

# PREN 1, TEAM 32

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

## Anhang zur Dokumentation

Hochschule Luzern - Technik & Architektur  
PREN 1

Horw, Hochschule Luzern - T&A, 12. Dezember 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

## Anhang zur Dokumentation

Dozent: Markus Thalmann

Hochschule Luzern - Technik & Architektur  
Interdisziplinäre Projektarbeit 2014

Horw, Hochschule Luzern - T&A, 12. Dezember 2014

## Inhalt

<b>1 Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>2 Risikokatalog</b>	<b>10</b>
<b>3 Recherche-Tabelle</b>	<b>15</b>
<b>4 Kommunikation</b>	<b>17</b>
4.1 USB . . . . .	17
4.2 Wi-Fi . . . . .	17
4.3 Bluetooth . . . . .	17
<b>5 Object-Tracking – Objekt Verfolgung</b>	<b>17</b>
5.1 Google Obj-Tracking with OpenCV . . . . .	17
5.2 Accord.Net . . . . .	18
5.3 Ultrasonic / Ultraschall . . . . .	18
5.4 Infrarot . . . . .	18
5.5 Laser-Scanning . . . . .	18
<b>6 Flugobjekte</b>	<b>18</b>
6.1 Quadrocopter . . . . .	18
6.2 Zeppelin . . . . .	19
6.3 Rakete . . . . .	19
<b>7 Fahrantrieb</b>	<b>19</b>
7.1 Raupenantrieb . . . . .	19
7.2 Luftkissenfahrzeug (Hovercraft) . . . . .	19
7.3 Pneufahrzeug . . . . .	20
<b>8 Drehmechanismus</b>	<b>20</b>
8.1 Riemengetriebe . . . . .	20
8.2 Kettengetriebe . . . . .	20
8.3 Zahnradgetriebe . . . . .	20
<b>9 Wurfmechanismen</b>	<b>21</b>
9.1 Pneumatikzylinder . . . . .	21
9.2 Beschleunigungsräder . . . . .	21
9.3 Katapult . . . . .	21
9.4 Gebläsewurfmaschine . . . . .	21
9.5 Schleuderrad . . . . .	22
<b>10 Versorgung</b>	<b>22</b>
10.1 Externe Versorgung . . . . .	22
10.2 Pneumatik . . . . .	23
10.3 Hydraulik . . . . .	23
<b>11 Anforderungsliste</b>	<b>24</b>

<b>12 Analyse</b>	<b>26</b>
12.1 Beurteilung der Teilprobleme . . . . .	26
12.1.1 Startgerät – Endgerät . . . . .	27
12.1.2 Startbefehlsübermittlung . . . . .	28
12.1.3 Rechenkapazität . . . . .	28
12.1.4 Sensorik . . . . .	29
12.1.5 Versorgung Steuerung / Sensorik . . . . .	29
12.1.6 Ausgangslage der Bälle . . . . .	29
12.1.7 Weg des Balles . . . . .	30
<b>13 Grobkonzept</b>	<b>32</b>
13.1 Entscheidung . . . . .	33
<b>14 Feinkonzept</b>	<b>34</b>

## 1 Aufgabenstellung

### 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  
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 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 Teifunktionsmustern 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.

