

PREN 1, TEAM 32

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

Morphologischer Kasten

Hochschule Luzern - Technik & Architektur
PREN 1

Horw, Hochschule Luzern - T&A, 13. November 2014

PREN 1, TEAM 32

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

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

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

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

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

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

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

Morphologischer Kasten

Dozent: Markus Thalmann

Hochschule Luzern - Technik & Architektur
Interdisziplinäre Projektarbeit 2014

Horw, Hochschule Luzern - T&A, 13. November 2014

Inhalt

1	Analyse	2
1.1	Beurteilung der Teilprobleme	2
1.1.1	Startgerät – Endgerät	3
1.1.2	Startbefehlsübermittlung	4
1.1.3	Rechenkapazität	4
1.1.4	Sensorik	5
1.1.5	Versorgung Steuerung / Sensorik	5
1.1.6	Ausgangslage der Bälle	5
1.1.7	Weg des Balles	6
2	Grobkonzept	8
2.1	Entscheidung	9
3	Feinkonzept	10
A	Anhang	I
A.1	Beurteilung der Teilprobleme	II
A.1.1	Startgerät-Endgerät	II
A.1.2	Startbefehlübermittlung	III
A.1.3	Rechenkapazität	IV
A.1.4	Sensorik	V
A.1.5	Versorgung und Steuerung	VI
A.1.6	Ausgangslage der Bälle	VII
A.1.7	Weg des Balles	VIII
A.1.8	Bewertung Grobkonzepte	IX

1 Analyse

Als Gesamtübersicht und als Eruiierungshilfe 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.

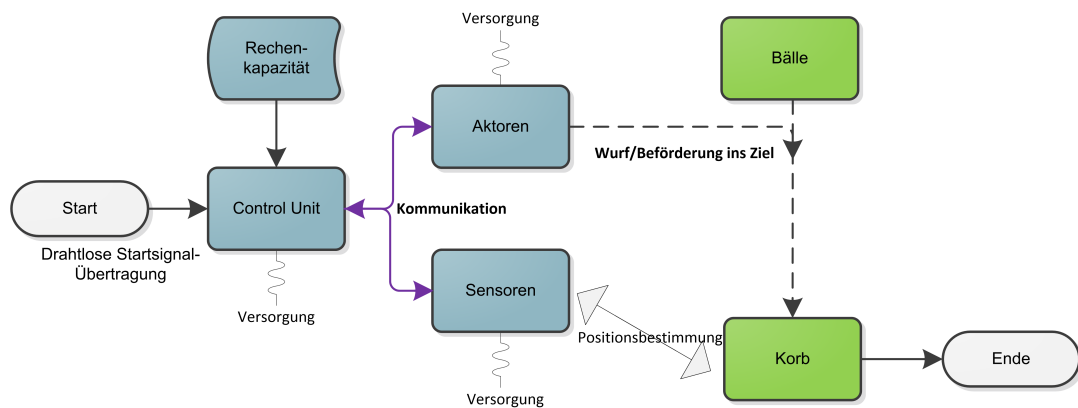


Abb. 1: Funktionsskizze zur Aufgabenstellung

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.

1.1 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 A.1 zusätzlich zum jeweiligen beschreibenden Text hinzuzuziehen.

1.1.1 Startgerät – Endgerät

Ist zusammen mit Anhang A.1.1 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.

1.1.2 Startbefehlsübermittlung

Ist zusammen mit Anhang A.1.2 zu betrachten.

- **Zuverlässigkeit**
Bluetooth (und WLAN) basieren auf wohlbekannten, gut dokumentierten, standardisierten Technologien. Akustische Signale, sowie Infrarot sind hingegen eher störanfällig.
- **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.

1.1.3 Rechenkapazität

Ist zusammen mit Anhang A.1.3 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.

1.1.4 Sensorik

Ist zusammen mit Anhang A.1.4 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.

1.1.5 Versorgung Steuerung / Sensorik

Ist zusammen mit Anhang A.1.5 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.

1.1.6 Ausgangslage der Bälle

Ist zusammen mit Anhang A.1.6 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 eine wohlgeformte geometrische Figur verwendet wird (bspw. Kugel).

1.1.7 Weg des Balles

Ist zusammen mit Anhang A.1.7 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 Startposition mitte 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, äussere Störeinflüsse schwer voraussagen.
- **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 teurer 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.

