

PREN 1, TEAM 32

Yves Studer
Thomas Wiss
Livio Kunz
Niklaus Manser
Matteo Trachsel
Güdel Manuel
Pascal Roth

Dokumentation

Hochschule Luzern - Technik & Architektur
PREN 1

Horw, Hochschule Luzern - T&A, 24. November 2014

PREN 1, TEAM 32

Yves Studer
Dorfstrasse 28
6264 Pfaffnau
+41 79 705 48 88
yves.studer@stud.hslu.ch

Livio Kunz
Hubelmatt 7
6206 Neuenkirch
+41 79 811 53 03
livio.kunz@stud.hslu.ch

Matteo Trachsel
Ogimatte 7
3713 Reichenbach
+41 79 511 57 88
matteo.trachsel@stud.hslu.ch

Pascal Roth
Dorfstrasse 18
6275 Ballwil
+41 79 717 68 94
pascal.roth@stud.hslu.ch

Thomas Wiss
Bachhüsliweg 4a
6042 Dietwil
+41 79 604 93 61
thomas.wiss@stud.hslu.ch

Niklaus Manser
Brunnmattstrasse 11
6010 Kriens
+41 77 405 58 56
niklaus.manser@stud.hslu.ch

Manuel Güdel
Riedtalstrasse 4
4800 Zofingen
+41 79 774 41 40
manuel.guedel@stud.hslu.ch

Dokumentation

Dozent: Markus Thalmann

Hochschule Luzern - Technik & Architektur
Interdisziplinäre Projektarbeit 2014

Horw, Hochschule Luzern - T&A, 24. November 2014

Inhalt

1 Abstract	3
2 Management Summary	4
3 Einleitung	5
4 Danksagung	5
5 Teamcharta	6
6 Zielsetzung	6
7 Produktbeschreibung	7
8 Testberichte	8
8.1 Ballmaschine	8
8.2 Ballmaschine (Eruieren der Nenndrehzahl)	9
8.3 Pneumatikzylinder	10
8.4 Brushless Motoransteuerung	11
Literatur- und Quellenverzeichnis	14
A Anhang	I
B Recherche-Tabelle	VIII
C Kommunikation	X
C.1 USB	X
C.2 Wi-Fi	X
C.3 Bluetooth	X
D Object-Tracking – Objekt Verfolgung	X
D.1 Google Obj-Tracking with OpenCV	XI
D.2 Accord.Net	XI
D.3 Ultrasonic / Ultraschall	XI
D.4 Infrarot	XI
D.5 Laser-Scanning	XI
E Flugobjekte	XI
E.1 Quadrocopter	XI
E.2 Zeppelin	XII
E.3 Rakete	XII
F Fahrantrieb	XII
F.1 Raupenantrieb	XII
F.2 Luftkissenfahrzeug (Hovercraft)	XII
F.3 Pneufahrzeug	XIII

G Drehmechanismus	XIII
G.1 Riemengetriebe	XIII
G.2 Kettengetriebe	XIII
G.3 Zahnradgetriebe	XIV
H Wurfmechanismen	XIV
H.1 Pneumatikzylinder	XIV
H.2 Beschleunigungsräder	XIV
H.3 Katapult	XIV
H.4 Gebläsewurfmaschine	XV
H.5 Schleuderrad	XV
I Versorgung	XV
I.1 Externe Versorgung	XVI
I.2 Pneumatik	XVI
I.3 Hydraulik	XVI
J Anforderungsliste	XVII
K Analyse	XIX
K.1 Beurteilung der Teilprobleme	XIX
K.1.1 Startgerät – Endgerät	XX
K.1.2 Startbefehlsübermittlung	XXI
K.1.3 Rechenkapazität	XXI
K.1.4 Sensorik	XXII
K.1.5 Versorgung Steuerung / Sensorik	XXII
K.1.6 Ausgangslage der Bälle	XXII
K.1.7 Weg des Balles	XXIII
L Grobkonzept	XXV
L.1 Entscheidung	XXVI
M Feinkonzept	XXVII

1 Abstract

Abstract blablabla

2 Management Summary

Blabla blabla

3 Einleitung

Im Rahmen des Produktentwicklungsmoduls (PREN) erhalten interdisziplinäre Teams die Aufgabe, einen autonomen Ballwerfer zu erarbeiten. Das Ziel besteht darin, möglichst viele der fünf Tennisbälle, in möglichst kurzer Zeit, in einen Korb zu befördern. Als weiteres Bewertungskriterium gilt das Gewicht des Produkts, welches ab zwei Kilogramm ein stufenweiser Punkteabzug zur Folge hat. Der Korb befindet sich in einem Spielfeld - welches seitlich und in der Höhe begrenzt ist - am hinteren Ende an einer Wand und ist horizontal verschiebbar. Die endgültige Position des Korbes wird kurz vor der Abgabe des Startsignals durch einen Dozent festgelegt. Die Übermittlung des Startsignals muss drahtlos erfolgen, nach Ausführen der Aufgabe, muss das Endsignal akustisch erfolgen.

Ein interdisziplinäres Team besteht aus Studenten der drei Disziplinen Elektrotechnik, Maschinenbau und Informatik.

Das Produktentwicklungsmodul ist in zwei Teile aufgeteilt, das PREN1-Modul im Herbstsemester sowie das PREN2-Modul im Frühlingssemester. Wichtigste Aufgabe im PREN1-Modul ist das erarbeiten eines Konzepts, eine professionelle, strukturierte Projektabwicklung und das Verifizieren kritischer Teilprobleme mittels Funktionsmuster. Die Realisation des erarbeiteten Konzepts wird im PREN2-Modul in Angriff genommen.

4 Danksagung

Das PREN Team 32 wurde während der ganzen Projektphase von verschiedenen Dozenten der Hochschule Luzern Technik & Architektur unterstützt. Ein grosses Dankeschön geht an Herr Markus Thalmann, Herr Ernst Lüthi und Herr Martin Vogel. Sie haben das Team aktiv unterstützt, indem sie wertvolle Hinweise und Ratschläge zum Produkt gegeben haben.

5 Teamcharta

Die Folgenden Punkte wurden mit dem ganzen Team erarbeitet. Dieses verbindliche Werk regelt den Umgang der einzelnen Teammitglieder untereinander. Wir wollen:

- Pünktlich sein
- Abmachungen/Termine einhalten und bei Problemen frühzeitig kommunizieren
- Probleme ansprechen und behandeln, nicht aussitzen
- Auch scheue Mitglieder einbeziehen
- Alle aussprechen lassen
- Arbeiten sorgfältig ausführen
- Entscheidungen gemeinsam ausdiskutieren
- Gegenseitiger Respekt
- Jedem Mitglied bei Problemen helfen

6 Zielsetzung

Im Team wurden die internen Ziele besprochen und wie folgt bestimmt. Die Aufzählung entspricht der Gewichtung:

1. Treffgenauigkeit
2. Geschwindigkeit
3. Gewicht

Als optionales Ziel wurde beschlossen, dass das Gerät möglichst auch als Tennisballmaschine verwendbar (erweiterbar) sein soll.

Weiter wollen wir die höchste Punktzahl erreichen!

7 Produktbeschreibung

Blabla bli

8 Testberichte

8.1 Ballmaschine

<i>Typ</i>	Ballmaschine
<i>Datum:</i>	18.10.2014
<i>Ort:</i>	Labor HSLU
<i>Tester:</i>	Gruppe 32
<i>Ziel des Testes:</i>	Das Ziel dieses Testes bestand darin, den gebauten Prototyp (Ballmaschine) auf die Genauigkeit und Wurfweite zu testen. Erkenntnisse über die Drehzahl der Räder zu eruieren. Die erforderliche Stromstärke unter realen Bedingungen testen. Die Wurfmaschine kann mit einigen Verbesserungen sehr gute und genaue „Schüsse“ erzielen. Zu verbessern sind: <ul style="list-style-type: none">• Stabilere Achsen• genauere und gleichmässige Zuführung der Bälle.• einstellbares Grundgerüst
<i>Fazit / Verbesserungsvorschlag:</i>	
<i>Ziel erreicht:</i>	Ja

8.2 Ballmaschine (Eruieren der Nenndrehzahl)

<i>Typ</i>	Ballmaschine
<i>Datum:</i>	06.11.2014
<i>Ort:</i>	Labor HSLU
<i>Tester:</i>	Matteo, Yves, Pascal
<i>Ziel des Testes:</i>	Eruieren der Nenndrehzahl der DC-Motoren, Optimaler Wurfwinkel, Drehzahl der Schwungräder.
<i>Fazit / Verbesserungsvorschlag:</i>	Ballzuführung muss automatisiert gleichbleibend sein damit genaue Aussage über Wurfweite gemacht werden können. Unterschiedliche Tennisballmarken haben unterschiedliche Eigenschaften betreffend Wurfweite -> Fünf Bälle der „richtigen“ Marke kaufen.
<i>Ziel erreicht:</i>	Ja



Abb. 1: Funktionsmuster Ballmaschine

8.3 Pneumatikzylinder

<i>Typ</i>	Ballmaschine
<i>Datum:</i>	08.10.2014
<i>Ort:</i>	Bachmann Engineering AG (Zofingen)
<i>Tester:</i>	Gruppe 32
<i>Ziel des Testes:</i>	Das Ziel dieses Testes bestand darin, den gebauten Prototyp auf die Wurfwiederholgenauigkeit zu testen.
<i>Fazit / Verbesserungsvorschlag:</i>	Ein Pneumatikzylinder arbeitet sehr zielgenau und schnell. Falls dieses Verfahren in die engere Auswahl kommt, müssen die Parameter wie Beschleunigung, Abschussgeschwindigkeit, Druck berechnet werden.
<i>Ziel erreicht:</i>	Ja



Abb. 2: Funktionsmuster Pneumatikzylinder

8.4 Brushless Motoransteuerung

<i>Typ</i>	Ballmaschine
<i>Datum:</i>	22.11.2014
<i>Ort:</i>	Labor HSLU
<i>Tester:</i>	Yves Studer
<i>Ziel des Testes:</i>	Testen ob die Ansteuerung eines Brushless Motors in verhältnismässiger Zeit realisierbar ist. Weiter wird versucht, die Signale von Hallsensoren aus der Ansteuerung zu rekonstruieren, da die Steuerung des Motors mittels Hall-Sensoren einfacher realisiert werden kann.
<i>Fazit / Verbesserungsvorschlag:</i>	Die Ansteuerung des Motors ist mit erstaunlich wenig Aufwand möglich. Den Motor drehen lassen ist kein Problem. Ob das maximale Drehmoment erreicht werden kann, bedarf weiteren Abklärungen. Im Versuchsaufbau konnte mit einer Wirbelstrombremse rund 100W elektrischer Leistung im Motor umgesetzt werden.
<i>Ziel erreicht:</i>	Ja

Theorie der Ansteuerung:

Brushless-Motoren sind Synchron-Drehstrom-Motoren. Das heisst, sie werden mittels eines kontinuierlichen Drehfeld in Bewegung gesetzt. Dabei ist darauf zu achten, dass der Läufer dem Drehfeld synchron folgen kann, daher der Name. Falls der Läufer dem Drehfeld aus irgend einem Grund nicht folgen kann, so wird keine Spannung vom Rotor in die Statorwicklungen induziert, die der Erregerspannung entgegenwirkt. Daraus Folge, dass ein immenser Strom fliest, der nur von der Wicklungsimpedanz des Motors begrenzt wird.