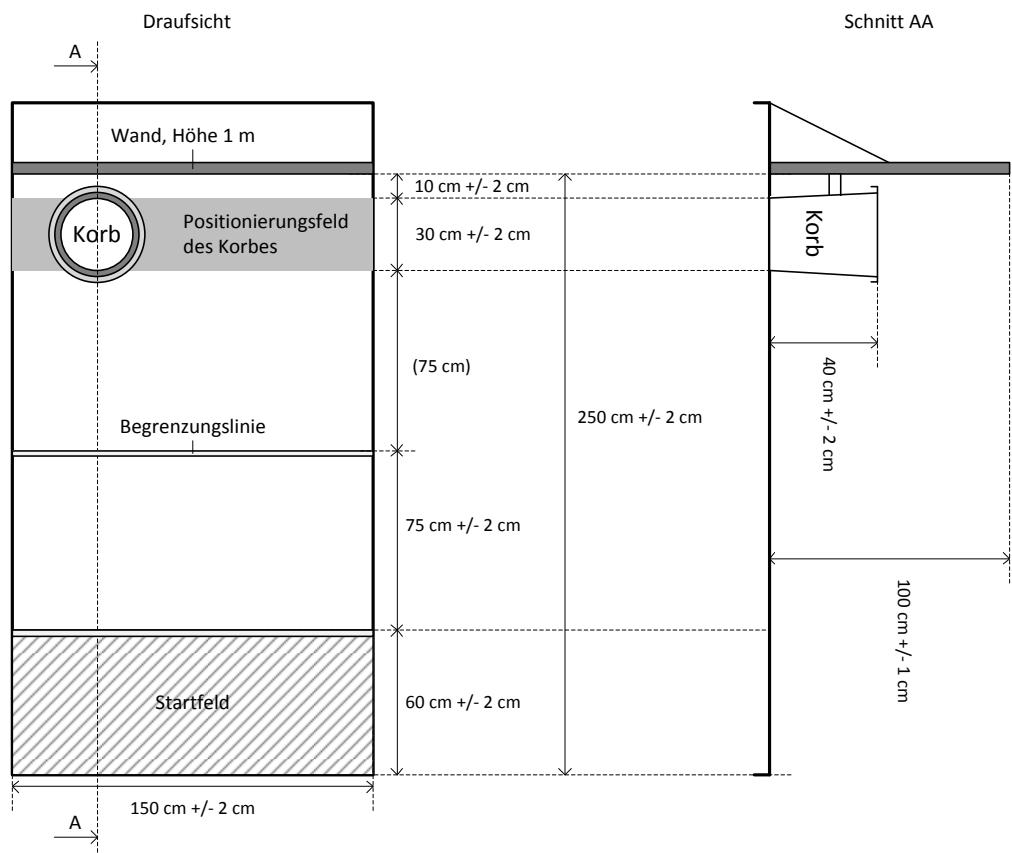


Abbildung 1: Spielfeld, Ansicht von oben und der Seite, nicht massstäblich

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

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 Federwaage 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.

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 getätigter 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.

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

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.

## 2 Risikokatalog

*Risikobewertung*

Häufig	Wahrscheinlich	Gelegentlich	Vorstellbar	Unwahrscheinlich	Unvorstellbar	Kritisch	Katastrophal
Wahrscheinlichkeit ↕							

Auswirkungsgrad →

#	Risiko	Auswirkungsgrad	Wahrscheinlichkeit	Massnahmen	Verantwortung	Termin
Team und Projekt Risiken						
	Gruppe zerstreitet sich	Kritisch	Unehwahrscheinlich	-Via Modulverantwortlicher Besprechung veranlassen. -Vorschläge, Meinungen und Bedenken der einzelnen Teammitglieder müssen ernstgenommen werden.	Team	1 x wöchentlich
	Mangelndes Projektmanagement	Kritisch	Vorstellbar	-Betreuer Dozent einbeziehen - Die Planung muss stetig aktualisiert und angepasst werden. Mit Hilfe des SOLL - IST Vergleich wird in der Planung kontrolliert, was bereits gemacht wurde. Die Teammitglieder sollen den Projektleiter auf mangelnde / fehlerhafte Planung hinweisen.	Pascal	Rollend, während des ganzen Projektes
	Betreuer Dozent fällt längere Zeit aus	Unwesentlich	Unehwahrscheinlich	-Die Dozenten müssen schnellstmöglich für ein Ersatz sorgen	Dozenten	asap
	Teammitglied fällt längere Zeit aus	Geringfügig	Unehwahrscheinlich	- Das entsprechende Teammitglied muss die Gruppe frühzeitig informieren, damit die Möglichkeit besteht, schnell einen Ersatz zu finden.	Team	asap
Risiken der Rahmenbedingungen						
	Zeitdruck lässt Realisierung des ursprüngliches Konzept nicht mehr zu	Kritisch	Unehwahrscheinlich	-Auf wichtigste Elemente des Prototyps konzentrieren und eine, falls möglich, vereinfachte Version dauen	Pascal	Rollend, während des ganzen Projekts
	Spieldfeldbeleuchtung negativ für Sensoren	Kritisch	Vorstellbar	-	I/E	asap
	Anhäutung der Bälle	Geringfügig	Vorstellbar	-neue Bälle verlängern resp. in Test- und Ausführungsphase kontrollieren ob Bälle sich abröhren und gegebenenfalls ersetzen	M	Rollend, während des ganzen Projekts

