

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, 24. 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

Produktrecherche

Dozent: Markus Thalmann

Hochschule Luzern - Technik & Architektur
Interdisziplinäre Projektarbeit 2014

Horw, Hochschule Luzern - T&A, 24. Oktober 2014

Inhalt

1	Recherche-Tabelle	2
1.1	Drehmechanismus	4
1.1.1	Riemengetriebe	4
1.1.2	Kettengetriebe	4
1.1.3	Zahnradgetriebe	4
1.2	Fahrtrieb	5
1.3	Flugobjekte	5
1.3.1	Quadrocopter	5
1.3.2	Zeppelin	5
1.3.3	Rakete	6
1.4	Object-Tracking – Objekt Verfolgung	6
1.4.1	Google Obj-Tracking with OpenCV	6
1.4.2	Accord.Net	6
1.4.3	Ultrasonic / Ultraschall	6
1.4.4	Infrarot	6
1.4.5	Laser-Scanning	6
1.5	Versorgung	6
1.5.1	Externe Versorgung	7
1.5.2	Pneumatik	7
1.5.3	Hydraulik	7

1 Recherche-Tabelle

Themengebiet	Stichwort	Ergiebigkeit (1-10)	Trifft auf's Thema zu (1-10)	Summe	Quelle	Beschreibung
Kommunikation	Da eine 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.					
	Bussysteme	6	6	12	Bussysteme in der Automatisierung- und Prozesstechnik IBAN 978-3-8348-0425-9	Beschreibung der Bussysteme mit Vor- & Nachteile
	Bussysteme allgemein	7	7	14	http://ai.ife.tu-graz.at/US/Scripts/bussysteme.pdf	Grundlage der Bussysteme, Beschreibung der grundlegenden Hardware
	Bluetooth	4	5	9	http://en.wikipedia.org/wiki/bluetooth	Technische Spezifikation, Klassen und Bänderbreiten der verschiedenen Versionen, Reichweiten
Objekterkennung	WiFi	3	5	8	http://www.microchip.com/pagehandler/en-us/technology/wifi/products/home.html	Mögliche Module, Datenblätter und Hintergrund-Infos
	Um die Tennisbälle in den Korb befördern zu können, muss dessen Position erst bestimmt werden. Diese Problematik lässt sich durch Objekterkennung 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 sollen die Möglichkeiten von Ultraschall- und Infrarotmessung berücksichtigt 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-opencv-object-tracking.html	Objekterkennung eines Ping-Pong Balls
Flugobjekte	Center Obi	2	1	3	http://docs.opencv.org/modules/imgproc/doc/structural_analysis_and_shape_descriptors.html	Zentrieren eines Objektes ermitteln
	Android Obi-Tracking	5	4	9	http://www.codeproject.com/Articles/757144/Object-Tracking-on-Android-and-Desktop	CodeProject: Object tracking android
	Accord.NET	8	7	15	http://accord-framework.net	Objekterkennung mithilfe von .NET Technologie
	Ultrasonic	7	6	13	http://cds.intechopen.com/pdfs/wm/32176.pdf	Objekterkennung mithilfe von Sensor-Arrays
Fahrttrieb	Infrarot	5	6	11	http://www.engineering.com/4x4/qrack177/papers/cr-ab3-3d-sensing/mobile-manipulation.pdf	Objekterkennung mithilfe von Infrarot Sensoren
	User-Scanning	5	3	8	http://web.stanford.edu/~rllentick/77/papers/cr-ab3-3d-sensing/mobile-manipulation.pdf	3-D Objekterkennung, Laser-Scanning
	User-Range-Finder	5	3	8	http://www.setterbot.org/doc/encoder/200110/robot.htm	Distanz von Objekten erkennen
	Als erstes wurden diverse Möglichkeiten (Stichworte) ins Auge gefasst, wie die Bälle durch die Luft befördert werden können. Dazu gibt es schon diverse fertige Lösungen, welche mit einigen Änderungen übernommen werden können. 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.					
