

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, 31. Oktober 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, 31. Oktober 2014

Version	Datum	Änderung	Verantwortlicher
v1.0	25.9.14	Dokument erstellt	Yves Studer

Inhalt

1	Analyse	2
1.1	Beurteilung der Teilprobleme	3
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
A	Beurteilung der Teilprobleme	I
A.1	Startgerät-Endgerät	I
A.2	Startbefehlübermittlung	II
A.3	Rechenkapazität	III
A.4	Sensorik	IV
A.5	Versorgung und Steuerung	V
A.6	Ausgangslage der Bälle	VI
A.7	Weg des Balles	VII

1 Analyse

Als Gesamtübersicht und als Erueierungshilfe der einzelnen Teilprobleme haben wir zu Beginn der Lösungsfindung eine Skizze entworfen. Diese beinhaltet alle nötigen Elemente des Produkts und stellt diese in Relation zueinander dar.

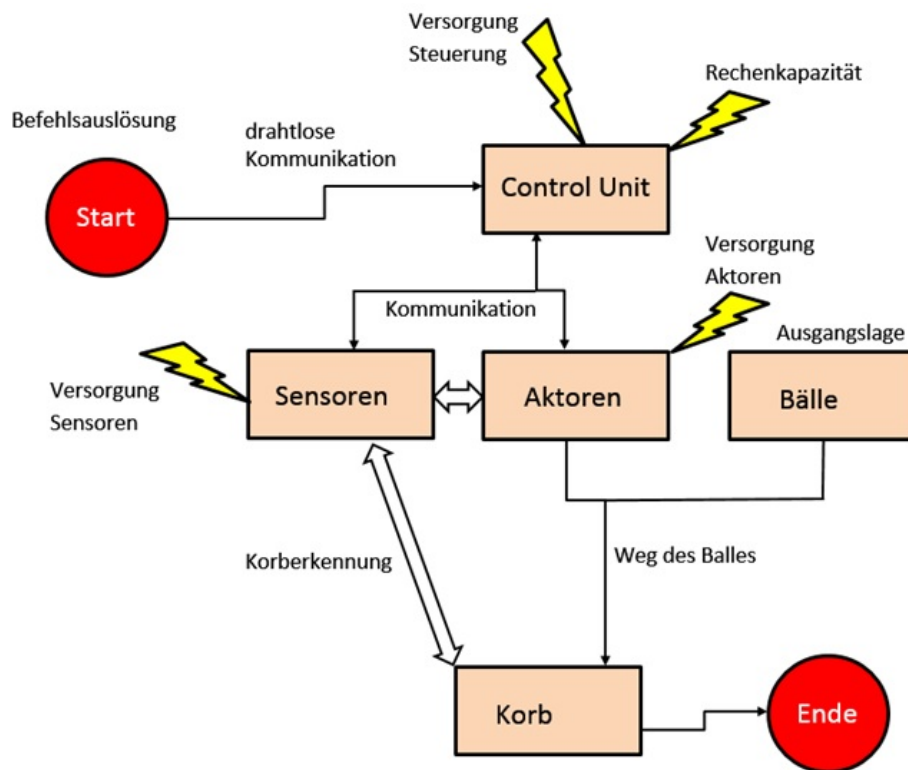


Abb. 1: Funktionsskizze zur Aufgabenstellung

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 an:

1. Treffgenauigkeit
2. Geschwindigkeit
3. Gewicht

Da diese Ziele direkt durch die Eigenschaften des Werfers definiert werden, sollen 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 auf die Zielsetzung zu legen, aber trotzdem teuren Produkten ein Nachteil einzuhandeln. 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 zusätzlich zum jeweiligen beschreibenden Text hinzuzuziehen.

1.1.1 Startgerät – Endgerät

Ist zusammen mit Anhang A.1 zu betrachten.