	<b>Aufgabenstellung verfehlt</b>	Kritisch	Unvorstellbar	-Abschätzen wie gross der angerichtete Schaden ist. Betreuer Dozent informieren und sofort ein klärendes Gespräch verlangen.	Team	jeden Meilenstein
	Minimale Aufgabenstellung nicht eingehalten	Katastrophal	Unvorstellbar	-Ständige Kontrolle aller Mitglieder bezüglich einhalten von Anforderungen und Projektfortschritt	Team	asap
	Naturkatastrophe	Katastrophal	Unvorstellbar	Naturkatastrophen können nicht verhindert werden, falls diese aber eintreten würden, wäre das Projekt das kleinste Problem.:)	-	-
<b>Risiken des Produkts</b>						
	Wurfgenaugkeit entspricht nicht den Mindestanforderungen (innerhalb 20cm x 20cm)	Katastrophal	Wahrscheinlich	-sofort Team-Sitzung einberufen -Masnahmen und Lösungen suchen/recherchieren evtl. mit Einbezug der Dozenten	M	Mitte PREN2
	Wenn die Bälle in die Schwungräder eintreten: Das Risiko ist eine zu hohe Abbremsung der Schwungräder.	Kritisch	Wahrscheinlich	-Dimensionierung und Ansteuerung der Motoren entsprechend definieren.	M / E	Rollend, während des ganzen Projekts
	Gewicht der Gesamtkonstruktion ist nicht kleiner als 2kg.	Kritisch	Wahrscheinlich	-Konstruktion und Wahl der einzelnen Teile explizit nach geringstmöglichen Gewicht wählen (gilt während des ganzen Projekts)		Rollend, während des ganzen Projekts
	Korberkennung mit Android Device nicht möglich.	Kritisch	Wahrscheinlich	-Korberkennung frühzeitig (Mitte PREN1) als eigenständiges Modul erstellen und verifizieren -Schlechte Lichtverhältnisse respektive Schattenwurf (durch Baustrahler) miteinbeziehen	I	Ende PREN1
	Brushless-DC-Motoren Ansteuerung ist zu aufwändig (zeitkritisch) und entspricht nicht den gewünschten Kriterien.	Kritisch	Vorstellbar	-Funktionsmuster möglichst früh erstellen und testen	E	Ende PREN1
	Ballzuführung auf dem Förderband: Bälle erreichen die Schwungräder nicht.	Kritisch	Vorstellbar	- Funktionsmuster möglichst früh erstellen und testen	M	Ende PREN1

Teile haben nicht die nötige Festigkeit. (Achsenbruch oder ähnliches kann die Folge sein)	Kritisch	Gelegentlich	-Frühstmöglich kritische Stellen identifizieren und falls möglich auf Festigkeit testen -Beim Endproduktaufbau schrittweise die kritischen Stellen testen	M	Rollend, während des ganzen Projekts
Falsche Annahme der entstehenden Kräfte in der Gesamtkonstruktion.	Kritisch	Gelegentlich	-Konstruktion im CAD auf auftretende Kräfte testen -Beim Endproduktaufbau schrittweise die kritischen Stellen testen	M	Ende PREN1
Bluetooth-Verbindung vom Notebook zum Android Device kann nicht hergestellt werden. (kurz vor Vorstellung des Produkts Ende PREN2)	Kritisch	Vorstellbar	-Bluetooth-Verbindung in einem abgeschotteten Raum (beispielsweise im „Bunker“) herstellen	I	Rollend, während des ganzen Projekts
FDDI-Verbindung vom Android-Device zum Elektronikboard kann nicht erstellt werden.	Kritisch	Unwahrscheinlich	-FDDI-Verbindung frühzeitig (Mitte PREN1) als eigenständiges Modul erstellen und verifizieren	I	Rollend, während des ganzen Projekts
Kamera vom Android Device fällt aus	Geringfügig	Vorstellbar	-Neues Android Device organisieren -Umfangreiche Tests während PREN2 (Um alfällige Bugs oder Fehler in der Software zu finden)	I	Rollend, während des ganzen Projekts
Datenverlust	Kritisch	Vorstellbar	-Wöchentlich Backups von 2 Mitgliedern -in Cloud und auf Festplatte	Team	Rollend, während des ganzen Projekts
Teile nicht rechtzeitig lieferbar	Kritisch	Vorstellbar	-direkt im Fachhandel einkaufen -frühzeitig (wenn möglich in Testphase PREN1) bestellen	M/E	Rollend, während des ganzen Projekts
Werkstatt (E und M) besetzt	Kritisch	Unwahrscheinlich	-Externe Werkstatt aufsuchen -Teile extern fertigen lassen	M / E	Rollend, während des ganzen Projekts
Teile während Testen defekt	Kritisch	Unwahrscheinlich	-wichtigste oder anfällige Teile doppelt oder dreifach herstellen/bestellen	M/E	Testphase PREN1 und PREN2

Beschädigung durch Sturz vom Tisch	Kritisch	Vorstellbar	-Teile und Funktionsmuster sichern (z. B. im Schraubstock einspannen) -Chassis so auslegen, dass es einen Sturz überstehen würde -Eventuell Matten oder Jacken als Unterlagen am Boden deponieren.	Team	Rollend, während PREN2
Transportsschäden	Geringfügig	Vorstellbar	-Produkt verpacken und schützen bei Transport (Kartonkiste mit Schaumstoff,...) -Fragile Teile demontieren und einzeln geschützt transportieren (Schaumstoff,...)	Team	Rollend, während PREN2
Verlust/Diebstahl von Produkt	Katastrophal	Unvorstellbar	-Produkt immer einschliessen resp. ein Mitglied nimmt es mit nach Hause. -Falls eintritt, Dozent informieren und nach Alternativen suchen	Team	Rollend, während des ganzen Projekts
Budget (600.- Fr) nicht eingehalten	Geringfügig	Unwahrscheinlich	-Frühzeitig Bestellliste/Budgetplanung realisieren -Vor Bestellung im Plenum kurz ansprechen und so gewissermaßen das Einverständnis des Teams einholen	Kassier	Rollend, während des ganzen Projekts