Es gibt hauptsächlich zwei Methoden das Drehfeld zu regeln. Die eine und einfache Methode ist mittels drei Hallsensoren, die im Motor integriert sind. Dies macht den Motor aufwändiger und dementsprechend teurer. Die Regelung mit Hallsensoren ist verhältnismässig einfach, da je nach den Signalen die einzelnen Spulen direkt angesteuert werden kann. Der Zusammenhang zwischen der Ansteuerung und den Hallsensorensignalen ist in Abbildung 3 ersichtlich. Dabei stehen U , V und W für die Phasenströme und H_1 , H_2 und H_3 die entsprechenden Signale der Hallsensoren. Dieser Darstellung ist zu entnehmen, dass jedesmal wenn ein Hallsensor eine Änderung anzeigen, ein Nulldurchgang im entsprechenden Stromverlauf stattgefunden hat. Dies ist der Zeitpunkt, in dem die Kommutierung durchgeführt werden muss.

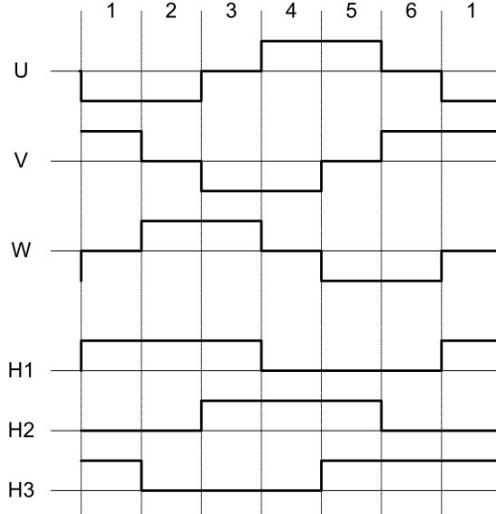


Abb. 3: Zeitliche Darstellung der Ansteuerung mit Hall-Sensoren ("Atmel AVR443: Sensor-based Control of Three Phase Brushless DC Motor", 2013)

Aufbaubeschreibung:

Das Schema des gesamten Aufbaus des Tests ist in der Abbildung 4 abgebildet. Die 3-Phasen H-Brücke oben im grünen Rechteck wird direkt vom FPGA angesteuert. Die Hardware dieser Brücke ermöglicht eine voll galvanisch getrennte Ansteuerung mit 3.3V Logikpegeln. Diese Brücke wurde zur Verfügung gestellt und verwendet. Die Rekonstruktion der Hallsensoren-Signale findet im rot markierten Teil des Aufbaus statt. Dieser Part wurde auf einer Laborplatte aufgebaut und zusammen gelötet. Die so generierten Signale $U_{Hallsensor}$, $V_{Hallsensor}$, $W_{Hallsensor}$ werden einem FPGA geliefert. Anhand dieser Signale steuert dieses das FPGA die H-Brücken-Transistoren mittels der Signale U_h , U_l , V_h , V_l , W_h , W_l . Die im FPGA enthaltene Konfiguration sind simple AND-Verknüpfungen, die die anliegenden Signale sehr schnell und effizient verarbeiten. Auf diese Weise ist es möglich, den Motor sehr schnell anzusteuern.

In der Abbildung 5 ist der gesamte Aufbau abgebildet. Man beachte die markierten Felder. Am unteren linken Rand ist der Motor befestigt. In der Mitte des Bildes ist die Hardware, mit der die Hallsensoren Signale rekonstruiert werden. Die generierten Signale werden dem FPGA in der unteren linken Ecke zugeführt. Diese Signale werden logisch verknüpft und danach werden die sechs Signale generiert um die H-Brücke in der oberen rechten Hälfte anzusteuern. Diese wiederum treiben den Motor an.

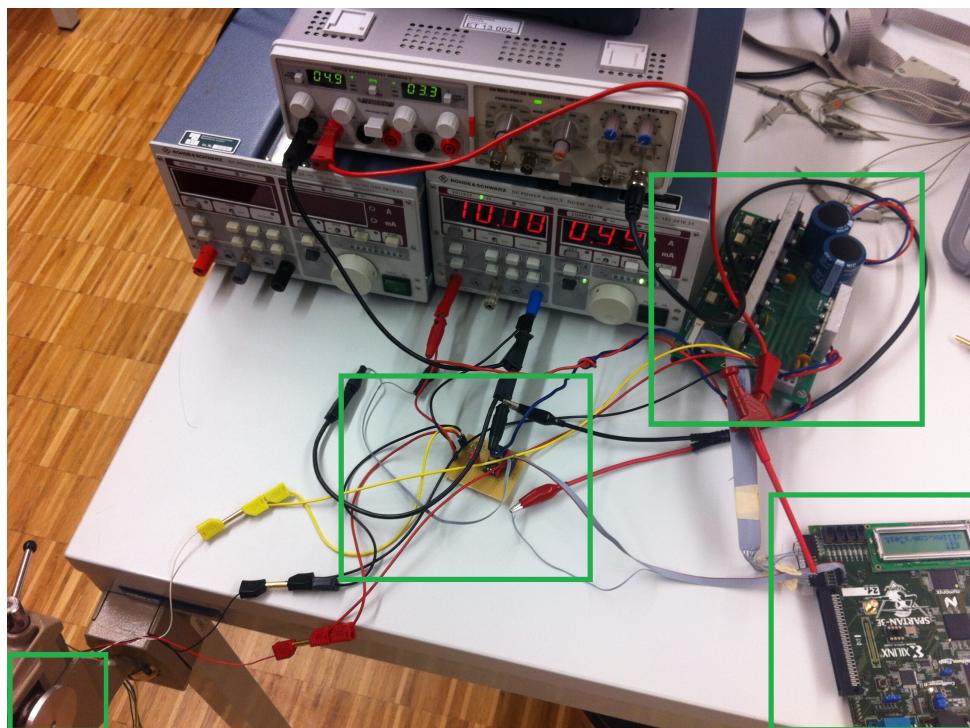


Abb. 5: Testaufbau

Die im FPGA enthaltene Logik basiert auf der Wahrheitstabelle, die in Abbildung 6 abgebildet ist.

Die Tabelle kann pro Signal zu folgenden logischen Verknüpfungen vereinfacht werden.

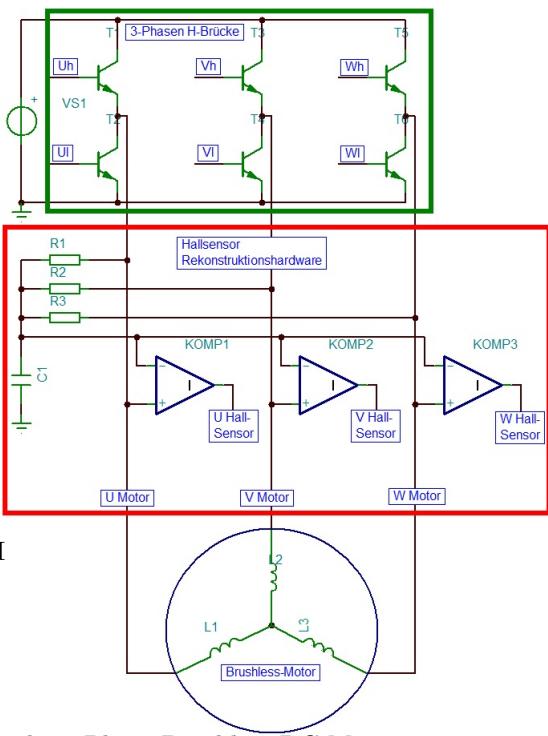
H_1	H_2	H_3	U_h	U_l	V_h	V_l	W_h	W_l	Illegal
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1

Abb. 6: Wahrheitstabelle der Ansteuerung

$$\begin{aligned} U_h &= H_1 \wedge \bar{H}_2 & V_h &= H_2 \wedge \bar{H}_3 & W_h &= \bar{H}_1 \wedge H_3 \\ U_l &= \bar{H}_1 \wedge H_2 & V_l &= \bar{H}_2 \wedge H_3 & W_l &= H_1 \wedge \bar{H}_3 \end{aligned}$$

Abbildungsverzeichnis

1	Funktionsmuster Ballmaschine	9
2	Funktionsmuster Pneumatikzylinder	10
3	Zeitliche Darstellung der Ansteuerung mit Hall-Sensoren	11
5	Testaufbau	12
6	Wahrheitstabelle der Ansteuerung	13
4	Schema des Brushless-Versuchsaufbaus	14
7	Funktionsskizze zur Aufgabenstellung	XIX
8	Grobkonzept	XXV
9	Feinkonzept	XXVII



Literatur- und Quellenverzeichnis

Atmel AVR443: Sensor-based Control of Three Phase Brushless DC Motor [Software-Handbuch]. (2013). Atmel Corporation, 1600 Technology Drive, San Jose, CA 95110 USA.

A Anhang

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Projektmodul Produktentwicklung PREN 14 / 15

Aufgabenstellung PREN1 Herbstsemester 2014

15. September 2014
Adrian Omlin

Autonomer Ballwerfer

1	Einleitung	2
2	Aufgabe	2
2.1	Ausblick auf PREN 2	2
3	Randbedingungen	3
3.1	Spielfeld	3
3.2	Tennisbälle	4
3.3	Korb	4
3.4	Zu realisierendes System	4
3.5	Wettbewerbskriterien	5
3.6	Material und Beschaffung	5
3.7	Kosten	6
4	Ausführung und Bewertung PREN 1	6

Modulverantwortlicher: Ernst Lüthi

Fachliche Begleitung: De Angelis Marco
Habegger Jürg
Joss Marcel
Klapet 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 Frühlingsemester 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 Gerät 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 Teilstukturmustern 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 Wettbewerberfolg 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.

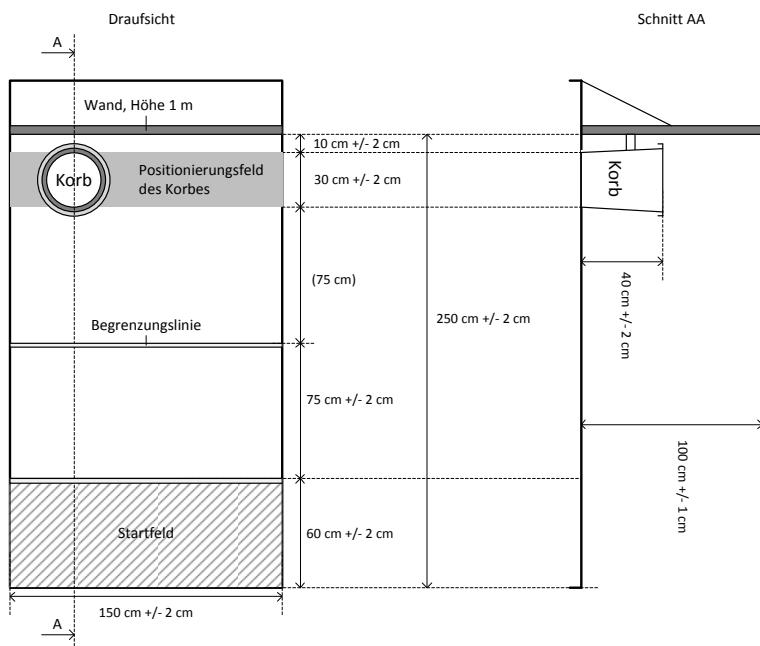


Abbildung 1: Spielfeld, Ansicht von oben und der Seite, nicht massstäblich

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 Rechengerät (PC / Laptop / Tablet / Smartphone..) verwendet wird, darf das neben dem Feld auf einem Tisch aufgestellt werden.

Hinten 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 selbstständig 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:

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

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 getätigten werden können, soll das beschaffte Material vorzugsweise von folgenden Lieferanten kommen:

- Conrad Electronic
- Distrelec
- Mädler
- Farnell

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

Wird Material vom Team selber eingekauft, können die Kosten zurückgefördert 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 Teilstücksmuster 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 Teilstücksmuster 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 µP-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

4 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 / Problemerfassung / Konfliktbewältigung / Systematik / Informationsbeschaffung / Interdisziplinarität / Projektmanagement / persönlicher Einsatz / Initiative / Effizienz / Arbeitsmenge	20 %
Resultate und Ergebnisse Innovationsgehalt / technische Machbarkeit / technische Richtigkeit / Einfachheit / Herstellbarkeit / sinnvoller Einsatz von Technologien / Vollständigkeit / Schnittstellen / Wirtschaftlichkeit / Nachvollziehbarkeit / Layout / Softwarearchitektur / Zuverlässigkeit / Ästhetik / Bedienbarkeit Technologierecherche / Produktanforderung (Teil-)Funktionsmuster	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.

