

# GüselStar XXI

## Technologierecherche

---

*Autoren:*

Patrizio Brantschen  
Stefan Häfliger  
Tobias Kreienbühl  
Joël Meloni  
Silvan Ritz  
Lars Walther  
Adrian Würsch

*Team-Coach:*  
Jürg Habegger

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Autonomes Fahren</b>	<b>3</b>
1.1 Erkennung des rechten Randes mit Sensoren . . . . .	3
1.2 Fest einprogrammierte Strecke ohne Sensoren . . . . .	4
1.3 Rechtsvortritt . . . . .	4
1.3.1 Mit der Kamera . . . . .	4
1.3.2 Mit Sensoren . . . . .	4
<b>2 Beladen</b>	<b>4</b>
2.1 Erkennung des Containers . . . . .	4
2.2 Mechanismen die bei Müllfahrzeugen eingesetzt werden . . . . .	5
<b>3 Entladen</b>	<b>6</b>
3.1 Kippen des Behälters . . . . .	6
3.2 Seitliche Klappe öffnen . . . . .	6
3.3 Mit Greifer ausladen . . . . .	6
<b>4 Greifer</b>	<b>7</b>
4.1 mechanisch . . . . .	7
4.2 pneumatisch . . . . .	8
4.3 magnetisch . . . . .	8
<b>5 Antrieb</b>	<b>8</b>
5.1 Elektromotor . . . . .	8
5.1.1 Bürstenloser Gleichstrommotor . . . . .	9
5.1.2 Gleichstrommaschine . . . . .	9
5.1.3 Schrittmotor . . . . .	9
5.2 Verbrennungsmotor . . . . .	10
5.3 Pneumatik . . . . .	10
5.4 Dampfmaschine . . . . .	10
<b>6 Lenkung</b>	<b>10</b>
6.1 Knicklenkung . . . . .	10
6.2 Achsschenkellenkung . . . . .	11
6.2.1 Lenktrapez . . . . .	11
6.3 Zweiradlenkung . . . . .	12
6.4 Lenkung für Kettenfahrzeuge . . . . .	12
<b>7 Mikrocontroller-Board</b>	<b>12</b>
7.1 Anforderungen . . . . .	12
7.2 Tinkerforge . . . . .	12
7.3 HCS08 Devlopperboard . . . . .	13
7.4 Arduinoboard . . . . .	13
7.5 Freedomboard . . . . .	13
<b>8 Distanzsensoren</b>	<b>13</b>
8.1 Anforderungen . . . . .	13
8.2 Ultraschallsensoren . . . . .	14
8.3 Infrarotsensoren . . . . .	14
<b>9 Farbsensoren</b>	<b>14</b>
9.1 Anforderungen . . . . .	14
9.2 Eigenschaften . . . . .	14

<b>10 Stromversorgung</b>	<b>15</b>
10.1 Anforderungen . . . . .	15
10.2 Batterien . . . . .	15
10.3 NiCd (Nickel-Cadmium) . . . . .	15
10.4 Lithium-Akku (LiPo, Lilon) . . . . .	16
10.5 NiMH (Nickel-Metallhydrid) . . . . .	16
<b>11 Boardcomputer</b>	<b>16</b>
11.1 Raspberry Pi . . . . .	16
11.2 Raspberry Pi 2 . . . . .	17
11.3 Banana Pi . . . . .	17
11.4 BeagleBone Black . . . . .	17
11.5 ODROID-XU4 . . . . .	18
<b>12 Bilderkennung</b>	<b>18</b>
12.1 Anforderungen . . . . .	18
12.2 OpenCV . . . . .	18
12.3 MatLab . . . . .	18
12.4 SimpleCV . . . . .	19
12.5 LibCCV . . . . .	19
<b>13 Kamerasysteme</b>	<b>19</b>
13.1 Raspberry Pi CAM . . . . .	19
13.2 Logitech Webcam C525 . . . . .	20
13.3 Logitech Webcam C615 . . . . .	20
13.4 Logitech Webcam C920 . . . . .	20
13.5 Zusammenfassung . . . . .	21
13.6 Vor- und Nachteile . . . . .	21
13.6.1 Raspberry Pi CAM . . . . .	21
13.6.2 Webcams . . . . .	21
13.7 Steuerung . . . . .	21
13.8 Ein Steuerungsboard . . . . .	22
13.9 Bordcomputer und Hardwarecontroller . . . . .	22
<b>14 Morphologischer Kasten</b>	<b>22</b>
<b>15 Recherchequellen</b>	<b>23</b>