### 3 Recherche-Tabelle

Themengebiet	Stichwort	Ergebnigkeit (1-10)	Trifft auf's (1-10)	Thema zu Summe	Quelle	Beschreibung
<b>Kommunikation</b>						
	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 <a href="http://alt.flieguraz.at/V/Skippen/busystems.pdf">http://alt.flieguraz.at/V/Skippen/busystems.pdf</a>	Beschreibung von div. Bussystemen mit Vor- & Nachteile
	Busystem allgemein	7	7	14	<a href="http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Bluetooth">http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Bluetooth</a>	Grundlage der Bussysteme, Beschreibung der grundlegenden Hardware
	Bluetooth	4	5	9		Technische Spezifikation, Klassen und Bandbreiten der verschiedenen Versionen, Reichweite
	Wi-Fi	3	5	8	<a href="http://www.microchip.com/pagehandler/en-us/technology/wifi/products/home.html">http://www.microchip.com/pagehandler/en-us/technology/wifi/products/home.html</a>	Mögliche Module, Datenblätter und Hintergrund-Infos
<b>Objekterkennung</b>						
	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 gäbe. Grundsätzlich muss sicherlich die optische Erkennung mittels einer Kamera in Erwägung gezogen werden. Wobei hier zu beachten ist, dass Objekte ebenfalls sowohl farblich, als auch aufgrund spezifischer Konturen unterschieden werden können. Weiter gibt es die Möglichkeit, durch Laserscanning 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	<a href="https://code.google.com/p/android-object-detection/">https://code.google.com/p/android-object-detection/</a>	Google Doc for tracking objects with android phone
	OpenCV	8	7	15	<a href="https://code.google.com/p/android-opencv-object-tracking/">https://code.google.com/p/android-opencv-object-tracking/</a>	Objektverfolgung eines Ping-Pong Balls
	Accord .Net	8	7	15	<a href="http://accord-framework.net">http://accord-framework.net</a>	Objekterkennung mithilfe der Net Technologie
	Ultrasonic	7	6	13	<a href="http://cdn.intechopen.com/pdf-wm/37176.pdf">http://cdn.intechopen.com/pdf-wm/37176.pdf</a>	Objekterkennung mithilfe von Sensor-Arys
	Infrarot	5	6	11	<a href="http://www.engineering.com/Ask@dec/d77/aid12730.aspx">http://www.engineering.com/Ask@dec/d77/aid12730.aspx</a>	Objekterkennung mithilfe von Infrarot-Sensoren
	Laser-Scanning	4	3	7	<a href="http://www.scatterobatics.org/encoder/2011/0/vision.htm">http://www.scatterobatics.org/encoder/2011/0/vision.htm</a>	Distanz von Objekten erkennen
<b>Flugobjekte</b>						
	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	<a href="https://mfirfdrone.com/">https://mfirfdrone.com/</a>	Quadrocopter Bauanleitung
	Zeppelin	3	5	8	<a href="http://www.ric-zeppelein.com/37200%203_5m%20Zeppelein%20C2B3Imp.html">http://www.ric-zeppelein.com/37200%203_5m%20Zeppelein%20C2B3Imp.html</a>	Verschiedene Zeppelin-Modelle
	Rakete	6	3	9	<a href="http://www.modell-raketen.ch/luft-raketen/index.php">http://www.modell-raketen.ch/luft-raketen/index.php</a>	Bauanleitung für diverse Raketen
<b>Fahrantrieb</b>						
	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 Lauftrossenfahrzeug schwabt dank eines Überdruckes unter dem Fahrzeug wenige Zentimeter über dem Boden. Gelenkt wird mittels eines Propellers auf dem Fahrzeug, dessen Lauftrossen gelenkt wird. Zuletzt ein Konventioneller Antrieb via Reifen. Hier gibt es unzählige Ausführungs möglichkeiten von Antrieb und Lenkung.					
	Raupenantrieb	7	8	15	<a href="http://dnrbinfo/1057913847/34">http://dnrbinfo/1057913847/34</a>	Antrieb über Kettenlaufwerk.
	Luftkissenfahrzeug	6	4	10	<a href="http://www.hoverflybot.de/_07_technik/technik_d.htm">http://www.hoverflybot.de/_07_technik/technik_d.htm</a>	Schweben durch Überdruck unter Fahrzeug, Lenken des Luftstrom Lenken durch Luftstrom.
	Schraubenantrieb	3	2	5	<a href="http://www.unusualmotion.com/pages/locomotion/screw-propelled-vehicles.html">http://www.unusualmotion.com/pages/locomotion/screw-propelled-vehicles.html</a>	Vortrieb über zwei gegenüberliegende drehende Schrauben
	Pneufahrzeug	9	9	18		drehende Schrauben.
<b>Drehmechanismus</b>						
	Zur Ausrichtung des Werfers auf den Korb braucht es, je nach gewähltem Konzept, eine Drehe mechanik. 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.					
	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 978-3-638-02326-3	Antriebsrad über Kette mit Abtriebsrad verbunden.
	Zahnradgetriebe	9	8	17	RollOff/Matek Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung, Springer 2013, ISBN 978-3-638-02326-3	Formschlüssige Kraftübertragung über Stirnradgetriebe.
<b>Wurfmechanismus</b>						
	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.					
	Beschleunigungsthalter	8	9	17	<a href="http://www.youtube.com/watch?v=zQkx7F1dG8s">http://www.youtube.com/watch?v=zQkx7F1dG8s</a>	Video zu Prototypenheit
	Katapult	6	4	10	<a href="http://www.bauteileleitung.org/diverses/katapult-bauanleitung/">http://www.bauteileleitung.org/diverses/katapult-bauanleitung/</a>	Video zu Katapult
	Gebälksbewurfmashine	4	1	5	<a href="http://www.youtube.com/watch?v=yI_hdBXVYK">http://www.youtube.com/watch?v=yI_hdBXVYK</a>	Video zu Gebälksbewurfmashine
	Drucklufttoss	5	4	9	<a href="http://tennisballdevices.com/file/prince-ball-machine/">http://tennisballdevices.com/file/prince-ball-machine/</a>	Prince Ballmachine