B Recherche-Tabelle

Themengebiet	Stichwort	Ergebnigkeit (1-10)	Trifft auf's (1-10)	Thema zu Summe	Quelle	Beschreibung
Kommunikation						
	Da ein PC oder ein Prozessor in der Regel keine Peripherie wie Motoren oder ähnliches ansteuern, wird deshalb eine Hardware benötigt, die die Ansteuerung übernimmt. Zwischen der Rechnerhardware und der Ansteuerhardware braucht es eine Kommunikation. Dafür wurde recherchiert, welches Busystem man dafür einsetzen könnte und was die jeweiligen Vor- und Nachteile sind. Zusätzlich muss genügend Anforderungen das Sitzignal kabellos übertragen werden, weshalb entsprechende Technologien hier mit einfließen.					
	Busystem	6	6	12	Busysteme in der Automatisierungs- und Prototypentechnik, ISBN 978-3-8348-0422-9	Beschreibung von div. Bussystemen mit Vor- & Nachteile
	Busystem allgemein	7	7	14	http://alt.ti.kuraz.aif/lV/Skippen/busystems.pdf	Grundlage der Bussysteme, Beschreibung der grundlegenden Hardware
	Bluetooth	4	5	9	http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth	Technische Spezifikation, Klassen und Bandbreiten der verschiedenen Versionen, Reichweite
	Wi-Fi	3	5	8	http://www.microchip.com/pagehandler/en-us/technology/wifi/products/home.html	Mögliche Module, Datenblätter und Hintergrund-Infos
Objekterkennung						
	Da die Position des Korbes, sowie die Distanz zwischen Werfer und Korbfirst bestimmt werden müssen, muss das Gerät über ein entsprechendes Objekterkennungsmodul verfügen. Erstere Problematik lässt sich durch Objektorierung lösen, wobei es mehrere Optionen zu berücksichtigen gibt. Grundsätzlich muss sicherlich die optische Erkennung mittels einer Kamera in Erwägung gezogen werden. Wieder hier zu beachten ist, dass Objekte ebenfalls sowohl farblich, als auch aufgrund spezifischer Konturen unterschieden werden können. Weiter gibt es die Möglichkeit, durch Lasermessung die Distanz zu einem Objekt festzustellen, oder aber durch Laserscanner zu identifizieren. Ebenfalls soll die Verwendung von Ultrirschall- und Infrarotsensoren					
	Google Obj-Tracking	7	8	15	https://code.google.com/p/android-object-detection/	Google Doc for tracking objects with android phone
	OpenCV	8	7	15	https://code.google.com/p/android-opencv-object-tracking.html	Objektverfolgung eines Ping-Pong Balls
	Accord .Net	8	7	15	http://accord-framework.net	Objekterkennung mithilfe der .Net Technologie
	Ultrasonic	7	6	13	http://cdn.intechopen.com/pdf-wm/3/7176.pdf	Objekterkennung mithilfe von Sensor-Arayis
	Infrarot	5	6	11	http://www.engineering.com/Ask@selectd/77/aid/2730.aspx	Objekterkennung mithilfe von Infrarot-Sensoren
	Laser-Scanning	4	3	7	http://www.seattlerobotics.org/encoder/200110/vision.htm	Distanz von Objekten erkennen
Flugobjekte						
	Da auch eine geführte Beförderung der Bälle durch die Luft eine Möglichkeit zur Problemlösung darstellt, müssen auch diese Optionen abgewägt werden. Dazu gibt es schon diverse fertige Lösungen, welche mit einigen Änderungen übernommen werden könnten. Die Webseite für den Bau eines Quadrocopters ist sehr ausführlich und genau beschrieben. Die Umsetzung ist jedoch mit viel Aufwand verbunden. Eine Alternative zum Quadrocopter bietet ein Zeppelin. Auch hier konnte im Internet bereits eine ausführliche Anleitung gefunden werden.					
	Quadrocopter	7	8	15	https://mfirstrone.com/	Quadrocopter Bauanleitung
	Zeppelin	3	5	8	http://www.ric-zeppelein.com/3/200%203_5m%20Zeppelein%20C%2B3Imp.html	Verschiedene Zeppelin-Modelle
	Rakete	6	3	9	http://www.modell-raketen.ch/luft-raketen/index.php	Bauanleitung für diverse Raketen
Fahrantrieb						
	Bei der Recherche des Fahrantriebs wurde hauptsächlich darauf geachtet, dass ein guter Stand des Produkts gewährleistet ist. Zum einen bietet sich hier der Raupenantrieb an. Dieser Technologie hat eine grosse Kontaktfläche mit dem Boden und ist sehr manövrierfähig. Das Lauftwerk kann je nach Größe und Anforderungen speziell dimensioniert werden. Weiter gibt es einen Schraubenantrieb, hier sind an der Unterseite des Produkts zwei gegenüberliegende Schrauben angebracht. Durch Bodenkontakt auf der gesamten Länge ist gute Stabilität gewährleistet. Außerdem kann sich das Produkt, als Eigenheit des Schraubenantriebs, von Punkt aus gleichmäßig vor und zurück, wie auch seitwärts bewegen. Weiter ist hier die schlechte Traktion auf festem Untergrund. Das Lauftissensfahrzeug schwabt dank eines Überdruckes unter dem Fahrzeug wenige Zentimeter über dem Boden. Gelenkt wird mittels eines Propellers auf dem Fahrzeug, dessen Laufturm gelenkt wird. Zuletzt ein Konventioneller Antrieb via Reifen. Hier gibt es unzählige Ausführungs möglichkeiten von Antrieb und Lenkung.					
	Raupenantrieb	7	8	15	http://dnrbinfo/1057913847/34	Antrieb über Kettenlaufwerk.
	Luftkissenfahrzeug	6	4	10	http://www.hoverflybot.de/_07_technik/technik_d.htm	Schweben durch Überdruck unter Fahrzeug, Lenken des Luftstrom Lenken durch Luftstrom.
	Schraubenantrieb	3	2	5	http://www.unusualmotion.com/pages/locomotion/screw-propelled-vehicles.html	Vortrieb über zwei gegenüberliegende drehende Schrauben
	Pneufahrzeug	9	9	18		drehende Schrauben.
	Zur Ausrichtung des Werfers auf den Korb braucht es, je nach gewähltem Konzept, eine Drehelemente. Dieser besteht aus Motor und Kraftübertragung. Die Kraftübertragung sollte genau und möglichst leicht sein. Es bieten sich diverse Riemens, Ketten oder Stirnradantriebe an. Alle können in unterschiedlichen, der Anwendung angepassten Arten ausgeführt werden.					
Drehmechanismus						
	Riemengetriebe	9	8	17	RollOff/Matek Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung, Springer 2013,	Kraftschlüssige Übertragung via Kettentreppen.
	Kettengetriebe	8	7	15	RollOff/Matek Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung, Springer 2013, ISBN 978-3-658-02326-3	Antriebsrad über Kette mit Abtriebsrad verbunden.
	Zahnradgetriebe	9	8	17	RollOff/Matek Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung, Springer 2013, ISBN 978-3-658-02326-3	Formschlüssige Kraftübertragung über Stirnradgetriebe.
Wurfmechanismus						
	Um die Tennisbälle durch die Luft zu befördern, wird eine Abwurfmöglichkeit benötigt. Als mögliche Lösungsansätze wurden zum einen Tennisballwurfmashinen, als auch gängige Abwurfmashinen erörtert. Beide erfordern eine Zulängenauigkeit. Als gängige Abwurfmashinen kommen altbewährte Systeme wie Katapult oder Schleuder in Frage.					
	Beschleunigungststeller	8	9	17	http://www.youtube.com/watch?v=zQkx7F1dG8s	Video zu Prototypenheit
	Katapult	6	4	10	http://www.bauteileleitung.org/diverses/katapult-bauanleitung/	Video zu Katapult
	Gebälksbewurfmashine	4	1	5	http://www.youtube.com/watch?v=yI_hdBXVYK	Video zu Gebälksbewurfmashine
	Druckluftstoss	5	4	9	http://tennisballDevices.com/file/prince-ball-machine/	Prince Ballmachine

	Auwurfeinheit	3	6	9	http://www.ftcommunity.de/data/downloads/wallpapers/wurfmachine.jpg	Drehbeweglichkeit
Wurfmachine		8	6	14	http://www.doyourselbst.com/2011/07/bal-trowing-machine.html	Schleudermechanismus
Tribok	4	3	7	14	http://www.wieist.ch/	Bauanleitung
Versorgungskonzept					Die Versorgung kann entweder mit Akkumulatoren, externen Netzteilen, Pneumatik, Hydraulik gewährleistet werden. Die Versorgung mit Hydraulik hat keine Vorteile hat keine erhebigen Quellen hervorgebracht und die Umsetzung ist sehr grossem Aufwand verbunden. Im Bereich der Pneumatik beschränkte man sich auf die Zylinder und Filtrierung der Druckluft bei der Versorgung mit elektrischer Energie mittels externen Netzteilen wurde nur nach handelsüblichen Netzteilen gesucht.	
Pneumatik					Versorgung mit Akkumulatoren, wurden nach Typen, Gefahren und möglichen Problemen gesucht.	
Strom-Aku	7	8	15	15	http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/0702231.htm	Übersicht Akkumulatoren, Links zu verschiedenen Aku-Typen.
Strom-Aku		8	7	15	http://www.energie-expo.info/akkumulator.html	Akku-Typen, adveorange, Schnellladung
Strom-Aku	6	3	14	14	http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/101231.htm(ph)	Blei-Aku (fb) Verwendung für Vor- und Nachteile
Strom-Aku	7	7	14	14	http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/0810281.htm(lj)	Li-Ion-Aku, Verwendung für Vor- und Nachteile
Strom-Aku	5	5	10	10	http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/101241.htm(Nicd)	Nicd-Aku, Verwendung für Vor- und Nachteile
Strom-Aku	7	7	14	14	http://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/101251.htm(NiMh)	NiMh-Aku, Verwendung für Vor- und Nachteile
Strom-extern	7	3	15	15	http://de.rs-online.com/web/elecstromversorgung/ungen-transformatoren/netzteile	Netzteil-Shop als Übersicht Verfügbare Typen
Pneumatik	6	6	12	12	http://www.festo.com/vwik/de/pneumatikzylinder	Pneumatikzylinder, Zylinderarten
Pneumatik	5	5	10	10	http://www.festo.com/vwik/de/Wartungsanleitungen	Wartungsanleitung (enthält Filter und Ventil), Druckluftaufbereitung
Hydraulik	3	3	6	6	http://www.hytec-hydraulik.de/hydraulik/zylinder.html	Hydraulikzylinder-Shop als Übersicht verfügbare Typen
Hydraulik	3	4	7	7	http://www.hytec-hydraulik.de/hydraulik/motorenshop.html	Hydraulikmotoren-Shop, fürgangshäufender Motor

C Kommunikation

In diesem Abschnitt werden zwei Problembereiche angeschnitten. Zum einen kann ein PC oder ein Prozessor keine Peripherie (Motoren, Wurfmechanismus etc.) ansteuern, weshalb Hardware benötigt wird, welche die Ansteuerung übernimmt. Zwischen der Rechnerhardware und der Ansteuerhardware bedarf es einer Kommunikationsschnittstelle. Dafür wurde recherchiert, welches Bussystem man dafür einsetzen könnte und was die jeweiligen Vor- und Nachteile sind. Des weiteren muss für die kabellose Übermittlung des Startsignals eine geeignete Lösung gefunden werden.

