetzt werden. Das Ziel des Moduls PREN 1 ist ein Lösungskonzept zu erarbeiten. Dieses soll im PREN 2 umgesetzt werden. Abschluss ist ein Wettkampf, indem alle Teams möglichst viele Punkte mit dem Lösen der Aufgabe erzielen. Sieger ist somit das Team, mit den am meist gewerteten Punkten.

Ein wichtiger Punkt des Moduls ist es, die Aufgaben im interdisziplinären Team gut zu verteilen. Jedes Fachgebiet muss die besten Lösungen für die Umsetzung in den einzelnen Bereichen der Technik eruieren und zusammenfügen. Von grosser Bedeutung ist dabei eine gute Kommunikation untereinander. Jedes Teammitglied muss seine Lösungen der Teilaufgaben auf Kompatibilität mit den anderen Bereichen prüfen. Nur so kann ein vollständig umsetzbares Konzept entstehen.

Diese Dokumentation beschreibt das resultierende Lösungskonzept. In Kapitel 3 wird zunächst kurz auf den Lösungsfindungsprozess eingegangen. Das Konzept selbst wird in Kapitel 4 vollständig beschrieben. Durch die Berechnungen und Tests soll klar ersichtlich werden, warum diese Lösung umgesetzt werden soll. In Kapitel 5 wird das Projektmanagement abgebildet. Die Struktur und die Planung sind wichtige Bestandteile einer Teamarbeit und werden auch später bei der Umsetzung des Konzepts von Bedeutung sein. In einer Schlussdiskussion werden die Kosten und Risiken aufgezeigt. Den Schluss bildet dann ein Ausblick auf die Umsetzung des Lösungskonzepts im PREN 2.

3 Konzeptfindung

3.1 Teilfunktionsanalyse

Die Teilfunktionsanalyse diente dem Finden von geeigneten Komponenten und Lösungsmöglichkeiten für den späteren Konzeptfindungsprozess.

Unter Berücksichtigung der Produkthanforderungen (Anhang II) wurde die Aufgabe in Teilfunktionen aufgetrennt. Diese wurden dann unter den Fachbereichen Elektrotechnik, Informatik und Maschinentechnik aufgeteilt und separat untersucht. Den verschiedenen Teilfunktionen (z.B. Ortung, Energieversorgung usw.) sind mögliche Teillösungen zugeordnet worden, welche anschliessend über Vor- und Nachteile beurteilt wurden. Die Ergebnisse der Teilfunktionsanalyse sind in Tabellen (Anhang V) festgehalten.

3.2 Auswahl der Lösungskonzepte

Um geeignete Lösungskonzepte zu eruieren war eine sorgsame morphologische Analyse notwendig. Jedes Teammitglied konnte dort seine Ideen mit einfließen lassen. Durch die gegebenen Teillösungen wären in der Theorie hunderte Kombinationen möglich. Diese wurden mittels der Teilfunktionsanalyse und logischem Verständnis auf machbare Lösungen beschränkt. Als Werkzeug diente ein morphologischer Kasten. Alle Teilfunktionen wurden zur Veranschaulichung in einer Matrix grafisch dargestellt. Mit Hilfe von Linien wurden die einzelnen Lösungskonzepte über Teillösungen verbunden (Anhang IV - Morphologischer Kasten).

3.3 Bewertung der Lösungskonzepte

Die vier Konzeptideen (fahrbares Katapult, schwenkbare Kanone, schwenkbare Rampe, Quadrocopter) wurden in einer Nutzwertanalyse miteinander verglichen. Diese Methode eignete sich gut, um die bestmögliche Idee für die spätere Weiterentwicklung und Ausarbeitung der Lösungskonzepte zu evaluieren. Die genaue Auswertung und die Verteilung der Gewichtungspunkte ist dem (Anhang V - Bewertung der Lösungskonzepte) zu entnehmen.

3.4 Entschluss

Durch die Hilfe des morphologischen Kasten konnten die Lösungsvarianten herausgefiltert werden.

Das Team entschied sich schlussendlich für vier Lösungsvarianten.

- Quadrocopter
- Schwenkbare Rampe
- Fahrbares Katapult
- Schwenkbare Kanone

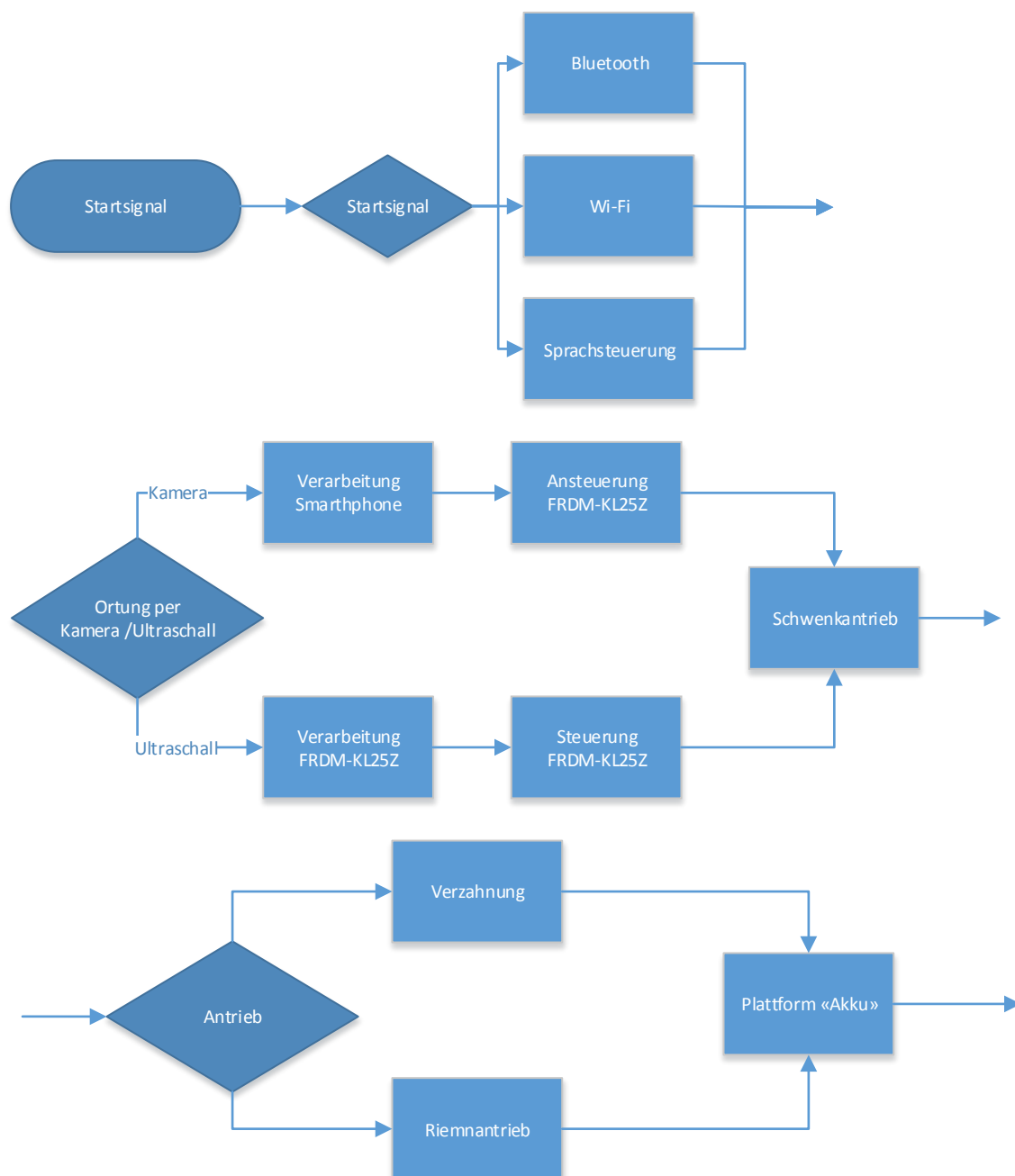
Um den Entscheid zu fällen wurden verschieden Zielkriterien entworfen und zugleich mit einem Gewichtungsfaktor angegeben.

- | | |
|----------------------|-----|
| • Geschwindigkeit | 20% |
| • Treffsicherheit | 30% |
| • Fertigungsaufwand | 10% |
| • Programmieraufwand | 15% |
| • Gewicht | 20% |
| • Sicherheit | 5% |

Mit der Nutzwertanalyse konnten die Favoriten herauskristallisiert werden. Ein Favorit war der Quadrocopter, doch durch die vorhandenen Ressourcen des Teams wurde diese Variante verworfen. Der Aufwand im elektrischen Bereich wäre zu gross für den Elektrotechnikstudenten. Das fahrbare Katapult hatte die schlechteste Bewertung und ist deshalb nicht als Lösung geeignet. Durch den Ausschluss zweier Lösungen ergaben sich die zwei Favoriten, die *schwenkbare Rampe* und die *schwenkbare Kanone*. Somit fiel der Entschluss diese zwei Lösungsvarianten auszuarbeiten.

3.5 Zusammenstellung der Teilfunktionen

Nachdem der Entschluss für die schwenkbare Rampe und schwenkbare Kanone gefallen wurde, konnte eine erste Fassung eines Funktionsablaufs erstellt werden. Dieser ist in einem Blockdiagramm dargestellt. Die Verzweigungen stellen verschiedene Lösungsmöglichkeiten dar, bei denen sich das Team noch nicht auf eine konkrete Variante festlegen konnte, da noch die nötigen Entscheidungsgrundlagen fehlten.



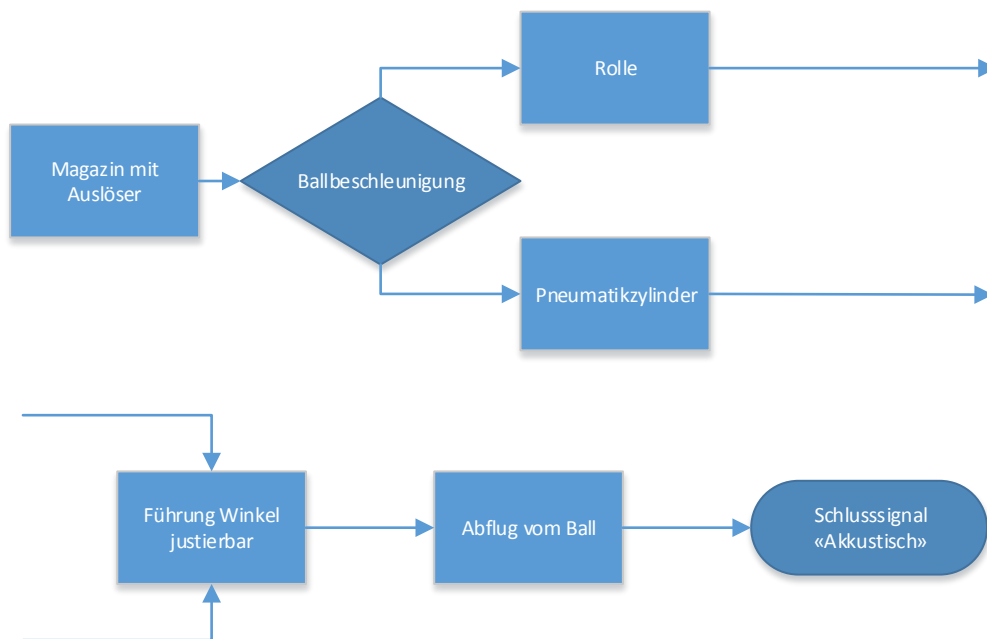


Abbildung 1, Teilfunktionsschema

3.6 Ausarbeitung der einzelnen Teilfunktionen

Die zentralen und entscheidenden Schnittstellen des Produktes liegen bei der Ortung des Korbes und der Beschleunigung der Bälle. Nur eine richtige Auswahl dieser Schnittstellen führen zu einem erfolgsversprechenden Produkt. Aus diesem Grund wurden für die Ortung zwei Lösungskonzepte (Anhang VIII; Anhang XI) genauer ausgearbeitet um einen Entscheid zu vereinfachen. Gleichzeitig wurden auch für die Beschleunigung der Bälle zwei Lösungskonzepte ausgearbeitet (Anhang X; Anhang XIII).

3.7 Evaluation der einzelnen Teilfunktionen

Einzelne Versuche und Tests erbrachten viele neue Erkenntnisse und unterstützten den Evaluationsprozess. Ein Rampentest (Anhang VI) mit freiem Fall, zeigte wie der Tennisball durch eine geführte Bahn fast punktgenau auf dem Boden landete. Wobei die gewünschte Distanz nicht erreicht wurde.

Für einen nächsten Versuch wurde die Rampe mit einer angetriebenen Rolle zur Beschleunigung der Bälle erweitert (Anhang VII). Diese Versuchsanordnung zeigte, dass der verwendete Motor grosse Leistung erbringen muss und somit eine grosse Masse besitzt. Die Schussweiten wären ebenfalls konstant. Jedoch wurde die geforderte Distanz nicht erreicht, da der im Versuch verwendete Motor eine zu geringe Drehzahl aufwies.



Abbildung 2, Rampentest

Ein weiterer Versuch mit einem Pneumatikzylinder (Anhang IX) unterstützte die Messungen der genauen Flugbahn. Auch die Schussweite konnte mit einem pneumatischen Zylinder genau eingestellt werden und das Nachladen der Bälle funktionierte einwandfrei. Dazu konnte das geringe Gewicht des Zylinders als grossen Vorteil gewertet werden.

Der Ultraschalltest (Anhang VIII) zeigte einige Schwächen mit einem Sensor auf. Die Streuung bewirkte eine zu grosse Abweichung. Für eine ausreichende Genauigkeit müssten mindestens zwei Sensoren verwendet werden. Zur Vereinfachung dieses Problems wurde auf die Ortung mittels Kamera gesetzt. Mit der Kamera ist auch die Position des Objektes genau bestimmbar (gemäss Anhang XI).

Der Schwenkantrieb wird mittels eines Zahnriemens bewerkstelligt. Dies aus dem einfachen Grund, weil ein Zahnriemen kein Zahnspiel hat. Hingegen mit einer Zahnradübersetzung ist immer ein kleines Zahnspiel vorhanden, was ein genaues Ausrichten zusätzlich erschwert.

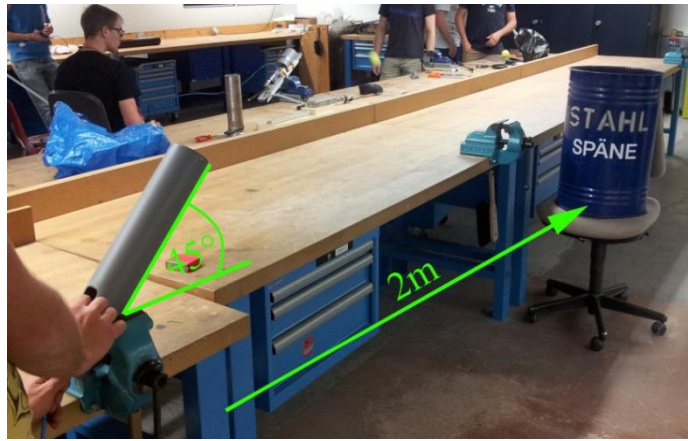


Abbildung 3, Pneumatikzylinder Test

4 Beschreibung des Lösungskonzepts

4.1 Produktbeschreibung

Bei Pila Funda handelt es sich um einen Ein-Gelenk Roboter. Der Tower, auf dem sich die Abschussvorrichtung befindet, kann sich um die vertikale Achse drehen. Das Magazin für die Tennisbälle befindet sich direkt über dem Lauf, der in einer Zweipunkte-Führung ausgeführt ist. Die Beschleunigung des Tennisballes geschieht mittels Pneumatikzylinder.

Übersicht

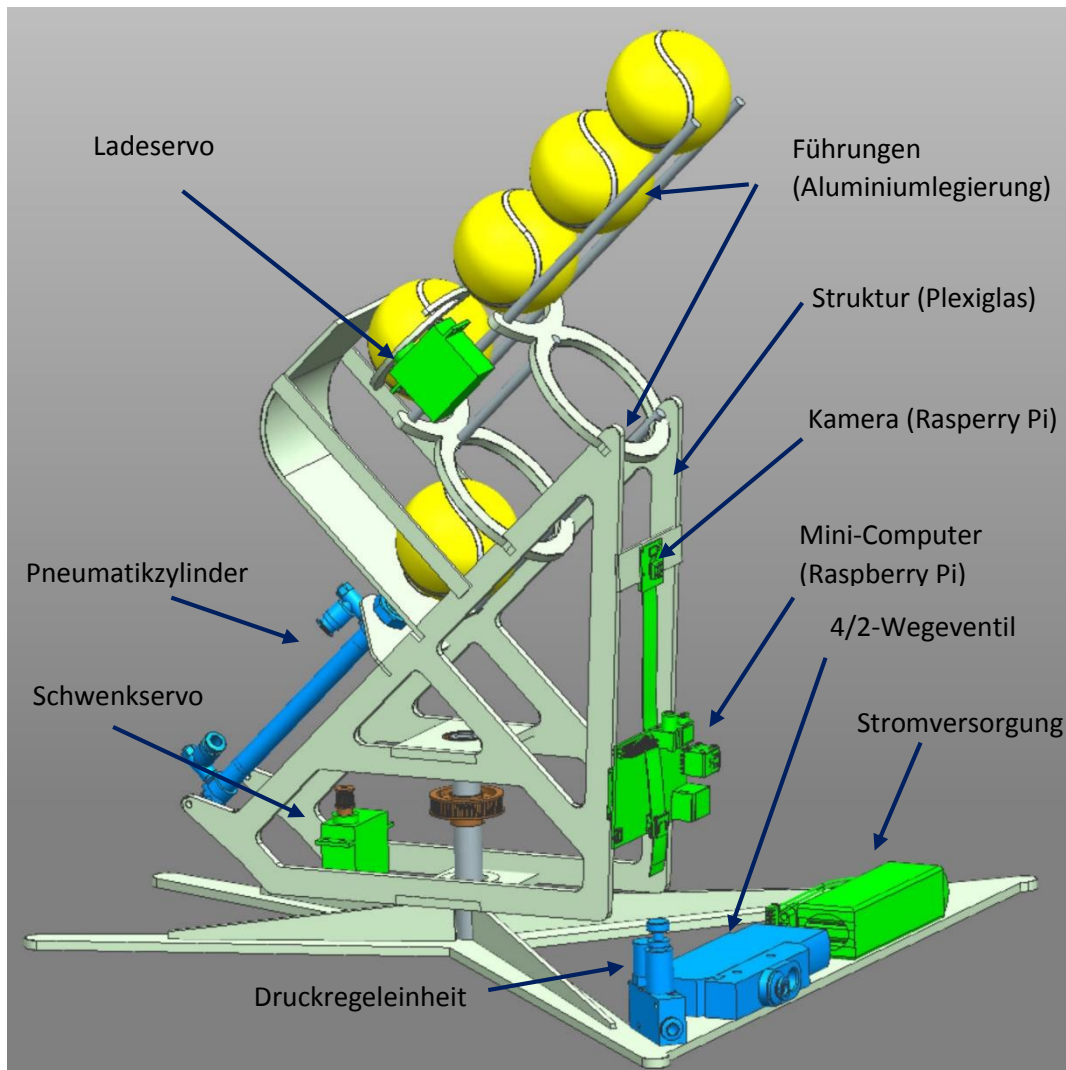


Abbildung 4, Produktbeschreibung

4.2 Funktionsablauf

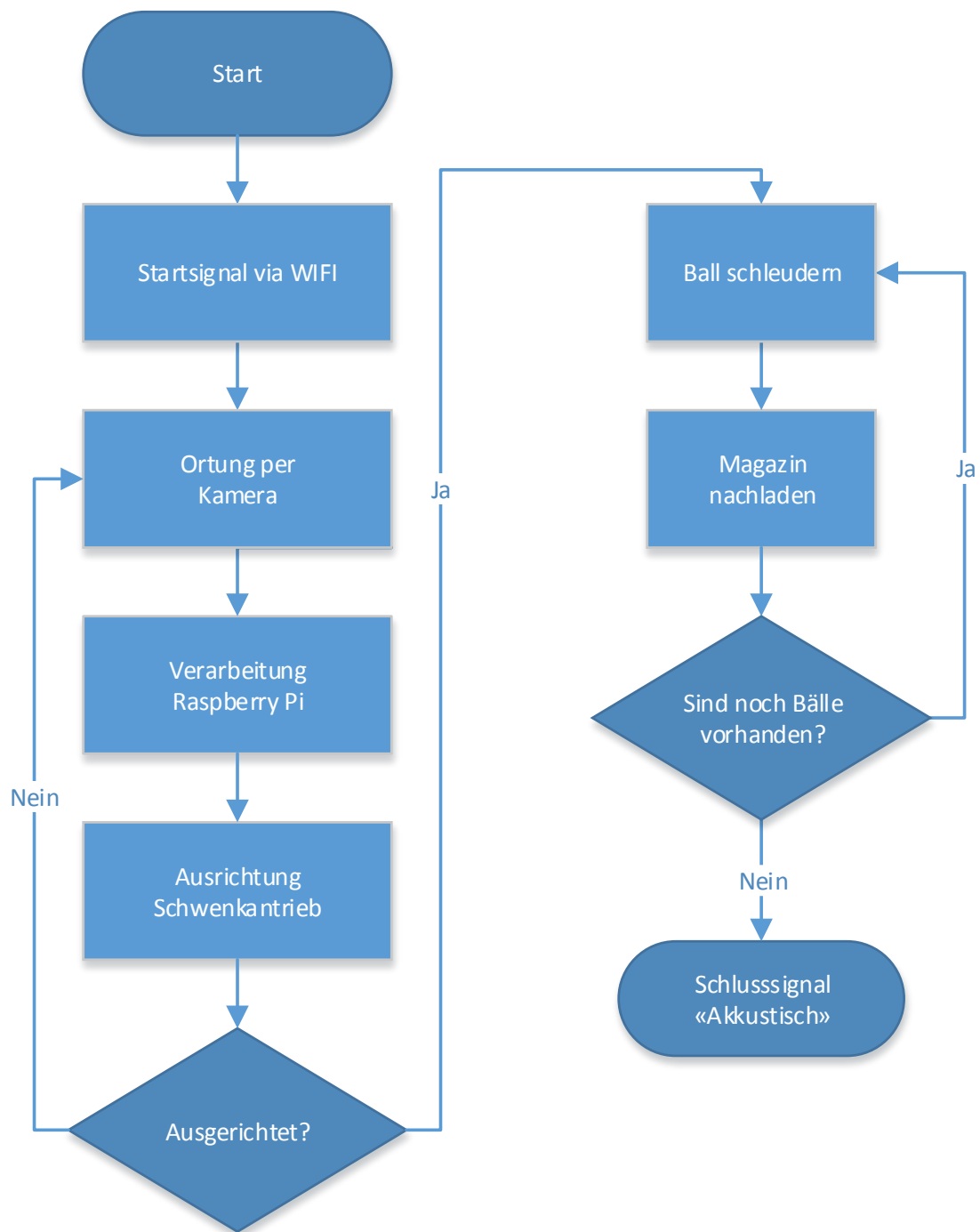


Abbildung 5, Schema Funktionsablauf

4.3 Komponentenbeschreibung

4.3.1 Komponentendiagramm

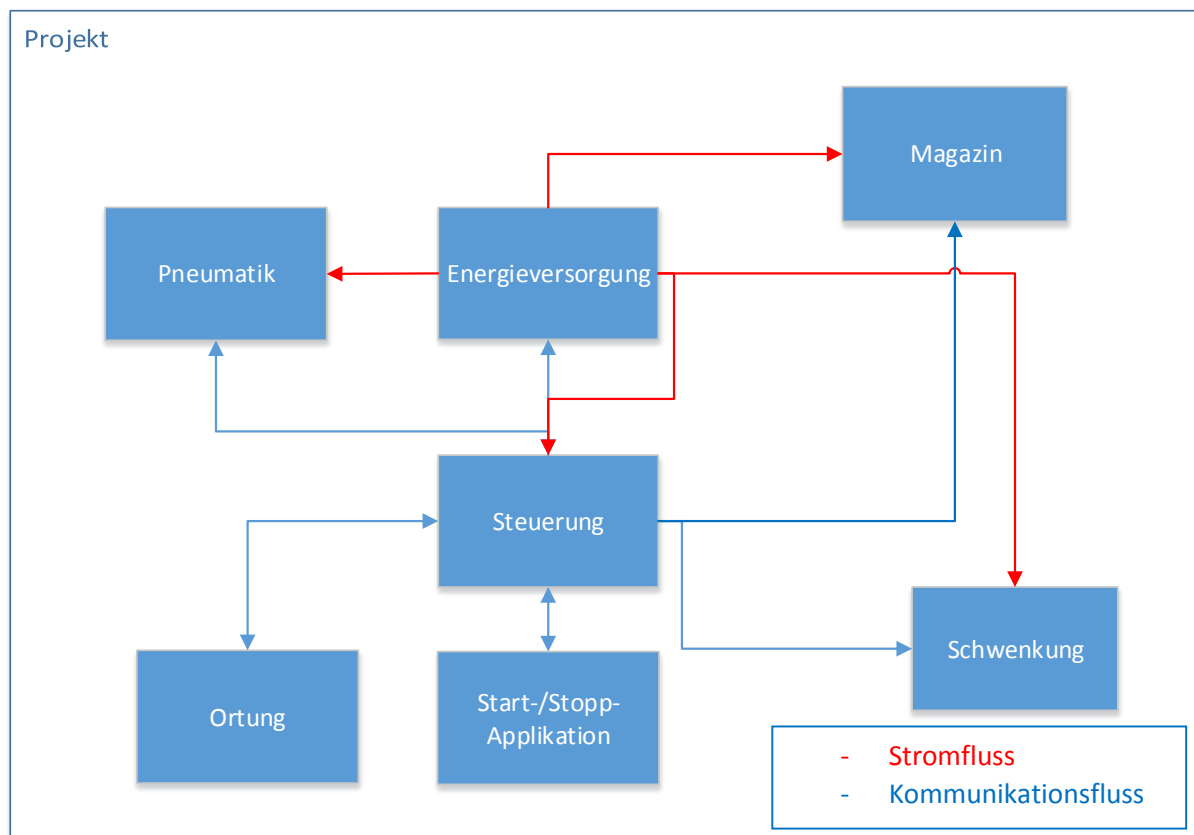


Abbildung 6, Komponentendiagramm

4.3.2 Steuerung und Ortung

Die Maschine wird in der Mitte des Startfeldes positioniert und der Lauf in Richtung Wandmitte ausgerichtet. Nach Erfolgen des Startsignales wird mit der Kamera ein Foto gemacht. Auf diesem wird der Korb lokalisiert und ein Winkel zur Ausrichtung der Maschine ausgerechnet. Die Schwenkvorrichtung richtet sich nach dem berechneten Winkel aus. Nach dem Schwenken wird erneut ein Foto gemacht und kontrolliert, ob die Ausrichtung genau genug ist. Falls nicht wird noch eine Feinausrichtung vorgenommen.