Versorgungskonzept		Wurmtriebe, Wurfmühle, Tribotribo		Die Versorgung kann entweder mit Akkumulatoren, externen Netzteilen, Pneumatik, Hydraulik oder gewährleistet werden. Die Versorgung mit elektrischer Energie mittels externer Netzteilen wurde nur nach handelsüblichen Netzeilen in einem Internet-Shop gesucht.		Die Versorgung wechselt man auf die Zylinder und Filterung der Druckdurchflut. Bei der Versorgung mit Akkumulatoren, wurden nach Typen und möglichen Problemen gesucht.		Übersicht Akkumulatoren, Links zu verschiedenen Akku-Typen 1.	
Abwurfeinheit	3	6	9	<a href="http://www.ficommunity.de/data/downloads/wellbepf/wurfmuehle.jpg">http://www.ficommunity.de/data/downloads/wellbepf/wurfmuehle.jpg</a>				Drehbewegungsmechanismus	
Wurfmühle	8	6	14	<a href="http://www.dolyourengageds.com/2011/07/bal-throwing-machine.html">http://www.dolyourengageds.com/2011/07/bal-throwing-machine.html</a>				Bauanleitung	
Tribotribo	4	3	7	<a href="http://www.wmstis.ch/">http://www.wmstis.ch/</a>				AkkU-Typen, Ladevergang, Schnellladeung	
								Blei-AkkU (Pb), Verwendung für Vor- und Nachteile	
								Lithium-AkkU, Verwendung für Vor- und Nachteile	
								NiMH-AkkU, Verwendung für Vor- und Nachteile	
								Pneumatikkünder, Zuverlässigkeit	
								Martensitmetall (enthalt Filter und Ventil), Drehkultraufbereitung	
								Hydraulikkünder-Shop, langsamlaufender Motor	
								Netzteil-Shop, Verfügbarkeit Typen	

## 4 Kommunikation

In diesem Abschnitt werden zwei Problembereiche behandelt. Da ein PC oder ein Prozessor keine Peripherie (Motoren, Wurfmechanismus etc.) ansteuern kann, wird eine bestimmte Hardware benötigt. Zwischen der Rechnerhardware und der Ansteuerhardware bedarf es einer Kommunikationsschnittstelle. Dafür bieten sich folgende Bussysteme an, mit den jeweiligen Vor- und Nachteile. Des weiteren muss für die kabellose Übermittlung des Startsignals eine geeignete Lösung gefunden werden.

### 4.1 USB

Der Universal Serial Bus ist eine gängige kabelgebundene serielle Schnittstelle, mit der Daten von einem Host an ein oder mehrere Slaves<sup>1</sup> 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.

### 4.2 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.

### 4.3 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.

## 5 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 wichtige Rolle, wie auch der Aufwand und die Kosten für die Umsetzung.

### 5.1 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.

---

<sup>1</sup>Peripherie-Geräte

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.

## 5.2 Accord.Net

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

## 5.3 Ultrasonic / Ultraschall

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

## 5.4 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.

## 5.5 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.

# 6 Flugobjekte

Durch die gestellten Anforderungen bietet es sich an, die Problemstellung mit einem Flugobjekt zu lösen. Es bestehen diverse Möglichkeiten, das Problem zu lösen. 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.