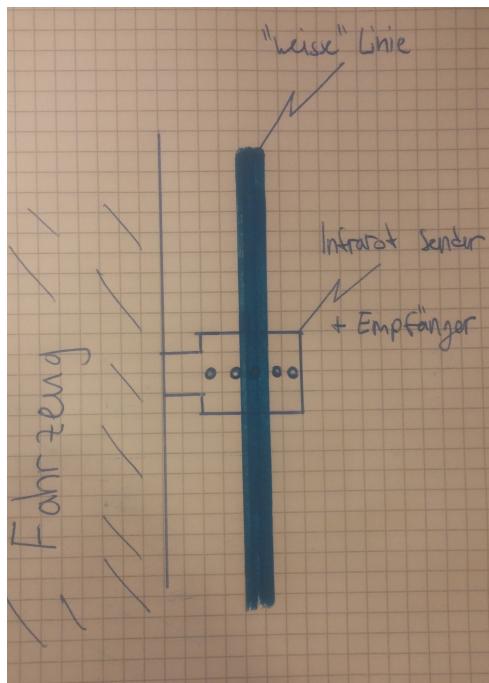
# 1 Autonomes Fahren

## 1.1 Erkennung des rechten Randes mit Sensoren

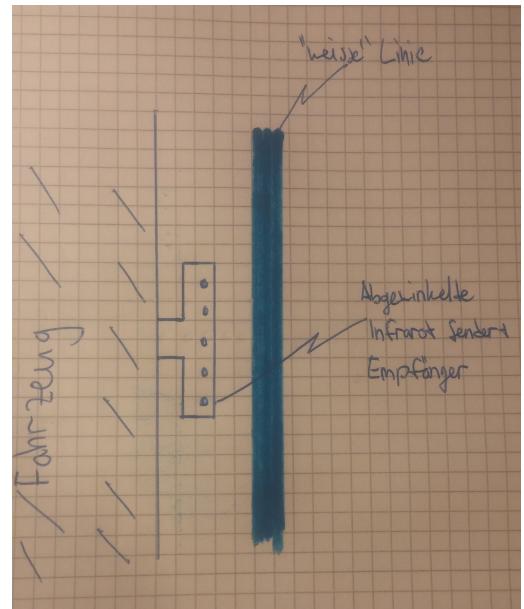
Der rechte Rand des Parcours ist für die Spurerkennung vielversprechend. Er ist entweder durch eine weisse Linie, ein 5mm hohes Trottoir oder für kurze Zeit auf der Kreuzung nicht begrenzt. Für die unterschiedlichen Bedingungen werden verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt.

### Erkennung der weissen Linie

Die rechte Begrenzungslinie ist 1cm breit und weiß. Es gibt viele Minaturfahrzeuge die einer Linie folgen. Jedoch ist bei den meisten Linienfolger die zu folgende Linie in der Mitte des Fahrzeugs. Das hat der Vorteil das man links und rechts der Linie die Linie detektieren kann. Dies ist bei dieser Aufgabenstellung nicht oder nur sehr begrenzt möglich. Dies ist für beide Lösungsvarianten eine Herausforderung. Für beide wäre ein Funktionsmuster nötig. Hier zwei Möglichkeiten:



(a) Variante 1. Sensoren über der Linie



(b) Variante 2. Sensoren neben der Linie

Abbildung 1: Mögliche Linienerkennungen mit Infrarotsensoren

**Erkennung des Trottoirs** Das Trottoir ist die längste und wichtigste (rechte) Begrenzung des Tracks. Es ist der längste Straßenabschnitt und die Positionsbestimmung muss am präzisesten funktionieren. Für das die Trottoir Erkennung sind diese zwei Varianten im Vergleich.