Nach erfolgter Lokalisierung und Ausrichtung wird der erste Ball, welcher sich von Anfang an im Lauf befindet, geschossen. Gleichzeitig wird der nächste Ball aus dem Magazin freigegeben. Sind alle fünf Bälle verschossen, wird ein akustisches Schlussignal ertönen.

4.3.3 Pneumatik

Für die Beschleunigung des Balles wird ein Pneumatikzylinder (DSNU-10-100-P-A) verbaut. Die Ansteuerung erfolgt über ein 4/2-Wegeventil. Erste Tests haben ergeben, dass der Zylinder zu langsam ausfährt. Aus diesem Grund wird ein Schnellentlüftungsventil verwendet, welches das Luftvolumen schnell aus dem Zylinder strömen lässt.

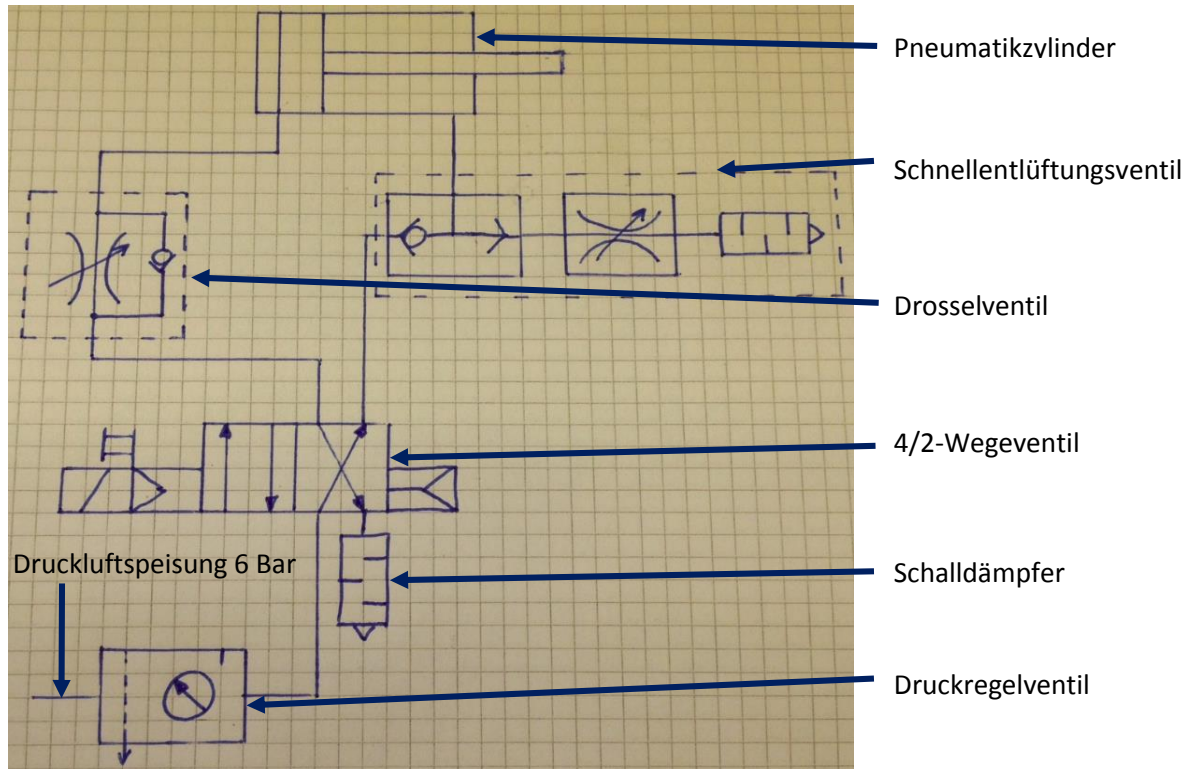


Abbildung 7, Pneumatik Skizze

4.3.4 Elektrotechnik Prinzip Schema

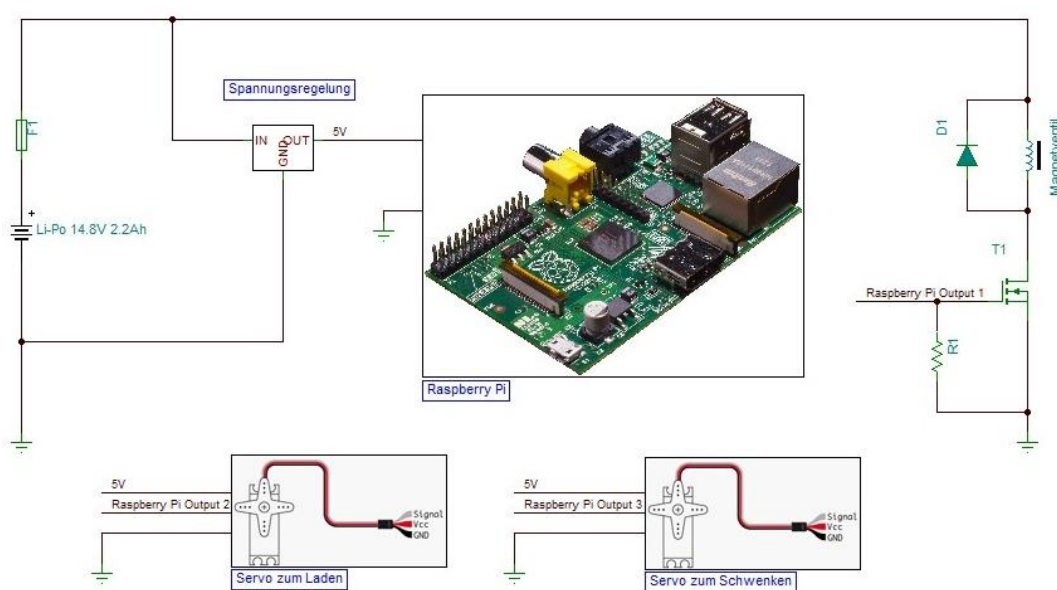


Abbildung 8, Elektrotechnik-Prinzip Schema

4.3.5 Schwenkung

Der Schwenkmechanismus wird den Tower um bis zu 45° verdrehen können. Theoretisch würde ein Schwenkbereich von plus minus 17.1° ausreichen, um bei optimaler Positionierung den Eimer auf jeder möglichen Position anvisieren zu können. Für den Antrieb wird ein Servomotor auf dem Tower verbaut, welcher sich um die stehende Achse dreht. Servomotoren sind kostengünstig, haben eine geringe Masse und können auf etwa ein Grad genau angesteuert werden. Mit der 1:4-Zahnriemenübersetzung wird eine Genauigkeit von 0.25° erreicht, was auf die maximale Wurfedistanz eine Abweichung von 9mm ergibt (siehe auch 4.6.2). Die Achse befindet sich im Schwerpunkt des Towers. Sie wird aus Aluminium gefertigt, doppelt gelagert und im Standfuss verklebt.

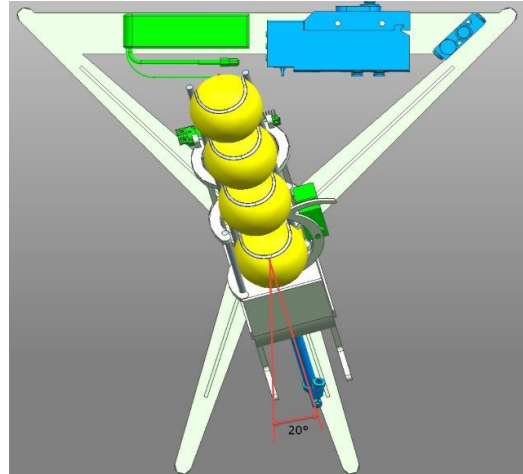


Abbildung 9, Pila Funda von oben

Die Lagerung wird in einer Fest-Los Lagerung ausgeführt. Das Lager 1 ist Fest und das Lager 2 lose. Somit wird die Gewichtskraft über das Lager 1 in den Sockel eingeleitet.

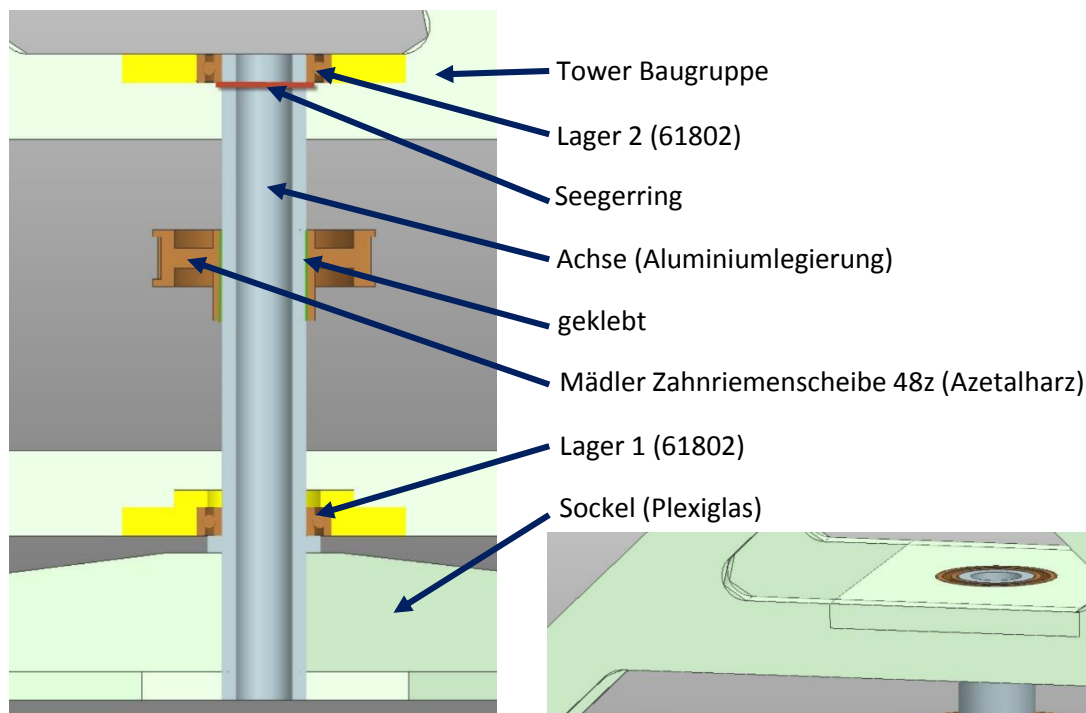


Abbildung 10, Drehachse - Längsschnitt

Mädlar Zahnriemenritzel 12z (Azetalharz)

Schwenkservo

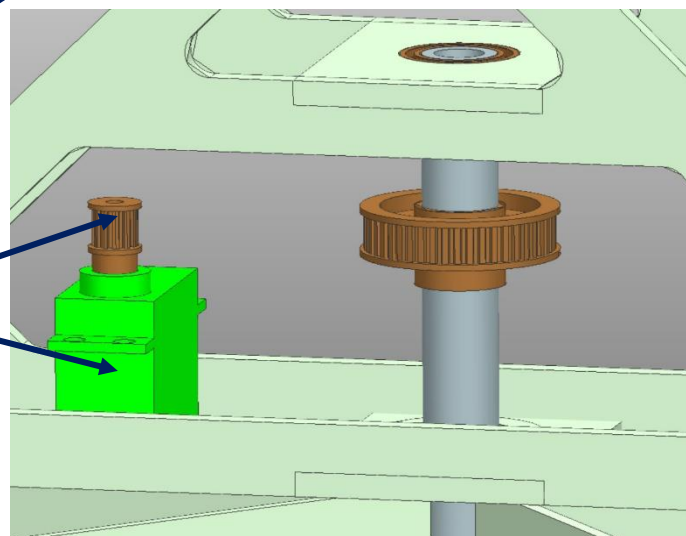


Abbildung 11, Drehmechanik - Antrieb

4.3.6 Magazin

Das Magazin hat Platz für vier Tennisbälle und ist oberhalb des Laufes positioniert. Nach jedem Schuss muss der nächste Ball aus dem Magazin nachgeladen werden. Dies geschieht aus Gewichtsgründen mittels Servomotor und einer bananenförmigen Schranke mit Hacken am Ende.

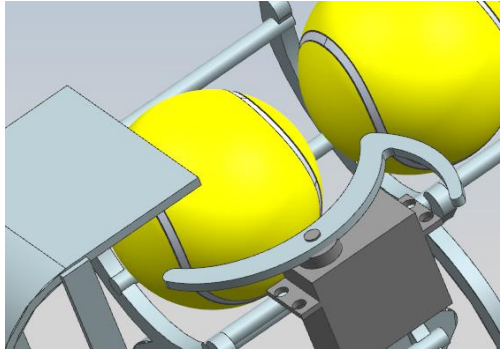


Abbildung 12, Magazin: Ausgangsstellung

Während der erste Ball bereit zum Abschuss ist, sitzt der zweite in der Schranke. Die Schranke steht in der Ausgangsstellung.

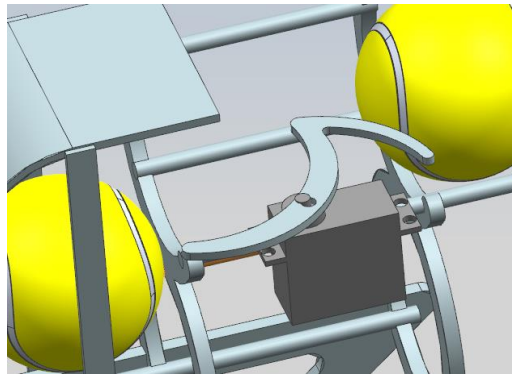


Abbildung 13, Magazin: Ball auswerfen

Nach dem ersten Schuss wird die Schranke im Gegenuhrzeigersinn gedreht und gibt somit den zweiten Ball frei. Dieser fällt von oben in den Lauf. Dabei wird der nächste Ball im Magazin vom Hacken zurückgehalten.

Nun wird die Schranke im Uhrzeigersinn gedreht, bis der nächste Ball nachrollt. Durch erneutes Drehen im Gegenuhrzeigersinn kann auch dieser in den Lauf befördert werden.

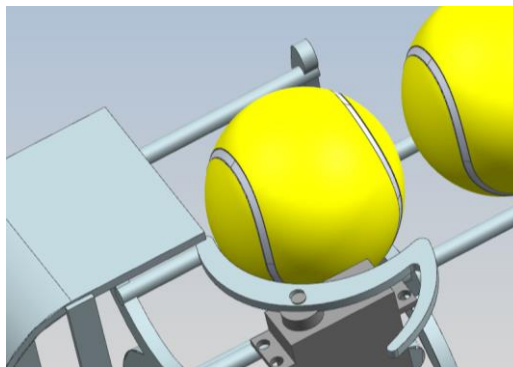


Abbildung 14, Magazin: Ball nachladen

4.3.7 Energieversorgung

Um das Gerät mit genügend Leistung zu versorgen, wurden als erster Schritt die einzelnen Verbraucher mit ihrer maximalen Leistung aufgelistet. Die Summe ergab die maximale Leistung des Gerätes.

#	Verbraucher	Spannung	Max. Stromaufnahme	Leistung
1	Servomotor (Schwenken)	5 VDC	1 Ampere	5W
2	Servomotor (Magazin laden)	5 VDC	1 Ampere	5W
3	Raspberry Pi B Version inkl. Kamera / WLAN-Modul	5 VDC	0.7 Ampere	3.5W
4	Magnetschaltventil	24 VDC (Arbeitet noch bei 12.6V/33mA)	63mA	1.5W
5	Reserve	-	-	5W
Tot.	Gesamtleistung			20W

Tabelle 1, Verbraucher Leistungen

Anhand der Tabelle 1 wurde eine maximale Leistung von 20 Watt ermittelt. Doch mit der maximalen Leistung zu rechnen, ist nicht realistisch. Während dem Betrieb werden nicht alle Komponenten zur selben Zeit betrieben. Dadurch wird mit der halben maximalen Leistung gerechnet, was 10 Watt entsprechen. Um nicht einen Spannungsaufwärtssteller zu entwickeln, wird die Speisespannung auf 12.6 Volt und höher gesetzt. Die Entscheidung für die Verwendung von einem Netzteil, Akku oder Batterie wird in der unten stehenden Tabelle 2 erläutert.

Energieversorgung	Vorteile	Nachteile
Netz	Geringe Masse	Ortsabhängig
	Genügend Leistung	Benötigt mehr Peripherie
Batterie	Ortsunabhängig	Hohe Masse
	Benötigt wenig Peripherie	Keine Wiederverwendung
	Gewicht wenig oder viel	Energie ist zeitlich begrenzt
	Günstig	
Akku	Ortsunabhängig	Energie ist zeitlich begrenzt
	Benötigt wenig Peripherie	
	Wieder aufladbar	
	Gewicht anpassbar	

Tabelle 2, Vor- und Nachteile Energieversorgung

Mit Hilfe der Vor- und Nachteile fiel der Entscheid auf einen Akku, genauer auf einen Lithium-Polymer Akku mit 4 Zellen, da dieser eine Nennspannung von 14.8 Volt aufweist. Da das Gerät mindestens eine viertel Stunde in Betrieb sein muss, benötigt der Akku eine bestimmte Ladung, welche hier berechnet wird.

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{Wandler}} &= 0.85 \\
 i_{\text{OutWandler}} &= 2 \text{ A} \\
 U_{\text{OutWandler}} &= 5 \text{ V} \\
 P_{\text{OutWandler}} &= i_{\text{OutWandler}} \cdot U_{\text{OutWandler}} = 10 \text{ W} \\
 P_{\text{Magnetventil}} &= 1 \text{ W} \\
 P_{\text{Akku}} &= \frac{P_{\text{OutWandler}}}{\eta_{\text{Wandler}}} + P_{\text{Magnetventil}} = 12.76 \text{ W} \\
 U_{\text{Akku}} &= 14.8 \text{ V} \\
 i_{\text{Akku}} &= \frac{P_{\text{Akku}}}{U_{\text{Akku}}} = 863 \text{ mA} \\
 t_{\text{min}} &:= 15 \text{ min} \\
 C_{\text{AkkuMin}} &= i_{\text{Akku}} \cdot \left(\frac{t_{\text{min}}}{60} \right) = 0.2156 \text{ Ah} \\
 k &= 10 \text{ (um längeren Betrieb zu garantieren)} \\
 C_{\text{Akku}} &= C_{\text{AkkuMin}} \cdot k = 2.156 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Formel 1, Akkuladung

Somit wird für die Energieversorgung ein Lithium-Polymer Akku mit 4-Zellen und einer Ladung von 2.2 Ah verwendet. Dieser garantiert einen Mindestbetrieb von 2.5 Stunden. Die zehn mal höhere Betriebsdauer wird verwendet, um am Gerät ohne Unterbrechungen arbeiten und testen zu können.

Die Spannung von 5 Volt wird mit einem DC/DC-Wandler von 10 Watt Leistung umgesetzt. Dazu wird ein kleiner Print erstellt. Der Print enthält den DC/DC-Wandler, den Anschluss für den Akku, die Anschlüsse für die zwei Servos und den Anschluss für das Raspberry Pi Board. In der Abbildung 15 ist eine Skizze des Prints zu sehen.

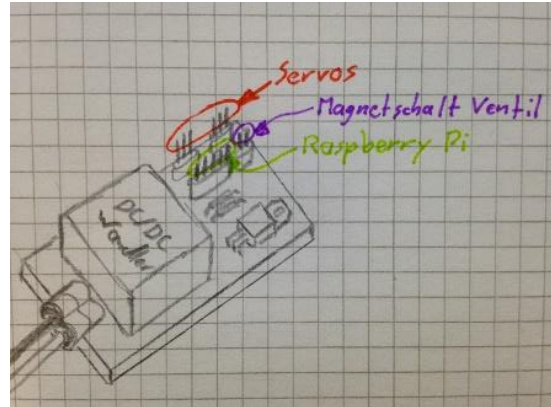


Abbildung 15, Print

4.4 Schnittstellenbeschreibung

4.4.1 Servoansteuerung über das Raspberry Pi

Die Servos werden mit Hilfe des Raspberry Pi gesteuert. In den Anfängen war geplant, ein Raspberry Pi und ein Freescale Board zu verwenden. Aufgrund der Programmierung war dies einfacher für die Informatik- und Elektrotechnikstudenten. Durch Besprechungen kam heraus, dass zwei Boards zu verwenden nicht zweckmässig wäre, weil das Team die minimale Gewichtsklasse als Ziel verfolgte.