2 Grobkonzept

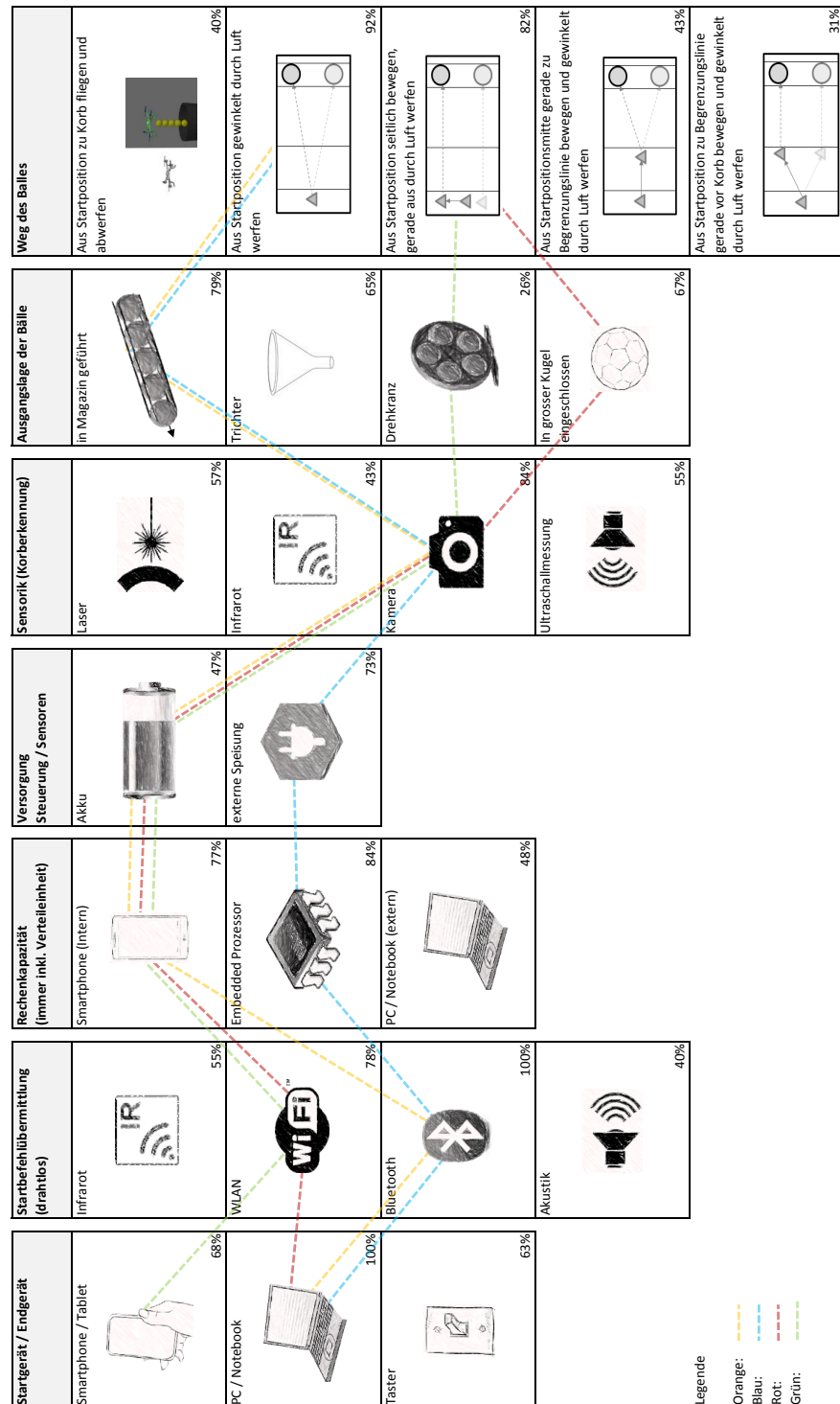


Abb. 2: Grobkonzept

Die detaillierte Bewertung aller Varianten sind dem Anhang A.1.8 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 Drehkranzes 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.

2.1 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.

Dieses Kapitel ist noch nicht offiziell Bestandteil des Testat 2.