### Möglichkeiten bei keiner Begrenzung (Kreuzung)

Die Kreuzung ist der Spezialfall des Tracks. Es gibt keine Begrenzung am rechten Rand. Da keine Begrenzung vorhanden ist, kann man mit Sensoren auch nicht detektieren. Die Lösung ohne Sensoren ist bei der Kreuzung stur geradeaus zu fahren. Dies könnte man einprogrammieren, wenn weder eine Linie noch ein Trottoir vorhanden ist. Dies setzt natürlich die richtige Ausrichtung des Fahrzeugs vor der Kreuzung voraus.

## 1.2 Fest einprogrammierte Strecke ohne Sensoren

Zu der Variante mit vielen Sensoren gibt es die Möglichkeit die Strecke fest einzuprogrammieren. Da die Strecke immer gleich bleibt (ausser den zwei Möglichen Startplätze) ist es möglich die Strecke bereits fest einzuprogrammieren. **Vorteile**

- Keine Sensoren für die Spurerkennung notwendig.
- Kostenersparnis
- Weniger Fehlerquellen

### Nachteile

- Keine Fehlerkorrektur (einmal falsch, immer falsch)
- Braucht extrem genauer Antrieb + Lenkung

## 1.3 Rechtsvortritt

Damit das Fahrzeug verkehrssicher unterwegs ist, muss ein von rechts kommendes Fahrzeug erkannt werden.

### 1.3.1 Mit der Kamera

Falls eine Kamera für die Spurerkennung eingesetzt würde, wäre auch die Erkennung von rechts kommenden Fahrzeugen denkbar. Somit müsste die Kamera auch den rechten Teil der Spur aufnehmen.

### 1.3.2 Mit Sensoren

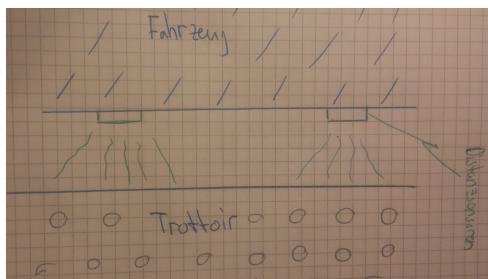
Ein von rechts kommendes Fahrzeug könnte mit Sensoren erkannt werden. Diese Sensoren müssten an der rechten Seite des Fahrzeugs befestigt werden. Es müsste möglich sein von rechts kommende Fahrzeuge von Fußgängern und Hindernissen zu unterscheiden.

## 2 Beladen

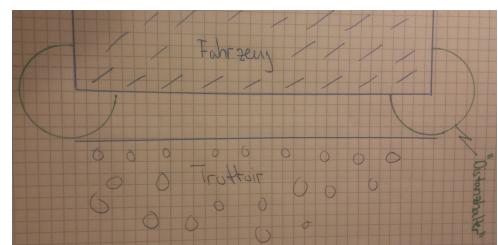
### 2.1 Erkennung des Containers

#### Mit Distanzsensoren und Farbsensoren

- Unbekannte Genauigkeit muss getestet werden.
- Benötigt AD Wandler (Wenn Infrarot- oder Ultraschallsensor)
- Kein mechanischer Kontakt



(a) Variante 1. Distanzsensoren als Abstands-messung



(b) Variante 2. Distanzhalter als mechanische Begrenzung (z.B Räder)

Abbildung 2: Mögliche Spurhalte Konzepte beim Trottoir

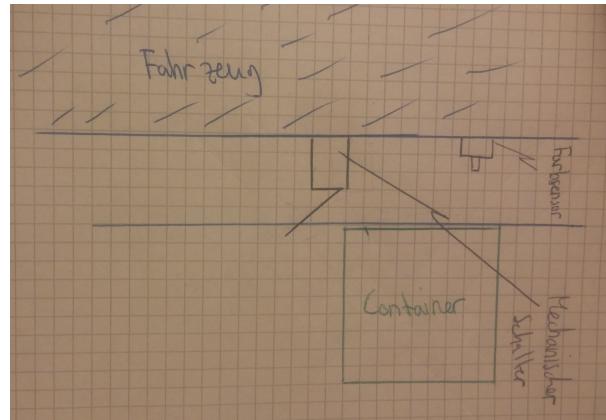


Abbildung 3: Distanzsensoren an der rechten Seite des Fahrzeugs

### Mechanische Detektion und Farbsensoren

- Unbekannte Genauigkeit muss getestet werden.
- Klarer Wert
- Mechanischer Kontakt (darf nichts ausser den Container berühren)