- Zuverlässigkeit
Ein Notebook beruht auf wohlbekannten, gut dokumentierten, erprobten Technologien (drahtlos Kommunikation, sowie dazugehöriger Software). Taster muss neu gebaut werden, kann daher fehleranfällig sein.
- Kosten
Das Smartphone/Notebook wird von einem Teammitglied zur Verfügung gestellt. Ein Taster müsste neu gebaut respektive eingekauft werden.
- Kompatibilität
Ein Smartphone besitzt nur ein Betriebssystem mit beschränkten Funktionen. Mit einem Notebook kann man viele verschiedene Software-Lösungen erstellen.

- Aufwand
Das Smartphone/Notebook wird von einem Teammitglied zur Verfügung gestellt, es entsteht vor allem softwaretechnischer Aufwand. Für einen Taster müsste ein eigenes kleines System entwickelt werden.

1.1.2 Startbefehlsübermittlung

Ist zusammen mit Anhang A.2 zu betrachten.

- Zuverlässigkeit
Bluetooth (und WLAN) basieren auf wohlbekannten, gut dokumentierten, standardisierten Technologien. Akustische Signale können einfach generiert und damit den Prozess erheblich stören.
- Kosten
Bluetooth (und WLAN) sind Teil der eingebauten Technologie in einem modernen Smartphone / Notebook. Bei Infrarot und Akustischen Signalen kostet der Empfänger.
- Aufwand
Bluetooth (und WLAN) sind Teil der eingebauten Technologie in einem modernen Smartphone / Notebook und beruhen auf wohlbekannten, gut dokumentierten, standardisierten Technologien. Das Auswerten eines Akustischen Signals ist aufwändig, fehleranfällig und benötigt zusätzliche Elektronik.

1.1.3 Rechenkapazität

Ist zusammen mit Anhang A.3 zu betrachten. Es wird davon ausgegangen, dass ein Embedded Prozessor günstiger Bauart eingesetzt würde.

- Zuverlässigkeit
Smartphone und Embedded Prozessoren sind sehr zuverlässig, da sie on-board sind. Ein Notebook als Recheneinheit ist aufgrund der vielen Datenübermittlung fehleranfällig.
- Geschwindigkeit
Embedded Prozessoren sind für genau eine spezifische Aufgabe ausgelegt und dimensioniert. Ein Notebook als Recheneinheit ist aufgrund der vielen Datenübermittlung fehleranfällig und langsam.
- Gewicht
Embedded Prozessoren sind für genau eine spezifische Aufgabe ausgelegt und dimensioniert, beinhalten nur das absolut Nötigste. Das Smartphone wird als Teil des Produktgewichts gerechnet.
- 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.

1.1.4 Sensorik

Ist zusammen mit Anhang A.4 zu betrachten.

- Geschwindigkeit
Eine Foto mit einer Smartphone Kamera ist schnell geschossen 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 laut Recherchen nicht sehr präzise.
- Zuverlässigkeit
Laservermessungen sind dank des detaillierten Abbilds sehr zuverlässig in der Korbekennung. Infrarot ist aufgrund des vielen Fremdeinflusses (bsp. Lichtstrahler an Spielfeldrand) sehr 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
Ein Smartphone mit integrierter Kamera beruht auf wohlbekannten, gut dokumentierten Technologien. Für einen Laser muss aufgrund der mechanischen Justierung zusätzlichen Aufwand betrieben werden

1.1.5 Versorgung Steuerung / Sensorik

Ist zusammen mit Anhang A.5 zu betrachten.

- Zuverlässigkeit
Ein Akku hat im Vergleich zu einem Netzteil höhere Spannungsschwankungen.
- Gewicht
(hier als 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.6 zu betrachten. Es wird angenommen, dass die Kugel (gefüllt mit Bällen) geometrisch sein muss.

- Geschwindigkeit
Alle Bälle in einer grossen Kugel 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 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.

1.1.7 Weg des Balles

Ist zusammen mit Anhang A.7 zu betrachten.

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

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

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

„Aus Startposition mitte gerade zu Begrenzungslinie bewegen und gewinkelt durch Luft werfen“ nachfolgend als (4) bezeichnet.