## 6.1 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 Flugbahn zu erreichen, braucht es eine aufwendige Softwarelösung. Der Quadcopter und die Steuerung sind sehr kostenintensiv.

## 6.2 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.

## 6.3 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.

# 7 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 Wurfes 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.

## 7.1 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.

## 7.2 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 Luftvolumen 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.

### 7.3 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 Wurfs 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.

## 8 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 Produkteanforderungen auch die Geschwindigkeit der jeweiligen Verschiebung eine Rolle. Die gewählte Art der Kraftübertragung muss demnach geringe Trägheit aufweisen und kleine, aber schnelle Bewegungen ermöglichen.

### 8.1 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.

### 8.2 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.

### 8.3 Zahnradgetriebe

Diese Getriebe zeichnen sich durch kompakte Bauweise und hohen Wirkungsgrad aus. Auch hier herrscht ein Formschluss, eine starre Verbindung ohne Schlupf. Zahnradgetriebe

be 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.

## 9 Wurfmechanismen

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

### 9.1 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.

### 9.2 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.

### 9.3 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.

### 9.4 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.

## 9.5 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.

# 10 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, kann jedoch durch sein Gewicht für zusätzliche Stabilität sorgen. 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.

	<b>Vorteil</b>	<b>Nachteil</b>
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

## 10.1 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 Steckdoe zum Spielfeld wird gewährleistet sein. Als einziger Nachteil gilt somit, dass ein Netzteil

	<b>Energiedichte (<math>\frac{Wh}{kg}</math>)</b>	<b>Wirkungsgrad</b>	<b>Memory-Effekt</b>
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

nicht als Ballast gewertet wird und somit nachteilig für die Bewertung wäre im Vergleich mit einem Akku.

## 10.2 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.

## 10.3 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.

## 11 Anforderungsliste

Nr.		Bezeichnung	Werte	Verantw.
<b>Gerät</b>				
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
<b>Randbedingungen</b>				
<b>Kosten</b>				
14	F	Finanzialer Aufwand	max. 600 CHF	E / I / M
<b>Tennisball</b>				
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
<b>Spielfeld</b>				
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
<b>Zeitverhältnisse</b>				
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
		<b>Umgebungsbedingungen</b>		
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	25

## 12 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.

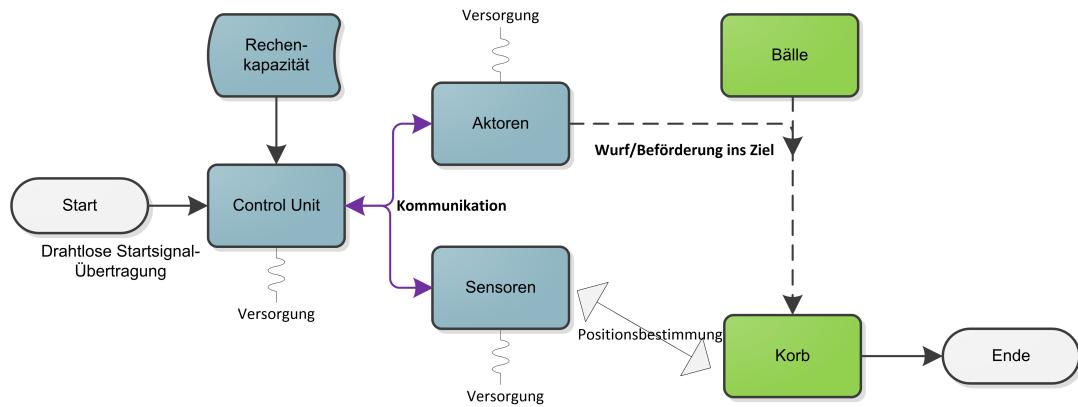


Abb. 1: Funktionsskizze zur Aufgabenstellung

Aus der Abbildung 1 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.