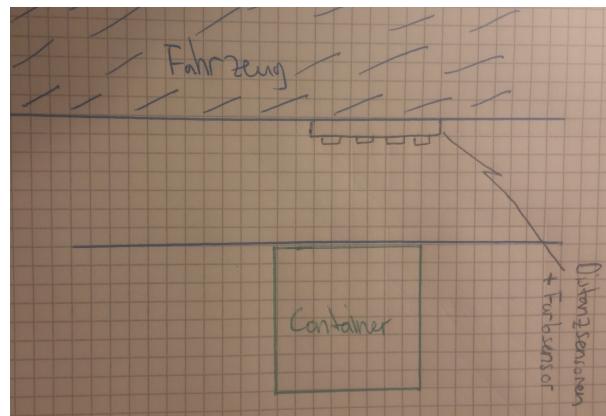


Abbildung 4: Ein Schalter an der rechten Seite des Fahrzeugs

## 2.2 Mechanismen die bei Müllfahrzeugen eingesetzt werden

- Der Greifer kann senkrecht zur Fahrbahn ausgefahren werden. Zudem ist der Greifer fähig eine Rotation um ca. 135° durchzuführen.  
Der genaue Mechanismus ist auf youtube (<https://www.youtube.com/watch?v=LTUjiLxzDQs>) von 0.08 bis 0.23 ersichtlich.
- Auf dem selben Video (bei 4:33-4:57) ist ein weiterer Mechanismus zu sehen, der mit einem Knickarm funktioniert.
- Bei 5:20-5:50 ist ein sehr einfache und direkte Lösung zu sehen. Es dürfte schwierig sein, diesen Vorgang autonom zu realisieren.

### 3 Entladen

#### 3.1 Kippen des Behälters



Seitliches Entladen des Behälters

Vorteile:

- einfache Realisierung
- wird in der Praxis angewandt

Nachteile:

- Nahes Heranfahren an Entladebehälter notwendig

#### 3.2 Seitliche Klappe öffnen

Vorteil:

- sehr einfach realisierbar

Nachteile:

- nicht automatisch wieder verschliessbar
- fraglich ob Zielbereich einhaltbar ist

#### 3.3 Mit Greifer ausladen

Vorteil:

- Greifer wird für 2 Funktion gebraucht (Einladen/Ausladen)

Nachteile:

- schwierig gesamtes Schüttgut zu erwischen
- aufwändiger Greifer
- schwierig realisierbar

## 4 Greifer

### 4.1 mechanisch

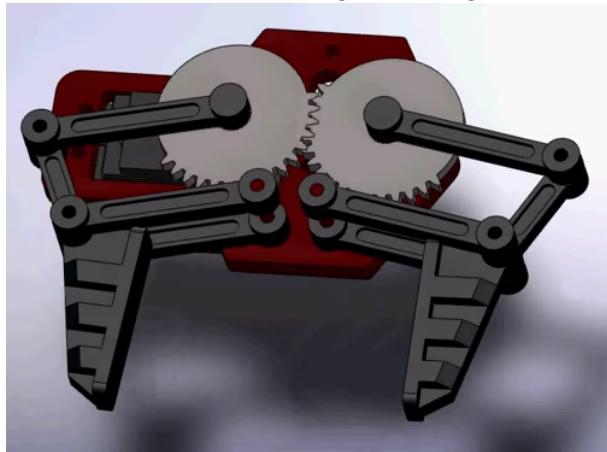
Greifer besteht aus einer festen Seite und einer beweglichen Seite



Eigenschaften:

- sehr einfacher Aufbau
- wenige Teile notwendig
- nicht präzise Lösung

Greifer mittels 2 Zahnräder gleichmässig schliessen



Eigenschaften:

- präzise Lösung
- aufwändiger Aufbau
- symmetrischer Aufbau

## 4.2 pneumatisch

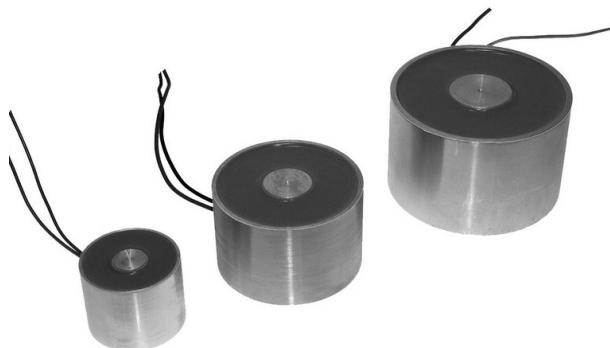


Eigenschaften:

- Druckluft-Aggregat notwendig
- hohe Präzision
- teuer

## 4.3 magnetisch

Greifen der M4 Schrauben und Muttern mittels eines Elektromagneten



Eigenschaften:

- einfacher Aufbau
- einfache Integration
- fraglich ob genügend stark

## 5 Antrieb

### 5.1 Elektromotor

- Vorwissen vorhanden
- Leicht (weniger als 200g)
- Klein
- Günstig (10.- bis 130.-)

- Leistungsstark (Mehr als 100 Watt)
- Hohe Umdrehungszahl
- Einfache Energieversorgung
- Einfach anzusteuern
- Sauber und leise
- <http://www.modellbau-friedel.com>

### 5.1.1 Bürstenloser Gleichstrommotor

- Gut geeignet für permanente Drehung (Fahren)
- Extra Regelung notwendig
- Nur bedingt präzise (Schwieriges Bremsen)
- Preis ab 100.-
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Bürstenloser\\_Gleichstrommotor](https://de.wikipedia.org/wiki/Bürstenloser_Gleichstrommotor)

### 5.1.2 Gleichstrommaschine

- Gut geeignet für permanente Drehung (Fahren)
- Extra Regelung notwendig
- Gutes Regelverhalten
- Nur bedingt präzise (Schwieriges Bremsen)
- Preis ab 80.-
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Gleichstrommaschine>

### 5.1.3 Schrittmotor

- Genaue Positionsrückmeldung ohne Sensoren
- Exakte Drehung/Kontrolle
- Schrittverlust bei Überlastung führt zu ungenauer Position
- Hohe Wärmeentwicklung
- Hohe Betriebsspannung
- Preis ab 30.-
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Schrittmotor>

## 5.2 Verbrennungsmotor

- Keine Erfahrung auf diesem Gebiet
- Teuer (100.- bis 400.-)
- Keine Größenangabe
- Komplex
- Extra Tank nötig
- Treibstoffkosten
- Zu Kräftig/Ungenau 2-4 PS
- Abgase
- Schwer
- Lärm
- <http://www.modellbau-friedel.com>

## 5.3 Pneumatik

- Nicht in Modellgröße erhältlich
- Komplex
- Extra Drucktank nötig
- Keine Erfahrung

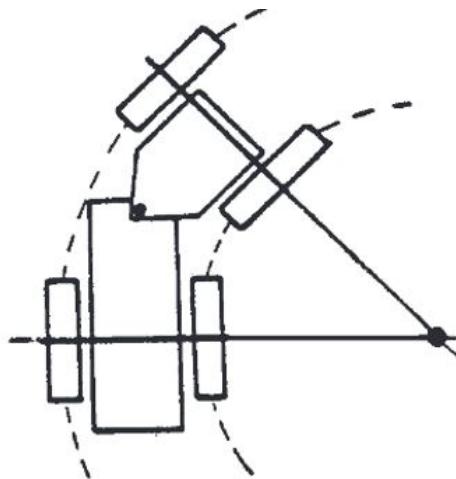
## 5.4 Dampfmaschine

- Stationärer Aufbau (Umbau nötig)
- Teuer (100.- oder mehr)
- Gross (200 x 140 mm)
- Hohes Gewicht (ca. 1kg)
- Keine Leistungsangabe
- [www.modell-dampfmaschinen.de](http://www.modell-dampfmaschinen.de)

