

PREN 1, TEAM 32

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

Produktrecherche

Hochschule Luzern - Technik & Architektur
PREN 1

Horw, Hochschule Luzern - T&A, 6. 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

Produktrecherche

Dozent: Markus Thalmann

Hochschule Luzern - Technik & Architektur
Interdisziplinäre Projektarbeit 2014

Horw, Hochschule Luzern - T&A, 6. November 2014

Inhalt

1	Recherche-Tabelle	2
2	Kommunikation	4
2.1	USB	4
2.2	Wi-Fi	4
2.3	Bluetooth	4
3	Object-Tracking – Objekt Verfolgung	4
3.1	Google Obj-Tracking with OpenCV	5
3.2	Accord.Net	5
3.3	Ultrasonic / Ultraschall	5
3.4	Infrarot	5
3.5	Laser-Scanning	5
4	Flugobjekte	5
4.1	Quadrocopter	5
4.2	Zeppelin	6
4.3	Rakete	6
5	Fahr Antrieb	6
5.1	Raupenantrieb	6
5.2	Luftkissenfahrzeug (Hovercraft)	6
5.3	Pneufahrzeug	7
6	Drehmechanismus	7
6.1	Riemengetriebe	7
6.2	Kettengetriebe	7
6.3	Zahnradgetriebe	8
7	Wurfmechanismen	8
7.1	Pneumatikzylinder	8
7.2	Beschleunigungsräder	8
7.3	Katapult	8
7.4	Gebläsewurfmaschine	9
7.5	Schleuderrad	9
8	Versorgung	9
8.1	Externe Versorgung	10
8.2	Pneumatik	10
8.3	Hydraulik	10