Ein Servo besitzt drei Anschlüsse, zwei für die Energieversorgung und einen für das Ansteuerungssignal. Somit benötigt die Steuerung der Servos lediglich zwei digitale Ausgänge des Raspberry Pi's, welche direkt auf die Servos geführt werden können. Das Steuersignal ist in Abbildung 16 ersichtlich.

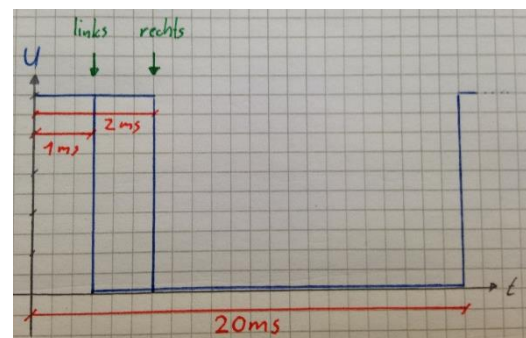


Abbildung 16, Servo Signal

Um den Servo richtig zu Steuern sollte ein Signal mit einer Periodendauer von 20 ms generiert werden. Der Duty-Cycle muss in einem Bereich von 5-10% sein (1-2 ms High), um den Servo links oder rechts auslenken zu lassen. Der maximale Impulsdauerunterschied ist eine Millisekunde, was eine Auslenkung von etwa 200° zur Folge hat. Das heisst, die Auslenkung kann errechnet werden. In der Formel 2 ist die Berechnung ersichtlich. Wobei t die Impulsdauer in Millisekunden des Signals ist und β der gewünschte Winkel auf dem Servo.

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{maxAuslenkung}} &= 200 \text{ Grad} \\ t_{\text{min}} &= 1 \text{ ms} \\ t_{\text{max}} &= 2 \text{ ms} \\ t(\beta) &= \frac{\beta}{(t_{\text{max}} - t_{\text{min}}) \cdot \alpha_{\text{maxAuslenkung}}} + t_{\text{min}} \\ \beta(t) &= (t_{\text{max}} - t_{\text{min}}) \cdot \alpha_{\text{maxAuslenkung}} \cdot (t - t_{\text{min}}) \end{aligned}$$

Formel 2, Auslenkungs-Berechnung von Servo

4.4.2 Kameramodul auf dem Raspberry Pi

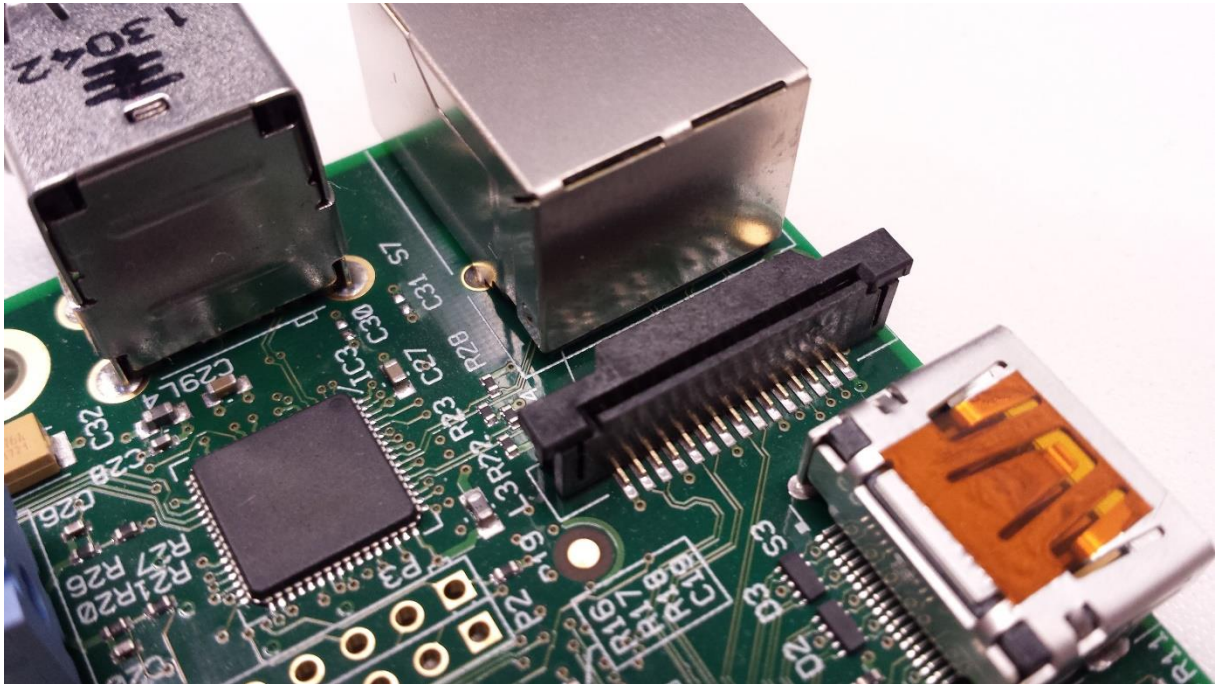


Abbildung 17, Kameraschnittstelle

Das Kameramodul, eigens für das Raspberry Pi entwickelt, wird über das sogenannte CSI (Camera Serial Interface) direkt mit dem Broadcom BCM2835 Prozessor verbunden. Dieses Interface (CSI-2) wurde als Standardisierung für die Verbindung von Kameras zu mobilen Geräten eingeführt. In der Version 2 wurde die Auflösung sowie die Übertragungsgeschwindigkeit erhöht, um die Anforderungen der heutigen Smartphones zu erfüllen. Die Schnittstelle bietet 4 Data Lanes, wobei jede einzelne ein Maximum von 1 Gbps Bandbreite besitzt. Die Kommunikation verläuft einseitig von der Kamera zum Prozessor. Mittels eines Flachbandkabels werden beide Komponenten miteinander verbunden.

4.4.3 Raspberry Pi Zugriff über ein externes Gerät

Auf dem Raspberry Pi wird eine Serverinstanz erstellt, welche auf einer TCP Socket Verbindung basiert. Der Client verbindet sich über ein externes Gerät mit dieser Instanz. Integer Werte werden mittels eines Byte-Streams übertragen.

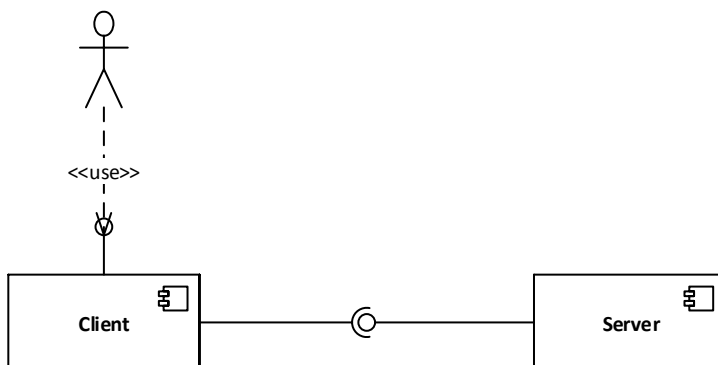


Abbildung 18, Komponentendiagramm

4.5 Softwarebeschreibung

4.5.1 Ablauf der Software

Zuerst wird die Steuerung (Raspberry Pi) gestartet. Auf dieser wird im Anschluss ein Python-Script ausgeführt, welches den TCP-Server startet. Dabei läuft der Server in einem eigenen Thread, damit der Programmablauf nicht blockiert wird. Die Maschine ist nun grundsätzlich bereit, das Startsignal zu empfangen.

Der Client gibt per TCP/IP über Wi-Fi das Startsignal. In diesem Moment wird mit der Kamera ein Foto gemacht. Dabei wird der Winkel zum Kübel berechnet und die Maschine richtet sich dementsprechend aus. Sobald die Ausrichtung abgeschlossen ist, wird erneut ein Foto gemacht. Falls der Winkel zu gross ist, wird die Maschine noch nachjustiert. Wenn der Winkel jedoch im Toleranzbereich liegt, beginnt der eigentliche Schiessvorgang. Sobald alle fünf Bälle abgeschossen wurden, erhält der Client vom Server das Stoppsignal. Dieses wird schlussendlich akustisch auf dem Client ausgegeben und schliesst die Aufgabe ab.

4.5.2 Frameworks

Für die Objekterkennung wird das Framework SimpleCV verwendet. Dieses basiert auf dem OpenCV-Framework. SimpleCV vereinfacht den Zugriff auf Bild- und Videodaten, jedoch auf einem höheren Layer als OpenCV, sodass die Software einfacher, weniger fehleranfällig und übersichtlicher wird. Da SimpleCV wie auch OpenCV Opensource sind, werden keine Kosten fällig und dementsprechend wird das Budget entlastet.

4.5.3 Programmiersprache

Die Client-Applikation wird vermutlich auf Java-Basis sein, da anhand der Ressourcen im Team bereits Erfahrungen im Bereich der Java-Programmierung gemacht wurden und im Informatik- wie auch im Elektrotechnik-Studium Java gelehrt wird.

Die Steuerungssoftware auf dem Raspberry Pi wird in Python geschrieben. Grund dafür ist, dass das SimpleCV-Framework auf Python aufbaut und dieses somit genutzt werden kann.

4.5.4 Klassendiagramm Client

Mit dieser Klasse kann das Startsignal gesendet und das Stoppsignal empfangen werden. In der Methode `start()` kann als Parameter ein Integer-Wert mitgegeben werden, damit die Anzahl der abzugebenden Schüsse definiert werden kann. Wenn der Wert Null ist, läuft das Programm im produktiven Modus und wird fünf Schüsse abgeben. Für Tests können jedoch andere Werte eingegeben werden.

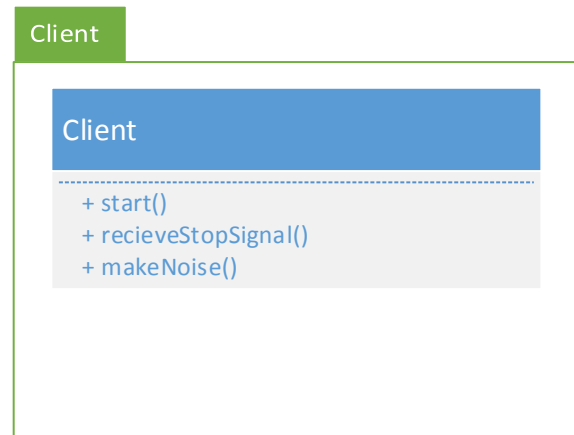


Abbildung 19, Klassendiagramm Client

4.5.5 Klassendiagramm Steuerung (Raspberry Pi)

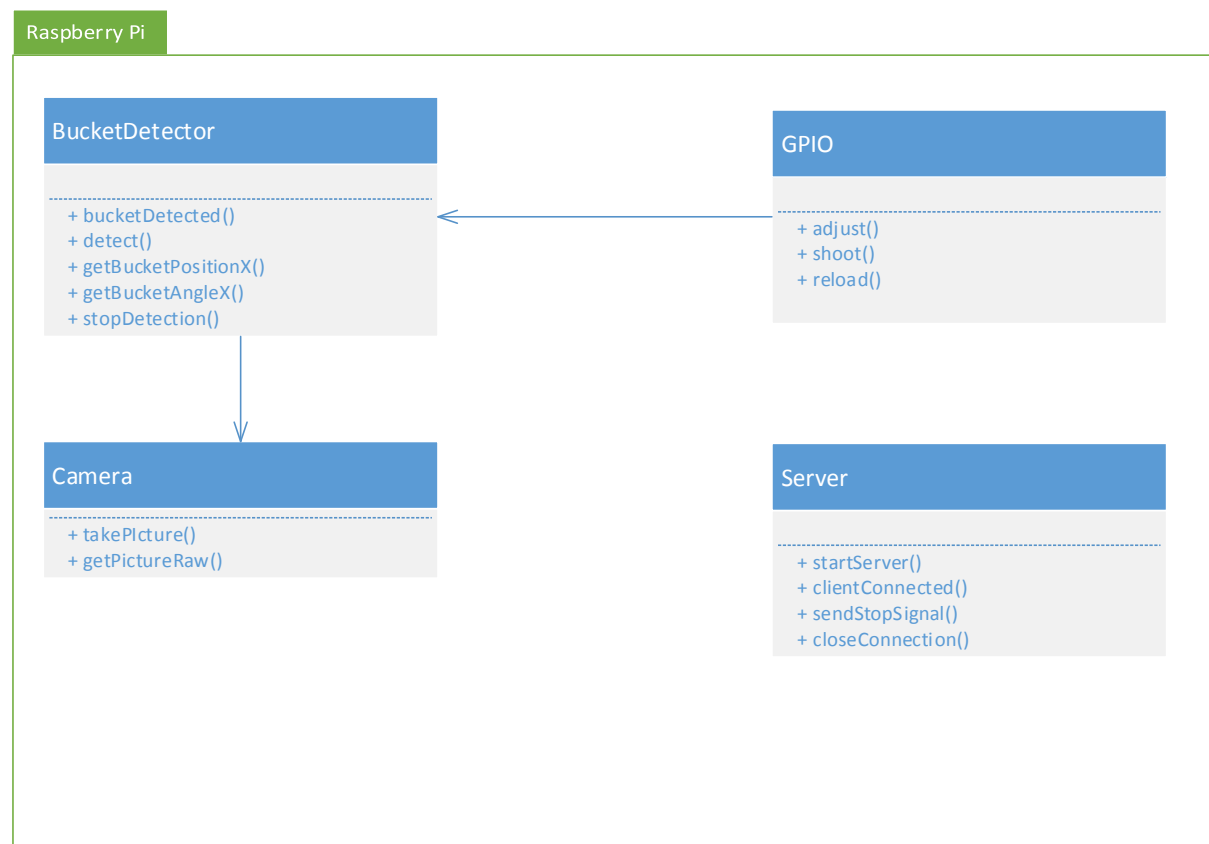


Abbildung 20, Klassendiagramm Steuerung

4.5.6 Sequenzdiagramm

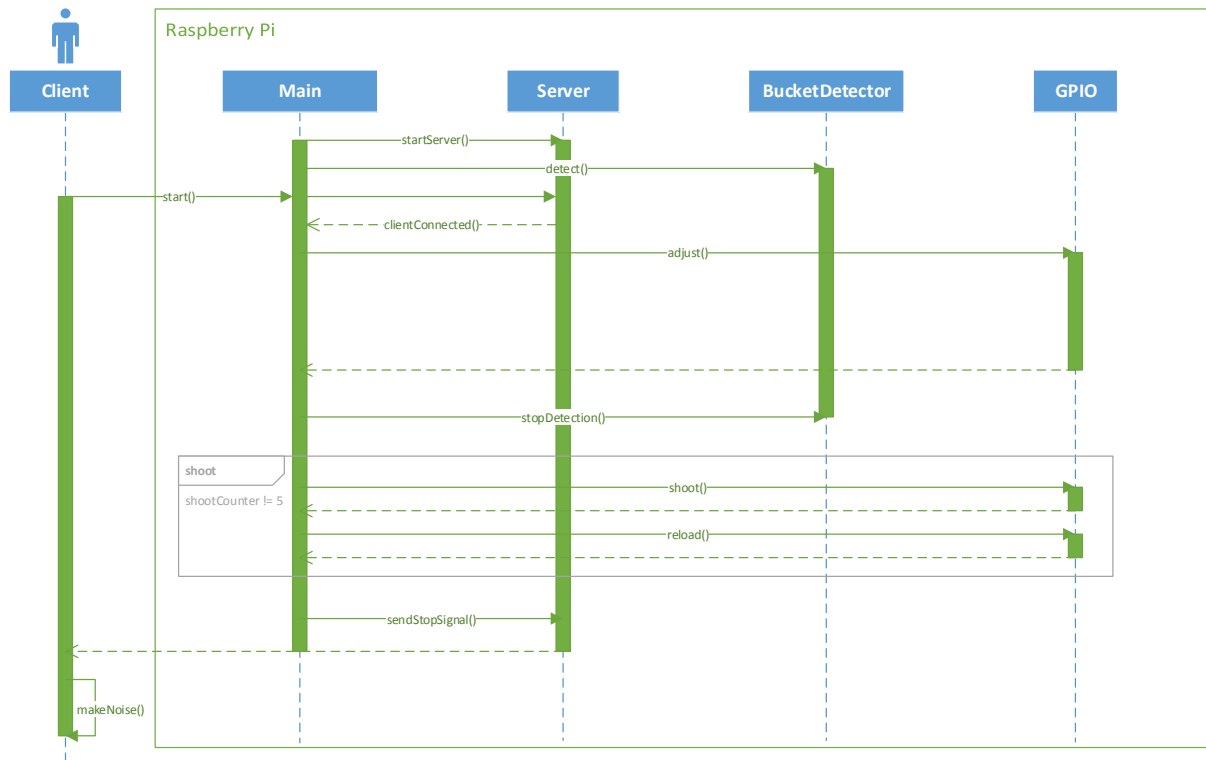


Abbildung 21, Sequenzdiagramm

4.6 Berechnungen und Tests

4.6.1 Berechnung der Abschussgeschwindigkeit

Die berechnete Abschussgeschwindigkeit beträgt 4.6 m/s. Weil noch keine Widerstandsfaktoren miteinberechnet wurden, wird die effektiv erforderliche Geschwindigkeit noch etwas grösser ausfallen.

```

Gravitationsbeschleunigung [m/s^2]
g := 9.81 :

Abschusswinkel [rad]
α :=  $\frac{\pi}{4}$  :

Höhe Abschuss [m]
h0 := 0.2 :

Höhe Eimer [m]
he := 0.4 :

Distanz bis Eimer [m]
s := 1.95 :

Geschwindigkeit [m/s]
v := solve( he = tan(α) · s -  $\frac{g}{2 \cdot (v \cdot \cos(\alpha))^2} \cdot s^2 + h0, v1 )$  :
v := v[2]
4.617

Wurfbahn
y := s → tan(α) · s -  $\frac{g}{2 \cdot (v \cdot \cos(\alpha))^2} \cdot s^2 + h0$  :
plot(y(x), x = 0 .. 1.95, y = 0 .. 0.8, scaling = constrained, gridlines = true, labels =
["Distanz [m]", "Höhe [m]"])

```

Formel 3, Abschussgeschwindigkeit

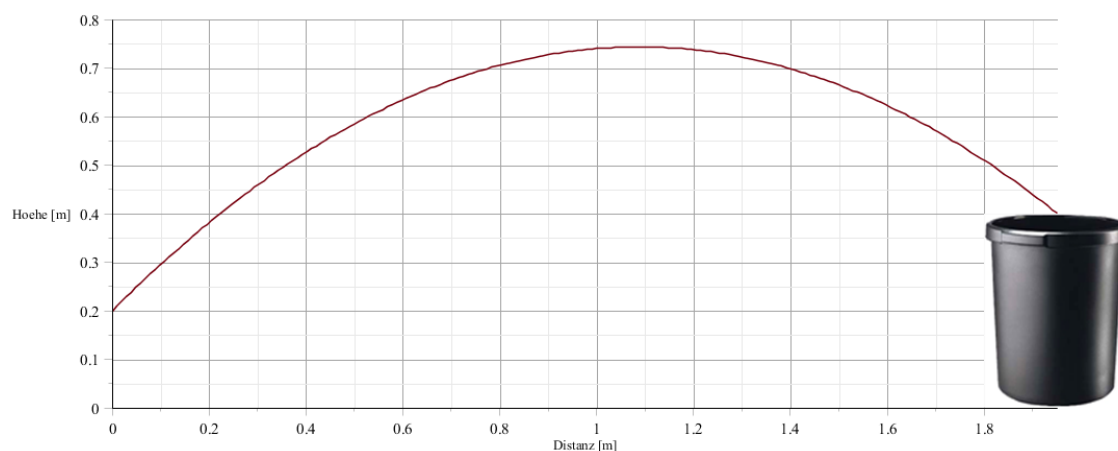


Abbildung 22, Flugbahn des Tennisballs

4.6.2 Berechnung der Ausrichtungstoleranzen

Wo genau ein Tennisball landet, hängt von der Genauigkeit der einzelnen Komponenten ab. Die Ausrichtungstoleranz ist definiert durch die Summe aller Toleranzen der Komponenten. In der bestehenden Konstruktion wird die Genauigkeit durch den Servomotor, die Kamera und durch die Laufschiene beeinflusst. Mit diesen momentan bekannten Toleranzen wurde die grösstmögliche seitliche Abweichung in Millimetern gerechnet. Die Abweichung beträgt ungefähr 44 Millimeter.

Toleranz Servomotor 1° mit 1:4 Übersetzung noch $\alpha=0.25^\circ$:		
Winkel α [rad]		
$\alpha := \frac{0.25}{180} \cdot \pi :$		
Schussdistanz bis Anfang hinterer Drittel vom Korb: $d=2025\text{mm}$ $d := 2025 :$		
Fehler Servo [mm]: $f1 := d \cdot \sin(\alpha) :$ $\text{evalf}(\%)$		
	8.835701304	(1)
Fehler Kamera [mm]: $f2 := 20$		
	20	(2)
Fehler der Laufschiene gemäss technischem Bericht Rampentest [mm] $f3 := 15$		
	15	(3)
Totaler Fehler [mm]: $f := \text{evalf}(f1 + f2 + f3)$		
	43.83570130	(4)

Formel 4, Ausrichtungstoleranz

4.6.3 Berechnung des Pneumatikzylinders

Ausschlaggebend für den Kauf des passenden Pneumatikzylinders war dessen Berechnung bezüglich der maximalen Kraft und maximalen Geschwindigkeit, die der Zylinder erreichen kann. Diese Zahlen sind insofern relevant, weil schlussendlich der Zylinder stärker sein sollte, als effektiv erforderlich ist, um ihn für eine genaue und konstante Schussweite entsprechend drosseln zu können.

Als Basis für diese Berechnung wurde der vorhandene Pressluftdruck von sechs bar herbeigezogen. Jegliche Widerstände (Roll-, Reib-, Luftwiderstände) sind vernachlässigt worden, wegen der kurzen Flugdistanz und den noch unbekannten Materialien, welche für den Reibwiderstand verantwortlich wären.

Die Ergebnisse lauteten für die Geschwindigkeit 12m/s und für die Kraft 47N. Die Geschwindigkeit ist somit mehr als ausreichend und entspricht etwa dem Zweieinhalbfachen als der erforderlichen 4.6 m/s.