Flugobjekte	Quadcopter	7	8	15	http://myfirstdrone.com/	Quadcopter Bauanleitung
	Zeppelin	3	5	8	http://www.rc-zeppelin.com/3%20rc%203%20zeppelin%20index.html	verschiedene Zeppelin-Modelle
	Bakete	6	3	9	http://www.modelraketen.ch/luft-raketen/index.php	Bausätze für diverse Raketen
	Bei der Recherche des Fahrttriebs wurde hauptsächlich darauf geachtet, dass ein guter Stand des Produkts gewährleistet ist. Zum einen bietet sich hier der Raupenantrieb an. Diese Technologie hat eine grosse Kontaktfläche mit dem Boden und ist sehr manövrierfähig. Das Lauwerk 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 Traction 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 Rufen. Hier gibt es unzählige Ausführungsmöglichkeiten von Antrieb und Lenkung.					
Fahrttrieb	Raupenantrieb	7	8	15	http://d-nb.info/1057913847/24	Antrieb über Kettenlaufwerk.
	Luftkissenfahrzeug	6	4	10	http://www.hovercraftboote.de/07_technik/technik_d.htm	Schweben durch Überdruck unter Fahrzeug. Lenken des Luftstrom
	Schraubenantrieb	3	2	5	http://www.unusuallocomotion.com/pages/locomotion/screw-propelled-vehicles.html	Lenken durch Luftstrom. Vortrieb über zwei gegenläufige drehende Schrauben
	Preifahrzeug			0	NA	Rufen sorgen für Stand und Vortrieb
Drehmechanismus	Um den Werfer optimal auf den Korb ausrichten zu können, ist allenfalls ein Drehmechanismus nötig. 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.					
	Rennengetriebe	9	8	17	Roloff/Matek Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Springer 2013.	Kraftschlüssige Übertragung via Kollentien.
	Kettengetriebe	8	7	15	Roloff/Matek Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Springer 2013, ISBN 978-3-658-02326-3	Antriebsrad über Kette mit Abtriebsrad verbunden.
	Zahnradgetriebe	9	8	17	Roloff/Matek Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Springer 2013, ISBN 978-3-658-02326-3	Fornschlüssige Kraftübertragung über Stirnradgetriebe.
Wurfmechanismus	Um die Tennisbälle durch die Luft zu befördern, wird eine Abwurfmechanik benötigt. Als mögliche Lösungsansätze wurden zum einen Tennisballwurfmaschinen, als auch gängige Abwurfmechanismen erörtert. Bei den marktüblichen Tennisballwurfmaschinen kam zwischen Radantrieben und Druckluftsystemen unterschieden werden. Die sogenannten können die Flugbahn des Balles durch einbinden eines Dralles stabilisieren. Dadurch erhöht sich die Ziegegenauigkeit. Als gängige Abwurfmechanismen kommen altbewährte Systeme wie Katapult oder Schleuder in Frage.					
	Beschleunigeräder	8	9	17	http://www.youtube.com/watch?v=q2r71d06g http://www.google.co.tr/patents/US7445003	Video zu Prodrapspeinhalt
	Katapult	6	4	10	http://www.bauanleitung.org/diverse/katapult-bauanleitung/	Video zu Katapult
	Gebälsewurfmaschine	4	1	5	http://www.youtube.com/watch?v=y1_idxrYXk	Video zu Gebälsewurfmaschine
Druckluftstoss	Druckluftstoss	5	4	9	http://tennisballdevices.com/little-prince-ball-machine/	Prince Ballmaschine