# 6 Lenkung

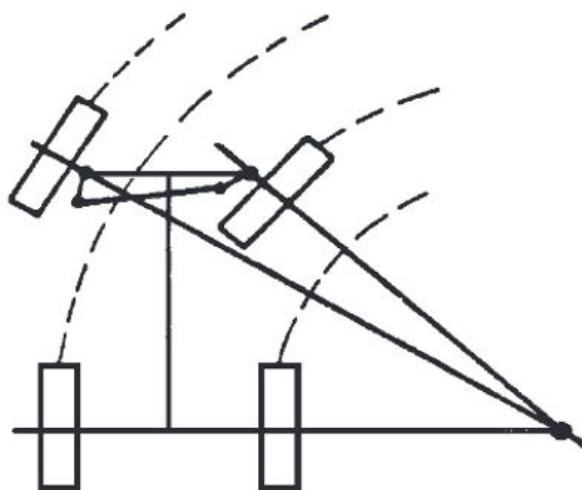
## 6.1 Knicklenkung

- Die Hinterachse folgt immer der gleichen Spur wie die Vorderachse.



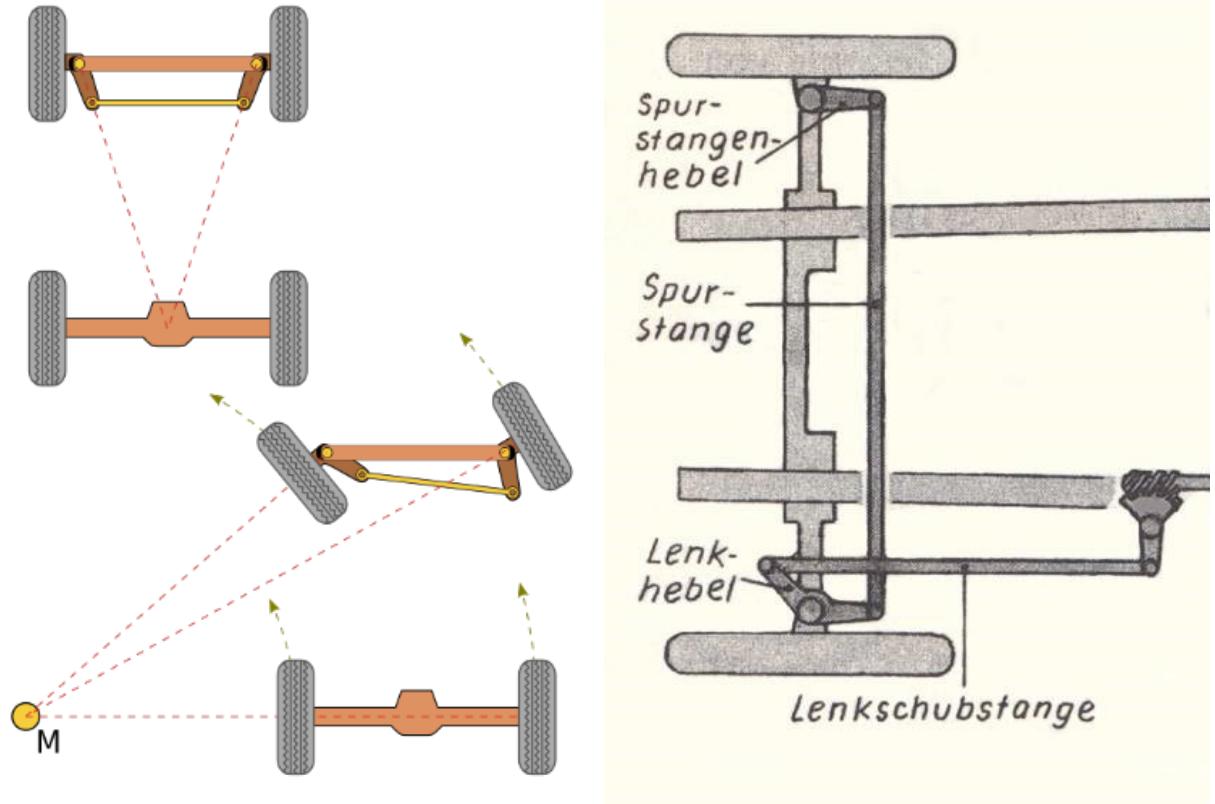
## 6.2 Achsschenkellenkung

- Die Standfestigkeit wird auch bei vollem Lenkeinschlag nicht beeinträchtigt.
- Heutige zweiachsige PWS und Nutzfahrzeuge sind fast alle mit Achsschenkellenkung gebaut.
- Das kurveninnere Rad ist stärker eingeschlagen als das kurvenäussere.