3 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 Standdrehung	DC-Motor mit Bürste	DC-Motor Bürstenlos	Schrittmotor	Pneumatische Wendeinheit		
Getriebemöglichkeiten	Schneckengetriebe	Stirradgetriebe	Zahnriemengetriebe	Keilriemengetriebe	direkt	
Wurfmechanismus	Pneumatikzylinder	zwei Schwungräder	ein Schwungrad	Hubmagnet	Hydraulikzylinder	
Ballführung	Rohr	auf zwei Stangen geführt	V-Blech	keine	Halbrohr	
Magazinwinkel	vertikal	45° angeordnet	variabel einstellbar			
Magazinkonstruktion	Spiralförmig	Gerade	Bogenförmig			
Standfestigkeit zu Boden	Saugnapfe	Antirutschmatte				
Ballvereinzeln	keine (fortlaufend Ausgabe)	Hubmagnet	Pneumatikzylinder	Widerstandsschaukel		
Flugbahn	horizontaler Wurf	Bogen flach	Bogen hoch			
Endsignalausgabe	optisch mittels Zeithur	akustisch mittels Piepston				

Abb. 3: Feinkonzept

Die grün eingefärbten Lösungsvarianten in Abbildung 3 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 nur 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 Laufwiderstand 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.

Ballvereinzelnung

Falls es die Umstände zulassen, wird auf eine Ballvereinzelnung 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).

Abbildungsverzeichnis

1	Funktionsskizze zur Aufgabenstellung	2
2	Grobkonzept	8
3	Feinkonzept	10

A Anhang

A.1 Beurteilung der Teilprobleme

A.1.1 Startgerät-Endgerät

	Smartphone	PC / Notebook	Taster
Vorteile:	<ul style="list-style-type: none"> - kompakte Bauweise - Signalübertragungssysteme integriert - Rechenpower - Mikrofon / Audio integriert 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr hohe Rechenleistung - kompatibles Betriebssystem - Signalübertragung integriert - Mikrofon / Audio integriert - Betriebssystem unabhängig 	<ul style="list-style-type: none"> - einfacher Aufbau - simple Übertragung
Nachteile:	- Einschränkungen Betriebssystem (Reiko)	- komplexe Kommunikation unter diversen Betriebssystemen	<ul style="list-style-type: none"> - nur eingeschränkte Signalübertragung vorhanden - kein Betriebssystem

Bewertungskriterien:	Faktor F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F
Zuverlässigkeit	5	3	15	5	25	3	15
Kosten	2	5	10	5	10	1	2
Kompatibilität	4	3	12	5	20	5	20
Aufwand	1	4	4	5	5	1	1
			41 (68%)		60 (100%)		38 (63%)

Die Prozentzahl gibt an, wie gut die Lösung die Höchstanforderungen erfüllen
 Legende: 1 (schlechteste Variante) bis 5 (beste Variante)

A.1.2 Startbefehlsübermittlung

	Infrarot	WLAN	Bluetooth	Akustisches Signal
Vorteile:	- IrDA Standard	- Hohe Datenrate - Hohe Reichweite - Norm (IEEE 802.11)	- kompaktes, leichtes Modul - Norm (IEEE 802.15)	- Innovativ
Nachteile:	- abhängig von Lichteinflüssen - kurze Reichweite	- Routing benötigt - Störanfällig (Bluetooth/WLAN-Frequenzband)	- Störanfällig (Bluetooth/WLAN-Frequenzband)	- Störanfällig auf Nebengeräusche

Bewertungskriterien:	Faktor F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F
Zuverlässigkeit	5	2	10	4	20	5	25	1	5
Kosten	2	5	10	3	6	5	10	5	10
Aufwand	1	2	2	5	5	5	5	1	1
			22 (55%)				31 (78%)		40 (100%)
									16 (40%)

Die Prozentzahl gibt an, wie gut die Lösung die Höchstanforderungen erfüllen
 Legende: 1 (schlechteste Variante) bis 5 (beste Variante)