	Abwurfseinheit	3	6	9	http://www.fccommunity.de/data/downloads/wallpapers/wurfmachine.jpg	Drehabwurfseinheit
	Wurfmachine	8	6	14	http://www.doyourselfgadgets.com/2011/07/ball-throwing-machine.html	Schleudermechanismus
	Tribok	4	3	7	http://www.wleist.ch/	Bauanleitung
Versorgungskonzept	Es wurden Quellen in den vier Bereichen zur Versorgung mit Akkumulatoren, externen Netzteilen, Pneumatik, Hydraulik ermittelt. Die Versorgung mit Hydraulik hat keine ergiebigen 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 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-kompilium.de/sites/bau/07/02/231.htm	Übersicht Akkumulatoren, Links zu verschiedenen Akku-Typen.
	Strom-Akku	8	7	15	http://www.energie-lexikon.info/akkumulator.html	Akku-Typen, Ladevorgang, Schnellladung
	Strom-Akku	6	8	14	http://www.elektronik-kompilium.de/sites/bau/11/01/231.htm	Blei-Akku (Pb), Verwendung für Vor- und Nachteile
	Strom-Akku	7	7	14	http://www.elektronik-kompilium.de/sites/bau/08/10/281.htm	Li-Ion-Akku, Verwendung für Vor- und Nachteile
	Strom-Akku	5	5	10	http://www.elektronik-kompilium.de/sites/bau/11/01/341.htm	NiCd-Akku, Verwendung für Vor- und Nachteile
	Strom-Akku	7	7	14	http://www.elektronik-kompilium.de/sites/bau/11/01/351.htm	NiMH-Akku, Verwendung für Vor- und Nachteile
	Strom-extern	7	8	15	http://de.rs-online.com/web/2/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 Ventile), 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

1.1 Drehmechanismus

Falls der Werfer keine seitlichen Bewegungen ausführen kann, muss er sich mithilfe eines Drehmechanismus auf den Korb einstellen können. Diese Drehung kann auf verschiedene Weise realisiert werden. Die Anforderung ist, dass sich der Werfer bei Bedarf in einem bestimmten Winkelbereich nach links und rechts bewegen kann. Angetrieben von einem Elektromotor muss diese Verdrehung so präzise sein, dass ein exakter Wurf möglich ist. Weiter spielt nach den Produkteanforderungen auch die Geschwindigkeit der jeweiligen Verschiebung eine Rolle. Die gewählte Art der Kraftübertragung muss demnach geringe Trägheit aufweisen und kleine aber schnelle Bewegungen ermöglichen.

1.1.1 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. Demgegenüber sind die Synchronriemen (Zahnriemen), die formschlüssig übertragen.

Ein grosser Vorteil dieser Technologie ist, dass sie in allen erdenklichen Lagen eingesetzt werden kann. Auch können mit nur einer Getriebestufe sehr 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, die es durch Reibung gibt.

1.1.2 Kettengetriebe

Kettengetriebe gehören ebenfalls zu den Zugmittelgetrieben. Überwiegend waagrecht verbaut sind sie eine formschlüssigen 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 Negativpunkt ist der Preis. Kettengetriebe sind teurer, als Riemengetriebe derselben Leistungsstufe.

1.1.3 Zahnradgetriebe

Diese Getriebe zeichnen sich durch kompakte Bauweise und hohen Wirkungsgrad aus. Auch hier herrscht ein Formschluss, also 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. Diese sind aber auch dementsprechend schwerer.

1.2 Fahrtrieb

Bei der Recherche des Fahrtriebs wurde hauptsächlich darauf geachtet, dass ein guter Stand des Produkts gewährleistet ist. Zum einen bietet sich hier der Raupenantrieb 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 Schraubenantriebes, 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 Reifen. Hier gibt es unzählige Ausführungsmöglichkeiten von Antrieb und Lenkung.

1.3 Flugobjekte

Als Flugobjekte wurden drei verschiedene Möglichkeiten ins Auge gefasst. Dazu zählt ein Quadcopter, eine Zeppelin und eine Rakete. Die Hauptschwierigkeit besteht bei der Steuerung der Objekte während der Flugphase. Eine weitere Teilschwierigkeit ist, eine berechenbare Flugbahn zu erreichen.

1.3.1 Quadcopter

Ein Quadcopter kann nach einer schon vorhandenen Bauanleitung zusammengebaut werden. Die Flugsteuerung erfolgt über diverse Beschleunigungssensoren, wodurch die Flugbahn sehr stabil gehalten werden kann. Die Traglast eines Quadcopters kann, mit den Eingebauten Motor angepasst werden. Somit ist es kein Problem auch schwerere Gegenstände zu transportieren.

Die Steuerung des Quadcopter ist sehr 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.