C.1 USB

Der Universal Serial Bus ist eine gängige kabelgebundene serielle Schnittstelle, mit der Daten von einem Host an ein oder mehrere Slaves¹ übertragen werden können. Die Übertragung findet differentiell statt, was eine gute Störunempfindlichkeit mit sich bringt. Es können Datenraten von $1.5 \frac{Mbit}{s}$ bis zu $10 \frac{Gbit}{s}$ realisiert werden. Der Aufbau des Systems bedingt, dass ein Master-Controller eingesetzt wird. Dies ist bei PC's standardmäßig vorhanden, was bei anderen Geräten problematisch sein kann. So gibt es zum Beispiel Mobile-Phones, die nur über eine Slave-Hardware verfügen. Weiter bietet der USB-Standard diverse mechanische Formen und Größen eines Steckers.

C.2 Wi-Fi

IEEE 802.11 auch Wi-Fi genannt, bezeichnet ein Standard, um Daten kabellos zwischen meist mobilen Geräte auszutauschen. Dabei wird ein Frequenzband im 2.4 GHz oder 5 GHz Bereich verwednet. Die Bandbreite beträgt je nach Standard zwischen $2 \frac{Mbit}{s}$ und $6.7 \frac{Gbit}{s}$. Die Reichweite beträgt zwischen 35 m bis 100 m. Wie aus dem Modul PRG2 bekannt ist, sind die Broadcast-Übermittlungen im HSLU-Netz gesperrt. Dies erschwert die Erstellung einer Datenverbindung, da die dynamisch vergebenen IP-Adressen benötigt werden.

C.3 Bluetooth

Dies ist ein Standard, mit dessen Hilfe Daten zwischen Geräten ausgetauscht werden können. Wie Wi-Fi verwendet auch Bluetooth das 2.4 GHz Frequenzband. Die Bandbreite beträgt je nach Version zwischen $1 \frac{Mbit}{s}$ und $4 \frac{Mbit}{s}$. Die Reichweite beträgt je nach Klasse zwischen 1m bis 100 m. Bluetooth verwendet ein Frequenzsprungverfahren, um allfälligen Störungen durch andere Geräte zu entgehen.

D Object-Tracking – Objekt Verfolgung

Die Erkennung des Korbs, sowie die Bestimmung der Distanz zum Ziel müssen durch einen geeigneten Mechanismus gelöst werden. Genauigkeit und Geschwindigkeit spielen dabei eine gewichtige Rolle wie auch der benötigte Aufwand und Kosten für die Umsetzung.

¹Peripherie-Geräte

D.1 Google Obj-Tracking with OpenCV

Zur Objekterkennung wäre eine App für ein Smartphone denkbar, welche mithilfe der Kamera die Objekterkennung durchführt und die Informationen an den Controller weitergibt. Anleitungen und Source Code sind vorhanden. Als Framework wird OpenCV verwendet. Google Obj-Tracking ist eine Bibliothek die eine Vielzahl von Bildverarbeitungsalgorithmen bereitstellt. Das Framework ist sehr gut beschrieben, es sind viele Tutorials vorhanden.

D.2 Accord.Net

Accord.Net ist eine OpenSource Bibliothek für das .Net Framework. Es werden Code Beispiele und Tutorials angeboten. Gut Dokumentiert.

D.3 Ultrasonic / Ultraschall

Ultraschallsensoren können sehr günstig sein allerdings ist die Genauigkeit je nach anwendungsfall nicht sehr gross. Die Temperatur beeinflusst die Genauigkeit massgeblich.

D.4 Infrarot

Infrarot Sensoren geben einen Infrarot Lichtstrahl ab, ein Sensor erkennt dann die Rückstrahlung womit sich Objekte erkennen lassen. Die Distanz beträgt je nach Sensor zwischen 1 – 150 cm. Infrarot kann durch äussere Einflüsse wie Lichtquellen an Genauigkeit einbüßen.

D.5 Laser-Scanning

Die Reichweite eines Lasers beträgt je nach Art bis zu mehreren hundert Metern. Die Genauigkeit liegt je nach Auswertungshardware im Millimeterbereich. Die Kosten für Laser-Systeme sind allerdings sehr hoch, wie auch deren Gewicht.

E Flugobjekte

Durch die gestellten Anforderungen bietet es sich auch an, die Problemstellung mit einem Flugobjekt zu lösen. Auch hier gibt es diverse Möglichkeiten. Dazu zählt ein Quadcopter, ein Zeppelin und eine Rakete. Die Hauptschwierigkeit besteht bei der Steuerung der Objekte während der Flugphase. Eine weitere Teilschwierigkeit ist, eine berechenbare Flugbahn zu erreichen.

E.1 Quadrocopter

Ein Quadcopter kann nach einer schon vorhandenen Bauanleitung zusammengebaut werden. Die Flugsteuerung erfolgt über mehrere Beschleunigungssensoren, wodurch die Flugbahn sehr stabil gehalten werden kann. Die Traglast eines Quadcopters kann durch Verwendung eines stärkeren Motors erhöht werden, wodurch es kein Problem ist, auch schwere Gegenstände zu transportieren. Die Steuerung des Quadcopter ist schwierig. Die Orientierung im Raum ist mit einer einfachen Software nicht möglich. Um eine bestimmte Flugbahn einzuhalten, benötigt man diverse Kameras, welche den Flugraum überwachen.

Um eine genaue Fluggbahn zu erreichen, braucht es eine aufwendige Softwarelösung. Der Quadcopter und die Steuerung sind sehr kostenintensiv.

E.2 Zeppelin

Der Bau eines Zeppelins kann mit wenig Mittel realisiert werden. Der Auftriebskörper kann der jeweiligen Last angepasst werden. Der Vortrieb funktioniert mit einem einfachen Propellerantrieb. Nur schon wenig Traglast in die Luft zu befördern bedarf eines grossen Auftriebskörpers. Die Steuerung des ganzen Zeppelins verläuft eher träge und hinzu kommt, dass durch Luftströmungen die Flugbahn leicht gestört werden kann. Die Konstruktion eines Zeppelins wird somit den Anforderungen nicht ganz gerecht.

E.3 Rakete

Die Rakete ist die schnellste Möglichkeit, ein Objekt zu beschleunigen. Der Antriebskörper kann unterschiedlichen Traglasten angepasst werden. Die Wurfbahn einer Rakete ist auf kleine Distanz fast unmöglich zu berechnen. Eine Rakete eignet sich nur um längere Distanzen zurückzulegen. Die Umsetzung einer Lösung durch Raketenantrieb ist nur schwer zu realisieren.

F Fahrantrieb

Je nach Konzept muss sich der Ballwerfer vor und zurück wie auch seitwärts bewegen können. Dies wird mittels eines Fahrantriebs realisiert. Zum einen ist der Fahrantrieb für den Vortrieb verantwortlich, zum anderen muss er auch ein sicherer Stand des Ballwerfers gewährleisten. Dies ist wichtig um die Genauigkeit des Wurfs nicht zu beeinträchtigen. Weitere Anforderungen, die erfüllt werden müssen, sind die Genauigkeit und das Handling. Der Ballwerfer muss leicht und schnell rangierbar sein und sich möglichst genau auf den Korb ausrichten können.

F.1 Raupenantrieb

Ein Raupenantrieb bietet im Vergleich mit anderen denkbaren Lösungen viele Vorteile. So zum Beispiel die grösste Auflagefläche auf der Unterlage. Dies ist gleichbedeutend mit der besten Standfestigkeit. Das Laufwerk kann gefedert oder ungefedert ausgeführt sein. Bei der ungefederten Variante kann ein Wurf nahezu ohne Vibrationen ausgeführt werden, da keine Federnden Elemente vorhanden sind. Ein weiterer Vorteil ist die gute Rangierbarkeit: werden die beiden Raupenketten gegenläufig angetrieben, kann sich der Ballwerfer an Ort drehen. Nachteilig sind die vielen Komponenten die für den Antrieb nötig sind. Das Laufwerk besteht aus Antriebsrad und je nach Länge aus mehreren Laufrädern. Diese alle müssen gelagert und geführt werden.

F.2 Luftkissenfahrzeug (Hovercraft)

Beim Luftkissenfahrzeug wird unter dem Rumpf ein Überdruck erzeugt. Auf diesem Luftkissen kann das Fahrzeug vorangleiten. Der Rumpf ist mit einer abriebfesten Kunststoffgewebeschürze versehen, welche das Luftpolumen möglichst unter dem Fahrzeug hält. Der Vortrieb und die Lenkung wird mittels eines Propellers auf dem Fahrzeug realisiert. Ist der Auftriebsmotor ausgeschaltet, liegt das ganze Fahrzeug auf dem Boden auf, was eine sehr gute Standfestigkeit für den Wurf gibt. Durch die Gewebeschürzen welche sich zu

diesem Zeitpunkt nach wie vor unter dem Fahrzeug befinden, ist jedoch kein komplett waagrechter Stand gewährleistet. Auch müssen viele Komponenten verbaut werden, was sich negativ auf das Gewicht auswirkt.

F.3 Pneufahrzeug

Der Ballwerfer steht auf drei oder mehr Rädern. Um einen sicheren Stand zu gewährleisten sollten mindestens zwei Achsen an je zwei Räder verbaut werden. Die Räder können je nach Anforderungen verschieden ausgeführt sein. Luftbefüllt, mit Schlauch, Tubeless oder auch als Vollmaterial. Wobei sich an dieser Stelle das Vollmaterial anbietet, da es bei dessen Verwendung keine Federwirkung durch den Rückstoss des Wurfes gibt. Der Antrieb kann in eine Achse integriert werden und bedarf keinen grösseren Anpassungen. Ein Nachteil ist die Lenkung. Es muss eine Lenkung an mindestens einer Achse realisiert werden, welche je nach Anforderung komplex und platzraubend sein kann.

G Drehmechanismus

Falls der Werfer keine seitlichen Bewegungen ausführen kann, muss er sich mithilfe eines Drehmechanismus auf den Korb ausrichten können. Diese Drehung kann auf verschiedene Weise realisiert werden. Die Anforderung ist, dass sich der Werfer bei Bedarf in einem bestimmten Winkelbereich nach links und rechts bewegen kann. Angetrieben von einem Elektromotor muss diese Verdrehung so präzise sein, dass ein exakter Wurf möglich ist. Weiter spielt nach den Produkteamforderungen auch die Geschwindigkeit der jeweiligen Verschiebung eine Rolle. Die gewählte Art der Kraftübertragung muss demnach geringe Trägheit aufweisen und kleine, aber schnelle Bewegungen ermöglichen.

G.1 Riemengetriebe

Bei Riemengetrieben wird die zu übertragende Kraft formschlüssig oder kraftschlüssig mit einem Zugmittel übertragen. Als kraftschlüssig übertragende Zugmittel werden Flach-, Keil- und Keilrippenriemen eingesetzt. Als alternative Form gibt es Synchronriemen (Zahnriemen), welche formschlüssig übertragen. Ein grosser Vorteil des Riemengetriebes ist, dass es in allen erdenklichen Lagen eingesetzt werden kann. Auch können mit nur einer Getriebestufe grosse Übersetzungen erreicht werden. Der Aufbau ist im Vergleich einfach und preiswert. Als Nachteil zu werten ist die elastische Kraftübertragung. Bei hohen Anfahrmomenten dehnt sich der Riemen um einen gewissen Wert, wobei Schlupf entstehen kann. Der Platzbedarf um eine gewisse Kraft zu übertragen ist grösser als bei anderen Prinzipien. Weiter zu beachten ist die elektrostatische Aufladung, welche durch die Reibung entsteht.