A.1.3 Rechenkapazität

	Smartphone (intern)	Embedded Prozessor	PC / Notebook (extern)
Vorteile:	<ul style="list-style-type: none"> - Kommunikation vereinfacht (weniger Störfaktoren) - Gerät Autonom - Funktionen von Smartphone können genutzt werden (Kamera, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Autonomie gewährleistet - Direkt ansteuerbar - Kommunikationsabbruch praktisch unmöglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Rechenleistung - Externe Stromversorgung
Nachteile:	<ul style="list-style-type: none"> - Stromversorgung gewährleisten (Akku) - plattformabhängig (Android, IOS etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Programmieraufwand aufgrund Sprache höher - Rechenleistung 	<ul style="list-style-type: none"> - Kommunikation - Verbindungsabbruch möglich

Bewertungskriterien:	Faktor F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F
Geschwindigkeit	5	5	25	5	25	1	5
Gewicht	4	4	16	5	20	1	4
Zuverlässigkeit	3	1	3	5	15	4	12
Kosten	2	5	10	1	2	5	10
Aufwand	1	4	4	1	1	5	5
			58 (77%)		63 (84%)		36 (48%)

Die Prozentzahl gibt an, wie gut die Lösung die Höchstanforderungen erfüllen
 Legende: 1 (schlechteste Variante) bis 5 (beste Variante)

A.1.1.4 Sensorik

	Laservermessung	Infrarotmessung	Kamera	Ultraschallmessung
Vorteile:	- sehr genaue Distanzermittlung - unabhängig von Umgebungsbedingungen	- unterschiedliche Oberflächen erkennbar	- schon oft verwendet, viele Informationen abrufbar - fertige Frameworks zur Kommunikation mit der Kamera und Erkennung der Objekte - kostengünstig	- unabhängig von Umgebungseffekten - kostengünstig
Nachteile:	- Kosten - Viele einzelne Messungen nötig um die Position des Korbes bestimmen zu können (hoher mechanischer Zeitbedarf um den ganzen Bereich abzutasten)	- sehr abhängig von Licht- und Luftbedingungen	- abhängig von Lichtverhältnissen	- abhängig von Temperatur- und Windverhältnissen - Schallsschluckende Materialien können die Messung erschweren/verunmöglichen

Bewertungskriterien:	Faktor F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F
Geschwindigkeit	4	1	4	2	8	5	20	3	12
Genauigkeit	5	5	25	3	15	4	20	1	5
Zuverlässigkeit	5	4	20	1	5	3	15	4	20
Kosten	3	1	3	3	9	5	15	3	9
Aufwand	2	1	2	2	4	5	10	3	6
			54 (57%)		41 (43%)		80 (84%)		52 (55%)

Die Prozentzahl gibt an, wie gut die Lösung die Höchstanforderungen erfüllen
 Legende: 1 (schlechteste Variante) bis 5 (beste Variante)

A.1.5 Versorgung und Steuerung

	Akku	externe Speisung
Vorteile:	- Zusätzliches Stabilisationsgewicht für Gerät - Autonomieität	- preiswert - Stabilität
Nachteile:	- Leistung beschränkt - teuer	- Kabelzuführung nötig

Bewertungskriterien:	Faktor F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F
Zuverlässigkeit	5	1	5	5	25
Gewicht	4	5	20	1	4
Kosten	2	1	2	5	10
Aufwand	1	1	1	5	5
			28 (47%)		44 (73%)

Die Prozentzahl gibt an, wie gut die Lösung die Höchstanforderungen erfüllen
 Legende: 1 (schlechteste Variante) bis 5 (beste Variante)

A.1.6 Ausgangslage der Bälle

	in Magazin geführt	Trichter	Drehkranz	In Behälter eingeschlossen
Vorteile:	- Bälle werden immer gleich ausgegeben - kein steckenbleiben der Bälle	- kann einfach aufgefüllt werden - grosse Geschwindigkeit - mechanisch Einfachheit	- getaktete Ausgabe - einzelne Ansteuerung der Bälle	- nur ein Wurf - schnellste Variante - grosse Geschwindigkeit
Nachteile:	- kleine Geschwindigkeit - eventuell Vereinzelung nötig	- Bälle werden nicht geordnet ausgegeben - grosser Platzbedarf	- mechanisch grosser Aufwand - langsame Geschwindigkeit - komplexe Steuerung erforderlich - grosser Platzbedarf	- mechanisch grosser Aufwand - nur eine Chance - grosser Rückschlag