Gravitationsbeschleunigung

$$g := 9.81 :$$

Durchmesser Zylinder

$$d := 0.010 :$$

Hublänge Zylinder

$$s := 0.1 :$$

Druck von Pressluft

$$p := 6 \cdot 10^5 :$$

Masse von Tennisball

$$m := 0.065 :$$

Abschusswinkel

$$\alpha := \frac{\text{Pi}}{4} :$$

Kraft auf Ball

$$F := \text{evalf}\left(p \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \text{Pi}\right)$$

47.12388981

Anfangsgeschwindigkeit Tennisball

$$v := \sqrt{\frac{F \cdot s \cdot 2}{m}}$$

12.04145274

Formel 5, Maximalgeschwindigkeit Zylinder

4.6.4 Berechnung Kameragenauigkeit

Gegeben: Distanz $r = 1.5m$, Winkel $\alpha = 122^\circ$

Gesucht: Sichtfeld g

$$\text{Formel: } g = 2r \times \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\text{Sichtfeld} = 2 \times 1.5m \times \tan\left(\frac{122^\circ}{2}\right) = 5.412m$$

Auflösung	Genauigkeit (in der Breite) Pixel/cm
2592 x 1944 Pixel	2592/541.2=4.7 Pixel/cm
640 x 480 Pixel	640/541.2=1.183 Pixel/cm

Tabelle 3, Kameragenauigkeit

5 Projektmanagement und Planung

5.1 Organigramm

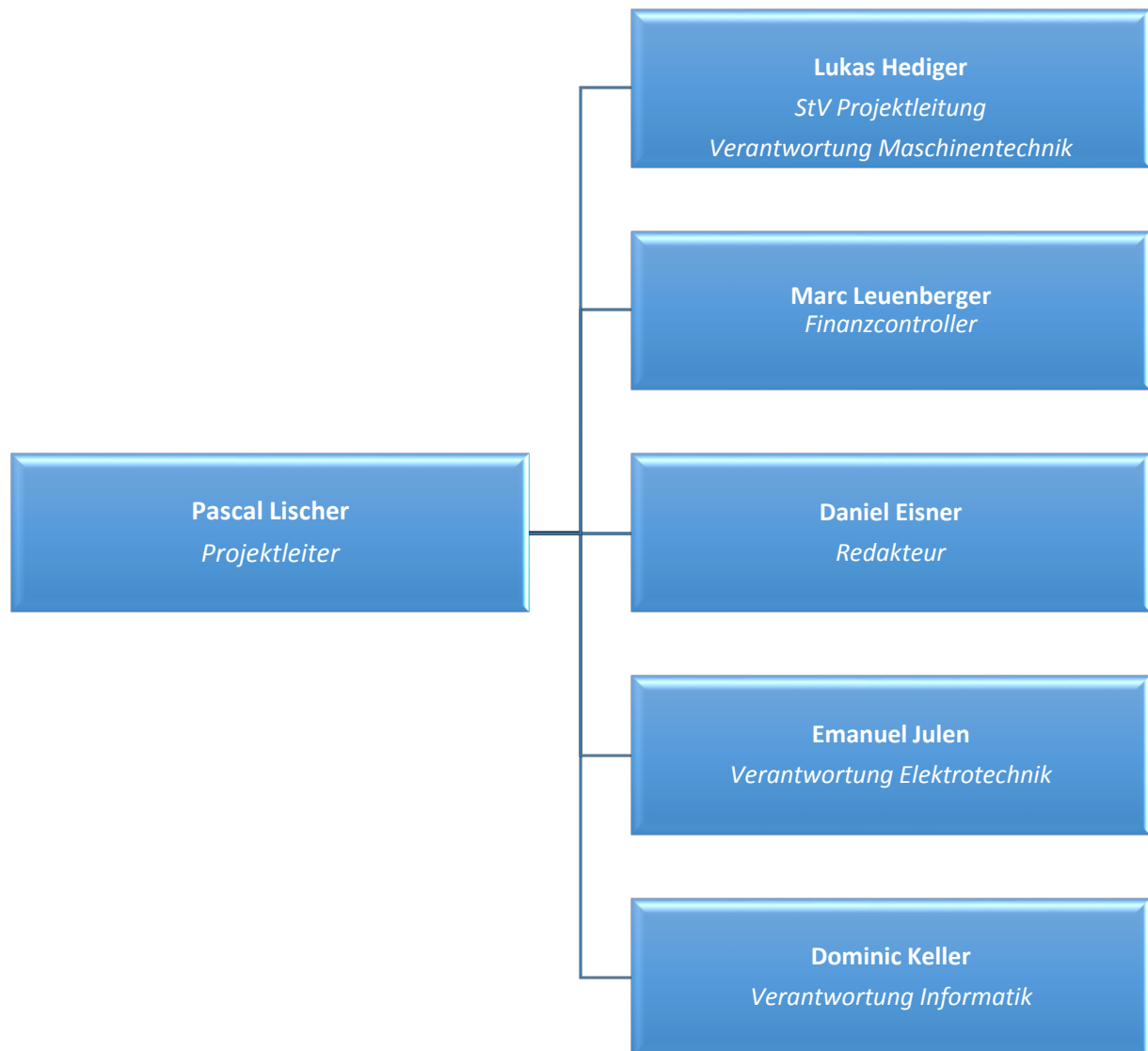


Abbildung 23, Organigramm Team 36

5.2 Funktionsbeschreibung

Aufgaben / Pflichten	
Projektleiter	Er ist verantwortlich für das Erstellen und der Aktualisierung des Projektplans. Er setzt sich für die fristgerechte Einhaltung des Plans ein.
Redaktor	Sein Aufgabengebiet besteht darin, die einzelnen Texte zusammenzutragen und in der Dokumentation zu vereinheitlichen. Er schaut auf die einheitliche Formatierung, dass die Quellenangaben korrekt zitiert sind und dass die Layout Regeln eingehalten worden sind.
Finanzcontroller	Verantwortlich für die Finanzen und Bestellungen.
Verantwortung Elektrotechnik	Verantwortlich für alle elektrischen Problemstellungen und Aufgaben. Plant und dimensioniert die einzelnen Komponenten.
Verantwortung Maschinentechnik	Er ist Verantwortlicher für die CAD-Konstruktion und vertritt den Projektleiter bei dessen Abwesenheit.
Verantwortung Informatik	Verantwortlich für die Konzeption und Implementierung der Software. Allgemein Ansprechpartner bei Fragen im IT-Umfeld.

Tabelle 4, Funktionsbeschreibung

5.3 Planung

In der Projektinitialphase wurde ein erster Projektplan (Anhang III) erstellt, den es dann laufend anzupassen galt. Zusätzlich wurde in jeder Semesterwoche ein Protokoll (Anhang XIV) geführt, indem die genauen Aufgaben der einzelnen Team-Mitglieder sowie auch einzelne wichtige Beschlüsse ersichtlich sind.

6 Schlussdiskussion

6.1 Entwicklungskosten und Zeitaufwand

6.1.1 Kosten

Verfügbares Budget		Fr. 600.00
Anzahl	Bisherige Ausgaben	
1	Kamera	Fr. 35.00
1	Pneumatik Zylinder	Fr. 41.00
1	Pneumatik Ventil	Fr. 65.00
2	Pneumatik Drosselventil	Fr. 26.00
1	Pneumatik Druckregelventil	Fr. 55.00
1	Raspberry Pi	Fr. 35.00
	Zukünftige Ausgaben	
1	Servo Magazin	Fr. 5.00
1	Servo Drehachse	Fr. 20.00
1	DC/DC Wandler	Fr. 11.00
1	Akku	Fr. 45.00
1	Zahnriemenrad 12Z	Fr. 5.00
1	Zahnriemenrad 48Z	Fr. 9.00
1	Zahnriemen	Fr. 8.00
1	Führungsstangen Alu	Fr. 20.00
1	Lager Drehachse	Fr. 20.00
1	Pauschale für Kleinteile	Fr. 25.00
	Übriges Budget	Fr. 175.00

Tabelle 5, Kosten

6.1.2 Zeitaufwand

SW	Aufgabe	SOLL h	IST h
1-4	Technologierecherche & Produkthanforderungen	108	110
	Teambildung		12
	Projektinitialisierung		8
	Projektplanung		8
	Recherche		30
	Produkthanforderungen erfassen		8
	Projektdokumentation erstellen (Vorlagen)		2
4	Testat 1 (Abgabe-Dokumente: Technologierecherche, Produkthanforderungen)		42
4-8	Evaluation der Lösungsprinzipien & Auswahl der Kombinationen	118	83
	Lösungssuche zu Teilfunktionen		22
	Funktionsanalyse		45
	Projektdokumentation		12
8-13	Testat 2		4
	Freigabe Gesamtkonzept & Projektdokumentation (80%)	144	179
	Konzept- und Systementwurf		41
	Tests		44
	Projektdokumentation		58
13	Testat 3		36
	MEP	72	
	Abgabe Dokumentation		
	Vorbereitung Präsentation		
	Präsentation		
Total		442	372

Tabelle 6, Zeitaufwand

6.2 Lessons Learned

Nach dem Kontext-1-Modul ist dies das zweite Projekt in einem interdisziplinären Team, welches wir durchführen. Das Zusammenarbeiten in der Gruppe hat von Anfang an gut funktioniert. Wir haben uns nach der Kennenlernphase organisiert und einen Teamleader bestimmt. Ziel war es unsere Ressourcen möglichst gut zu nutzen.

Bei unseren Treffen jeden Donnerstag und Freitag, haben wir viele Diskussionen geführt, Entscheide gefällt und Versuche durchgeführt. Die Einzelarbeiten wie das Dokumentieren und im CAD-konstruieren wurden zu Hause gemacht. Auf diese Weise konnten wir das Zusammenarbeiten optimal nutzen und die individuellen Arbeiten ungestört durchführen.

Das Führen eines Protokolls hat sich als sehr positiv erwiesen. So konnten sich alle Teammitglieder zu jeder Zeit ein Bild über den aktuellen Stand des Projekts machen und wussten deshalb, was noch zu tun ist.

6.3 Offene Punkte

Da noch nicht alle Aspekte des Projektes durchgeplant sind, werden diese hier aufgelistet.

- Die Servos wurden noch nicht ausgewählt, weil die Kraft und die Auflösung nicht klar sind. Dies muss in PREN2 noch erledigt werden.
- Das Startsignal muss kabellos an das Gerät übermittelt werden. Aufgrund des WLAN Modules auf dem Raspberry Pi kommen dort ein Smartphone, ein Tablet oder ein Laptop zur Auswahl. Die Auswahl wurde noch nicht getroffen, da es keinen beträchtlichen Unterschied für die Programmierung der entsprechenden Software macht.
- Einige Elektronikkomponenten wurden noch nicht definiert, da dies im PREN2 erledigt werden soll. Die Dimensionierung kann während der Entwicklung besser erstellt werden. Unter die Komponenten fallen der DC/DC-Wandler, Transistor, Print, Widerstände und weitere kleine Teile.
- Die Sockelfüsse für den Stand des Gerätes sind noch unbestimmt, aufgrund fehlender Tests. Da das Gerät während einem Schuss sicher am Platz stehen soll, werden die Füsse voraussichtlich aus weichem Elastomer bestehen.
- Die Auslösung vom Ballmagazin ist mit einem Servo geplant, doch wenn möglich wird die Auslösung rein mechanisch realisiert. Dadurch kann noch an Gewicht eingespart werden.

6.4 Risiken

#	Risiko	Auswirkungsgrad	Wahrscheinlichkeit
1	Gewicht über 2 Kilogramm	Wenig	Mittel
2	Servo für Schwenken zu schwach	Mittel	Wenig
3	Kommunikation mit Startgerät funktioniert nicht	Mittel	Wenig
4	Pneumatik Zylinder ungenau	Gross	Mittel
5	Ortung ist ungenau	Mittel	Wenig
6	Ausrichtung ist ungenau	Mittel	Wenig
7	Budget reicht nicht aus	Gross	Wenig
8	Ball Nachladen funktioniert nicht	Mittel	Wenig
9	Kleinere Betriebszeit als 15 min	Gross	Wenig

Tabelle 7, Risiken

#	Massnahmen zu den Risiken
1	Gewicht wenn möglich optimieren oder in eine andere Gewichtsklasse wechseln.
2	Schwenkmechanismus ändern oder auf Schrittmotor Umbauen.
3	Startgerät wechseln
4	Konstruktion optimieren
5	Softwareoptimieren oder auf Ultraschallsensoren umsteigen.
6	Kann durch Ortung kompensiert werden, durch Regelkreis.
7	Alternativen zu teuren Komponenten suchen.
8	Konstruktion abändern
9	Akkuladung vergrössern oder Verbraucher minimieren

Tabelle 8, Massnahmen gegen Risiken

6.5 Ausblick

Die im PREN 1 erarbeiteten Erkenntnisse werden im zweiten Semester angewendet und realisiert. Das Projekt wurde fachgerecht konzipiert und ist bereit in die Realisierungsphase überzugehen. In der Realisierungsphase sollte vermehrt auf eine raschere Festlegung bei Lösungsansätzen geachtet werden. Aufgrund der bisherigen Beobachtungen im PREN 1 ist auf dies besonders zu achten. Die Planung läuft parallel zur Umsetzung weiter. Raum für Anpassungen soll es weiterhin geben, ist jedoch zu minimieren. Das Team arbeitet souverän zusammen und es herrscht eine gute Teamdynamik, welche im PREN 2 weiter genutzt wird. Ziel ist es eine einwandfrei funktionierende Ballwurfapparatur zu präsentieren.

7 Literaturverzeichnis

Festo. (16. Oktober 2014). *Festo*. Von Festo: www.festo.ch/de abgerufen

itseez. (9. Oktober 2014). *OpenCV*. Von OpenCV: <http://opencv.org/> abgerufen

Jumk. (27. Oktober 2014). *Rechneronline*. Von Rechneronline: <http://rechneronline.de/sehwinkel/> abgerufen

Lets Make Robots. (27. Oktober 2014). *Let's Make Robots*. Von Let's Make Robots: http://letsmakerobots.com/files/field_primary_image/HC-SR04-lg.jpg? abgerufen

Sight Machine. (16. Oktober 2014). *SimpleCV*. Von SimpleCV: <http://simplecv.org/> abgerufen

Totonic GmbH. (27. Oktober 2014). *Pi-Shop*. Von Pi-Shop: <https://www.pi-shop.ch/hd-kamera-raspberry-pi> abgerufen

Vis, P. (22. Oktober 2014). *PeterVis*. Von PeterVis: http://www.petervis.com/Raspberry_Pi/Raspberry_Pi_CSI/Raspberry_Pi_CSI_Camera_Interface.html abgerufen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1, Teilfunktionsschema	9
Abbildung 2, Rampentest	9
Abbildung 3, Pneumatikzylinder Test	10
Abbildung 4, Produktbeschreibung	11
Abbildung 5, Schema Funktionsablauf	12
Abbildung 6, Komponentendiagramm	13
Abbildung 7, Pneumatik Skizze	14
Abbildung 8, Elektrotechnik-Prinzip Schema	14
Abbildung 9, Pila Funda von oben	15
Abbildung 10, Drehachse - Längsschnitt	15
Abbildung 11, Drehmechanik - Antrieb	15
Abbildung 12, Magazin: Ausgangsstellung	16
Abbildung 13, Magazin: Ball auswerfen	16
Abbildung 14, Magazin: Ball nachladen	16
Abbildung 15, Print	18
Abbildung 16, Servo Signal	18
Abbildung 17, Kameranchnittstelle	19
Abbildung 18, Komponentendiagramm	19
Abbildung 19, Klassendiagramm Client	21
Abbildung 20, Klassendiagramm Steuerung	21
Abbildung 21, Sequenzdiagramm	22
Abbildung 22, Flugbahn des Tennisballs	23
Abbildung 23, Organigramm Team 36	26
Abbildung 24, Rampentest Labor	56
Abbildung 25, Rad für Rollenantrieb	58
Abbildung 26, Ultraschallsensor	59
Abbildung 27, Skizze Ultraschallsensor	59
Abbildung 28, Skizze drei Ultraschallsensoren	60
Abbildung 29, Stellschraube Labor	62
Abbildung 30, Laufvorrichtung Labor	62
Abbildung 31, Schussvorrichtung Labor	62
Abbildung 32: Anordnung 1	64
Abbildung 33: Anordnung 2	64
Abbildung 34: Anordnung 3	65
Abbildung 35, Ablaufdiagramm Kamera	66
Abbildung 36, Abfalleimer 1	68
Abbildung 37, Abfalleimer 2	69
Abbildung 38, Funktionsschema Ultraschall	70
Abbildung 39, Aufbau Ultraschallsensoren	70
Abbildung 40, Skizze Rollenantrieb	72
Abbildung 41, Skizze Antriebskomponenten	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1, Verbraucher Leistungen	17
Tabelle 2, Vor-und Nachteile Energieversorgung	17
Tabelle 3, Kameragenauigkeit	25
Tabelle 4, Funktionsbeschreibung	27
Tabelle 5, Kosten	28
Tabelle 6, Zeitaufwand	29
Tabelle 7, Risiken	30
Tabelle 8, Massnahmen gegen Risiken	30
Tabelle 9, Weight Report	49
Tabelle 10, Teilfunktion - Ortung	50
Tabelle 11, Teilfunktion - Energieversorgung	50
Tabelle 12, Teilfunktion - Positionierung	50
Tabelle 13, Teilfunktion - Transport	51
Tabelle 14, Teilfunktion - Material	51
Tabelle 15, Teilfunktion - Datenübertragung	51
Tabelle 16, Teilfunktion - Hardware	52
Tabelle 17, Morphologischer Kasten	53
Tabelle 18, Prinziplösungen	53
Tabelle 19, Bewertungstabelle	54
Tabelle 20, Legende zur Bewertung	55
Tabelle 21, Werte Reichweite	56
Tabelle 22, Reichweite Rollentest	58
Tabelle 23, Ergebnisse Ultraschallmessungen	61
Tabelle 24, Zylindertest	63
Tabelle 25, Zylindertest Distanz	63
Tabelle 26, Analyse Ultraschallsensor	71
Tabelle 27, Analyse Rollen Antrieb	72

Formelverzeichnis

Formel 1, Akkuladung	17
Formel 2, Auslenkungs-Berechnung von Servo	18
Formel 3, Abschussgeschwindigkeit	23
Formel 4, Ausrichtungstoleranz	24
Formel 5, Maximalgeschwindigkeit Zylinder	25

Anhang

Inhaltsverzeichnis

I. Aufgabenstellung	36
II. Produktanforderung	44
III. Projektplan	47
IV. Weight Report	49
V. Konzeptfindungsprozess	50
VI. Technischer Bericht zum Rampentest	56
VII. Technischer Bericht zum Rollentest	58
VIII. Technischer Bericht zum Test eines Ultraschallsensor HC-RS04	59
IX. Technischer Bericht zum Pneumatikzylindertest	62
X. Lösungskonzept Pneumatikzylinder	64
XI. Lösungskonzept Kamera	66
XII. Lösungskonzept Ultraschall	70
XIII. Lösungskonzept Rollenantrieb	72
XIV. Protokolle	73

I. Aufgabenstellung

Projektmodul Produktentwicklung PREN 14 / 15

Aufgabenstellung PREN1 Herbstsemester 2014

15. September 2014

Adrian Omlin

Autonomer Ballwerfer

1	Einleitung	37
2	Aufgabe	37
2.1	Ausblick auf PREN 2	37
3	Randbedingungen	38
3.1	Spielfeld	38
3.2	Tennisbälle	39
3.3	Korb.....	39
3.4	Zu realisierendes System.....	39
3.5	Wettbewerbskriterien	39
3.6	Material und Beschaffung	40
3.7	Kosten.....	41
4	Ausführung und Bewertung PREN 1	42

Modulverantwortlicher: Ernst Lüthi

Fachliche Begleitung:

- De Angelis Marco
- Habegger Jürg
- Joss Marcel
- Klaper Martin
- Koller Thomas
- Lang Udo
- Lustenberger Stefan
- Lüthi Ernst
- Mettler Rolf
- Omlin Adrian
- Thalmann Markus
- Vogel Martin

1 Einleitung

Die aktuellen Herausforderungen in der Produktentwicklung lassen sich meist nicht mehr von einer einzelnen Disziplin lösen. Deshalb erarbeiten an der Hochschule Luzern - Technik & Architektur Teams aus Studierenden der Studiengänge Elektrotechnik, Informatik und 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, um die Tauglichkeit des Konzepts zu beweisen.

Zentral in PREN ist die strukturierte, professionelle Projektabwicklung unter Anwendung des in Kontext 1 und 2 sowie in den fachspezifischen Modulen Gelernten. Die Arbeit soll in späteren Projektaufgaben als Beispiel für die Vorgehensweise und die Projektdokumentation dienen.

2 Aufgabe

Das Gerät, das Sie im HS14 und FS15 realisieren, muss möglichst viele der fünf Tennisbälle, die Sie vorgängig erhalten, in möglichst kurzer Zeit in einen Korb befördern. Der Korb befindet sich seitlich verschiebbar auf einem Spielfeld (Abbildung 1). Vor dem Startsignal befindet sich ihr Gerät im Startfeld. Der Korb wird erst unmittelbar vor dem Startsignal positioniert. Nach dem Startsignal darf das Spielfeld bis zur Begrenzungslinie befahren, beschritten, bekrochen, überflogen, überragt und auch überworfen werden. Das Feld zwischen Begrenzungslinie und Korb darf nur überworfen oder überflogen werden. Ein Überragen, Überfahren etc. der Begrenzungslinie ist also nicht erlaubt.

Ihr Gerät soll möglichst leicht sein.

Das Spielfeld, der Korb, die Tennisbälle und das zu realisierende Geräte sind in Kapitel 3 genauer beschrieben.

Die Hauptaufgabe in PREN 1 ist das Erarbeiten eines Konzeptes. Aus diesem Gesamtkonzept soll auch im Detail ersichtlich sein, wie das Gesamtfunktionsmuster, das Sie in PREN 2 realisieren werden, aufgebaut sein wird.

Der Lösungsansatz für einzelne kritische Teilprobleme muss in PREN 1 durch den Aufbau von Teilfunktionsmustern verifiziert werden.

2.1 Ausblick auf PREN 2

In PREN 2 wird das System basierend auf dem in PREN 1 erarbeiteten Lösungskonzept aufgebaut und ausgetestet.

Als Höhepunkt findet im Rahmen des Kompetenznachweises im Sommer 2015 ein Wettbewerb statt, an dem Sie Ihr Gerät mit denen der anderen Teams messen. Ein Teil der Bewertungspunkte (10 bis 20% der Gesamtpunktzahl von PREN 2) wird entsprechend dem Wettbewerbserfolg vergeben. Bewertet werden die Anzahl der Bälle im Korb, die dazu benötigte Zeit sowie das Gewicht des Geräts.

3 Randbedingungen

3.1 Spielfeld

Das Spielfeld ist in Abbildung 1 dargestellt. Diese Abbildung ist nicht massstäblich. Der Korb lässt sich im Positionierungsfeld seitlich verschieben.

