

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, 1. 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, 1. November 2014

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 |
| 2.1 | Entscheidung | 9 |
| 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.

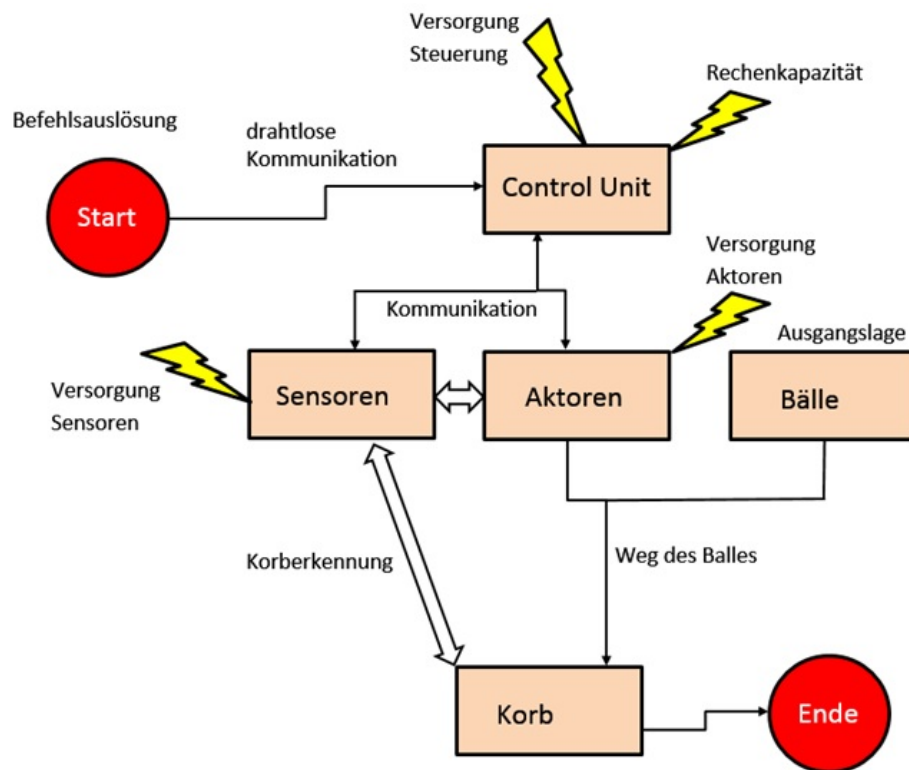


Abb. 1: Funktionsskizze zur Aufgabenstellung

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 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
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, 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
Da jedes Teammitglied sowohl ein Smartphone, als auch einen Laptop mit WLAN/-Bluetooth besitzt, wäre hier der Aufwand minimal. Das Auswerten eines Akustischen Signals ist hingegen aufwändig, fehleranfällig und benötigt zusätzliche Elektronik.

1.1.3 Rechenkapazität

Ist zusammen mit Anhang A.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.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 absannen und dabei mechanisch geschwenkt werden.
- **Genauigkeit**
Ein Laser misst viele Punkte, kann daher ein sehr detailliertes Abbild schaffen. Ultraschallmessungen 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.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.

- **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.7 zu betrachten.