G.2 Kettengetriebe

Kettengetriebe gehören ebenfalls zu den Zugmittelgetrieben. Überwiegend waagrecht verbaut sind sie eine formschlüssige Kraftübertragung zwischen Antriebs- und Abtriebswelle. Gegenüber dem Riemengetriebe bieten sie den Vorteil der schlupffreien und konstanten Kraftübertragung. Bauartbedingt ist keine Vorspannung der Kette erforderlich. Dies führt zu geringeren Lagerbelastungen. Bei gleicher Belastbarkeit können sie kleiner ausgeführt werden. Ein Nachteil ist der Preis. Kettengetriebe sind teurer, als Riemengetriebe derselben Leistungsstufe.

G.3 Zahnradgetriebe

Diese Getriebe zeichnen sich durch kompakte Bauweise und hohen Wirkungsgrad aus. Auch hier herrscht ein Formschluss, eine starre Verbindung ohne Schlupf. Zahnradgetriebe bestehen aus einem oder mehreren Zahnradpaaren. Je nach Art des Getriebes können Kraftumlenkungen in verschiedene Richtungen erreicht werden. Hier ist jedoch zu beachten, dass sich der Wirkungsgrad je nach Art wie die Kraftumlenkung erreicht wird, drastisch abnimmt. Mit nur einem Zahnradpaar können nicht so grosse Wellenabstände überbrückt werden, wie mit einem Zugmittelgetriebe. Durch mehrere Zahnradpaare sind sehr grosse Drehzahl – Drehmoment Wandlungen möglich, was allerdings wiederum in zusätzlichem Gewicht resultiert.

H Wurfmechanismen

Falls die Bälle abgeworfen werden müssen, wird eine Wurfweite zwischen einem und zwei Metern benötigt. Diese kann mit folgenden Möglichkeiten erreicht werden:

H.1 Pneumatikzylinder

Pneumatikzylinder eignen sich gut für die Anwendung als Stoßmechanismus. Sie zeichnen sich durch hohe Geschwindigkeiten (50 bis 1500 $\frac{mm}{s}$) sowie mittlere Kräfte (10 bis 1000 N) aus. Die Anschaffungskosten liegen bei ungefähr 60.- CHF, je nach Dimensionierung. Um die Endlagen abzufragen verwendet man Zylinder mit eingebauten Magneten, welche mittels Sensoren abgefragt werden. Die Stoßgeschwindigkeitsregelung erfolgt in den meisten Fällen durch eine Abluftdrosselung.

H.2 Beschleunigungsräder

Die heutigen Tennisballwurfmaschinen sind nach dem Prinzip von zwei Beschleunigungsräder aufgebaut. Diese drehen gegeneinander mit hoher Drehzahl und beschleunigen den Ball auf seine Abwurfgeschwindigkeit. Durch unterschiedliche Drehzahlen des Oberrades zum Unterrad kann ein Drall in Form von „Topspin“ oder umgekehrt in Form von „Slice“ dem Ball gegeben werden. Dieser stabilisiert die Flugbahn.

Der Ball wird beim Durchlaufen der Räder leicht gequetscht und entspannt sich danach beim Austritt aus den Rädern, um genügend Reibung zum Rad zu erhalten. Durch den Abschuss werden die Beschleunigungsräder abgebremst und müssen danach wieder für den nächsten Ball beschleunigt werden. Die Anforderungen an die Motoren sind relativ hoch, da diese einen hohen Drehzahlbereich sowie ein hohes Drehmoment aufweisen sollten.

H.3 Katapult

Katapulte wurden bereits in der Antike und dem Mittelalter verwendet um Geschosse abzufeuern. Es wird unterschieden zwischen einarmigen und zweiarmigen Katapulten. Die zweitgenannten sind unter dem Namen Balliste besser bekannt. Sie nutzen die Kraft durch eine Torsionsfeder oder bei grösseren Katapulten durch ein Gegengewicht. Für kleine Ballisten können auch elastische Materialien die benötigte Kraft zur Verfügung stellen. Da die Katapulte für jeden Schuss neu gespannt werden müssen sind sie relativ langsam in der Schusskadenz.

H.4 Gebläsewurfmaschine

Mittels eines Gebläses wird ein Rohr mit Luft durchströmt. In dieses Rohr werden die Bälle durch eine Öffnung eingelassen. Da die Luft dem Ball nicht vollständig ausweichen kann wird dieser beschleunigt und durch das Rohr hinausbefördert. Diese Lösung ist eher nachteilhaft, da es hohe Anforderungen an den Volumenstrom und die Dictheit des Rohres stellt.

H.5 Schleuderrad

Mithilfe eines Schleuderrades können die Bälle auf die benötigte Geschwindigkeit beschleunigt werden. Durch die wirkende Zentripetalkraft und die Umfangskraft werden die Bälle nach vorne geworfen. Dazu benötigt es einen Ausklinkmechanismus um die Bälle im richtigen Moment loszulassen. Vorteil dieser Wurfart ist, dass eine hohe Wurfkadenz erzielt wird. Die Schwierigkeit dieser Möglichkeit ist es, dass der Ausklinkmechanismus auf dem Rad ausgelöst werden muss und diese Steuersignale auf den Drehmechanismus gelangen müssen.

I Versorgung

Eine Möglichkeit um das Produkt mit Energie zu versorgen, ist ein Akkumulator. Es gibt verschiedene Typen: Blei-Akku, Li-Ionen-Akku, Nickel-Cadmium-Akku (NiCd), Nickel-Metallhydrid-Akku (NiMh). Jeder Typ hat verschiedene Vor- und Nachteile, die in der Tabelle 1 ersichtlich sind.

Gemäss den Anforderungen zählt ein Akkumulator nicht zum bewerteten Gewicht, könnte jedoch eben durch sein Gewicht für zusätzliche Stabilität sorgen, womit er sich als Lösung anbietet. Wichtig für die anschliessende Auswahl eines Akkumulators sind die Spannung, Strom, Kapazität des Akkumulators. An dieser Stelle werden lediglich die Eckdaten ausgewiesen, die die Akkus auszeichnen, wie in der Tabelle 2 ersichtlich.

	Vorteil	Nachteil
NiCd	- Lange Lebensdauer - Wartungsfreie Bauform	- In der EU verboten! - Memory-Effekt (Kapazitätsverlust) - Bei Defekt, sehr umweltschädlich
NiMH	- Hohe Kapazität - Geeignet für Hochstromanwendungen	- Geringes Gewicht (kein Ballast) - Hohe Selbstentladung 15% pro Monat
Li-Ion	- 5 Jahre funktionstüchtig - Hohe Energiedichte - Selbstentladung 1% pro Monat	- Empfindlich auf falsche Behandlung - Unter 1.5V kommt es zu Brandgefahr - Geringes Gewicht (kein Ballast)
Blei (Pb)	- 6 Jahre funktionstüchtig - Hohe Strombelastbarkeit - Hohes Gewicht (als Ballast)	- Selbstentladung 1% pro Tag - Nicht für mobilen Einsatz geeignet

Tab. 1: Übersicht Vor- Nachteile der Akkumulatoren

	Energiedichte ($\frac{Wh}{kg}$)	Wirkungsgrad	Memory-Effekt
NiCd	40-60	70	Ja
NiMH	70-90	70	Nein
Li-Ion	120-210	90	Nein
Blei (Pb)	30	60-70	Nein

Tab. 2: Übersicht der Akkumulatoren

I.1 Externe Versorgung

Externe Versorgung bezeichnet die Speisung des Geräts durch ein Netzteil. Ein Vorteil eines Netzteils ist die stabile Energie- / Stromversorgung. Die Zuführung von einer Steckdose zum Spielfeld wird gewährleistet sein. Als einziger Nachteil gilt somit, dass ein Netzteil nicht als Ballast gewertet wird und somit nachteilig für die Bewertung wäre im Vergleich mit einem Akku.

I.2 Pneumatik

Eine Versorgung mit Druckluft ist aufwendig und muss beim Spielfeld zur Verfügung gestellt werden. Ansonsten müsste man einen Kompressor mit Wartungseinheit organisieren. Zudem sind die Komponenten (Zylinder, Ventile, etc.) im Neuzustand sehr teuer.

I.3 Hydraulik

Die Versorgung mit Hydraulik-Öl ist noch aufwendiger als jene mit Druckluft. Es muss ein eigenes System mit Pumpe, Schläuchen, Hydrauliköl und teuren Komponenten erstellt werden. Bei einem Defekt, resp. Unfall mit Hydrauliköl entsteht zudem schnell ein grosser Sachschaden und erfordert einen grossen Reinigungsaufwand.

J Anforderungsliste

Nr.		Bezeichnung	Werte	Verantw.
Gerät				
1	F	Gerätemasse maximal L x B x H	50 cm x 50 cm x 100 cm	M
2	M	Gewicht	max. 6 kg ohne Stromversorgung, ohne CPU	E / M
3	W	Gewicht	max. 2 kg ohne Stromversorgung, ohne CPU	E / M
4	F	Startbefehl	drahtlos	E / I
5	W	Startbefehl	drahtlos via Smartphone	E / I
6	F	Stoppbefehl	Akustisch oder optisch	E / I
7	W	Stoppbefehl	Akustisch und optisch	E / I
8	F	Autonomität	autonomer Ablauf	E / I
9	W	Autonomität	autonome Energieversorgung	E / I
10	M	Treffgenauigkeit	innerhalb 20 cm x 20 cm	E / I / M
11	W	Treffgenauigkeit	innerhalb 10 cm x 10 cm	E / I / M
12	F	Kübelerkennung	Genau genug, um die Treffgenauigkeit sicher zu stellen	E / I
13	F	Mechanismus bewegen*	Ausrichtung oder Bewegen, um die Bälle in den Kübel zu befördern	E / I / M
Randbedingungen				
Kosten				
14	F	Finanzialer Aufwand	max. 600 CHF	E / I / M
Tennisball				
15	F	Gewicht	56 g - 59 g	Dozenten
16	F	Durchmesser	min. 6.3 cm , max. 7.3 cm	Dozenten
17	F	Ballzustand	neu / kaum gebraucht	Dozenten
Spielfeld				
18	F	Startfeld mindestens	60 cm x 150 cm	Dozenten
19	F	Wurfdistanz	min. 75 cm ,max. 250 cm	Dozenten
20	F	Max. Höhe Bogenwurf	180 cm	Dozenten
21	F	Wandhöhe	100 cm	Dozenten
22	F	Korbhöhe	40 cm	Dozenten
23	F	Korbdurchmesser	min. 30 cm	Dozenten
24	F	Kontrast Korb zu Wand	Spanplatte zu schwarzem Korb	Dozenten
25	F	Korbstabilität	mit Sand gefüllt	Dozenten
Zeitverhältnisse				
26	F	Vorbereitungszeit	max. 5 min	E / I / M

27	F	Ablaufzeit	max. 5 min	E / I / M
28	W	Ablaufzeit	< 45 sec	E / I / M
		Umgebungsbedingungen		
29	F	Umgebungstemperatur	10 °C bis 45 °C	Dozenten
30	M	Windgeschwindigkeit*	< 1 km/h	Dozenten
31	F	Lichtbedingung	Abschirmung Infrarot-strahlung	Dozenten
32	F	Lichtbedingung	Gleichmässige Beleuch-tung	Dozenten

Legende:

F: Festanforderung

M: Mindestanforderung

W: Wunschziel

*: Anforderung kann je nach Umsetzung stark variieren

Erstellt durch	Dozent akzeptiert	Version	# Seiten
Team 32		1.0	XVIII

K Analyse

Als Gesamtübersicht und als Eruierungshilfe der einzelnen Teilprobleme wurde zu Beginn der Lösungsfindung eine Skizze entworfen. Diese beinhaltet alle nötigen Elemente des Produkts und stellt diese in Relation zueinander dar. Produkt-Komponenten wurden dabei in blau, externe in grün dargestellt.