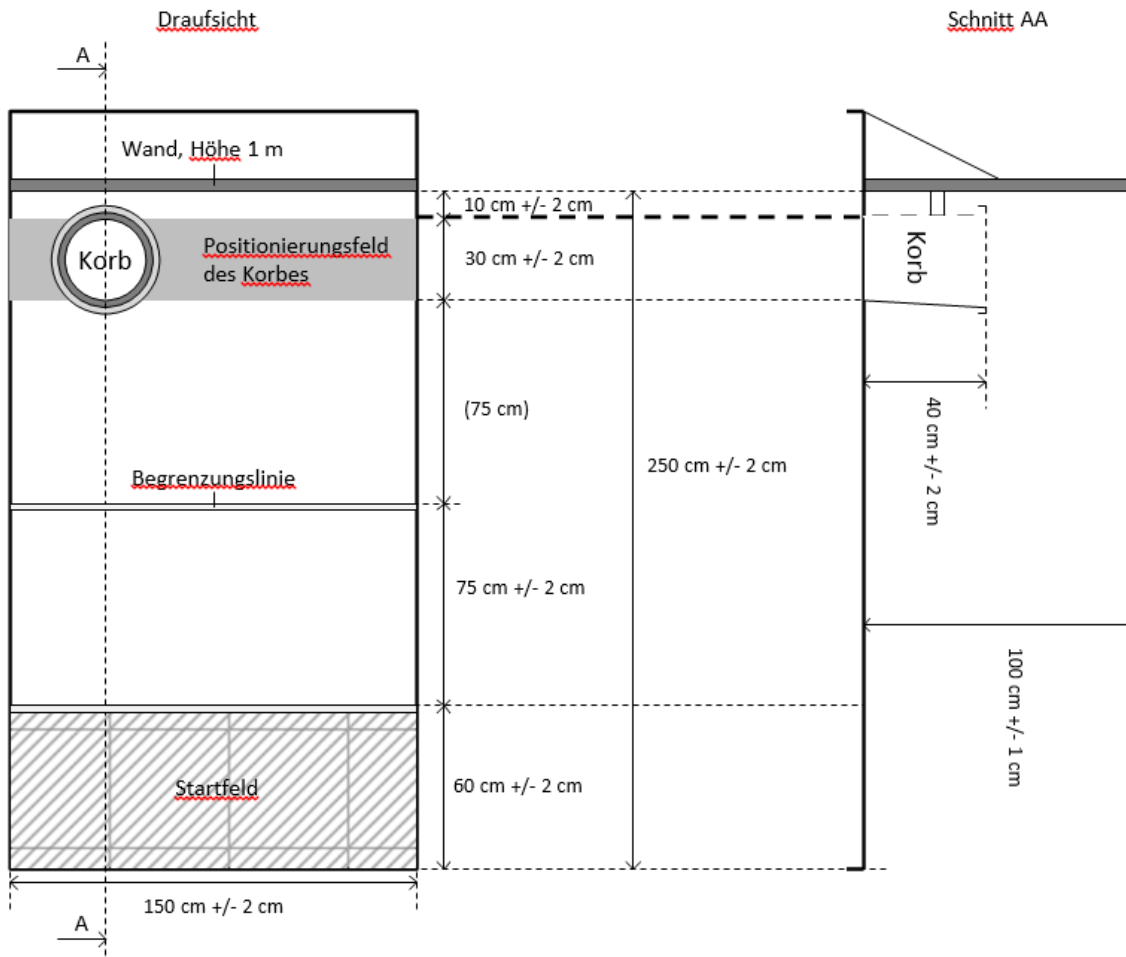


Abbildung 1: Spielfeld, Ansicht von oben und der Seite, nicht massstäblich

Das Spielfeld wird mit Spanplatten realisiert. Falls das Feld aus mehreren Platten aufgebaut werden muss, werden die Spanplatten mit Nägeln oder Senkkopfschrauben auf einem Grundrahmen befestigt. Es ist mit kleinen Fugen zu rechnen.

Die Oberfläche des Spielfeldes ist unbehandelt.

Das Spielfeld liegt auf dem Boden oder auf einem Tisch. Die Hindernisfreiheit über dem Feld beträgt 1.8 m. Der hindernisfreie Raum um das Feld beträgt mindestens 0.5 m.

Das Spielfeld darf nicht verändert werden. Es dürfen beispielsweise keine Führungsschienen oder Navigationsmittel angebracht werden.

Falls ein zusätzliches stationäres Rechenggerät (PC / Laptop / Tablet / Smartphone..) verwendet wird, darf das neben dem Feld auf einem Tisch aufgestellt werden.

Hinter dem Korb wird das Spielfeld durch eine 1 m hohe Wand begrenzt.

Die Begrenzungslinie, die nicht überragt, überfahren etc. werden darf, ist mit einem ca. 2 cm breiten dunklen Klebband markiert. Der Rand des Startfeldes wird ebenfalls mit einem Klebband gekennzeichnet.

3.2 Tennisbälle

Es werden „normale“, käufliche Tennisbälle verwendet (Tretorn Micro X). Sie sind gelb. Ihre Masse liegt zwischen 55 und 60 g. Der Durchmesser beträgt zwischen 6.3 und 7.3 cm. Die Tennisbälle dürfen nicht verändert werden (keine Markierungen, keine Ösen etc.).

3.3 Korb

Der obere Rand des Korbes liegt 40 cm +/- 2 cm über der Oberfläche des Spielfeldes. Die Öffnung ist rund. Der Innendurchmesser der Öffnung beträgt mindestens 30 cm. Als „Korb“ wird ein schwarzer Abfalleimer, wie er an der HSLU eingesetzt wird, verwendet.

Der Korb wird durch eine ca. 10 cm breite, durchgehende Leiste an der Rückwand abgestützt. Ansonsten ist er nicht befestigt.

3.4 Zu realisierendes System

Ob Ihr Gerät mobil oder stationär ist, ist Ihnen überlassen.

Das System (Gerät, Steuerung, Kommunikation...) muss eine Eigenkonstruktion sein. Einzelne Systemkomponenten wie z.B. Servos, das Lenkgetriebe eines Modellautos, ein Sendemodul oder eine Kamera dürfen zugekauft und eingesetzt werden.

Das Gerät muss die Aufgabe autonom bewältigen. Nach dem Startbefehl dürfen keine Eingriffe mehr vorgenommen werden. Insbesondere muss das Gerät die Position des Korbes selbständig finden.

Der Startbefehl muss drahtlos von einem Smartphone, Tablet, PC oder Laptop aus übermittelt werden. Auf dem gleichen Kommunikationsgerät muss optisch oder akustisch angezeigt werden, wann die Aufgabe abgeschlossen ist und die Zeit gestoppt werden kann. Das Kommunikationsgerät darf auch zusätzliche Aufgaben übernehmen (Ausführen von Berechnungen, Steuerung des Geräts...). Nebst dem Kommunikationsgerät ist ein zusätzlicher stationärer Rechner (PC / Laptop / Tablet / Smartphone...) erlaubt. Auch hier sind natürlich nach dem Start keine Eingriffe mehr erlaubt. Dieser Rechner sowie das Kommunikationsgerät darf auf einem Tisch neben dem Spielfeld aufgebaut werden.

Das Gerät darf den Spielfeldrand nicht umgreifen.

Das Gerät soll möglichst leicht sein. Die Energieversorgung (Akku, Speisegerät, Druckluftversorgung...), das zum Starten des Geräts verwendete Kommunikationsgerät sowie ein allenfalls eingesetzter zusätzlicher stationärer Rechner werden nicht mitgerechnet. Das Gerät soll sich möglichst einfach ohne diese Komponenten (z.B. Akku) wägen lassen. Zum Wägen ist am Gerät eine Aufhängevorrichtung vorzusehen, damit das Gerät mit einer Federwage gewogen werden kann.

Die maximalen Abmessungen des Gerätes – auch während des Ausführens der Aufgabe – betragen 0.5 m x 0.5 m x 1 m. Ein allfällig zusätzlich eingesetzter Rechner fällt nicht unter diese Grössenbeschränkung. Falls Ihr Gerät fliegt, fällt ein Auftriebskörper nicht unter diese Grössenbeschränkung. Auch dürfen Rotoren oder Flüge über das Mass hinausragen. Insbesondere bei Rotoren muss die Personensicherheit jederzeit gewährleistet sein. Die maximale Hindernisfreiheit gilt weiterhin.

3.5 Wettbewerbskriterien

Am Wettbewerb anlässlich des Kompetenznachweises in PREN 2 haben Sie vor dem Start maximal 5 Minuten Zeit, um das System startklar zu machen. Wenn gewünscht, sind in dieser Zeit zwei

Probewürfe erlaubt.

Vor dem Startsignal darf das Gerät die in Abbildung 1 schraffierte Startfläche nicht überragen.

Das Startsignal erfolgt akustisch durch Zählen („Drei, Zwei, Eins, Start!“).

Die Positionierung des Korbes erfolgt erst während des Zählens.

Die Endzeit wird mit einer Stoppuhr gemessen. Die Zeit wird genommen, wenn Ihr Kommunikationsgerät unmissverständlich optisch oder akustisch „Stopp“ meldet. Gewertet werden die Bälle, die dann im Korb sind.

Die maximal zulässige Zeit beträgt 5 Minuten. Nach dieser Zeit wird der Vorgang abgebrochen und die Bälle im Korb werden gezählt.

Liegt nach der Spielzeit kein Ball im Korb, wird der Durchgang mit null Bewertungspunkten bewertet.

Für die Rangierung werden die Anzahl Bälle im Korb, die Zeit zum Ausführen der Aufgabe sowie die Masse des Geräts bewertet. Zur Bestimmung der Bewertungspunkte kann folgende Formel verwendet werden:

$$\text{Bewertungspunkte} = \text{Anzahl Bälle} + (5 [\text{Min}] - \text{Spielzeit} [\text{Min}]) / [\text{Min}] + \text{Gewichtspunkte}$$

Für die Masse m des Gerätes werden folgende Gewichtspunkte vergeben:

$m \leq 2 \text{ kg} :$	4 Punkte
$2 \text{ kg} < m \leq 4 \text{ kg} :$	3 Punkte
$4 \text{ kg} < m \leq 6 \text{ kg} :$	2 Punkte
$6 \text{ kg} < m \leq 8 \text{ kg} :$	1 Punkte
$8 \text{ kg} < m :$	0 Punkte

Ein Team mit 3 Bällen in genau 2 Minuten erhält also wie ein Team mit 4 Bällen in genau 3 Minuten 8 Bewertungspunkte, falls ihre Geräte zwischen 4 und 6 kg schwer sind.

3.6 Material und Beschaffung

Wird bereits 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
- Mädlar
- Farnell

Wenn nötig, kann Material auch bei andern Lieferanten bestellt werden.

Wird Material vom Team selber eingekauft, können die Kosten zurückgefordert werden. Das ist nur bei Abgabe des Originals des Kaufbeleges möglich.

Es wird abgeraten, Material im Ausland zu bestellen, da die Lieferkosten und die Zollgebühren sehr hoch sind und oft beträchtliche Lieferzeiten bestehen.

Die Hochschule hat aus ehemaligen PREN-Durchführungen einiges an Material an Lager wie Servoantriebe, DC- und Schrittmotoren (detaillierte Liste siehe ILIAS). Dieses Material kann ausgeliehen werden.

3.7 Kosten

Für den Bau der Teilfunktionsmuster in PREN 1 und für die Realisierung des Systems in PREN2 stehen Ihnen als Team insgesamt CHF 600.- 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 gemäss Lagerliste in den Werkstätten der HSLU - T&A am Lager sind. (Detaillierte Liste siehe ILIAS).

Die Verwendung von „gesponserten“ Komponenten ist möglich. Um kein Team zu benachteiligen, werden diese Komponenten, auch wenn der HSLU 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.

Das von der HSLU zum Bau der Teilfunktionsmuster ausgeliehene Material wird ebenfalls verrechnet, und zwar zum halben Listenpreis. Sobald Sie das Material in einwandfreiem Zustand zurückgeben, wird Ihnen der entsprechende Betrag wieder gutgeschrieben. Wenn Sie das Material in PREN 2 verwenden möchten, wird es Ihnen ebenfalls zum halben Kaufpreis verrechnet.

Die Nutzung von freien Softwarekomponenten oder –services ist zulässig und belastet die Kostenrechnung nicht.

Falls gewünscht, kann von der HSLU ein HCS08 μ P-Starterkit ausgeliehen werden.

Es können Bauteile im Rapid Prototyping Verfahren mit dem 3-D Drucker (FDM Verfahren, Werkstoff ABS) der HSLU - T&A hergestellt werden.

Im Fablab lässt sich mit einem Lasergerät Plexiglas und Holz zuschneiden.

Die Kosten für die Arbeitszeit von Mitarbeitenden der HSLU - T&A zur Herstellung von Teilen sind in den oben erwähnten CHF 600.- nicht mit eingerechnet.

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

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

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
- Dokumentation der Technologierecherche
- Risikomanagement
- Erarbeiten von Lösungsvarianten und systematische Lösungsfindung
- Vollständige, verständliche und nachvollziehbare Dokumentation des Gesamtkonzepts inkl. Designüberlegungen

Die Arbeit muss in einem Projektbericht dokumentiert werden. Der Aufbau der Dokumentation basiert auf den Inputs aus dem Kontextmodul 1.

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

- Technologierecherche und Anforderungsliste (Testat 1 in SW4)
- Evaluation der Lösungsprinzipien und Auswahl der optimalen Lösungskombination(en) (Testat 2 in SW8)
- Freigabe des Gesamtkonzepts.
Dokumentation zu 80% fertig gestellt (Testat 3 in SW13)

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

Kriterien	Gewichtung
Teamarbeit und Arbeitsweise Zusammenarbeit / Arbeitsplanung / Problemerkfassung / 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	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.

Wird ein Team am Kompetenznachweis mit „FX“ bewertet, erhält es die Gelegenheit zur Nachbesserung. Das kann eine Teamaufgabe sein. Alle Teammitglieder erhalten in diesem Fall nach der Nachprüfung ein „F“ oder ein „E“. Es ist auch möglich, dass jedes Teammitglied zur Nachbesserung eine individuelle Aufgabe lösen muss. Nach der Nachprüfung wird für jedes Teammitglied einzeln entschieden, ob es ein „F“ oder ein „E“ erhält.

II. Produktanforderung

F: Festanforderung PL: Pascal Lischer DE: Daniel Eisner
 M: Mindestanforderung LH: Lukas Hediger EJ: Emanuel Julien
 W: Wunschanforderung ML: Marc Leuenberger DK: Dominic Keller

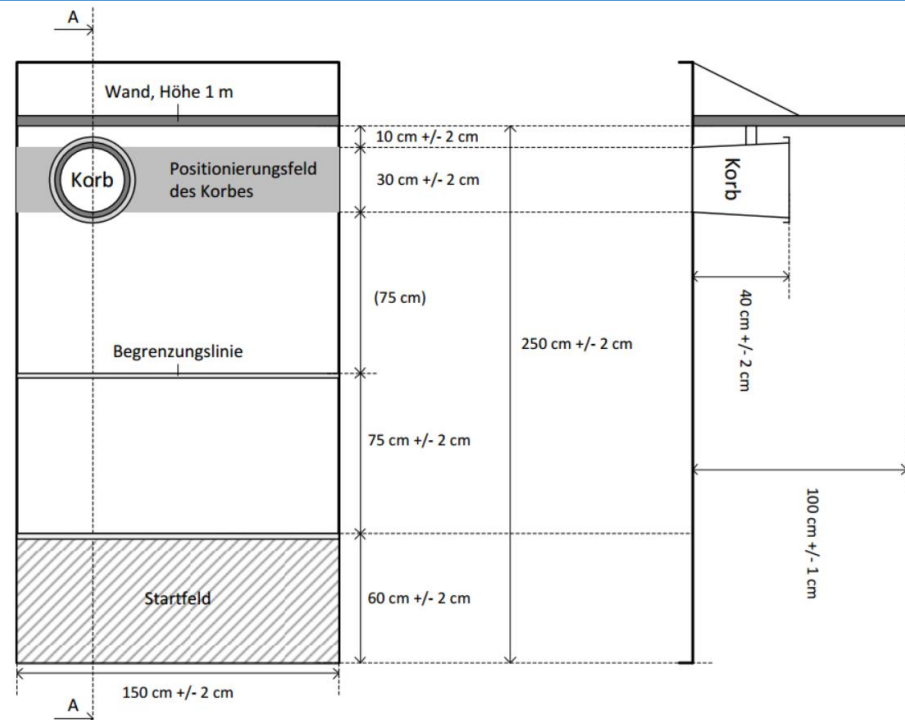
Allgemeine Anforderungen

Nr.	F M W	Bezeichnung	Werte Daten Erläuterungen Änderungen	Ver- ant- wort- lich
1.1	F	Projektbudget	600 Fr	ML
1.2	F	Startbefehl	Akustisch durch zählen („Drei, Zwei, Eins, Start!“)	Team
1.3	F	Startsignal	Kabellos	DE/DK
1.4	F	Stoppsignal	Optisch oder akustisch durch Startgerät	DE/DK
1.5	F	Zeit	Max. 5min	Team
1.6	F	Aufbauzeit	Max. 5min	Team
1.7	F	Konstruktion	Eigenkonstruktion	Team
1.8	F	Personensicherheit	Muss jeder Zeit gewährleistet sein	Team
1.9	F	Stromversorgung	230 Watt / 50Hz	-
1.10	F	Luftdruckleitung	6 bar	-

Anforderungen an das Gerät

Nr.	F M W	Bezeichnung	Werte Daten Erläuterungen Änderungen	Ver- ant- wort- lich
2.1	F	Korblockalisierung	Autonom	EJ
2.2	W	Gewicht	Unter 4kg (ohne Akku, Speisegerät, Druckluftversorgung)	PL/LH/ ML
2.3	F	Wiegen mit Federwage	Aufhängevorrichtung muss vorhanden sein	PL/LH/ ML
2.4	F	Abmessungen	Max. 50cm x 50cm x 100cm	PL/LH/ ML
2.5	W	Zeit für Aufgabe	Unter 1min	PL
2.6	F	Rotoren Durchmesser	Kann über Abmessungen hinaus ragen	LH

Bedingungen des Spielfeldes

Nr.	F M W	Bezeichnung	Werte Daten Erläuterungen Änderungen	Ver- ant- wort- lich
3.1				-
3.2	F	Begrenzungslinienbreite	Ca. 2cm	-
3.3	F	Begrenzungslinie	Dunkles Klebeband	-
3.4	F	Hindernisfreier Raum nach oben	180cm	-
3.5	F	Hindernisfreier Raum um das Spielfeld	Min. 50cm	-
3.6	F	Material des Spielfeldes	Spanplatten	-
3.7	F	Spielfeld Abändern	Nicht gestattet	-
3.8	F	Überragen der Begrenzungslinie	Nicht gestattet (Ausser fliegen)	-
3.9	F	Sehr helle Umgebung	Viele Scheinwerfer	-

Der Tennisball

Nr.	F M W	Bezeichnung	Werte Daten Erläuterungen Änderungen	Ver- ant- wort- lich
4.1	F	Typ	Tretorn Micro X	-
4.2	F	Durchmesser	6.8cm \pm 0.5cm	-
4.3	F	Masse	55g bis 60g	-
4.4	F	Abänderung des Balles	Nicht gestattet	-

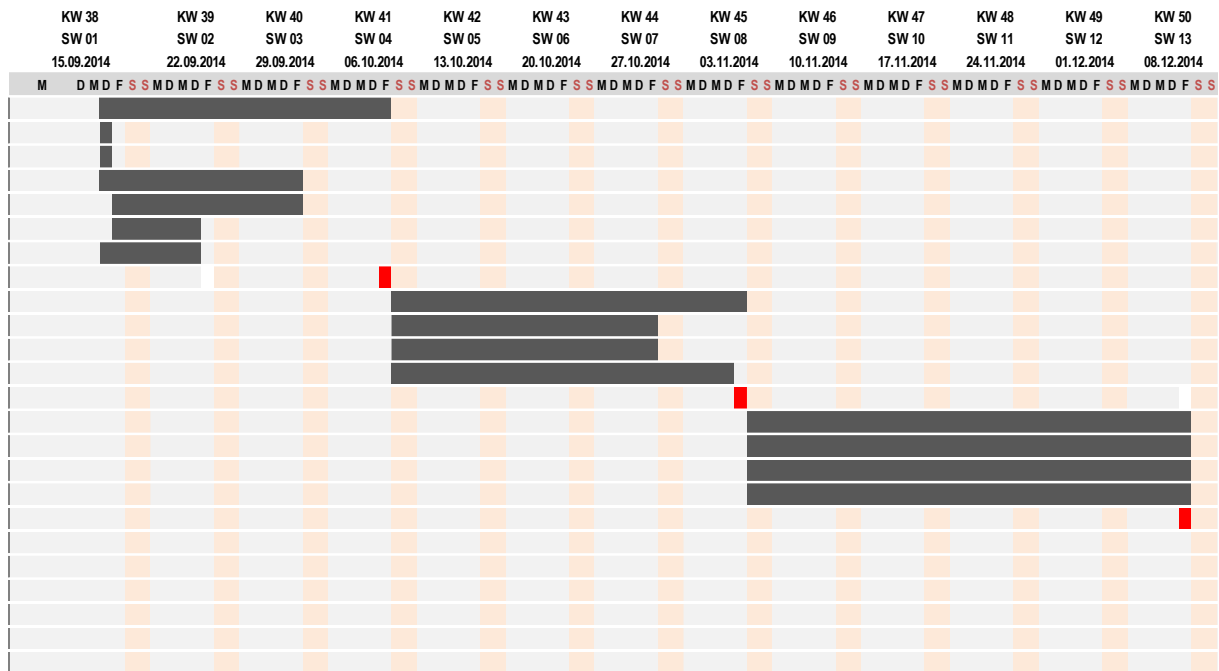
Der Korb

Nr.	F M W	Bezeichnung	Werte Daten Erläuterungen Änderungen	Ver- ant- wort- lich
5.1	F	Innendurchmesser des oberen Randes	Min. 30cm	-
5.2	F	Höhe	40cm \pm 2cm	-
5.3	F	Farbe	Schwarz	-
5.4	F	Positionierung	Erfolgt während dem Startsignal	-
5.5	F	Abstützung	Korb wird mit ca. 10cm breiter durchgehender Leiste von Rückwand abgestützt	-

III. Projektplan

Heute 12.12.2014
Heute 12.12.2014

WBS	Aufgabe	KuZ	Start	Ende	Fortschritt	SOLL h	IST h	Status
1	Technologierecherche & Produktanforderungen		18.09.2014	10.10.2014	100%	108	110	Abgeschlossen
1.1	Teambildung	ALLE	18.09.2014	18.09.2014	100%		12	Abgeschlossen
1.2	Projektinitialisierung	ALLE	18.09.2014	18.09.2014	100%		8	Abgeschlossen
1.3	Projektplanung	ALLE	18.09.2014	03.10.2014	100%		8	Abgeschlossen
1.4	Recherche	ALLE	19.09.2014	03.10.2014	100%		30	Abgeschlossen
1.5	Produktanforderungen erfassen	ML	19.09.2014	25.09.2014	100%		8	Abgeschlossen
1.6	Projektdokumentation erstellen (Vorlagen)	ALLE	18.09.2014	25.09.2014	100%		2	Abgeschlossen
1.8	Testat 1 (Abgabe-Dokumente: Technologierecherche, Produktanforderungen)	ALLE	10.10.2014	10.10.2014	100%		42	Abgeschlossen
2	Evaluation der Lösungsprinzipien & Auswahl der Kombinationen		11.10.2014	07.11.2014	100%	118	83	Abgeschlossen
2.1	Lösungssuche zu Teilfunktionen	ALLE	11.10.2014	31.10.2014	100%		22	Abgeschlossen
2.2	Funktionsanalyse	ALLE	11.10.2014	31.10.2014	100%		45	Abgeschlossen
2.3	Projektdokumentation	ALLE	11.10.2014	06.11.2014	100%		12	Abgeschlossen
2.4	Testat 2	ALLE	07.11.2014	07.11.2014	100%		4	Abgeschlossen
3	Freigabe Gesamtkonzept & Projektdokumentation (80%)	ALLE	08.11.2014	12.12.2014	0%	144	179	Abgeschlossen
3.1	Konzept- und Systementwurf	ALLE	08.11.2014	12.12.2014			41	Abgeschlossen
3.2	Tests	ALLE	08.11.2014	12.12.2014			44	Abgeschlossen
3.3	Projektdokumentation	ALLE	08.11.2014	12.12.2014			58	Abgeschlossen
3.4	Testat 3	ALLE	12.12.2014	12.12.2014			36	Abgeschlossen
4	MEP	ALLE						nicht begonnen
4.1	Abgabe Dokumentation	ALLE						Nicht begonnen
4.2	Vorbereitung Präsentation	ALLE	22.01.2014	22.01.2014				nicht begonnen
4.3	Präsentation	ALLE	29.01.2014	29.01.2014				nicht begonnen
	Total					370	372	