1 Recherche-Tabelle

Themengebiet	Stichwort	Ergiebigkeit (1-10)	Trifft auf's Thema zu (1-10)	Summe	Quelle	Beschreibung
Kommunikation						Da ein PC oder ein Prozessor in der Regel keine Peripherie wie Motoren oder ähnliches ansteuern, wird deshalb eine Hardware benötigt, die die Ansteuerung übernimmt. Zwischen der Rechnerhardware und der Ansteuerhardware braucht es eine Kommunikation. Dafür wurde recherchiert, welches Bussystem man dafür einsetzen könnte und was die jeweiligen Vor- und Nachteile sind. Zusätzlich muss gemäss Anforderungen das Startsignal kabellos übertragen werden, weshalb entsprechende Technologien hier miteinfließen.
	Bussystem	6	6	12	Bussysteme in der Automatisierungs- und Prozesstechnik (BAN 978-3-8348-0425-9)	Beschreibung div. Bussysteme mit Vor- & Nachteile
	Bussystem allgemein	7	7	14	http://all.ife.tu-graz.at/LV/Scripten/bussysteme.pdf	Grundzüge der Bussysteme, Beschreibung der grundlegenden Hardware
	Bluetooth	4	5	9	http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth	Technische Spezifikation, Klassen und Bandbreiten der verschiedenen Versionen, Reichweiten
	Wi-Fi	3	5	8	http://www.microchip.com/pagehandler/en-us/technology/wifi/products/home.html	Mögliche Module, Datenblätter und Hintergrund-Infos
Objekterkennung						Da die Position des Korbess, sowie die Distanz zwischen Werfer und Korb erst bestimmt werden müssen, muss das Gerät über ein entsprechendes Objekterkennungsmodul verfügen. Erstere Problematik lässt sich durch Objektorientierung lösen, wobei es mehrere Optionen zu berücksichtigen gibt. Grundsätzlich muss sicherlich die optische Erkennung mithilfe einer Kamera in Erwägung gezogen werden. Wobei hier zu beachten ist, dass Objekte sowohl farblich, als auch aufgrund spezifischer Konturen unterschieden werden können. Weiter gibt es die Möglichkeit, durch Lasermessung die Distanz zu einem Objekt festzustellen, oder aber durch Laserscannen Objekte zu identifizieren. Ebenfalls soll die Verwendung von Ultraschall- und Infrarotmessung in Betracht gezogen werden.
	Google Obi-Tracking	7	8	15	https://code.google.com/p/android-object-tracking/	Google Doc for tracking objects with a android phone
	OpenCV	8	7	15	http://projectproto.blogspot.ch/2012/04/android-openov-object-tracking.html	Objektverfolgung eines Ping-Pong Balls
	Accord_Net	8	7	15	http://accord-framework.net	Objekterkennung mithilfe dot Net Technologie
	Ultrasonic	7	6	13	http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/37176.pdf	Objekterkennung mithilfe von Sensor Arrays
	Infrarot	5	6	11	http://www.engineering.com/Article/ArticleId/72730.aspx	Objekterkennung mithilfe von Infrarot Sensoren
	User-Scanning	4	3	7	http://www.seatterobots.org/encoder/200110/vision.htm	Distanz von Objekten erkennen
Flugobjekte						Da auch eine geführte Beförderung der Bälle durch die Luft eine Möglichkeit zur Problemlösung darstellt, müssen auch diese Optionen abgewägt werden. Dazu gibt es schon diverse fertige Lösungen, welche mit einigen Änderungen übernommen werden könnten. Die Webseite für den Bau eines Quadcopters ist sehr ausführlich und genau beschrieben. Die Umsetzung ist jedoch mit viel Aufwand verbunden. Eine Alternative zum Quadcopter bietet ein Zeppelin. Auch hier konnte im Internet bereits eine ausführliche Anleitung gefunden werden.
	Quadcopter	7	8	15	http://mfirstone.com/	Quadcopter Bauanleitung
	Zeppelin	3	5	8	http://www.rc-zeppelin.com/2962009%208_5m%20hdbow%20RC%20Blimp.html	verschiedene Zeppelin-Modelle
	Rakete	6	3	9	http://www.modelraketen.ch/raketen/index.php	Bausätze für diverse Raketen
Fahrtrieb						Bei der Recherche des Fahrtriebs wurde hauptsächlich darauf geachtet, dass ein guter Stand des Produkts gewährleistet ist. Zum einen bietet sich hier der Rupaenantrieb an. Diese Technologie hat eine grosse Kontaktfläche mit dem Boden und ist sehr manövrierfähig. Das Laufwerk kann je nach Grösse und Anforderungen spezifisch ausgelegt werden. Weiter gibt es einen Schraubenantrieb. Hier sind an der Unterseite des Produkts zwei gegenläufige Schrauben angebracht. Durch Bodenkontakt auf der gesamten Länge ist gute Stabilität gewährleistet. Ausserdem kann sich das Produkt, als Eigenheit des Schraubenantriebs, vom Punkt aus gleichermassen vor und zurück, wie auch seitwärts bewegen. Als Nachteil ist hier die schlechte Traktion auf festem Untergrund. Das Luftkissenfahrzeug schwebt dank eines Überdruckes unter dem Fahrzeug, wenige Zentimeter über dem Boden. Gelenkt wird mittels eines Propellers auf dem Fahrzeug, dessen Luftstrom gelenkt wird. Zuletzt ein konventioneller Antrieb via Rellen. Hier gibt es unzählige Ausführungsmöglichkeiten von Antrieb und Lenkung.
	Rupaenantrieb	7	8	15	http://d-nb.info/1057913847/34	Antrieb über Kettenlaufwerk.
	Luftkissenfahrzeug	6	4	10	http://www.hovercraftboote.de/07_tech/technik_d.htm	Schweben durch Überdruck unter Fahrzeug. Lenken des Luftstrom Lenken durch Luftstrom.
	Schraubenantrieb	3	2	5	http://www.unusuallocomotion.com/pages/locomotion/screw-propelled-vehicles.html	Vortrieb über zwei gegenläufige drehende Schrauben drehende Schrauben.
	Pfeidfahrzeug	9	9	18	allgemeines Wissen	Reifen sorgen für Stand und Vortrieb
Drehmechanismus						Zur Ausrichtung des Werfers auf den Korb braucht es, je nach gewähltem Konzept, eine Drehmechanik. Dieser besteht aus Motor und Kraftübertragung. Die Kraftübertragung sollte genau und möglichst leicht sein. Es bieten sich diverse Riemen, Ketten oder Stirnradantriebe an. Alle können in unterschiedlichen, der Anwendung angepassten Arten ausgeführt werden.
	Riemengetriebe	9	8	17	Roloff/Matek Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung, Springer 2013.	Kraftschlüssige Übertragung via Keilriemen.
	Kettengetriebe	8	7	15	Roloff/Matek Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung, Springer 2013.	Antriebsrad über Kette mit Abtriebsrad verbunden.
	Zahnradgetriebe	9	8	17	ISBN 978-3-658-02326-3 ISBN 978-3-658-02326-3	Formschlüssige Kraftübertragung über Stirnradgetriebe.
Wurfmechanismus						Um die Tennisbälle durch die Luft zu befördern, wird eine Abwurfhöhe benötigt. Als mögliche Lösungsansätze wurden zum einen Tennisballwurfmaschinen, als auch gängige Abwurfmechanismen erörtert. Bei den marktüblichen Tennisballwurfmaschinen kann zwischen Radantrieben und Druckluftstossmechanismen unterschieden werden. Die ersten genannten können die Flugbahn des Balles durch einbinden eines stralles stabilisieren. Dadurch erhöht sich die Zieltgenauigkeit. Als gängige Abwurfmechanismen kommen altbewährte Systeme wie Katapult oder Schleuder in Frage.
	Beschleunigungsräder	8	9	17	http://www.youtube.com/watch?v=gkx7F1ddGs	Video zu Prototypeneinheit
	Katapult	6	4	10	http://www.buianleitung.org/diverse/katapult-bauanleitung/	Video zu Katapult
	Gebälsewurfmaschine	4	1	5	http://www.youtube.com/watch?v=yL_hd8KvYKk	Video zu Gebälsewurfmaschine
	Druckluftstoss	5	4	9	http://tennisballkicks.com/tittle-prince-ball-machine/	Prince Ballmaschine