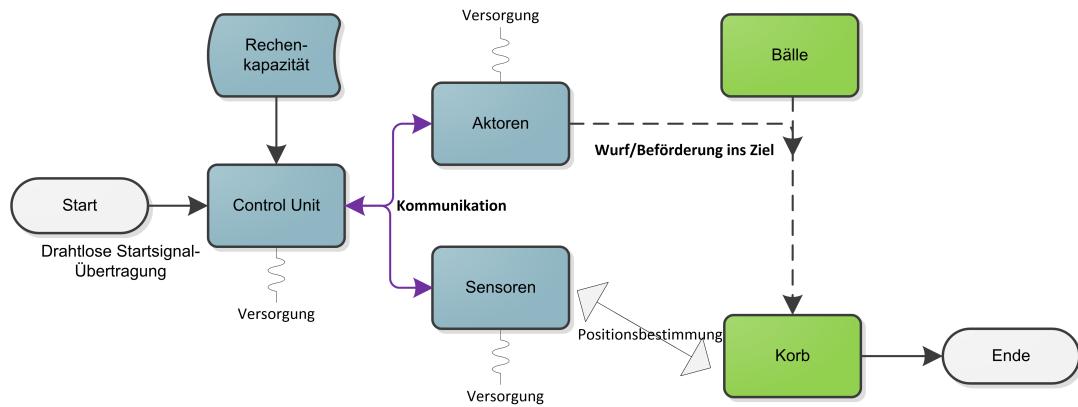


Abb. 7: Funktionsskizze zur Aufgabenstellung

Aus der Abbildung 7 ergeben sich folgende Teilprobleme:

- Startgerät / Endgerät
- Startbefehlsübermittlung (drahtlos)
- Rechenkapazität (immer inklusive Verteileinheit)
- Versorgung der Steuerung / Sensoren
- Sensorik (Korberkennung)
- Ausgangslage der Bälle
- Weg des Balles (zum Korb)

Als nächster Schritt werden die Teilprobleme genauer definiert. Der Technologierecherche entspringende Lösungsansätze sollen die Problembereiche möglichst gut abdecken.

K.1 Beurteilung der Teilprobleme

Durch die Definition von passenden Beurteilungskriterien sollen die verschiedenen Lösungsansätze für ein Teilproblem taxiert werden. An dieser Stelle bieten sich die definierten Ziele der Teamcharta !!Referenz!! an:

1. Treffgenauigkeit

2. Geschwindigkeit
3. Gewicht

Da diese Ziele direkt durch die Eigenschaften des Werfers definiert werden sollen, sollten sie auch direkt in die Auswahl der Komponenten miteinfließen. Um das Kriterium Treffergenauigkeit auf alle Teilprobleme abbilden zu können, wurde dieses Ziel als Zuverlässigkeit neu definiert. Nachfolgend der Pool von Bewertungskriterien, aus welchem anschliessend für jedes Teilproblem ein geeignetes Set zur Bewertung ausgewählt wurde.

1. Zuverlässigkeit
2. Geschwindigkeit
3. Gewicht
4. Kosten
5. Aufwand

Der Faktor Zuverlässigkeit erhält in jedem Teilproblem einen hohen Wert. Der Aufwand belegt in der Regel einen kleinen Faktor, da er in einem Schulprojekt einen sekundären Stellenwert hat. Der Faktor der Kosten wurde bewusst im Mittelfeld angesiedelt, um den Fokus klar auf die Zielsetzung zu legen. In der Regel ist die Verteilung der Punkte pro Kriterium so geregelt, dass die am schlechtesten geeignete Lösung 1 Punkt erhält, die beste Lösung 5 Punkte und die restlichen einen Wert dazwischen.

Um die nachfolgende Beschreibung zu den Kriterien richtig zu interpretieren, ist die Beurteilung in Anhang ?? zusätzlich zum jeweiligen beschreibenden Text hinzuzuziehen.

K.1.1 Startgerät – Endgerät

Ist zusammen mit Anhang ?? zu betrachten.

- Zuverlässigkeit
Ein Notebook beruht auf langjährigen, gut dokumentierten und erprobten Technologien (drahtlos Kommunikation, sowie dazugehöriger Software). Ein Taster hingegen muss neu gebaut werden, kann daher fehleranfällig sein.
- Kosten
Das Smartphone/Notebook wird von einem Teammitglied zur Verfügung gestellt. Ein Taster müsste neu gebaut oder eingekauft werden.
- Kompatibilität
Ein Smartphone besitzt nur ein Betriebssystem mit beschränkter Funktionalität. Mit einem Notebook kann man viele verschiedene Software-Lösungen erstellen.
- Aufwand
Bei der Umsetzung mit einem Smartphone respektive Notebook entsteht vor allem softwaretechnischer Aufwand. Für einen Taster müsste ein eigenes kleines System entwickelt werden.

K.1.2 Startbefehlsübermittlung

Ist zusammen mit Anhang ?? zu betrachten.

- Zuverlässigkeit
Bluetooth (und WLAN) basieren auf wohlbekannten, gut dokumentierten, standardisierten Technologien. Akustische Signale, sowie Infrarot sind hingegen eher fehleranfällig.
- Kosten
Bluetooth (und WLAN) sind Teil der eingebauten Technologie in einem modernen Smartphone / Notebook. Für Infrarot und Akustischen Signalen müssten entsprechende Instrumente angeschafft werden.
- Aufwand
Die Beschaffung eines geeigneten Smartphones oder Notebook wäre kein Problem, der Aufwand diese zu programmieren hält sich in Grenzen. Das Auswerten eines Akustischen Signals ist hingegen aufwändig, fehleranfällig und benötigt zusätzliche Elektronik.

K.1.3 Rechenkapazität

Ist zusammen mit Anhang ?? zu betrachten.

- Zuverlässigkeit
Smartphone und Embedded Prozessoren sind sehr zuverlässig, da sie on-board sind. Ein Notebook als externe Recheneinheit ist aufgrund der dafür benötigten Datenverbindung fehleranfällig.
- Geschwindigkeit
Embedded Prozessoren sind für genau eine spezifische Aufgabe ausgelegt und dimensioniert. Ein Notebook als Recheneinheit ist aufgrund der Datenübermittlung fehleranfällig und tendenziell langsamer.
- Gewicht
Embedded Prozessoren sind für genau eine spezifische Aufgabe ausgelegt und dimensioniert und beinhalten nur das absolut Notwendige. In einem Smartphone sind viele Module verbaut, von denen zur Aufgabenerfüllung eigentlich nur wenige gebraucht werden, was sich negativ auf das Gesamtgewicht auswirkt.
- Kosten
Das Smartphone/Notebook wird von einem Teammitglied zur Verfügung gestellt. Ein eingebetteter Prozessor müsste zugekauft werden.
- Aufwand
Für einen Embedded Prozessor müsste eine eigene Stromversorgung, drahtlos-Kommunikations-Modul, etc. gebaut werden. Ein Notebook beruht auf wohlbekannten, gut dokumentierten Technologien.

Zusätzliche Erläuterung: Es wird davon ausgegangen, dass ein Embedded Prozessor günstiger Bauart eingesetzt würde.

K.1.4 Sensorik

Ist zusammen mit Anhang ?? zu betrachten.

- Geschwindigkeit

Ein Foto mit einer Smartphone Kamera ist schnell erstellt und kann direkt im Smartphone bearbeitet werden. Ein Laser muss viele Punkte abscannen und dabei mechanisch geschwenkt werden.

- Genauigkeit

Ein Laser misst viele Punkte, kann daher ein sehr detailliertes Abbild schaffen. Ultraschallmessungen sind hingegen eher unpräzise.

- Zuverlässigkeit

Laservermessungen sind dank des detaillierten Abbilds zuverlässig in der Korberkennung. Infrarot ist aufgrund des vielen Fremdeinflusses (bsp. Lichtstrahler an Spielfeldrand) unzuverlässig.

- Kosten

Das Smartphone mit integrierter Kamera wird von einem Teammitglied zur Verfügung gestellt. Für einen Laser muss aufgrund der mechanischen Justierung zusätzliche Bauteile eingekauft werden.

- Aufwand

Für die Objekterkennung mit Kamera gibt es bereits mehrere bekannte Frameworks, was den Aufwand drastisch minimieren würde. Auf der anderen Seite muss bei Verwendung eines Lasers aufgrund der benötigten mechanischen Justierung zusätzlichen Aufwand betrieben werden.

K.1.5 Versorgung Steuerung / Sensorik

Ist zusammen mit Anhang ?? zu betrachten.

- Zuverlässigkeit

Ein Akku hat im Vergleich zu einem Netzteil höhere Spannungsschwankungen.

- Gewicht

(hier ein Vorteil, da als Ballast anrechenbar) Akku kann zur Gewichtsbestimmung entfernt werden.

- Kosten

Netzteile sind günstig und alte Netzteile können für diese Aufgabe recycelt werden. Akkus müssten neu gekauft werden.

- Aufwand

Netzteile können in kompletter Form gekauft werden. Akku's müssen mit Elektronik stabilisiert und geregelt werden.

K.1.6 Ausgangslage der Bälle

Ist zusammen mit Anhang ?? zu betrachten.

- Geschwindigkeit

Alle Bälle in einem Behälter braucht wenig Zeit, ist daher die beste Lösung. Der Drehkranz ist schwerfällig und langsam.

- Gewicht

Der Trichter ist eine einfache, minimalistische Konstruktion, die wenig Gewicht aufweist. Der Drehkranz ist gegenteilig eine grosse, schwere Konstruktion mit mehreren Aktoren.

- Zuverlässigkeit

Die Bälle in einem Trichter können schnell verstopfen. Ein sauber konstruiertes und aufgebautes Magazin ist sehr zuverlässig.

- Kosten

Der Trichter hat eine einfache, minimalistische Konstruktion, benötigt daher wenig Material. Der Drehkranz hat viele Aktoren und ein aufwändiges Design.

- Aufwand

Die Umsetzung eines Trichters ist einfach und schnell erledigt. Der Drehkranz ist aufwändig.

Zusätzliche Erläuterung: Bei der Beförderung der Bälle in einem Behälter wird davon ausgegangen, dass ein wohlgeformte geometrische Figur verwendet wird (bspw. Kugel).

K.1.7 Weg des Balles

Ist zusammen mit Anhang ?? zu betrachten.

„Aus Startposition zu Korb fliegen und abwerfen“, nachfolgend mit (1) bezeichnet.

„Aus Startposition, gewinkelt durch Luft werfen“, nachfolgend mit (2) bezeichnet.

„Aus Startposition, seitlich bewegen, gerade aus durch Luft werfen“, nachfolgend mit (3) bezeichnet.

„Aus Startpositionmitte gerade zu Begrenzungslinie bewegen und gewinkelt durch Luft werfen“, nachfolgend mit (4) bezeichnet.

„Aus Startposition zu Begrenzungslinie gerade vor Korb bewegen und durch Luft werfen“, nachfolgend mit (5) bezeichnet.

- Geschwindigkeit

Je weniger Achsen bewegt werden müssen, desto schneller ist die jeweilige Lösung. (2) muss nur eine Drehbewegung ausführen. (5) muss drei Bewegungen ausführen.

- Zuverlässigkeit

Je weniger Achsen bewegt werden müssen, desto zuverlässiger ist die Lösung. (2) muss nur eine Drehbewegung ausführen. (1) muss fliegen und zusätzlich noch ständig nachkorrigieren, äussre Störeinflüsse schwer vorauszusagen.

- Genauigkeit

Je mehr Achsen bewegt werden müssen, je mehr Toleranzen, Fehler und Justierungen treten ein. (2) hat nur eine bewegliche Achse. (1) und (5) haben viele bewegliche Achsen und viele unbekannte Störeinflüsse.

- Gewicht

Je mehr Achsen bewegt werden müssen, je mehr Antriebe, Materialien und Elektronik wird benötigt. (2) ist stationär. (4) und (5) haben viele bewegliche Achsen.