IV. Weight Report

#	Component	Weight [g]	Max. target weight [g]	1900
1	Servo (Magazin)	3.7	Actual weight [g]	1815.1
2	4/2-Wege-Ventil	200	Difference weight [g]	84.9
3	Pneumatikzylinder	260		
4	Servo (Drehachse)	60		
5	Raspberry Pi Kamera	3		
6	Rillenkugellager 61802	8		
7	Rillenkugellager 61802	8		
8	Raspberry Pi Board Model B	45		
9	Schläuche und Kabel	100		
10	Stromumwandler	2.6		
11	Druckreduzierventil	47		
12	Zahnriemen	15		
13	Pulley 12	1		
14	Pulley 48	11.8		
15	Print	50		
16	Kabel	100		
17				
18				
19				
20	Struktur	900		
	Total	1815.1		

Tabelle 9, Weight Report

V. Konzeptfindungsprozess

Teilfunktionsanalyse

Ortung	Vorteile	Nachteile
Laser	Sehr kleiner Streuwinkel	Teuer 200-300CHF
	750Hz Messrate	Masse: 65x50x20mm
	Genauigkeit < 1mm	
Ultraschall	Günstig 2-10CHF	Streuwinkel von 15°
	50Hz Messrate	
	Einfache Einbindung	
	Genauigkeit < 3mm	
	Masse: 45x20x15mm	
Infrarot	Günstig 10-30CHF	5Hz Messrate
	Masse: 44x19x13mm	Genauigkeit < 2cm
		Steuwinkel 20°
		Viele Störungen (Licht)
Kamera	3D-Bild	Komplexe Einbindung
	Ball im Korb	3Hz Messrate

Tabelle 10, Teilfunktion - Ortung

Energieversorgung	Vorteile	Nachteile
Netz	Masse	Ortsabhängig
	Genügend Leistung	Benötigt mehr Peripherie
Batterie	Ortsunabhängig	Masse
	Benötigt wenig Peripherie	Keine Wiederverwendung
	Gewicht wenig oder viel	Energie ist zeitlich begrenzt
	Günstig	
Akku	Ortsunabhängig	Energie ist zeitlich begrenzt
	Benötigt wenig Peripherie	
	Wiederaufladbar	
	Gewicht anpassbar	

Tabelle 11, Teilfunktion - Energieversorgung

Positionierung	Vorteile	Nachteile
Fliegen	Geringes Gewicht	Zu aufwändig
Stationär	Kein Fahrgestell benötigt	Weiter Wurf
Fahren & Schwenken	Kurzer Wurf	Viel Gewicht / viele Ressourcen
	Keine Lenkung benötigt	
Fahren	Kürzester möglicher Wurf	Aufwändiges Fahrgestell

Tabelle 12, Teilfunktion - Positionierung

Transport	Vorteile	Nachteile
Fliegen	Alle Bälle miteinander transportieren	Zu aufwendig für die Steuerung
	Show-Effekt	
Rampe	Nicht so aufwändig	Ohne Antrieb nicht möglich
	Konstanter Wurf	
Feder	Konstanter Wurf	Benötigt viel Zeit zum Nachspannen
Luftdruck	Kein Motor benötigt	Evtl. Nachladen, Precision
Angetriebene Rollen	Bälle können schnell abgeschossen werden	Aufwändige Einstellungen
Linearmotor	Gute Kontrollierbarkeit	Aufwändig
	Konstant	Benötigt starken präzisen Motor

Tabelle 13, Teilfunktion - Transport

Material	Vorteile	Nachteile
Aluminium	Hohe Festigkeit	Aufwändige Fertigung
	Hohe Genauigkeit	
Holz	Günstig	Geringe Festigkeit
	Einfache Fertigung	Ungenau
Plexiglas	Günstig	
	Einfache Fertigung	
	Hohe Genauigkeit	
Faserverstärkter Kunststoff	Hohe Festigkeit	Aufwändige Fertigung
	Geringes Gewicht	Teuer

Tabelle 14, Teilfunktion - Material

Datenübertragung	Vorteile	Nachteile
NFC	Bei fast allen neuen Smartphones standardmässig eingebaut	Sehr kurze Reichweite (10cm)
	Stromsparend	
	Kostengünstig	
Wi-Fi	Hohe Reichweite (30-100m)	Kann durch andere Geräte gestört werden
	Verschiedene Frequenzen (2.4 GHz und 5 GHz)	Geschwindigkeit nimmt mit grösserer Entfernung ab
	Hohe Geschwindigkeit	
Bluetooth	Stromsparend	Viele unterschiedliche Versionen
	Niedrige Sendeleistung	Geringe Geschwindigkeit
	Geringe Störempfindlichkeit	Eingeschränkte Reichweite
Infrarot	Niedrige Sendeleistung	Sender und Empfänger benötigen Sichtkontakt zueinander
		Geringe Reichweite
		Geringe Geschwindigkeit

Tabelle 15, Teilfunktion - Datenübertragung

Hardware	Vorteile	Nachteile
Arduino	Viele verschiedene Modelle	Geringe Rechenleistung
	Hohe Anzahl an GPIO-Ports	
	Grosse Anzahl Quellen	
	Vereinfachte Programmierung in C/C++	
Raspberry Pi	Relativ hohe Rechenleistung	Nur eine Schnittstelle für Pulsweite Modulation
	Viele Zusatzmodule	
	Opensource-Betriebssystem (Linux)	
	Diverse Programmiersprachen nutzbar (C, C++, Java, Python usw.)	
FRDM-KL25Z	Viele GPIO-Schnittstellen	Geringe Rechenleistung
	Bereits vorhandenes Wissen im Team durch Modul Micro-Controller	Keine höhere Programmiersprache verwendbar
	Pulsweite Modulation-Funktionalität	
	Erweiterbarkeit (Bluetooth)	
Smartphone	Viele Funktionen (Bluetooth, Wi-Fi, Kamera, Bewegungssensoren, NFC)	Kein GPIO
	Hohe Rechenleistung	

Tabelle 16, Teilfunktion - Hardware

Auswahl der Lösungskonzepte

Morphologischer Kasten für autonomer Ballwerfer						
Teilfunktion	Lösungsprinzip 1	Lösungsprinzip 2	Lösungsprinzip 3	Lösungsprinzip 4	Lösungsprinzip 5	Lösungsprinzip 6
Transport der Bälle	Fliegen	Rampe mit Antrieb	Feder	Luftdruck	Angetriebene Rollen	Linear Motor
Positionierung /Ausrichtung	Fliegen	Stationär	Fahren & Schwenken	Fahren		
Ortung des Korbes	Laser	Ultraschall	Kamera	Kinect	Infrarot	
Werkstoffe	Plexiglas	Holz	Aluminium	FVK	Kunststoff	
Hardware	Arduino	Raspberry	HCS08 (Mikrocontroller)	Smartphone	PX4	
Datenverarbeitung	Arduino	Raspbian	ROS	Noobs	PX4	ohne Betriebssystem
Energieversorgung	Netzteil	Batterie	Akku			

Tabelle 17, Morphologischer Kasten

Prinziplösungen	Verlauf der Pfeile
Quadrocopter	Fliegen --> Fliegen --> Kamera --> FVK --> PX4 --> PX4 --> Akku
Schwenkbare Rampe	Rampe mit Antrieb --> Stationär --> Ultraschall --> Plexiglas --> HCS08 --> ohne Betriebssystem --> Netzteil
Fahrbares Katapult	Feder --> Fahren --> Ultraschall --> Aluminium --> Arduino --> Arduino --> Batterie
Schwenkbare Kanone	Angetriebene Rollen --> Stationär --> Kamera --> Aluminium --> Arduino --> Arduino --> Batterie

Tabelle 18, Prinziplösungen

Bewertung der Lösungskonzepte

Um die vier Konzeptideen am einfachsten gegenüberzustellen und miteinander zu vergleichen, wurde eine Nutzwertanalyse erstellt. Mit dieser Methode kann auch gut evaluiert werden, welche Idee sich zur Weiterentwicklung am besten eignet. Bevor aber eine Nutzwertanalyse stattfinden kann, sind geeignete und sinnvolle Zielkriterien (Bewertungskriterien) nötig, nach welchen die Konzepte mittels Punkteverteilung bewertet werden können. Zudem wird jedem dieser Zielkriterien ein Gewichtungsfaktor zugordnet, der die Wichtigkeit der einzelnen Kriterien bestimmt.

Für den Kompetenznachweis im Modul Produktentwicklung 2 gibt es einen Wettbewerb, bei welchem dessen Ergebnis einen gewissen Anteil zur Bewertung beiträgt. Für die Rangierung werden die Anzahl Bälle im Korb, die Zeit zum Ausführen der Aufgabe sowie die Masse des Geräts bewertet. Zur Bestimmung der Bewertungspunkte kann folgende Formel verwendet werden:

Bewertungspunkte = Anzahl Bälle + (5[Min] – Spielzeit [Min])/[Min] + Gewichtspunkte

Für die Masse m des Gerätes werden folgende Gewichtspunkte vergeben:

- $m \leq 2 \text{ kg}$: 4 Punkte
- $2 \text{ kg} < m \leq 4 \text{ kg}$: 3 Punkte
- $4 \text{ kg} < m \leq 6 \text{ kg}$: 2 Punkte
- $6 \text{ kg} < m \leq 8 \text{ kg}$: 1 Punkte
- $8 \text{ kg} < m$: 0 Punkte

Für die ganze Aufgabe beträgt die maximale zulässige Zeit 5 Minuten. Nach dieser Zeit wird der Vorgang abgebrochen und die Bälle im Korb werden gezählt. Liegt nach der Spielzeit kein Ball im Korb, wird der Durchgang mit null Bewertungspunkten bewertet.

Aus diesem Grund wurde der Gewichtungsfaktor Treffsicherheit mit der höchsten Bewertung von 0.3 begründet. Weil die Geschwindigkeit (Spielzeit) und das Gewicht auch noch Wettbewerbskriterien sind, wurden diese auch mit einem hohen Faktor von 0.2 versehen. Ein etwas kleinerer Faktor von 0.15 wurde für den Programmieraufwand vergeben, weil im Team knappe Ressourcen im Bereich Elektronik herrschen. Da hingegen die Ressourcen im Bereich Mechanik viel grösser sind, wurde dem Fertigungsaufwand den Faktor 0.1 verliehen. Das Zielkriterium Sicherheit hat noch einen Gewichtungsfaktor von 0.05 erhalten. Die Summe von allen Faktoren ergeben zusammen genau eins.

Konzepte									
Zielkriterien	Gewichtungs-faktor	Fahrbares Katapult		Schwenkbare Kanone		Schwenkbare Rampe		Quadrocopter	
	g	x_1	$x_1 \cdot g$	x_2	$x_2 \cdot g$	x_3	$x_3 \cdot g$	x_4	$x_4 \cdot g$
Geschwindigkeit	0.2	1	0.2	4	0.8	4	0.8	3	0.6
Treffsicherheit	0.3	3	0.9	3	0.9	4	1.2	5	1.5
Fertigungsaufwand	0.1	1	0.1	3	0.3	3	0.3	4	0.4
Programmieraufwand	0.15	2	0.3	4	0.6	4	0.6	1	0.15
Gewicht	0.2	1	0.2	3	0.6	4	0.8	5	1
Sicherheit	0.05	4	0.2	4	0.2	4	0.2	1	0.05
Summe	1		1.9		3.4		3.9		3.7

Tabelle 19, Bewertungstabelle

Bewertung x		
Zielkriterien	1..	..5
Geschwindigkeit	sehr langsam	sehr schnell
Treffsicherheit	ungenau	sehr genau
Fertigungsaufwand	sehr grosser Aufw.	sehr kleiner Aufw.
Programmieraufwand	sehr grosser Aufw.	sehr kleiner Aufw.
Gewicht	sehr schwer	sehr leicht
Sicherheit	unsicher	sicher

Tabelle 20, Legende zur Bewertung

VI. Technischer Bericht zum Rampentest

Objekt	Tennisball
Testdatum	10.10.2014
Versuch	Rampentest
Durchgeführt durch	Lukas Hediger, Pascal Lischer, Marc Leuenberger

Ausgangslage

Für die Projektarbeit in PREN1 für die Herstellung eines autonomen Ballwerfers soll die Flugbahn eines rein durch die Erdanziehungskraft beschleunigten Tennisballs untersucht werden. Dem Tennisball steht maximal ein Meter vertikalen Beschleunigungsweg zur Verfügung. Unter einem bestimmten Winkel zur Horizontalen soll der Tennisball abgeschossen werden, um somit auch dessen Reichweite zu ermitteln. Ziel ist es eine Distanz zwischen 75 Zentimetern und 1.95 Metern weitzuschossen, wobei der Ball beim Ziel immer noch 40 Zentimeter ab Boden sein sollte, um in einem Korb landen zu können.

Versuchsanordnung

Für die Versuchsdurchführung wurde eine Rampe aus Karton hergestellt. Die Distanz zwischen den beiden Kartonscheiben ist mit Hilfe von Schrauben, Muttern und Spannelementen aus Karton fix eingestellt. Der Tennisball rollt somit die ganze Rampe auf zwei Auflagepunkten hinunter. Hierdurch wird eine klare Führung des Balls vorgegeben und es entsteht ein möglichst geringer Widerstand zwischen den Auflagepunkten. Die Reichweite des Balles wurde mit einem Messband ab Ende der Rampe ermittelt. Das Rohr, auf welchem die Rampe stand, diente zum Einstellen des Abschusswinkels. Der Tennisball wurde von Hand am oberen Ende der Rampe platziert und dann losgelassen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die Reichweite des Balles sehr konstant bei ungefähr 65 Zentimeter liegt.

Versuch	Reichweite [cm]
1	65
2	67
3	64
4	65

Tabelle 21, Werte Reichweite

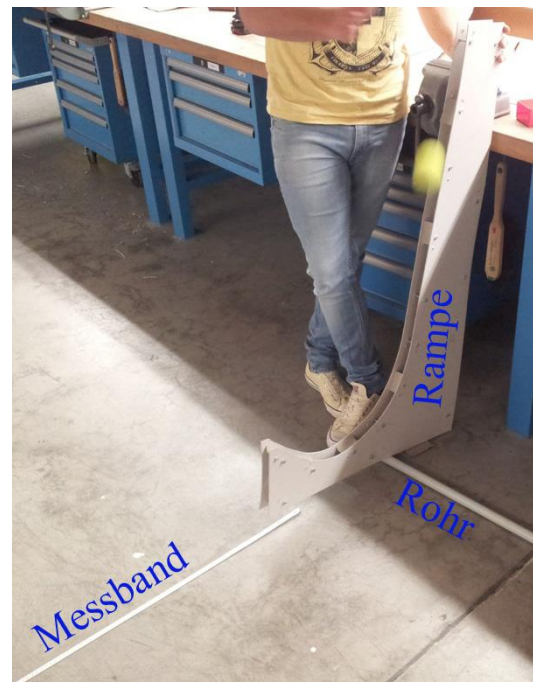


Abbildung 24, Rampentest Labor

Fazit

Leider wurde die erhoffte Distanz von mindestens 75 Zentimetern nicht erreicht. Die Ergebnisse sind also eher ernüchternd. Die Versuchsanordnung bringt hervor, dass die Beschleunigung durch die Erdanziehungskraft nicht ausreichend genug ist, um die gewünschte Distanz zu überwinden. Ein weiterer Faktor, welcher die Geschwindigkeit des Balles beeinträchtigt, ist wahrscheinlich die relativ hohe Reibung.

Erstaunlicherweise konnte aber durch mehrere Versuchsdurchführungen eine sehr gleichmässige Flugbahn beobachtet werden. Trotz des einfachen Versuchsaufbaus und den nicht symmetrisch genauen Laufbahnen wurde eine sehr konstante Reichweite erzielt. Ebenso sind auch die Verschiebungen rechtwinklig zur Laufbahn der Abschussrampe sehr minim ausgefallen. Der Tennisball landet also in einem sehr kleinen Kreis mit einem Radius von ca. 1.5 Zentimetern. Die Konstruktion mit einer Zwei-Punkt-Auflageführung bewirkt also eine genaue Ballführung sowie einen unveränderlichen Abschusswinkel und sollte deshalb für die weitere Lösungssuche des autonomen Ballwerfers einbezogen und genauer ausgearbeitet werden.

VII. Technischer Bericht zum Rollentest

Objekt	Tennisball
Testdatum	17.10.2014
Versuch	Rampe mit Rollenantrieb
Durchgeführt durch	Pascal Lischer, Marc Leuenberger

Ausgangslage

Da sich beim Rampentest herausstellte, dass die Fallhöhe nicht ausreichend ist, um den Ball genügend zu beschleunigen, wurde ein Versuch mit einer angetriebenen Rolle durchgeführt. Ziel des Versuchs ist es eine konstante Flugweite zu erreichen, um die nötige Leistung des Antriebes zu eruieren.

Versuchsanordnung

Für die Versuchsdurchführung wurde die Rampe vom ersten Test (siehe technischer Bericht Rampentest) verwendet. Für den Antrieb sorgte eine Akku-Bohrmaschine mit einer Nenndrehzahl von 1600 min^{-1} . Als Rolle diente ein Rad von einem Modelauto mit Durchmesser 80 Millimeter. Der Tennisball wurde zwischen Rampe und Rolle beschleunigt.



Abbildung 25, Rad für Rollenantrieb

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die Reichweite des Balles sehr konstant bei ungefähr 30 Zentimeter liegt.

Versuch	Reichweite [cm]
1	31
2	34
3	28
4	28

Tabelle 22, Reichweite Rollentest

Fazit

Die erforderliche Distanz von zwei Metern konnte mit dem Antrieb nicht überwunden werden. Dies liegt aber vor allem an der zu geringen Drehzahl. Allerdings stellte sich heraus, dass auch mit einem Antrieb eine hohe Wiederholgenauigkeit erreicht wird. Durch die Nachkalkulation wurde festgestellt, dass bei der Energieübertragung hohe Verluste generiert werden. Das hängt wahrscheinlich mit der kurzen Berührungszeit zwischen Ball und Rolle zusammen. Die hohen Verluste müssen mit einer hohen Leistung beim Antrieb kompensiert werden, was einen stärkeren und schwereren Motor erfordert und somit das Gewicht der ganzen Konstruktion beeinflusst.

VIII. Technischer Bericht zum Test eines Ultraschallsensor HC-RS04

Objekt	Korb
Testdatum	17.10.2014
Versuch	Ultraschallsensor
Durchgeführt durch	Emanuel Julen

Ausgangslage

Für die Projektarbeit im Modul Produktentwicklung 1 muss ein Korb in einem Feld geortet werden. Die Ortung des Korbes soll mit einem Ultraschallsensor HC-RS04 stattfinden. Die Versuche sollen zeigen, ob dieser Sensor für die Arbeit geeignet ist oder ob noch Alternativen in Betracht gezogen werden müssen.

Grundlagen

Das Ultraschall Modul HC-SR04 eignet sich zur Entfernungsmessung im Bereich zwischen 2cm und ca. 3m mit einer Auflösung von 3mm. Es benötigt nur eine einfache Versorgungsspannung von 5V bei einer Stromaufnahme von $<2\text{mA}$. Ein Messintervall hat eine Dauer von 20ms. Es kann also mit 50Hz gemessen werden.

Das Auslösen eines Messzyklus geschieht durch eine fallende Flanke am Trigger-Eingang für mindestens $10\mu\text{s}$. Das Modul sendet darauf nach ca. $250\mu\text{s}$ ein 40 kHz Burst-Signal für die Dauer von $200\mu\text{s}$. Danach geht der Ausgang sofort auf H-Pegel und das Modul wartet auf den Empfang des Echos. Wird dieses detektiert fällt der Ausgang auf L-Pegel. 20ms nach dem Triggern kann eine weitere Messung stattfinden. Wird kein Echo detektiert, verweilt der Ausgang für insgesamt 200ms auf H-Pegel und zeigt so die erfolglose Messung an. Danach wartet das Modul auf die nächste fallende Flanke am Trigger-Eingang und die Messung beginnt neu.



Abbildung 26, Ultraschallsensor

Versuch 1: Ultraschallsensor drehen

Beim ersten Versuchsaufbau wurde der Ultraschallsensor auf den Boden gelegt und geschwenkt um den Korb zu detektieren.

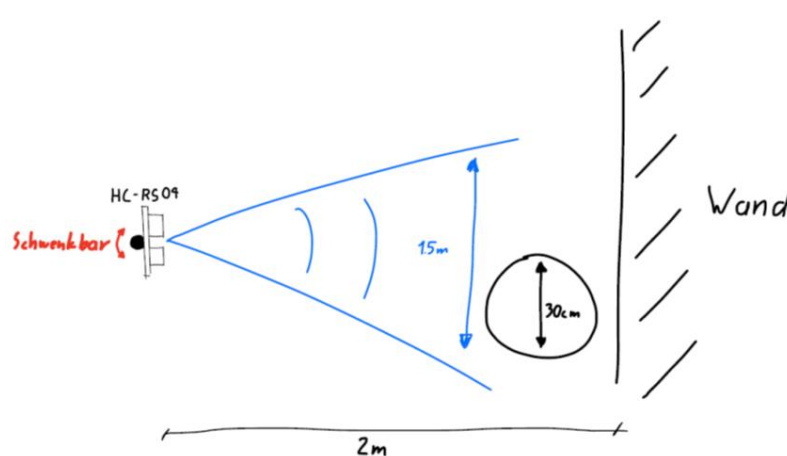


Abbildung 27, Skizze Ultraschallsensor

Ergebnisse

Ultraschallsensor auf dem Boden:

Die Wand in zwei Meter Entfernung wurde gut detektiert. Doch mit dem Korb gab es Probleme. Er wurde nur bis zu einer Distanz von 1.6 Meter detektiert, bei einer größeren Distanz lieferte der Sensor kein Feedback mehr. Somit konnte eine gute Lokalisierung des Korbes nicht bewerkstelligt werden.

Ultraschallsensor 20cm über dem Boden:

Die Wand und der Korb wurden vom Sensor gut erkannt. Die Distanzen stimmten auf ca. 0.5m genau. Doch durch den Streuwinkel des Sensors wurde eine genaue Lokalisierung erschwert. Im Datenblatt wurde ein Streuwinkel von 15° angegeben, was ein Bereich von ca. 50cm in einer Distanz von 2m abdecken würde. Im Test wurde der Korb in einem Bereich von 1.5m erkannt, was einem Winkel von 36° entspricht.

Fazit

Durch das Anheben vom Sensor konnten stabilere Ergebnisse erzielt werden. Doch durch den großen Streuwinkel wird eine Lokalisierung durch diese Art keine befriedigenden Ergebnisse liefern.

Versuch 2: Ultraschallsensor fest

Beim zweiten Versuchsaufbau wurden 3 Ultraschallsensoren verwendet. Die Sensoren lagen 25cm neben einander und 20cm über dem Boden, durch die Erkenntnisse im vorderen Test. Der Abstand von 25cm ist durch die maximale Größe des Gerätes gegeben.

Aufgrund der unterschiedlichen Distanzangaben der Sensoren kann der Korb lokalisiert werden.