	Abwurfseinheit	3	6	9	http://www.itcommunity.de/data/downloads/wallpapers/wurfmaschine.jpg	Drehabwurfseinheit
	Wurfmaschine	8	6	14	http://www.doyourselfgadgets.com/2011/07/ball-throwing-machine.html	Schleudermechanismus
	Treibak	4	3	7	http://www.wlslst.ch/	Bauanleitung
Versorgungskonzept	Die Versorgung kann entweder mit Akkumulatoren, externen Netzteilen, Pneumatik, Hydraulik gewährleistet werden. Die Versorgung mit Hydraulik hat keine ergebenden Quellen hervorgebracht und die Umsetzung ist mit sehr grossem Aufwand verbunden. Im Bereich der Pneumatik beschränkte man sich auf die Zylinder und Filterung der Druckluft. Bei der Versorgung mit elektrischer Energie mittels externen Netzteilen wurde nur nach handelsüblichen Netzteilen in einem Internet-Shop gesucht, da der Rest zufällig ist. Weiter, bei der Versorgung mit Akkumulatoren, wurden nach Typen, Gefahren und möglichen Problemen gesucht.					
	Strom-Akku	7	8	15	http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0702231.htm	Übersicht Akkumulatoren, Links zu verschiedenen Akku-Typen
	Strom-Akku	8	7	15	http://www.energie-lektion.info/akkumulator.html	Akku-Typen, Ladevorgang, Schnellladung
	Strom-Akku	6	8	14	http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/1101231.htm	Blei-Akku (Pb), Verwendung für Vor- und Nachteile
	Strom-Akku	7	7	14	http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0810281.htm	Li-Ion-Akku, Verwendung für Vor- und Nachteile
	Strom-Akku	5	5	10	http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/1101241.htm	NiCd-Akku, Verwendung für Vor- und Nachteile
	Strom-Akku	7	7	14	http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/1101251.htm	NiMH-Akku, Verwendung für Vor- und Nachteile
	Strom-extern	7	8	15	http://de.rs-online.com/web/c/stromversorgungen/transformatoren/netzteile	Netzteile-Shop als Übersicht verfügbarer Typen
	Pneumatik	6	6	12	http://www.festo.com/wiki/de/Pneumatikzylinder	Pneumatikzylinder, Zylinderarten
	Pneumatik	5	5	10	http://www.festo.com/wiki/de/Wartungseinheiten	Wartungseinheit (enthält Filter und Ventil), Druckluftaufbereitung
	Hydraulik	3	3	6	http://www.hytec-hydraulik.de/hydraulik/hydraulikzylinder.html	Hydraulikzylinder-Shop als Übersicht verfügbarer Typen
	Hydraulik	3	4	7	http://www.hytec-hydraulik.de/hydraulik/motorenshop.html	Hydraulikpumpen-Shop, langsamlaufender Motor