Eine Möglichkeit, für eine effiziente Umsetzung eines Quadcopters für den Transport der Bälle ist fast Unmöglich. Die Kosten werden bei weitem überschritten. Die genaue Steuerung im Raum ist extrem schwierig und kann ohne Vorkenntnisse fast nicht realisiert werden.

1.3.2 Zeppelin

Der Bau eines Zeppelins ist sehr simple und kann mit wenig Mittel realisiert werden. Der Auftriebskörper kann der jeweiligen Last angepasst werden. Der Vortrieb funktioniert mit einem Einfachen Propellerantrieb.

Der Auftriebskörper für eine kleine Masse zu heben, ist sehr gross. Die Steuerung des ganzen Zeppelins verläuft sehr träge und langsam. Der Zeppelin ist sehr Anfällig gegen Windströmungen.

Aus Platzgründen, welcher der Auftriebskörper benötigt, ist der Zeppelin sehr schwierig zu realisieren.

1.3.3 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 längerer Distanzen zurückzulegen. Die Umsetzung eines Raketenantriebes ist unmöglich.

1.4 Object-Tracking – Objekt Verfolgung

1.4.1 Google Obj-Tracking with OpenCV

Es wird mithilfe einer Android Smartphone, dessen Kamera und einem Arduino Uno Controller ein Objekt verfolgt. Dazu läuft auf dem Android Smartphone eine App die mithilfe der Kamera die Objekterkennung durchführt und die Informationen an den Controller weitergibt. Es ist eine Anleitung und Source Code vorhanden. Als Framework wird OpenCV verwendet. OpenSource ist eine Bibliothek die eine Vielzahl von Bildverarbeitungs-algorithmen bereitstellt. Das Framework ist sehr gut beschrieben, es sind viele Tutorials vorhanden.

1.4.2 Accord.Net

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

1.4.3 Ultrasonic / Ultraschall

Beschreibt wie die Erkennung von Objekten mithilfe von Ultraschallsensoren. Ultraschall-sensoren können sehr günstig sein allerdings ist die Genauigkeit je nach anwendungsfall nicht sehr gross. Die Temperatur beeinflusst die Genauigkeit massgeblich.

1.4.4 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, Lichtquellen, an Genauigkeit einbüsst.

1.4.5 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 sehr hoch, wie auch das Gewicht.

1.5 Versorgung

Eine Möglichkeit um das Produkt mit Energie zu versorgen, ist ein Akkumulator. Es gibt verschiedene Typen: Blei-Akkus, Li-Ionen-Akku, Nickel-Cadmium-Akku (NiCd), Nickel-Metallhydrid-Akku (NiMH). Jeder Typ hat verschiedene Vor- und Nachteile, die in der Tabelle 2 ersichtlich sind.

Ein grosser Vorteil besteht darin, dass ein Akkumulator nicht Teil des Produktgewichts

ist. Wichtig für die anschliessende Auswahl des Akkumulators sind die Spannung, Strom, Kapazität des Akkumulators. In dieser Technologierecherche beschränkt man sich auf Eckdaten, die die Akkus auszeichnen, wie in der Tabelle 1 ersichtlich.

	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. 1: Übersicht der Akkumulatoren

1.5.1 Externe Versorgung

In diesem Abschnitt ist die Versorgung mit Energie via Netzteil gemeint. Ein Vorteil eines Netzteils ist die stabile Energie- / Stromversorgung. Da eine Zuführung von einer Steckdose zum Spielfeld gewährleistet sein wird, fällt dies als Nachteil weg. Als Nachteil kann man jedoch auflisten, dass man das Netzteil nicht als Ballast verwenden kann.

1.5.2 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, ...) im Neuzustand sehr teuer im Einkauf.

1.5.3 Hydraulik

Die Versorgung mit Hydrauliköl ist noch aufwendiger als jene mit Druckluft. Es muss ein eigenes System mit Pumpe, Schläuchen, Hydrauliköl und teuren Komponenten erstellt werden. Zudem entsteht bei einem Defekt resp. Unfall mit Hydrauliköl schnell ein grosser Sachschaden und erfordert einen grossen Reinigungsaufwand.

	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. 2: Übersicht Vor- Nachteile der Akkumulatoren