- Kosten

Je mehr Achsen bewegt werden müssen, je teurerer werden die jeweiligen Ausführungen. (2) ist stationär. (4) und (5) haben viele bewegliche Achsen. (1) kann zudem im Testfall abstürzen und so teure Teile zerstören.

- Aufwand

(1) softwaretechnischer Aufwand ist immens. (2) stationäre Lösung im Vergleich eher einfach zu realisieren. (4) und (5) haben viele bewegliche Achsen, jede zusätzliche Achse erfordert weiteren Aufwand.

L Grobkonzept

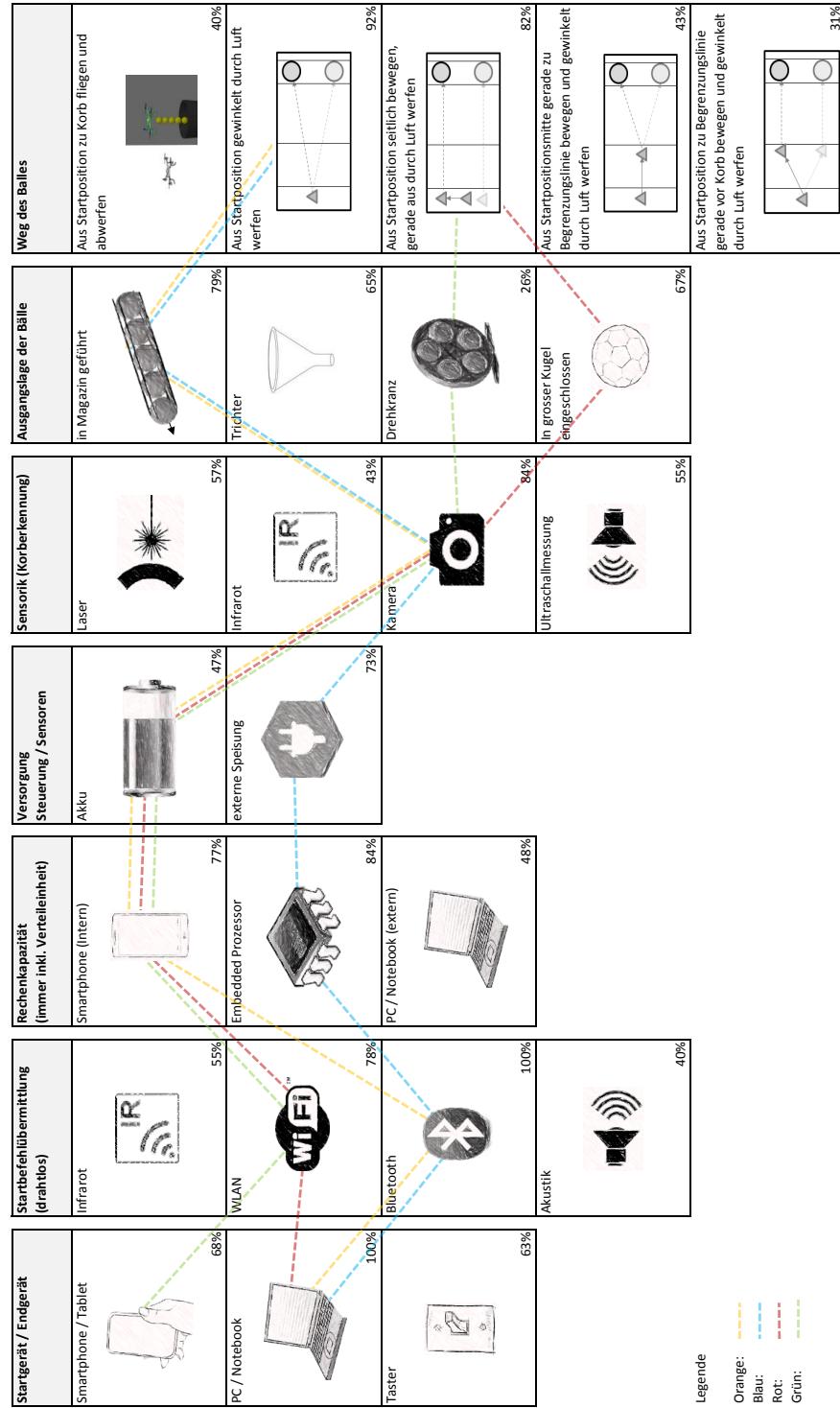


Abb. 8: Grobkonzept

Die detaillierte Bewertung aller Varianten sind dem Anhang ?? zu entnehmen.

Es wurden vier Varianten (orange, grün, rot, blau), wie in Abbildung 8 ersichtlich, gewählt.

- Blaue Variante
Eine Auswahl aller Lösungen, welche die höchste Punktezahl durch die Bewertungskriterien erreichte.
- Rote Variante
Ausgangspunkt in dieser Variante ist die Auswahl, die Bälle in eine Kugel einzuschliessen. Da ein Smartphone mit integrierter Kamera verwendet wird, kann man zwei Teilprobleme mit einem Gerät lösen. Den Weg des Balles via seitliche Verschiebung wurde aufgrund der Unhandlichkeit der grossen Kugel gewählt: der Weg soll kurz und einfach gehalten werden. Der Akku dient in dieser Variante neben der Energieversorgung auch als Ballast, um dem grossen Gewicht der Kugel entgegenzuwirken. Weiter ist die Ausgabe des Startsignals mit einem Notebook, sowie die Übertragung mit WLAN leicht zu Realisieren, da diese Lösungen auf gut dokumentierten Technologien basieren.
- Grüne Variante
Für die grüne Variante wurde als Ausgangslage der Bälle die Führung in einem Drehkranz gewählt. Kongruent zur Variante Rot, wurde auch hier der Weg des Balles via seitliche Verschiebung aufgrund der Unhandlichkeit des Drehkränzes als Favorit erkoren. Für die Wahl des Akkus, der Startsignal-Übertragung per WLAN und die Verwendung eines Smartphones überzeugten dieselben Kriterien, welche bereits in der roten Variante genannt wurden.
- Orange Variante
Aus der Startposition gewinkelt werfen, ist der Ursprung der orangen Variante. Eine geführte Ausgabe aus einem Magazin hat den Vorteil, dass es mit leichten Materialien gebaut werden kann, verschiedene Formen, Winkel und Ausgabegeschwindigkeiten zur Verfügung stehen. Der Akku dient in dieser Variante neben der Energieversorgung auch als Ballast und hat den schönen Nebeneffekt, dass das System energieautark ist.

L.1 Entscheidung

Die orange Variante bietet als gesamtes Konzept die erfolgversprechendste und effizienteste Lösung, bezüglich der vordefinierten Ziele der Team-Charta !! Referenz !!. Den Ball von der Startposition aus gewinkelt durch die Luft zu werfen erfordert keine zusätzlichen Bauteile um das Produkt am Boden zu verschieben. Dies minimiert einerseits den Aufwand und verringert die Fehleranfälligkeit erheblich. Die Bälle in der Ausgangslage in einem Magazin zu führen hat den Vorteil, dass eine allfällige stückweise Ausgabe der Bälle mit wenig Aufwand hinzugefügt werden kann. Ein Smartphone mit integrierter Kamera löst die zwei Teilprobleme der Korberkennung und Rechenkapazität mit einem Gerät. Des weiteren wäre das Produkt durch die Verwendung eines Akkus energieautark. Die Ausgabe des Startsignals und Endsignals mit einem Notebook und die Übermittlung mit Bluetooth sind einfach auszuführen und beruhen auf wohlbekannten, gut dokumentierten Technologien.

Dieses Kapitel ist noch nicht offiziell Bestandteil des Testat 2.

M Feinkonzept

Nach der Entscheidung für ein Grobkonzept folgt nun die Detaillierung dieses Konzeptes in ein Feinkonzept. Die ursprünglich sieben Teilprobleme wurden in 19 Subteilprobleme auf gesplittet. Zu all diesen Subteilproblemen existieren wiederum Lösungsvarianten, die in Abbildung 9 dargestellt sind.

Teilproblem	Lösungsvarianten:			
Startgerät (Software)	Mac / OS X	Windows	Linux	
Sender (Bluetooth)	eingebautes Bluetooth-Modul	USB Adapter		
Empfänger (Bluetooth)	in Smartphone eingebaut	Externes Modul auf Controller		
Smartphone (Software)	iOS	Android	Windows Phone	
Control Unit	Smartphone als Master Controller als Slave	Controller als Master Smartphone als Slave		
Versorgung Control Unit	Smartphoneakku	Hauptversorgungs-akku	Eigener Akku	
Hauptstromversorgung (Akku)	Lithium-Ionen	Blei-Akku	NiCD	NiMh
Kommunikation zwischen Smartphone und Controller	Audioschnittstelle	USB	Bluetooth	
Objekterkennung (Kamera)	Kontrast	Kontur	Helligkeit	
Aktor für Standsdrehung	DC-Motor mit Bürste	DC-Motor Bürstenlos	Schrittmotor	Pneumatische Wendeinheit
Getriebemöglichkeiten	Schneckengetriebe	Stirnradgetriebe	Zahnriemengetriebe	Keilriemengetriebe
Wurfmechanismus	Pneumatikzylinder	zwei Schwungräder	ein Schwungrad	Hubmagnet
Ballführung	Rohr	auf zwei Stangen geführt	V-Blech	keine
Magazinwinkel	vertikal	45° angeordnet	variabel einstellbar	Halbrohr
Magazinkonstruktion	Spiralförmig	Gerade	Bogenförmig	
Standfestigkeit zu Boden	Saugnäpfe	Antirutschmatte		
Ballvereinzelung	keine (fortlaufend Ausgabe)	Hubmagnet	Pneumatikzylinder	Widerstandsschaufel
Flugbahn	horizontaler Wurf	Bogen flach	Bogen hoch	
Endsignalausgabe	optisch mittels Zeituhr	akustisch mittels Piepton		

Abb. 9: Feinkonzept

Die grün eingefärbten Lösungsvarianten in Abbildung 9 stellen unsere Entscheidung im jeweiligen Subteilproblem dar. Nachfolgend ist eine Erklärung zur Lösungsfindung zu jedem einzelnen Subteilproblem beschrieben.

Startgerät (Software)

Als Startgerät wird ein Notebook mit dem Windows-Betriebssystem verwendet, da es ein viel verbreitetes, stabiles, gut dokumentiertes Betriebssystem ist und alle nötigen Funktionen zur Ausführung unserer Problemstellung hat. Keines der Teammitglieder verwendet ein Notebook mit Mac/OSX oder Linux, diese beiden Betriebssysteme kommen daher nicht in Frage.

Sender (Bluetooth)

Das eingesetzte Notebook hat ein eingebautes Bluetooth-Modul welches als Sender verwendet werden kann, daher wird ein USB-Bluetooth-Adapter überflüssig.

Empfänger (Bluetooth)

Als Empfänger auf der Seite des Ballwerfers wird das im Smartphone integrierte Bluetooth-Modul verwendet. Das Smartphone agiert in diesem System als Master, der Controller übernimmt die Rolle des Slaves.

Smartphone (Software)

Beim Smartphone-Betriebssystem kommen nur die Open source Variante Android und das Windows-Phone-Betriebssystem in Frage, da sie bezüglich Zugriff auf die vorhandenen Schnittstellen nicht eingeschränkt sind. Eine genaue Festlegung ist zurzeit noch nicht möglich. Definitiv ausgeschlossen ist das iOS Betriebssystem von Apple, da keine Programmiererfahrung auf diesem Gebiet vorhanden ist und der Zugriff auf die nötigen Schnittstellen eingeschränkt ist.

Versorgung Control-Unit

Der Hauptversorgungsakkumulator soll die Versorgung der Control-Unit übernehmen.

Hauptstromversorgung (Akkumulator)

Die Art des Hauptversorgungsakkumulators wird erst mit der Konstruktion und Dimension des Produkts klar, bleibt im daher im Moment noch offen.