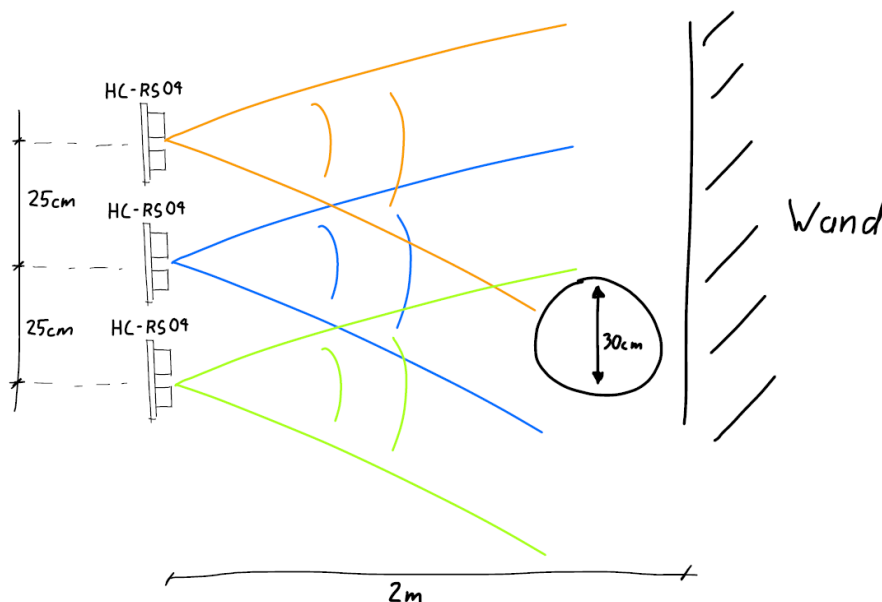


Abbildung 28, Skizze drei Ultraschallsensoren

Ergebnisse

Es wurden 2 Versuche durchgeführt. Beim Ersten wurde der Korb 30cm von der Achse des mittleren Sensors entfernt, beim Zweiten 60cm.

#	Korbentfernung von Achse	Messergebnisse	Abweichung
1	30 cm	33cm	10%
2	60 cm	71cm	18%

Tabelle 23, Ergebnisse Ultraschallmessungen

Die Abweichungen erscheinen Groß, doch durch die Größe des Korbes von 30cm ist dies nicht gravierend. Die Berechnung der Messergebnisse ist am Anhang aufgeführt.

Fazit

Durch die 3 fixierten Sensoren wird eine relative gute Lokalisierung des Korbes bewerkstelligt.

Schlussfolgerung der beiden Versuche

Die erste Methode lieferte leider kein genügendes Ergebnis. Doch die zweite Methode lieferte relative gute Messresultate. Was zu dem Entschluss führt die zweite Methode zu realisieren.

IX. Technischer Bericht zum Pneumatikzylindertest

Objekt	Tennisball
Testdatum	30.10.2014
Versuch	Rampentest
Durchgeführt durch	Lukas Hediger, Pascal Lischer, Emanuel Julen

Ausgangslage

Für die Projektarbeit in PREN1 für die Herstellung eines autonomen Ballwerfers soll die Flugbahn eines durch einen Pneumatikzylinders beschleunigten Tennisballs untersucht werden. Unter einem bestimmten Winkel zur Horizontalen soll der Tennisball abgeschossen werden, um somit auch dessen Reichweite zu ermitteln. Ziel ist es eine Distanz von zwei Metern weitzuschliessen, wobei der Ball beim Ziel immer noch 40 Zentimeter ab Boden sein sollte, um in einem Korb landen zu können.

Versuchsanordnung

Für die Versuchsdurchführung wurde ein Rohr unter einem Winkel von 45° zur Horizontalen in einem Schraubstock eingespannt. Der Pneumatikzylinder mit 90mm Hublänge ist mittig in den Rohrquerschnitt und am unteren Ende des Rohres positioniert. Der Zylinder ist vor dem Versuch eingefahren und ein Ball befindet sich im bereits im Rohr. Der Schuss des Balles wird durch das Öffnen des Ventils ausgeführt. Die

Ausfahrgeschwindigkeit des Zylinders kann über eine Stellschraube justiert werden. In einem Abstand von zwei Metern vom oberen Ende des Rohres wurde ein Abfalleimer aufgestellt.

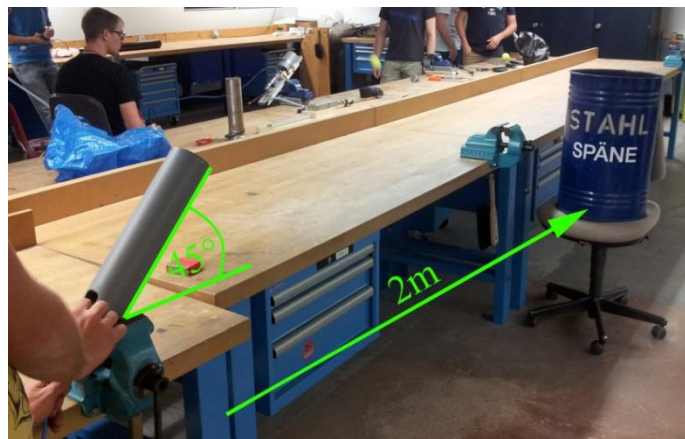


Abbildung 31, Schussvorrichtung Labor



Abbildung 30, Laufvorrichtung Labor



Abbildung 29, Stellschraube Labor

Ergebnisse

Für eine erste Versuchsdurchführung wurde nicht die Reichweite mit einem Messband gemessen, sondern die Anzahl Treffer im Korb. Anzumerken ist noch, dass während den Versuchen die Stellschraube angezogen bzw. gelöst wurde, um die richtige Reichweite zu erreichen, damit der Tennisball immer im Korb landet. Die untenstehende Tabelle erläutert die Ergebnisse genauer.

Versuch	Treffer	Bemerkung	Stellschraube
1	Nein	Zu kurzer Schuss	Zu wenig geöffnet
2	Nein	Zu langer Schuss	Zu viel geöffnet
3	Nein	Zu langer Schuss	Zu viel geöffnet
4	Ja	-	Richtig eingestellt
5	Ja	-	Richtig eingestellt
6	Ja	-	Richtig eingestellt

Tabelle 24, Zylindertest

In einer zweiten Versuchsdurchführung wurde der Korb entfernt und der Zylinder schoss die Bälle frei auf den Boden. Untersucht wurde, ob die Bälle eine konstante Reichweite haben. Die Drosselung des Zylinders blieb unverändert. Als Messmittel diente ein Messband.

Versuch	Distanz [m]
1	2.43
2	2.41
3	2.44
4	2.45
5	2.43

Tabelle 25, Zylindertest Distanz

Fazit

Der Versuch hat gezeigt, dass mit dem Pneumatikzylinder eine konstante Reichweite erzielt werden kann. Auch die Führung durch das Rohr ergibt eine genaue und gleichmässige Flugbahn.

Der Pneumatikzylinder sollte nicht nur wegen den guten Ergebnissen, sondern auch wegen seinem kleinen Gewicht für mögliche Konzepte beachtet werden.

X. Lösungskonzept Pneumatikzylinder

Für den Transport der Tennisbälle mit einem Pneumatikzylinder wurden diverse mögliche Konzepte entworfen, wie die Abschussvorrichtung aussehen könnte. Im Fokus standen vor allem die Anordnung des Zylinders und die Anordnung des Magazins für die Bälle.

Anordnung 1

Bei dieser Variante wurden die Bälle senkrecht zur Abschussrampe angeordnet. Wenn der erste Ball geschossen wird, dann fallen die Anderen nach unten. Das Nachladen ist somit automatisch gewährleistet. Ein Nachteil könnte sein, dass der erste Ball weniger weit fliegt, als die Nachfolgenden. Das lässt sich folgendermassen erklären: Die Kraft des Zylinders bleibt konstant eingestellt über ein Drosselventil. Da nun auf dem ersten Ball vier Bälle liegen, erfährt dieser eine grössere Gewichtskraft und wird beim Schuss mehr abgebremst. Der Abschusswinkel ist hier fest eingestellt.

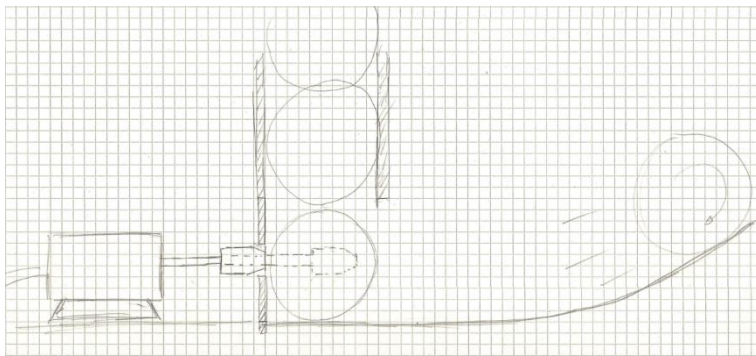


Abbildung 32: Anordnung 1

Anordnung 2

Wegen dieser schrägen Ausführung, findet das Nachladen der Tennisbälle auch hier automatisch statt. Jedoch wird die Kraft von den anderen Bällen auf den ersten Ball kleiner ausfallen. Über eine Gewindestange kann der Abschusswinkel eingestellt werden.

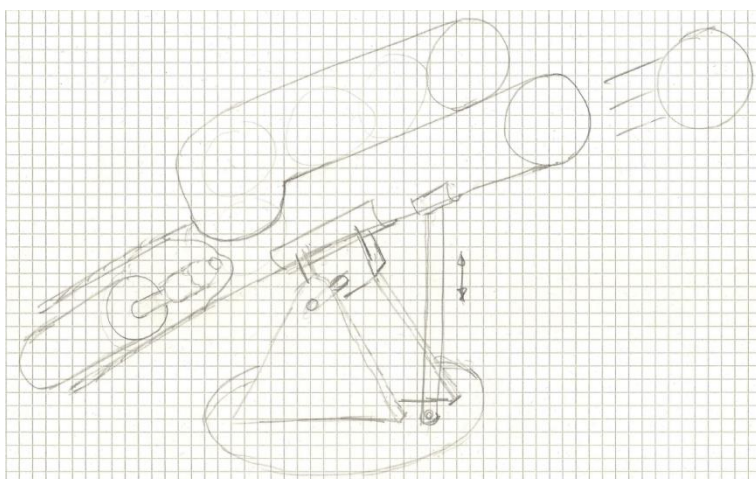


Abbildung 33: Anordnung 2

Anordnung 3

Der Pneumatikzylinder ist senkrecht eingebaut und schießt die Bälle nach oben über die Führung. Eine Zwei-Punkt-Auflageführung gewährt eine sehr genaue Führung (Anhang VI). Das Magazin der Bälle ist mit einem kleinen Gefälle so ausgerichtet, dass die Bälle selbständig in Richtung Zylinder rollen. Bei dieser Anordnung ist die Kraft von den hinteren Bällen auf den ersten Ball am kleinsten.

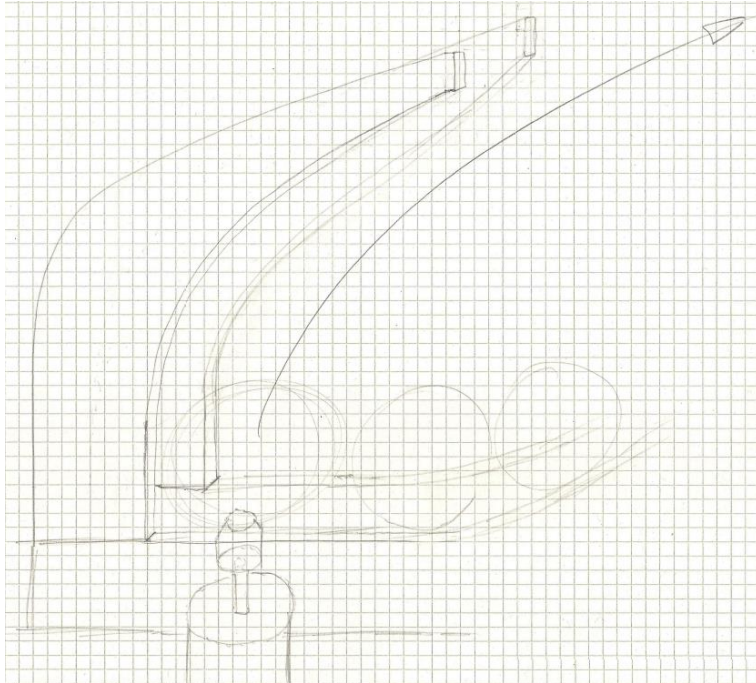


Abbildung 34: Anordnung 3

Anmerkung

Alle drei Anordnungen wurden so konzipiert, dass die Bälle automatisch nachrollen. Momentan ist noch nicht ausgeschlossen, ob für das Magazin ein Auslösemechanismus sinnvoll wäre, der die Bälle einzeln freigibt, so dass während des Abschusses keine Kraft auf dem jeweiligen Ball ausgeübt wird. Dieser Auslösemechanismus wurde noch nicht in den Konzepten berücksichtigt, könnte aber für die Anordnung 1 und Anordnung 2 sinnvoll sein.

XI. Lösungskonzept Kamera

Ausgangslage und Ziele

Im Modul Produktentwicklung soll ein Roboter gebaut werden, welcher Tennisbälle in einen Papierkorb transportiert. Dabei dürfen die Bälle nur per Lufttransport bewegt werden. Die Ortung des Papierkorbs ist zentral für den Ausgang des Projektes. Durch den von Gruppe im Vorfeld erstellten morphologischen Kasten sind zwei Lösungsmöglichkeiten für die Ortung zu Stande gekommen - Ortung mittels Ultraschallsensoren und Ortung mit Kamera.

Ziel dieses Konzeptes ist es, die Möglichkeiten der Objekterkennung mittels Kamera aufzuzeigen und potentielle Risiken und Probleme aufzudecken. Die Lösung mit Ultraschall wird in einem anderen Konzept behandelt.

Konzeptablauf

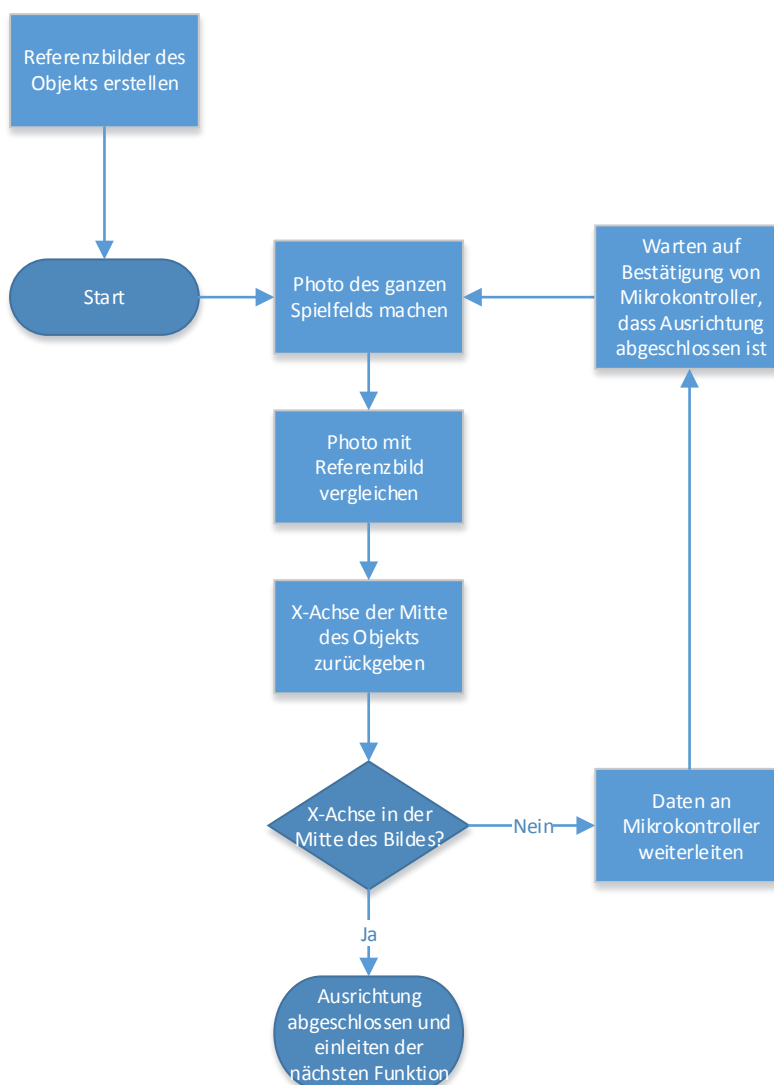


Abbildung 35, Ablaufdiagramm Kamera

Software

- OpenCV

Hardware:

- Smartphone
- Raspberry Pi/Arduino + Kamera-Modul

Vor- und Nachteile

Vorteile:

- Günstig
 - Raspberry Pi HD-Kamera 27.90 Fr. (plus Raspberry Pi (38.30 Fr.) und SD-Card (ca. 20 Fr.))
 - Smartphone-Kamera (Occasions-Geräte können günstig beschafft werden)
- Software-Framework OpenCV ist Opensource und schon sehr ausgereift
- Software ist plattformunabhängig
- Verschiedene Programmiersprachen nutzbar (Java, C++, Python)
- Die Position des Objektes kann vermutlich ziemlich genau bestimmt werden
-

Nachteile:

- Objekterkennung ist rechenintensiv. Daten müssen deshalb auf dem Smartphone, Raspberry Pi, oder auf dem Laptop aufbereitet werden.
- Es braucht mehr Hardware (Smartphone, Raspberry Pi, Notebook) als die Ultraschall-Lösung, da der Mikrokontroller nicht leistungsfähig genug für die Bildberechnung ist. Der Mikrokontroller wird aber trotzdem für die Ansteuerung der Motoren und Servo-Motoren benötigt und kann nicht weggelassen werden.
- Teurer als Ultraschall-Lösung

Versuch „Objekterkennung“

In diesem Versuch geht es darum herauszufinden, ob es möglich ist, mit einer Kamera ein Objekt zu orten und seine Position zu bestimmen.

Versuchsfrage:

Kann ein beliebiges Objekt mit einer Kamera lokalisiert werden?

Hypothese/Vermutung:

Es braucht viel Programmieraufwand und auch viel Rechenleistung, um ein Objekt erkennen zu können.

Versuchsmaterial:

Hardware:

- Papierkorb (Farbe hellgrün)
- Wand (weiss)
- Smartphone Samsung Galaxy S4 Mini
- Smartphone-Kamera

Software

- Eclipse
- OpenCV for Android
- Android 4.2.2

Versuchsaufbau, -Skizze, Durchführung:

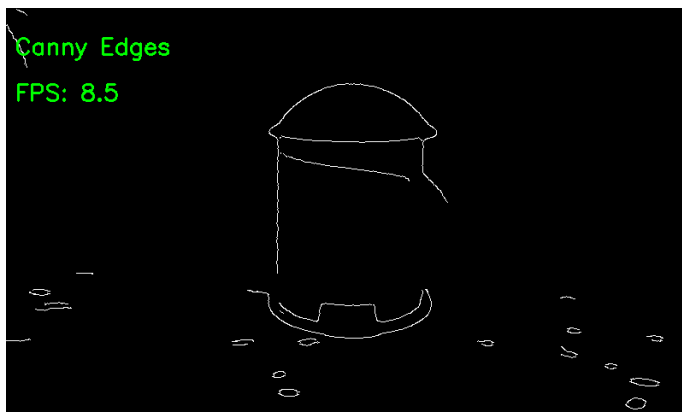


Abbildung 36, Abfalleimer 1



Abbildung 37, Abfalleimer 2

Versuchsbeobachtung:

Beim Versuch wurde ein Videostream mit ca. 8 Bildern pro Sekunde aufgebaut. Der Korb hatte einen Schatten geworfen, weshalb er auch nicht hundertprozentig erkannt werden konnte.

Versuchsdeutung:

Die Rechenleistung eines handelsüblichen Smartphones reicht für unsere Anforderungen völlig aus, da wir sowieso keinen Videostream sondern nur einzelne Bilder benötigen. Da die Lichtverhältnisse eine grosse Rolle spielen (wie oben der Schatten), muss das Hauptaugenmerk bei der Entwicklung auf diesen Punkt gelegt werden. Eventuell muss die Kamera-Software kalibriert werden können, um auf veränderte Lichtverhältnisse reagieren zu können.

Versuchsfrage beantworten:

Ja, mit der OpenCV-Library und einem Smartphone können ohne Probleme Objekte erkannt werden.

XII. Lösungskonzept Ultraschall

In diesem Abschnitt wird der Lösungsansatz mit Ultraschallsensoren erläutert. Dabei werden einige Erkenntnisse und Ergebnisse aus dem technischen Bericht des Ultraschallsensors zur Hilfe beigezogen.

Möglicher Funktionsablauf mit einem Ultraschallsensor

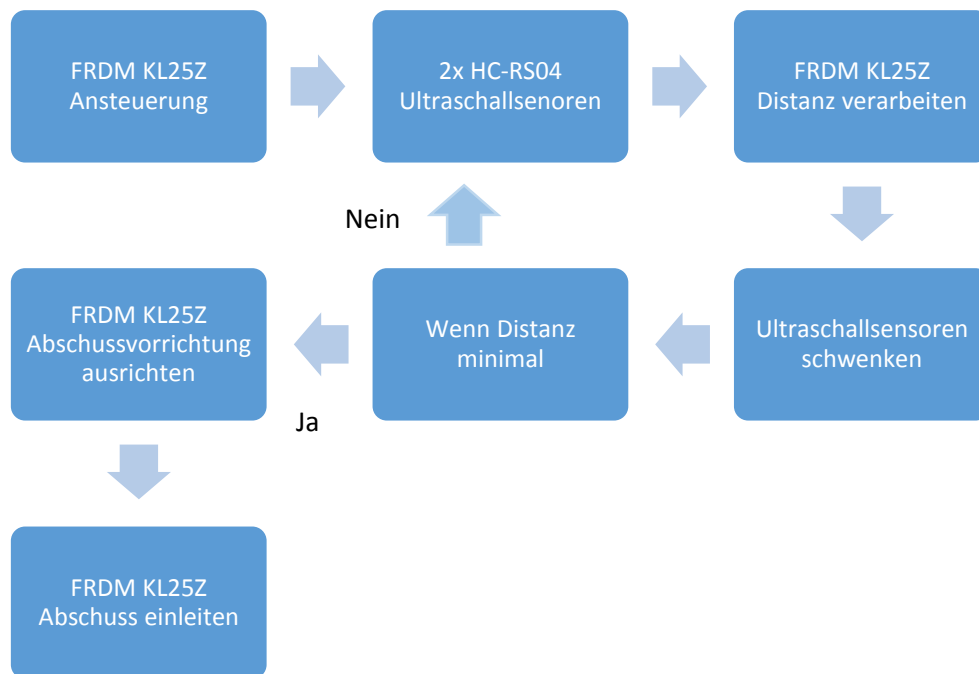


Abbildung 38, Funktionsschema Ultraschall

Aufbau

Als Steuereinheit wird das Programmierboard FRDM KL25Z verwendet. Das Board ist klein und genügend leistungsstark für das Projekt. Da das Board Buchsenleisten besitzt, kann es als Modul auf eine Platine gesteckt werden und direkt verwendet werden. Die Ultraschallsensoren HC-RS04 werden in einem Abstand von ca. 30cm auf eine schwenkbare Stange montiert. Aus den Erkenntnissen des technischen Berichts kann der Korb so am zuverlässigsten geortet werden. Das Schwenken der Stange wird mit einem Servomotor realisiert, welcher vom Programmierboard gesteuert wird. Der Servomotor muss in einem Bereich von etwa 90° schwenken, ein Standardservomotor hat mehr als 180° Auslenkung. Die Ultraschallsensoren dürfen nicht zur selben Zeit angesteuert werden, weil dies zu Fehlern führen würde. Aus diesem Grund wird nur ein Sensor zur selben Zeit aktiviert. Dies hat eine kleinere Messrate von 25Hz zur Folge.