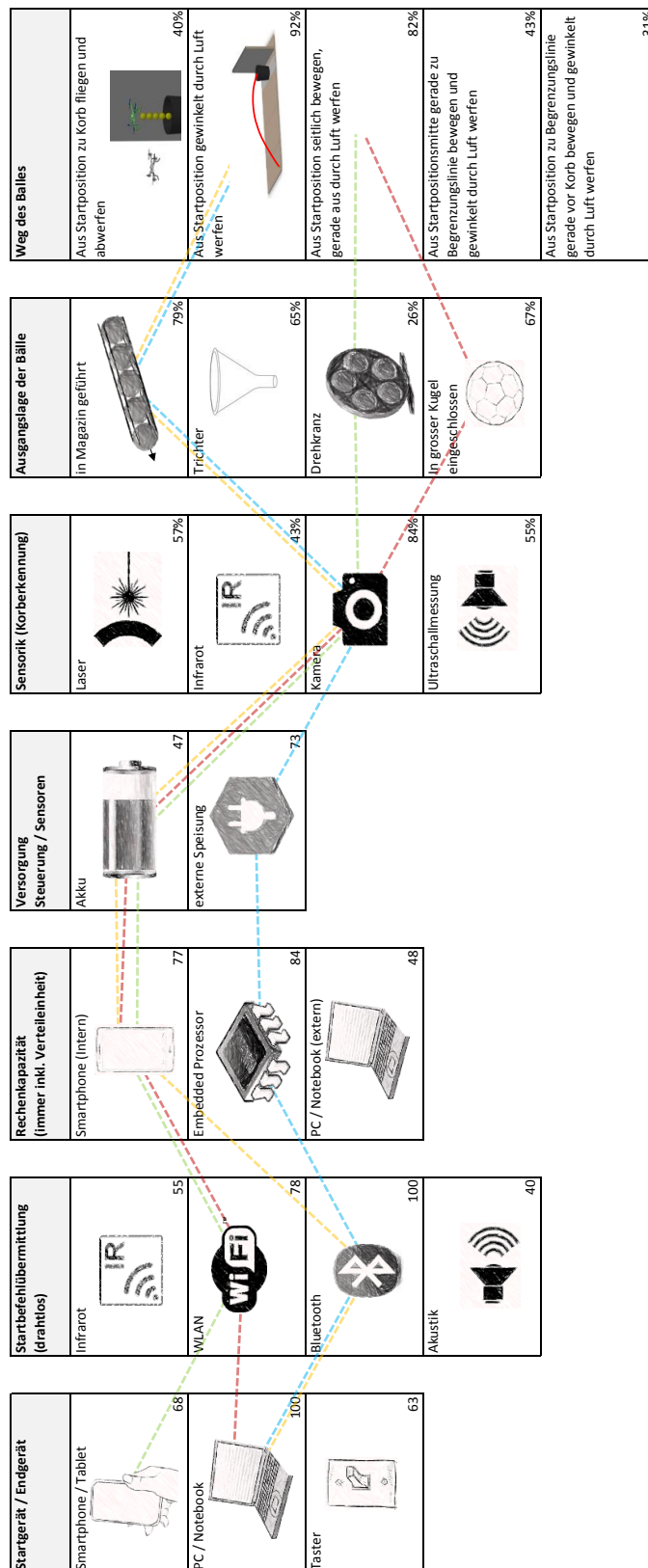
„Aus Startposition zu Korb fliegen und abwerfen“ nachfolgend als (1) bezeichnet.
„Aus Startposition, gewinkelt durch Luft werfen“ nachfolgend als (2) bezeichnet.
„Aus Startposition, seitlich bewegen, gerade aus durch Luft werfen“ nachfolgend als (3) bezeichnet.
„Aus Startposition mitte gerade zu Begrenzungslinie 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.

2 Grobkonzept



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 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, 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 integrierter 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 integrierter 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 Bluetooth sind einfach auszuführen, beruhen auf wohlbekannten, gut dokumentierten Technologien.

2.1 Entscheidung

Die orange Variante bietet als gesamtes Konzept die erfolgversprechendste 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. 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 und Endsignals mit einem Notebook und die Übermittlung mit Bluetooth sind einfach auszuführen, beruhen auf wohlbekannten, gut dokumentierten Technologien.

A Beurteilung der Teilprobleme

A.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: | <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

| | 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.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.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 Stabilisations- gewicht 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.6 Ausgangslage der Bälle

| | in Magazin geführt | Trichter | Drehkranz | In Behälter eingeschlossen |
|-------------------|---|--|--|---|
| Vorteile: | <ul style="list-style-type: none"> - Bälle werden immer gleich ausgegeben - kein steckenbleiben der Bälle | <ul style="list-style-type: none"> - kann einfach aufgefüllt werden - grosse Geschwindigkeit - mechanisch Einfachheit | <ul style="list-style-type: none"> - getaktete Ausgabe - einzelne Ansteuerung der Bälle | <ul style="list-style-type: none"> - nur ein Wurf - schnellste Variante - grosse Geschwindigkeit |
| Nachteile: | <ul style="list-style-type: none"> - kleine Geschwindigkeit - eventuell Vereinzelung nötig | <ul style="list-style-type: none"> - Bälle werden nicht geordnet ausgegeben - grosser Platzbedarf | <ul style="list-style-type: none"> - mechanisch grosser Aufwand - langsame Geschwindigkeit - komplexe Steuerung erforderlich - grosser Platzbedarf | <ul style="list-style-type: none"> - mechanisch grosser Aufwand - nur eine Chance - grosser Rückschlag |

| Bewertungskriterien: | Faktor F | Pkt | Pkt x F | Pkt | Pkt x F | Pkt | Pkt x F | Pkt x F |
|-----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|
| Geschwindigkeit | 4 | 3 | 12 | 3 | 12 | 1 | 4 | 20 |
| Gewicht | 3 | 4 | 12 | 5 | 15 | 1 | 3 | 9 |
| Zuverlässigkeit | 5 | 5 | 25 | 1 | 5 | 2 | 10 | 15 |
| Kosten | 3 | 4 | 12 | 5 | 15 | 1 | 3 | 9 |
| Aufwand | 2 | 3 | 6 | 4 | 8 | 1 | 2 | 4 |
| | | | 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)