### 12.1 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 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.

### **12.1.1 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.

### 12.1.2 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.

### 12.1.3 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.

### 12.1.4 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.

### 12.1.5 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.

### 12.1.6 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).

### 12.1.7 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.

## 13 Grobkonzept

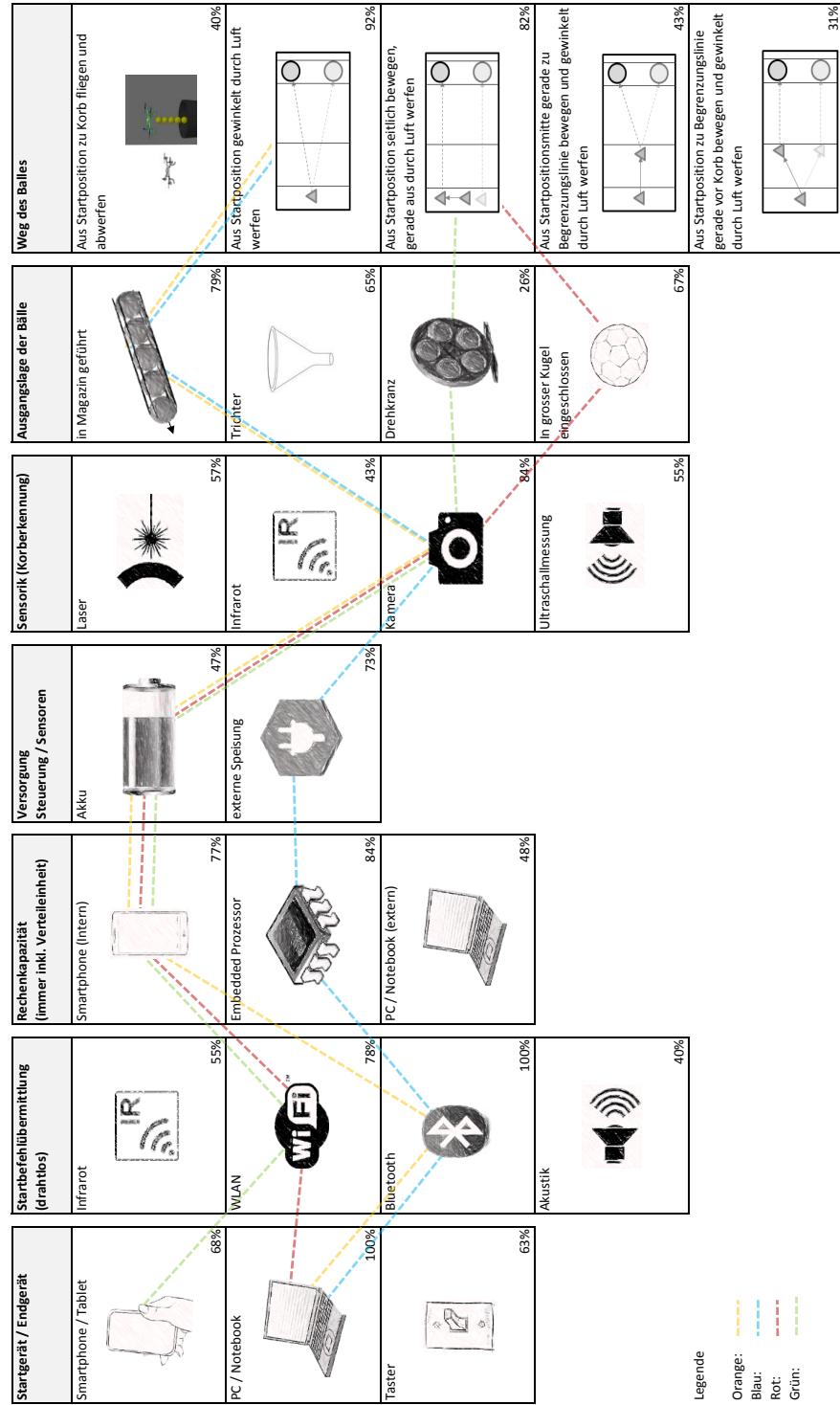


Abb. 2: Grobkonzept

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

Es wurden vier Varianten (orange, grün, rot, blau), wie in Abbildung 2 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.

### 13.1 Entscheidung

Die orange Variante bietet als gesamtes Konzept die erfolgversprechendste und effizienteste Lösung, bezüglich der vordefinierten Ziele der Team-Charta. 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.

## 14 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 3 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 Ständerdrehung	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 Zeitzuhr	akustisch mittels Piepton		

Abb. 3: Feinkonzept

Die grün eingefärbten Lösungsvarianten in Abbildung 3 stellen unsere Entscheidung im jeweiligen Subteilproblem dar. Nachfolgend ist eine Erklärung zur Lösungsfindung zu je-

dem 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 Standdrehung**

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: Rohde & Schwarz NGSM 32/10 Inv. Nr. 009 Räder: Noppenräder soft	<b>Netzteil/Motoren:</b> 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 <b>Räder:</b> 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. <b>Zu verbessern:</b> -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 <sup>-1</sup>
Zuverlässigkeit: -Wurfgenaugkeit -Distanz	Drehzahl der Schwungräder bei Nennwurfweite 1.75 m  Optimaler Wurfwinkel	Ca. 2300 min <sup>-1</sup>  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><b>Pneumatikzylinder:</b> Die Tests wurden bei einem Versorgungsdruck von 4.5bar durchgeführt. Die Wurfweite betrug ungefähr 2m und konnte mittels Versorgungsdruck genau eingestellt werden.</p> <p><b>Führung:</b> Diese Führung kann ideal verwendet werden, da Sie nur aus zwei Rohren bestehen und somit sehr leicht sind.</p>
Zuverlässigkeit:	<p>Abschussvorrichtung eingespannt. Ziel am Boden mit Klebeband ausgerichtet.</p>	Die Wiederholgenauigkeit des Wurfs lag innerhalb 10cm x 10cm
Fazit/ Verbesserungsvorschlag:	<p>Ein Pneumatikzylinder arbeitet sehr zielgenau und schnell.</p> <p><b>Zu verbessern:</b> 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