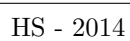
„Aus Startposition zu Begrenzungslinie gerade vor Korb bewegen und durch Luft werfen“ nachfolgend als (5) bezeichnet.

Nachfolgende Bezeichnungen (..) beziehen sich auf die Nummerierung im Anhang A

- **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 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 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.

PREN Team 32



Es wurden vier Varianten (orange, grün, rot, blau) gewählt.

- Blaue Variante
Es wurden schlicht in jedem Teilproblem diejenige Lösung ausgewählt, welche die höchste Punktezahl in den Bewertungskriterien erreichte.
- Rote Variante
Ausgangspunkt in dieser Variante ist die Auswahl, die Bälle in eine Kugel einzuschliessen. Da ein Smartphone mit integrierte 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, um den Weg kurz und einfach zu halten. Der Akku dient in dieser Variante neben der Energieversorgung auch als Ballast, um dem grossen Gewicht der Kugel entgegenzuwirken. Die Ausgabe des Startsignals mit einem Notebook und die Übertragung mit WLAN sind einfach auszuführen, beruhen auf wohlbekannten, gut dokumentierten Technologien.
- Grüne Variante
Die grüne Variante wurde um die Ausgangslage der Bälle in einem Drehkranz gewählt. Den Weg des Balles via seitliche Verschiebung wurde aufgrund der Unhandlichkeit des Drehkranzes als Favorit erkoren, um den Weg kurz und einfach zu halten. Da ein Smartphone mit integrierte Kamera verwendet wird, kann man zwei Teilprobleme mit einem Gerät lösen. Der Akku dient in dieser Variante neben der Energieversorgung auch als Ballast, um dem grossen Gewicht des Drehkranzes entgegenzuwirken. Die Ausgabe des Startsignals mit einem Smartphone und die Übertragung mit WLAN sind einfach auszuführen, beruhen auf wohlbekannten, gut dokumentierten Technologien.
- 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. Da ein Smartphone mit integrierte Kamera verwendet wird, kann man zwei Teilprobleme mit einem Gerät lösen. Der Akku dient in dieser Variante neben der Energieversorgung auch als Ballast und hat den schönen Nebeneffekt, dass das System Energieautark ist. Die Ausgabe des Startsignals mit einem Notebook und die Übertragung mit WLAN sind einfach auszuführen, beruhen auf wohlbekannten, gut dokumentierten Technologien

A Beurteilung der Teilprobleme

A.1 Startgerät-Endgerät

	in Magazin geführt	Trichter	Drehkranz
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:	<ul style="list-style-type: none"> - Einschränkungen Betriebssystem (Reiko) 	<ul style="list-style-type: none"> - 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.2 Startbefehlsübermittlung

	in Magazin geführt	Trichter	Drehkranz	In grosser Kugel eingeschlossen
Vorteile:	- LDA Standard	- Hohe Datenrate - Hohe Reichweite - Norm (IEEE 802.11)	- kompaktes, leichtes Modul - Norm (IEEE 802.15)	-
Nachteile:	- abhängig von Lichteinflüssen - kurze Reichweite	- Routing benötigt - Störanfällig (Bluetooth/WLAN-Frequenzband)	- Störanfällig (Bluetooth/WLAN-Frequenzband)	

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.3 Rechenkapazität

	in Magazin geführt	Trichter	Drehkranz
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.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.5 Versorgung und Steuerung

	Akku	externe Speisung
Vorteile:	- Zusätzliches Stabilisationsgewicht für Gerät - Autonomie	- 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.6 Ausgangslage der Bälle

	in Magazin geführt	Trichter	Drehkranz	In grosser Kugel 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.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
Vorteile:	- Wurf einfach - hohe Geschwindigkeit möglich	- Standgenauigkeit vorhanden	- Wurfweite immer gleich	- Wurfweite ist kurz	- Wurfweite immer gleich
Nachteile:	- 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

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)