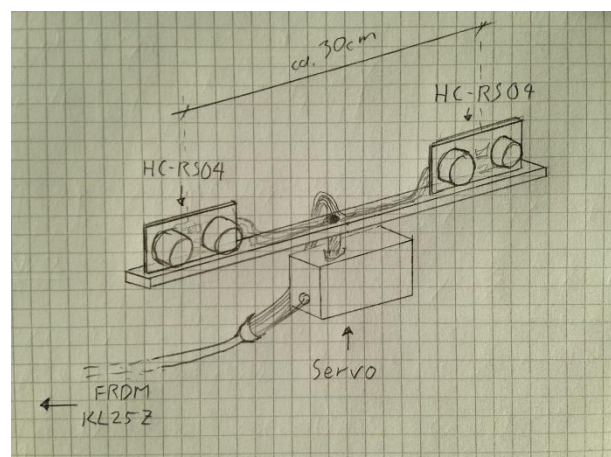


Abbildung 39, Aufbau Ultraschallsensoren

Vor- und Nachteile

Ultraschall	Positiv	Negativ
	50Hz Messrate	Streuwinkel von 15°
	Einfache Einbindung	Anfällig auf Störungen (Oberflächen, Winkel, usw.)
	Genauigkeit < 3mm	
	Abmasse: 45x20x15mm	
	Günstig 2-10CHF	

Tabelle 26, Analyse Ultraschallsensor

XIII. Lösungskonzept Rollenantrieb

Für den Transport der Tennisbälle durch einen Rollenantrieb wurde ein mögliches Konzept entworfen.

Aufbau

Die Bälle sollen mittels Rolle beschleunigt werden. Dieses Prinzip ist bereits aus verschiedenen Ballmaschinen bekannt, wie beispielsweise beim Tennis. Der Unterschied zu den herkömmlichen Rollenantrieben besteht darin, dass nicht zwei gegeneinander drehende Rollen verbaut werden, sondern nur eine Rolle. Damit dies funktionieren kann, muss der Ball auf der gegenüberliegenden Seite von der Rolle abgestützt werden. Dies wird mit „Laufschiene“ realisiert. Eine beschichtete Stelle aus Gummi im Bereich des Antriebes vermeidet das Rotieren des Balles an Ort und Stelle. Im Ballmagazin und evtl. nach der Rolle wird die Führung der Bälle von einer 3-Punkte-Führung übernommen. Zusätzlich soll die Antriebseinheit winkelverstellbar sein. Das Nachladen der Bälle geschieht mittels Scheibe auf einem Servomotor.

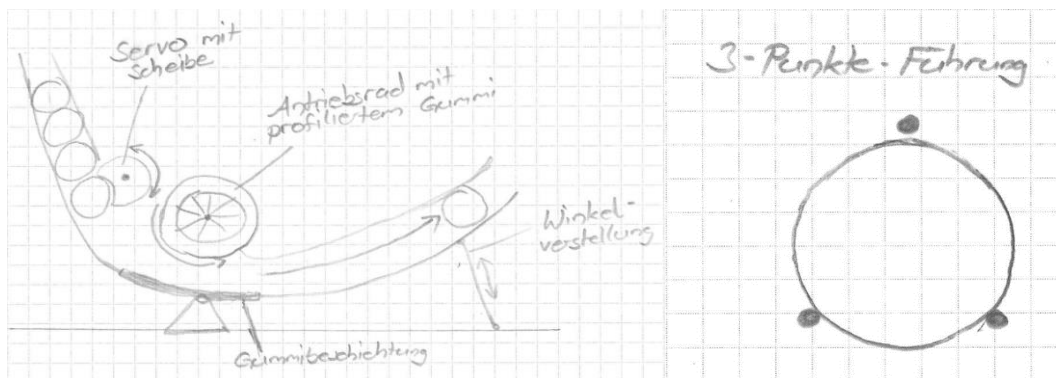


Abbildung 40, Skizze Rollenantrieb

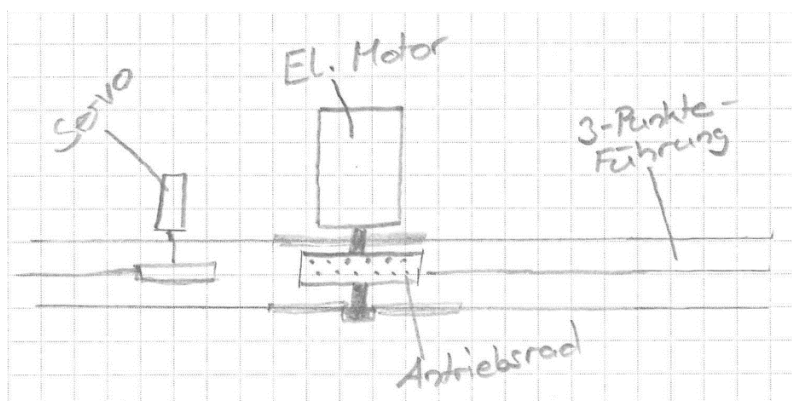


Abbildung 41, Skizze Antriebskomponenten

Vorteile	Nachteile
Einfache Einstellung der Abschussstärke durch Drehzahlregelung und Anpressdruck der Rolle	Relativ hohes Gewicht durch den Elektromotor
Schnelles „Abschiessen“ der Bälle	Evtl. Drall des Balles, welcher die Flugbahn beeinflussen könnte.
Einfaches „Nachladen“ der Bälle	Schwingungen und Vibrationen des Antriebsrades auf die ganze Konstruktion, was zu Unruhen führt

Tabelle 27, Analyse Rollenantrieb

XIV. Protokolle

Protokoll SW1

Emanuel Julien	Verantwortung	EJ
Dominic Keller	Verantwortung Informatik	DK
Daniel Eisner	Redaktor	DE
Lukas Hediger	Designer/Statiker	LH
Marc Leuenberger	Finanzcontroller	ML
Pascal Lischer	Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Organigramm	ML			25.09.2014	offen
Zeitplan Testate	DK			25.09.2014	offen
Anforderungsliste	ML			25.09.2014	offen
Vorlage Doku	DE	0.5		19.09.2014	geschlossen
Ziel als Team in Anforderungsliste integrieren	ML	0.2		25.09.2014	geschlossen
Anwesenheitsliste	LH	0.5		19.09.2014	geschlossen
Risikomanagement	LH	1.5		19.09.2014	geschlossen
Regieren und Dokumentieren	Alle			03.10.2014	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
Alle abwesenheiten eintragen	Alle			25.09.2014	
Projektplan erstellen	DK, PL			25.09.2014	

Aufwand 2.7

Horw, 19.09.2014 Pascal Lischer

Protokoll SW2

Emanuel Julien	Verantwortung	EJ
Dominic Keller	Verantwortung Informatik	DK
Daniel Eisner	Redaktor	DE
Lukas Hediger	Designer/Statiker	LH
Marc Leuenberger	Finanzcontroller	ML
Pascal Lischer	Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Organigramm	ML	2		03.10.2014	geschlossen
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			03.10.2014	offen
Anforderungsliste	ML			03.10.2014	offen
Recherzieren und Dokumentieren	Alle			03.10.2014	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
Alle abwesenheiten eintragen	Alle	0.5		25.09.2014	geschlossen
Wurfparabel ausrechnen	LH	2		03.10.2014	Geschlossen
Produktrecherche Doku	DE			03.10.2014	offen
Kurztext Recherche in Tabelle	Alle		Text in Tabel	03.10.2014	offen
Projektplan erstellen	DK, PL	8		25.09.2014	geschlossen

Aufwand 12.5

Horw, 26.09.2014

Pascal Lischer

Protokoll SW3

Emanuel Julien	Verantwortung	EJ
Dominic Keller	Verantwortung Informatik	DK
Daniel Eisner	Redaktor	DE
Lukas Hediger	Designer/Statiker	LH
Marc Leuenberger	Finanzcontroller	ML
Pascal Lischer	Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			03.10.2014	offen
Anforderungsliste	ML			03.10.2014	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
Recherzieren und Dokumentieren	Alle	30		03.10.2014	geschlossen
Produktrecherche Doku	EJ	6		03.10.2014	geschlossen
Abstrakt/Fazit Recherche	DE			03.10.2014	offen
Kurztext Recherche in Tabelle	Alle	8	Text in Tabel	03.10.2014	geschlossen
Morphologischer Kasten	Alle	6	zusammen E	03.10.2014	geschlossen
Meilenstein Dokument erstellen	Alle		zusammen E	03.10.2014	offen
Meilenstein Dokument abgabe	PL			09.10.2014	offen

Aufwand 50

Honw, 03.10.2014 Pascal Lischer

Protokoll SW4

Emanuel Julien	Verantwortung	EJ
Dominic Keller	Verantwortung Informatik	DK
Daniel Eisner	Redaktor	DE
Lukas Hediger	Designer/Statiker	LH
Marc Leuenberger	Finanzcontroller	ML
Pascal Lischer	Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			laufend	offen
Anforderungsliste	ML	2		03.10.2014	geschlossen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
Abstrakt/Fazit Recherche	DE	2		03.10.2014	geschlossen
Meilenstein Dokument erstellen	Alle	20	zusammen Erstellen	03.10.2014	geschlossen
Meilenstein Dokument abgabe	PL	0.5		09.10.2014	geschlossen
Morphologischer Kasten Doku	LH	1		09.10.2014	geschlossen
Rampen Test Material besorgen	PL	2		09.10.2014	geschlossen
Rampen Test durchführen	Alle	16		10.10.2014	geschlossen
Fliegen oder nicht	Alle	4	nicht Fliegen	09.10.2014	geschlossen

Aufwand 47.5

Horw, 10.10.2014

Pascal Lischer

Protokoll SW5

Emanuel Julien
 Dominic Keller
 Daniel Eisner
 Lukas Hediger
 Marc Leuenberger
 Pascal Lischer

Verantwortung
 Verantwortung Informatik
 Redaktor
 Designer/Statiker
 Finanzcontroller
 Projektleiter

EJ
DK
DE
LH
ML
PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			laufend	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
Testbericht Freier Fall	LH	2		16.10.2014	geschlossen
Vor/ Nachteile Ortung+ Energiever.	EJ	2		16.10.2014	geschlossen
Vor/ Nachteile Transport + Positionierung	ML	2		16.10.2014	geschlossen
Vor/ Nachteile Datenverarbeitung+Datenübertragung+Hardware	DK	2		16.10.2014	geschlossen
Vor/ Nachteile Werkstoff	PL	2		16.10.2014	geschlossen
Vor/ Nachteile Zusammen	EJ			17.10.2014	offen
Infrarot/ Ultraschall Test	EJ			17.10.2014	offen
SW in Projektplan einfügen	DK	0.5		17.10.2014	geschlossen

Aufwand 10.5

Horw, 17.10.2014

Pascal Lischer

Protokoll SW6

Emanuel Julien	Verantwortung	EJ
Dominic Keller	Verantwortung Informatik	DK
Daniel Eisner	Redaktor	DE
Lukas Hediger	Designer/Statiker	LH
Marc Leuenberger	Finanzcontroller	ML
Pascal Lischer	Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			laufend	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
Vor/ Nachteile Zusammen	EJ	1		24.10.2014	geschlossen
Infrarot/ Ultraschall Test	EJ	4		24.10.2014	geschlossen
Test Kamera 1	DK, DE	8		24.10.2014	geschlossen

Aufwand 13

Horw, 24.10.2014 Pascal Lischer

Protokoll SW7

Emanuel Julien	Verantwortung	EJ
Dominic Keller	Verantwortung Informatik	DK
Daniel Eisner	Redaktor	DE
Lukas Hediger	Designer/Statiker	LH
Marc Leuenberger	Finanzcontroller	ML
Pascal Lischer	Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			laufend	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
Coaching PP	PL	1		30.10.2014	geschlossen
Konzept Rolleantrieb	ML			31.10.2014	offen
Konzept Pneumatikzylinder	LH	2		31.10.2014	geschlossen
Blockschema	Alle	8		23.10.2014	geschlossen
Konzept Kamera	DK	2		31.10.2014	geschlossen
Konzept Ultraschall	EJ	2		31.10.2014	geschlossen
Abstract, Fazit, Einleitung	DE			31.10.2014	offen
Blockschema digitalisieren	DE	1		24.10.2014	geschlossen
Testbericht Kamera	DK	2		31.10.2014	geschlossen
Testbericht Rolleantrieb	PL	2		31.10.2014	geschlossen
Testbericht Pneumatikzylinder	LH			31.10.2014	offen
Entschluss zu Nutzwertanalyse und Morph	EJ	2		31.10.2014	geschlossen
Testbericht Infrarotsensoren	EJ	2		31.10.2014	geschlossen
Coaching	Alle	8		31.10.2014	geschlossen
Meilensteindoku zusammenstellen	DE	4		31.10.2014	geschlossen

Aufwand 36

Horw, 31.10.2014

Pascal Lischer

Protokoll SW8

Emanuel Julien	Verantwortung	EJ
Dominic Keller	Verantwortung Informatik	DK
Daniel Eisner	Redaktor	DE
Lukas Hediger	Designer/Statiker	LH
Marc Leuenberger	Finanzcontroller	ML
Pascal Lischer	Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			laufend	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
Konzept Rolleantrieb	ML	2		31.10.2014	geschlossen
Abstract, Fazit, Einleitung	DE	3		31.10.2014	geschlossen
Testbericht Pneumatikzylinder	LH	3		31.10.2014	geschlossen
Meilensteindoku 2 abgeben 12:00 Uhr	PL	0.5		07.11.2014	geschlossen
Konzept entscheid	Alle		Schwenkbare Kanone mit Pneumatik Zylinder	07.11.2014	geschlossen

Aufwand 8.5

Horw, 07.11.2014

Pascal Lischer

Protokoll SW9

Emanuel Julien
 Dominic Keller
 Daniel Eisner
 Lukas Hediger
 Marc Leuenberger
 Pascal Lischer

Verantwortung	EJ
Verantwortung Informatik	DK
Redaktor	DE
Designer/Statiker	LH
Finanzcontroller	ML
Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			laufend	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
CAD Drehmechanismus	ML			29.11.2014	offen
CAD Magazin	LH			29.11.2014	offen
CAD Struktur	PL			29.11.2014	offen
Servo ansteuern	EJ			29.11.2014	offen
Pneumatikomp. Bestellen	Alle	0.5	gemäss Bestellung	14.11.2014	geschlossen
IT Komp Test	DK, DE			29.11.2014	offen
Management Summary	DE			05.12.2014	offen
Produktbeschreibung, Funktion	PL			05.12.2014	offen
Übersichtszeichnungen / Übersichtsmodell	PL			05.12.2014	offen
Beschreibung der Komponenten	DK, ML, EJ			05.12.2014	offen
Ablaufdiagramme, Blockdiagramme	DE			05.12.2014	offen
Schnittstellenbeschreibungen	DE			05.12.2014	offen
Softwaresubsysteme	DK			05.12.2014	offen
Wichtige Berechnungen (Resultate)	LH			05.12.2014	offen
Beschreibung von Versuchen und Tests mit Ergebnissen	LH			05.12.2014	offen
Projektmanagement und Projektplanung	PL			05.12.2014	offen
Schlussdiskussion mit den Unterabschnitten	ML			05.12.2014	offen
Entwicklungskosten, zeitlicher Entwicklungsaufwand	ML			05.12.2014	offen
Erfahrungen, „Lessons learned“, kritische Würdigung der Arbeiten	ML			05.12.2014	offen
offene Punkte, Risiken und Ausblick auf PREN 2	EJ			05.12.2014	offen
Konzeptfindung	LH			05.12.2014	offen
Einleitung	DE			05.12.2014	offen
Doku Zusammenstellen	Alle			05.12.2014	offen
Schwenkmotor Servo oder Schrittmotor	Alle		Servo	14.11.2014	geschlossen

Aufwand 0.5

Horw, 14.11.2014

Pascal Lischer

Protokoll SW10

Emanuel Julien
 Dominic Keller
 Daniel Eisner
 Lukas Hediger
 Marc Leuenberger
 Pascal Lischer

Verantwortung
 Verantwortung Informatik
 Redaktor
 Designer/Statiker
 Finanzcontroller
 Projektleiter

EJ
DK
DE
LH
ML
PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			laufend	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
CAD Drehmechanismus	ML			28.11.2014	offen
CAD Magazin	LH			28.11.2014	offen
CAD Struktur	PL			28.11.2014	offen
Servo ansteuern	EJ			28.11.2014	offen
Kamera Test 2	DK, DE			28.11.2014	offen
Management Summary	DE			05.12.2014	offen
Produktbeschreibung, Funktion	PL			05.12.2014	offen
Übersichtszeichnungen / Übersichtsmodell	PL			05.12.2014	offen
Beschreibung der Komponenten	DK, ML, EJ			05.12.2014	offen
Ablaufdiagramme, Blockdiagramme	DE			05.12.2014	offen
Schnittstellenbeschreibungen	DE			05.12.2014	offen
Softwaresubsysteme	DK			05.12.2014	offen
Wichtige Berechnungen (Resultate)	LH			05.12.2014	offen
Beschreibung von Versuchen und Tests mit Ergebnissen	LH			05.12.2014	offen
Projektmanagement und Projektplanung	PL			05.12.2014	offen
Schlussdiskussion mit den Unterabschnitten	ML			05.12.2014	offen
Entwicklungskosten, zeitlicher Entwicklungsaufwand	ML			05.12.2014	offen
Erfahrungen, „Lessons learned“, kritische Würdigung der Arbeiten	ML			05.12.2014	offen
offene Punkte, Risiken und Ausblick auf PREN 2	EJ			05.12.2014	offen
Konzeptfindung	LH			05.12.2014	offen
CAD Struktur	PL			05.12.2014	offen
Einleitung	DE			05.12.2014	offen
Doku Zusammenstellen	Alle			05.12.2014	offen

Aufwand 0

Horw, 21.11.2014

Pascal Lischer

Protokoll SW11

Emanuel Julien
 Dominic Keller
 Daniel Eisner
 Lukas Hediger
 Marc Leuenberger
 Pascal Lischer

Verantwortung	EJ
Verantwortung Informatik	DK
Redaktor	DE
Designer/Statiker	LH
Finanzcontroller	ML
Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			laufend	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
CAD Drehmechanismus	ML	5		28.11.2014	geschlossen
CAD Magazin	LH	2		28.11.2014	geschlossen
Servo ansteuern	EJ	4	funktioniert	28.11.2014	geschlossen
Kamera Test 2	DK, DE	4	Genau genug	28.11.2014	geschlossen
Pneumatikkomptest	PL	1	Hat nicht funktioniert	28.11.2014	geschlossen
Zylinder Optimieren+Test	PL			05.12.2014	offen
Management Summary	DE			05.12.2014	offen
Produktbeschreibung, Funktion	PL			05.12.2014	offen
Übersichtszeichnungen / Übersichtsmodell	PL			05.12.2014	offen
Beschreibung der Komponenten	DK, ML, EJ			05.12.2014	offen
Ablaufdiagramme, Blockdiagramme	DE			05.12.2014	offen
Schnittstellenbeschreibungen	DE			05.12.2014	offen
Softwaresubsysteme	DK			05.12.2014	offen
Wichtige Berechnungen (Resultate)	LH			05.12.2014	offen
Beschreibung von Versuchen und Tests mit Ergebnissen	LH			05.12.2014	offen
Projektmanagement und Projektplanung	PL			05.12.2014	offen
Schlussdiskussion mit den Unterabschnitten	ML			05.12.2014	offen
Entwicklungskosten, zeitlicher Entwicklungsaufwand	ML			05.12.2014	offen
Erfahrungen, „Lessons learned“, kritische Würdigung der Arbeiten	ML			05.12.2014	offen
offene Punkte, Risiken und Ausblick auf PREN 2	EJ			05.12.2014	offen
Konzeptfindung	LH			05.12.2014	offen
CAD Struktur	PL	30		28.11.2014	geschlossen
Einleitung	DE			05.12.2014	offen
Doku Zusammenstellen	Alle			05.12.2014	offen

Aufwand 46

Horw, 28.11.2014

Pascal Lischer

Protokoll SW12

Emanuel Julien
 Dominic Keller
 Daniel Eisner
 Lukas Hediger
 Marc Leuenberger
 Pascal Lischer

Verantwortung
 Verantwortung Informatik
 Redaktor
 Designer/Statiker
 Finanzcontroller
 Projektleiter

EJ
DK
DE
LH
ML
PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			laufend	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
Zylinder Optimieren+Test	PL	3	Ein Schnellausslassventil wird Benötigt	05.12.2014	geschlossen
Drehmechanismus Komp. Suchen	PL	3	Zahnriemen und Pullis bestellen	05.12.2014	geschlossen
IT Komp Test	DK, DE	32		04.12.2014	geschlossen
Management Summary	DE	2		05.12.2014	geschlossen
Produktbeschreibung, Funktion	PL	3		05.12.2014	geschlossen
Übersichtszeichnungen / Übersichtsmodell	PL	3		05.12.2014	geschlossen
Beschreibung der Komponenten	DK, ML, EJ	6		05.12.2014	geschlossen
Ablaufdiagramme, Blockdiagramme	DE	2		05.12.2014	geschlossen
Schnittstellenbeschreibungen	DE	4		05.12.2014	geschlossen
Softwaresubsysteme	DK	4		05.12.2014	geschlossen
Wichtige Berechnungen (Resultate)	LH	4		05.12.2014	geschlossen
Beschreibung von Versuchen und Tests mit Ergebnissen	LH	2		05.12.2014	geschlossen
Projektmanagement und Projektplanung	PL	15		05.12.2014	geschlossen
Schlussdiskussion mit den Unterabschnitten	ML	4		05.12.2014	geschlossen
Entwicklungskosten, zeitlicher Entwicklungsaufwand	ML	2		05.12.2014	geschlossen
Erfahrungen, „Lessons learned“, kritische Würdigung der Arbeiten	ML	1		05.12.2014	geschlossen
offene Punkte, Risiken und Ausblick auf PREN 2	EJ	2		05.12.2014	geschlossen
Konzeptfindung	LH	3		05.12.2014	geschlossen
Einleitung	DE	2		05.12.2014	geschlossen
Doku Zusammenstellen	Alle	36		05.12.2014	geschlossen

Aufwand 133

Horw, 05.12.2014

Pascal Lischer

Protokoll SW 13

Emanuel Julien	Verantwortung	EJ
Dominic Keller	Verantwortung Informatik	DK
Daniel Eisner	Redaktor	DE
Lukas Hediger	Designer/Statiker	LH
Marc Leuenberger	Finanzcontroller	ML
Pascal Lischer	Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK			laufend	offen
Dropbox Struktur	DE			laufend	offen
Doku	Alle	36		12.12.2014	geschlossen
Meilenstein 3 Doku abgeben	PL	0.5		12.12.2014	geschlossen

Aufwand 36.5

Honw, 12.12.2014 Pascal Lischer

Protokoll SW14

Emanuel Julien	Verantwortung	EJ
Dominic Keller	Verantwortung Informatik	DK
Daniel Eisner	Redaktor	DE
Lukas Hediger	Designer/Statiker	LH
Marc Leuenberger	Finanzcontroller	ML
Pascal Lischer	Projektleiter	PL

Was	Wer	Zeitaufwand	Beschluss	Termin	Status
Zeitplan Testate Präzisieren	DK	4		19.12.2014	geschlossen
Dropbox Struktur	DE	4		19.12.2014	geschlossen
Quellenverzeichnis	Alle	1		19.12.2014	geschlossen
Inputs einarbeiten	Alle	12		21.11.2014	geschlossen

Aufwand 21

Horw, 19.12.2014 Pascal Lischer