## Testbericht

Typ: Lagerung, Bohrung in Acrylglass

Datum: 21.11.2014

Ort: Labor

Tester: Matteo, Pascal

Ziel des Testes:	Lassen sich Wälzläger in Acrylglass (PMMA) einpressen und sind diese dann auch belastbar? Verhalten, Möglichkeiten von Bohrungen in 5mm Acrylglass.	
	Was wurde getestet?	Resultat
Aufbau:	Bohrung für Wälzläger auf Fräsmaschine. Wälzläger trocken eingepresst.	Lager lässt sich gut einpressen, allerdings Spannungsrisse im Acrylglass nach gewisser Zeit.
	Welle in Lager eingepresst, Verhalten auf Axial- und Radialbelastung.	Lager hält auch starken Belastungen stand.
	Bohrung mit Bohrer 2.5mm und 3mm in Acrylglassplatte.	Bohrung 3mm funktioniert nicht (bricht durch) 2.5 mm möglich, allerdings heikel je länger die Bohrung ist.
Fazit/ Verbesserungsvorschlag:	<p>Beim ersten Versuch sind Spannungsrisse aufgetreten(Foto Pfeil). Um dem entgegenzuwirken, wurde in einem zweiten Versuch die 16mm Bohrung mit Schleifpapier gering vergrössert damit sich das Lager leichter einsetzen lässt. Die Kräfte die durch das Lager aufgenommen werden können sind nun zwar geringer, allerdings für den geplanten Gebrauch immer noch genügend. Auch treten keine Spannungsrisse mehr auf.</p> <p>Die Bohrung sollte mit einem sehr scharfen Bohrer mit stumpfem Winkel gemacht werden. Weiter sollte sie gekühlt werden, um ein Durchschmelzen durch die sehr dünne noch verbleibende Restwandstärke zu verhindern.</p>	
Ziel erreicht:		

### Anhang:

Bilder auf Dropbox

Lucerne University of  
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE  
LUZERN**

Technik & Architektur

**Meilenstein 1 / Meilensteinbesprechung vom 14.10.2014**

Anwesende: Yves Studer Thomas Wiss Nikolaus Manser Matteo Trachsel Pascal Roth Güdel Manuel	Protokoll: Manuel Güdel
Abgemeldet: Livio Kunz	
Vorgesessene Themen/Traktanden: 1) Besprechung Meilenstein 2 2) Weiteres Vorgehen	
<i>Wichtige Erkenntnisse und Beschlüsse:</i>  <b>1) Besprechung Meilenstein 2</b> 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.	<i>Wer macht was bis wann?</i>  <i>Alle Gruppenmitglieder bis 23.10.2014</i>  <b>2) Morphologien</b> 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
<b>3) Testobjekte</b> Wurfmechanismus mit Pneumatikzylinder wurde erfolgreich getestet. Dokumentation dazu muss geschrieben werden Wurfmechanismus mit Hubmagnet noch zu testen Wurfmechanismus mit Schwungrädern noch zu testen	<i>Güdel Manuel bis 17.10.2014</i>  <i>Yves Studer bis 23.10.2014</i>  <i>Alle Gruppenmitglieder bis 23.10.2014</i>  <i>Güdel Manuel bis 23.10.2014</i>  <i>Alle Gruppenmitglieder Ziel bis 31.10.2014</i>

Lucerne University of  
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE  
LUZERN**

Technik & Architektur

**Meilenstein 2 / Meilensteinbesprechung vom 13.11.2014**

Anwesende: 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:	<i>Wer macht was bis wann?</i>
<p><b>1) Besprechung Meilenstein 2</b>            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.</p> <p><b>2) Weiteres Vorgehen</b>            Bei der Besprechung des weiteren Vorgehens wurde bestimmt, das 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.            Beginn Funktionsmusterkonstruktion im CAD.            Eventuelle Zusammenarbeit mit anderen ET-Studierenden für Motorensteuerung abklären.</p> <p><b>3) Testobjekte</b>            Optimieren von Schwungradprototyp (Verbesserung Achsenrundlauf), Durchführung von Drehzahlmessungen.            Bau eines Förderbandprototyp zur gleichmässigen Ballzuführung.</p>	<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> <i>Manuel Güdel</i> <i>Yves Studer</i>  <i>Pascal Roth</i> <i>Pascal Roth</i>

## Abbildungsverzeichnis

1	Funktionsskizze zur Aufgabenstellung . . . . .	26
2	Grobkonzept . . . . .	32
3	Feinkonzept . . . . .	34