Bewertungskriterien:	Faktor F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F
Geschwindigkeit	4	3	12	3	12	1	4
Gewicht	3	4	12	5	15	1	3
Zuverlässigkeit	5	5	25	1	5	2	10
Kosten	3	4	12	5	15	1	3
Aufwand	2	3	6	4	8	1	2
			67 (79%)		55 (65%)		22 (26%)
							57 (67%)

Die Prozentzahl gibt an, wie gut die Lösung die Höchstanforderungen erfüllen
 Legende: 1 (schlechteste Variante) bis 5 (beste Variante)

A.1.7 Weg des Balles

Aus Startposition zu Korb fliegen und abwerfen	Aus Startposition, gewinkelt durch Luft werfen	Aus Startposition, seitlich gerade aus durch Luft werfen	Aus Startposition mitte gerade zu Begrenzungslinie bewegen und gewinkelt durch Luft werfen	Aus Startposition zu Begrenzungslinie gerade vor Korb bewegen und durch Luft werfen
- Wurf einfach - hohe Geschwindigkeit möglich	- Standgenauigkeit vorhanden	- Wurfweite immer gleich	- Wurfweite ist kurz	- Wurfweite immer gleich
Vorteile:				
- Stabilität des Flugobjektes benötigt aufwendige Regelung	- Wurfweite muss an Korbposition angepasst werden	- Zusätzliche Bewegung nötig (Ungenauigkeit)	- Wurfweite muss an Korbposition angepasst werden - Zusätzliche Ungenauigkeit durch Fahren	- langsam, durch grosse Bewegungsstrecken - Zusätzliche Ungenauigkeit durch Fahren
Nachteile:				

Bewertungskriterien:	Faktor F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F
Geschwindigkeit	4	3	12	5	20	4	16	2	8	1	4
Zuverlässigkeit	5	1	5	4	20	5	25	3	15	2	10
Genauigkeit	5	1	5	5	25	4	20	1	5	1	5
Gewicht	3	5	15	4	12	3	9	3	9	1	3
Kosten	2	1	2	5	10	4	8	2	4	3	6
Aufwand	1	1	1	5	5	4	4	2	2	3	3
			40 (40%)		92 (92%)		82 (82%)		43 (43%)		31 (31%)

Die Prozentzahl gibt an, wie gut die Lösung die Höchstanforderungen erfüllen
 Legende: 1 (schlechteste Variante) bis 5 (beste Variante)

A.1.8 Bewertung Grobkonzepte

	Vorteile:	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
		<ul style="list-style-type: none"> - Störanfälligkeit minimiert - Energieautark (läuft bei Stromausfall) - Kamera bereits in Smartphone integriert - wenige Aktoren, somit genauer und bauleichter 	<ul style="list-style-type: none"> - Störanfälligkeit minimiert - Kamera bereits in Smartphone integriert - Energieautark (läuft bei Stromausfall) 	<ul style="list-style-type: none"> - Störanfälligkeit minimiert - Zusätzlicher Code für Smartphone-App - Energieautark (läuft bei Stromausfall) - Wurfweite immer gleich 	<ul style="list-style-type: none"> - wenige Aktoren, somit genauer und bauleichter - Störanfälligkeit minimiert
	Nachteile:	<ul style="list-style-type: none"> - Versorgung mit Akku aufwendiger - Wurfweite muss Korposition angepasst sein - Treffgenauigkeit muss gewährleistet sein 	<ul style="list-style-type: none"> - Flugstabilität Kugel - grössere Dimension der Teile (grössere Wurfkraft, grösserer Rückstoss etc...) - zusätzliche Aktoren für Bewegung (Fahren) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dimension Drehkranz relativ gross (daher mehr Gewicht) - zusätzliche Aktoren für Bewegung (Fahren) 	<ul style="list-style-type: none"> - Kamera wird zusätzlich benötigt - Bei Stromausfall keine Funktionalität - Treffgenauigkeit muss gewährleistet sein - Wurfweite muss Korposition angepasst sein - Programmieraufwand hoch

Bewertungskriterien:	Faktor F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F	Pkt	Pkt x F
Zuverlässigkeit	5	4	20	1	5	4	20
Genauigkeit	5	4	20	3	15	4	20
Geschwindigkeit	4	3	12	5	20	3	12
Gewicht	3	4	12	2	6	5	15
Kosten	2	5	10	2	4	3	6
Aufwand	1	5	5	2	2	3	3
			79		52		76
							60