Kommunikation zwischen Smartphone und Controller

Die Kommunikation des Smartphones zum Controller findet via USB-Kabel statt. Dies Aufgrund der Controller-Wahl, der unter anderem die Kommunikation mit USB zulässt.

Objekterkennung (Kamera)

Bei der Objekterkennung mittels Kamera werden idealerweise alle drei optischen Bestimmungskriterien Kontrast, Helligkeit und Kontur zur Objektidentifikation verwendet. Falls die Erkennung mittels Kamera nicht realisierbar ist, stellt Ortung via Ultraschall eine interessante Alternative dar.

Aktor für Staudrehung

Die Drehung der Plattform erfolgt direkt durch einen Schrittmotor, da diese Lösung kleine Veränderungen des Winkels zulässt und in gleichmässigen Schritten gesteuert werden kann.

Getriebemöglichkeiten

Ob Getriebemöglichkeiten zum Einsatz kommen, ist durch den momentanen Stand des Produkts nicht gegeben.

Wurfmechanismus

Der Pneumatikzylinder erlaubt eine hohe Wurfreproduzierbarkeit. Mithilfe zweier Schwungräder kann durch einbringen eines Dralls die Flugbahn stabilisiert werden. Bei nur einem Schwungrad besteht der Vorteil, dass nur ein Motor verwendet werden muss. Ein Hubmagnet bietet eine gute Alternative zur Pneumatik-Ausführung, da keine externe Druckluft-Versorgung nötig ist. Der Hydraulikzylinder fällt aufgrund der niedrigen Geschwindigkeit weg. Die genaue Auswahl des Wurfmechanismus wird durch die Testbauten ermittelt.

Ballführung

Die Ausführung auf zwei oder mehr Stangen ist bauleicht und hat wenig Laufwiederstand für den Ball. In einem geschlossenen und halboffenen Rohr ist die Gefahr von Verstopfungen und Laufreibungen der Bälle höher als bei einer Lösung mittels Stangen.

Magazinwinkel und Magazinkonstruktion

Der Magazinwinkel und Magazinkonstruktion kann erst im Zusammenhang mit der Gesamtlösung respektive des Wurfmechanismus erarbeitet werden.

Standfestigkeit zu Boden

Die Standfestigkeit soll mittels Antirutschmatte gewährleistet werden, falls dies nicht genügt, können Saugnäpfe verwendet werden.

Ballvereinzelung

Falls es die Umstände zulassen, wird auf eine Ballvereinzelung verzichtet, wenn sie aber aufgrund des Wurfmechanismus nötig wird, soll ein Hubmagnet als Schieber zum Einsatz kommen.

Flugbahn

Die Flugbahn soll in einem flachen Bogen erfolgen, um das Gerät mit einen möglichst tiefen Schwerpunkt auszustatten und dass der Ball nicht aus dem Korb zurückspringen kann.

Endsignalausgabe

Die akustische und optische Endsignalausgabe erfolgt laut Aufgabenstellung auf dem Startgerät (Notebook).

Testbericht

Typ: Ballmaschine

Datum: 18.10.2014

Ort: Labor

Tester: Gruppe 32

Ziel des Testes:	Das Ziel dieses Testes bestand darin, den gebauten Prototyp (Ballmaschine) auf die Genauigkeit und Wurfweite zu testen. Erkenntnisse über die Drehzahl der Räder zu eruieren. Die erforderliche Stromstärke unter realen Bedingungen testen.	
	Was wurde getestet?	Resultat
Aufbau: -Stromversorgung -etc.	Netzteil: Typ Räder: Noppenräder soft	Netzteil/Motoren: Das Startdrehmoment braucht eine sehr grosse Stromstärke. Das gleiche gilt beim Abwurf des Balles. Das Drehmoment der Motoren muss bei hoher Drehzahl gross sein. Spannung: 12 V Max Stromstärke: ~ 2.5 A Räder: Die Softräder mit den Noppen bieten sich gut an, da der Reibkoeffizient sehr gross ist. Die Achsenaufhängung der Räder muss noch verbessert werden.
Zuverlässigkeit: -Wurfgenaugkeit -Distanz	Wurfmaschine von Hand gehalten	Die Ballmaschine kann bei einer besseren Konstruktion sehr genau sein. Mit dem Modell, welches nur manuell gehalten wurde, konnten konstante Distanzen erzielt werden. Wenn die Zuführung der Bälle immer gleich ist, so ist der Streuwinkel auch sehr klein.
Fazit/ Verbesserungsvorschlag:	Die Wurfmaschine kann mit einigen Verbesserungen sehr gute und genaue „Schüsse“ erzielen. Zu verbessern: -Stabilere Achsen -genauere und gleichmässige Zuführung der Bälle. -einstellbares Grundgerüst	
Ziel erreicht:		

Anhang:

-Diverses Filmmaterial auf der Dropbox

-Prototyp im Gruppenkasten

Testbericht

Typ: Ballmaschine (Drehzahl)

Datum: 06.11.2014

Ort: Labor

Tester: Matteo, Yves, Pascal

Ziel des Testes:	Eruieren der Nenndrehzahl der DC-Motoren, Optimaler Wurfwinkel, Drehzahl der Schwungräder.	
	Was wurde getestet?	Resultat
Aufbau: -Stromversorgung -etc.	Nenndrehzahl der DC-Motoren	6100 min ⁻¹
Zuverlässigkeit: -Wurfgenaugkeit -Distanz	Drehzahl der Schwungräder bei Nennwurfweite 1.75 m Optimaler Wurfwinkel	Ca. 2300 min ⁻¹ 45°
Fazit/ Verbesserungsvorschlag:	Ballzuführung muss automatisiert gleichbleibend sein damit genaue Aussage über Wurfweite gemacht werden können. Unterschiedliche Tennisballmarken haben unterschiedliche Eigenschaften betreffend Wurfweite -> Fünf Bälle der „richtigen“ Marke kaufen.	
Ziel erreicht:		

Anhang:

Bilder auf Dropbox

Testbericht

Typ: Pneumatikzylinder

Datum: 8.10.2014

Ort: Bachmann Engineering AG (Zofingen)

Tester: Gruppe 32

Ziel des Testes:	Das Ziel dieses Testes bestand darin, den gebauten Prototyp auf die Wurfwiederholgenauigkeit zu testen.	
	Was wurde getestet?	Resultat
Aufbau:	<p>Pneumatikzylinder mit Kolbendurchmesser ø16 und einer Hublänge von 50mm</p>  <p>Die Bälle liegen auf zwei Führungsstangen auf.</p> <p>Als Ansteuerung wurde ein bistabiles Magnetventil verwendet, dieses wurde von Hand gesteuert.</p> <p>Mithilfe eines Drosselventils konnte der Versorgungsdruck auf die gewünschte Stärke eingestellt werden.</p>	<p>Pneumatikzylinder: Die Tests wurden bei einem Versorgungsdruck von 4.5bar durchgeführt. Die Wurfweite betrug ungefähr 2m und konnte mittels Versorgungsdruck genau eingestellt werden.</p> <p>Führung: Diese Führung kann ideal verwendet werden, da Sie nur aus zwei Rohren bestehen und somit sehr leicht sind.</p>
Zuverlässigkeit:	Abschussvorrichtung eingespannt. Ziel am Boden mit Klebeband ausgerichtet.	Die Wiederholgenauigkeit des Wurfs lag innerhalb 10cm x 10cm
Fazit/ Verbesserungsvorschlag:	<p>Ein Pneumatikzylinder arbeitet sehr zielgenau und schnell.</p> <p>Zu verbessern: Es wurde ein überdimensionierter Zylinder für die Testzwecke verwendet.</p> <p>→ benötigte Abschussgeschwindigkeit mittels schiefer Wurf bestimmen. Anschliessend mittels Stoß die benötigte Beschleunigung des Zylinders bestimmen und im Anschluss den Zylinder gemäss ausgerechneten Daten (Druckversorgung / Kolbendurchmesser / Drosselung) auslegen.</p> <p>Mit einem kleineren kann an Gewicht und Kosten gespart werden. Als Ansteuerung reicht ein federrückgestelltes Magnetventil.</p>	
Ziel erreicht:		

Anhang:

- Diverses Filmmaterial auf der Dropbox
- Prototyp im Gruppenkasten

VSK Gruppe 4

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts**HOCHSCHULE
LUZERN**

Technik & Architektur

Meilenstein 1 / Meilensteinbesprechung vom 14.10.2014

Anwesende: Markus Thalmann Yves Studer Thomas Wiss Nikolaus Manser Matteo Trachsel Pascal Roth Güdel Manuel Abgemeldet: Livio Kunz	Protokoll: Manuel Güdel
Vorgesehene Themen/Traktanden: 1) Besprechung Testat 1 2) Morphologien	
<p><i>Wichtige Erkenntnisse und Beschlüsse:</i></p> <p>1) Besprechung Testat 1 Gemäss Herr Thalmann hat unsere Gruppe eine minimalistische Technologierecherche abgegeben. Als Konsequenz daraus wird diese ausführlich in den einzelnen Themengebieten dokumentiert. Zudem ist die Reihenfolge der Excel Liste anzupassen Freigabe von Herr Thalmann erhalten, um Teile für Testobjekte zu bestellen.</p> <p>2) Morphologien Grobkonzept ist erstellt. Formatierung und Bewertungspunkte müssen eingefügt werden. Dokumentation zu Vorgehen der Morphologie muss erstellt werden. Brainstorming zu Feinkonzept, mögliche Teilprobleme ausarbeiten sowie in Morphologie eintragen</p> <p>3) Testobjekte Wurfmechanismus mit Pneumatikzylinder wurde erfolgreich getestet. Dokumentation dazu muss geschrieben werden Wurfmechanismus mit Hubmagnet noch zu testen Wurfmechanismus mit Schwungrädern noch zu testen</p>	<p><i>Wer macht was wann?</i></p> <p><i>Alle Gruppenmitglieder bis 23.10.2014</i></p> <p><i>Güdel Manuel bis 17.10.2014</i> <i>Yves Studer bis 23.10.2014</i> <i>Alle Gruppenmitglieder bis 23.10.2014</i></p> <p><i>Güdel Manuel bis 23.10.2014</i> <i>Alle Gruppenmitglieder Ziel bis 31.10.2014</i></p>

VSK Gruppe 4

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts**HOCHSCHULE
LUZERN**

Technik & Architektur

Meilenstein 2 / Meilensteinbesprechung vom 13.11.2014

Anwesende: Markus Thalmann Yves Studer Thomas Wiss Niklaus Manser Matteo Trachsel Pascal Roth Güdel Manuel Livio Kunz	Protokoll: Niklaus Manser
Vorgesehene Themen/Traktanden: 1) Besprechung Meilenstein 2 2) Weiteres Vorgehen	
Wichtige Erkenntnisse und Beschlüsse: 1) Besprechung Meilenstein 2 Gemäss Herrn Thalmann wurden die Ziele für den Meilenstein (resp. das Testat) 2 erreicht. Neben einigen kleinen textlichen Korrekturen wurden lediglich die in der Beschreibung des Grobkonzepts verwendeten Querverweise auf Anhang und Teamcharta kritisiert. 2) Weiteres Vorgehen Bei der Besprechung des weiteren Vorgehens wurde bestimmt, dass eine erste Version der End-Dokumentation erstellt werden soll, dazu müssen aber vorgängig am 14.11.2014 die für die End-Doku benötigten Kapitel bestimmt werden.	<i>Wer macht was bis wann?</i> <i>Thomas Wiss, Korrektur der markierten Textstellen (bereits erledigt) Querverweise werden erst in der End-Doku angepasst</i> <i>Yves Studer, mit LaTeX erste Version der Doku erstellen (bis 20.11.2014)</i> <i>Alle: Besprechung Doku-Inhalte am Fr. 14.11.2014</i>