2 Kommunikation

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

2.1 USB

Der Universal Serial Bus ist eine gängige kabelgebundene serielle Schnittstelle, mit der Daten von einem Host an ein oder mehrere Slaves¹ übertragen werden können. Die Übertragung findet differentiell statt, was eine gute Störuneempfindlichkeit 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.

2.2 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 verwendet. 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.

2.3 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 entgegen.

3 Object-Tracking – Objekt Verfolgung

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

¹Peripherie-Geräte

3.1 Google Obj-Tracking with OpenCV

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

3.2 Accord.Net

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

3.3 Ultrasonic / Ultraschall

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

3.4 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.

3.5 Laser-Scanning

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

4 Flugobjekte

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

4.1 Quadrocopter

Ein Quadrocopter 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 Quadrocopter 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.

4.2 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.

4.3 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.

5 Fahrtrieb

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

5.1 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 Raupenkettensätze 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 Laufrollen. Diese alle müssen gelagert und geführt werden.

5.2 Luftkissenfahrzeug (Hovercraft)

Beim Luftkissenfahrzeug wird unter dem Rumpf ein Überdruck erzeugt. Auf diesem Luftkissen kann das Fahrzeug vorangehen. Der Rumpf ist mit einer abriebfesten Kunststoffgewebeschränke 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 Gewebeschränke welche sich zu

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

5.3 Pneufahrzeug

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

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

6.1 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.

6.2 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.

6.3 Zahnradgetriebe

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

7 Wurfmechanismen

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

7.1 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.

7.2 Beschleunigungsräder

Die heutigen Tennisballwurfmaschinen sind nach dem Prinzip von zwei Beschleunigungs-rädern 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.

7.3 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.

7.4 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 Dichtheit des Rohres stellt.

7.5 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.

8 Versorgung

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

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

	Vorteil	Nachteil
NiCd	<ul style="list-style-type: none"> - Lange Lebensdauer - Wartungsfreie Bauform 	<ul style="list-style-type: none"> - In der EU verboten! - Memory-Effekt (Kapazitätsverlust) - Bei Defekt, sehr umweltschädlich
NiMH	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Kapazität - Geeignet für Hochstromanwendungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Geringes Gewicht (kein Ballast) - Hohe Selbstentladung 15% pro Monat
Li-Ion	<ul style="list-style-type: none"> - 5 Jahre funktionstüchtig - Hohe Energiedichte - Selbstentladung 1% pro Monat 	<ul style="list-style-type: none"> - Empfindlich auf falsche Behandlung - Unter 1.5V kommt es zu Brandgefahr - Geringes Gewicht (kein Ballast)
Blei (Pb)	<ul style="list-style-type: none"> - 6 Jahre funktionstüchtig - Hohe Strombelastbarkeit - Hohes Gewicht (als Ballast) 	<ul style="list-style-type: none"> - Selbstentladung 1% pro Tag - Nicht für mobilen Einsatz geeignet

Tab. 1: Übersicht Vor- Nachteile der Akkumulatoren

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

Tab. 2: Übersicht der Akkumulatoren

8.1 Externe Versorgung

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

8.2 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.

8.3 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.