### 6.2.1 Lenktrapez

- Ermöglicht unterschiedliche Einschlagwinkel der Vorderräder.
- Ermöglicht einfaches einstellen eines Spurwinkels.
- Zur Berechnung von Lenktrapezen gibt es vorgefertigte EXEL Tabellen im Web.



### 6.3 Zweiradlenkung

- Lenkung mit einem Zwei- oder Dreiradfahrzeug durch unterschiedlich schnell rotierende Räder.

### 6.4 Lenkung für Kettenfahrzeuge

- Die Lenkung kann durch unterschiedlich schnelles laufen lassen der Ketten realisiert werden.

## 7 Mikrocontroller-Board

### 7.1 Anforderungen

- Schnittstelle zu möglichem Boardcomputer (UART,I2C,SPI,Ethernet)
- Gute Rechenperformance (besser mehr als zu wenig)
- AD Wandler
- Möglichst Kostengünstig (Richtpreis 20Fr.)

### 7.2 Tinkerforge

#### Vorteile

- Einfache und modulare Schnittstelle zum Boardcomputer
- Einfach erweiterbar mit zusätzlichen Modulen (z.B Sensoren)

- Viele benötigte Module Vorhanden: Schrittmotoren, Distanzsensoren, Liniensensoren und Farbsensoren

### Nachteile

- Grosser Aufwand für eigene Module (Abhängigkeit zu Tinkerforge)

## 7.3 HCS08 Devlopperboard

### Vorteile

- Positive Erfahrungen im MC Modul (Einarbeitung in die Grundfunktionen entfällt)
- Starterkit von der Hochschule erhältlich

### Nachteile

- Begrenzte Rechenpower

## 7.4 Arduinoboard

### Vorteile

- Im Preisrahmen, ein Board gibt es ab 20Fr.-
- Sehr grosse Community
- Einfache Programmierung

### Nachteile

- Besitzt ein Betriebssystem ⇒ weniger Hardware nahe

## 7.5 Freedomboard

### Vorteile

- Im Preisrahmen, ein Board gibt es ab 20Fr.-
- Wurde an der Hochschule bereits eingesetzt. (Mögliche Ansprechpersonen)
- Einfache Programmierung

### Nachteile

- Besitzt ein Betriebssystem ⇒ weniger Hardware nahe

## 8 Distanzsensoren

### 8.1 Anforderungen

- Einfaches auslesen der Daten muss möglich sein
- Genaue Positionsdaten, je nach Anforderungen +/- 1mm
- Preis darf 10Fr. nicht übersteigen
- Möglichst Störungsunabhängig
- Distanz 0.5 - 10cm (je nach Einsatz)
- Möglichst eindeutige Aussage (geringer Streuwinkel)

## 8.2 Ultraschallsensoren

### Vorteile

- Erschwinglich, ein Sensor kostet ungefähr 5Fr
- Unempfindlich auf Störeinflüsse (Ausser andere Ultraschallsensoren)
- Grosse Distanz (>10cm)

### Nachteile

- Kann nicht als Liniensor eingesetzt werden
- Keine klaren Grenzen (relativ grosser Abstrahlwinkel)

## 8.3 Infrarotsensoren

### Vorteile

- Kostengünstig (Sensor und Empfänger kosten zusammen 1.7Fr)
- Kann als Liniensor und Rad-Encoder eingesetzt werden.
- Eher klaren Grenzen (kleiner Abstrahlwinkel)

### Nachteile

- Benötigt zwei AD Eingänge
- Sind empfindlich auf UV-Licht
- Geringe Reichweite (je nach Typ nur bis 5mm)
- Als Liniensor: Nicht senrektes Abtasten ist problematisch

## 9 Farbsensoren

### 9.1 Anforderungen

- Einfaches auslesen der Daten muss möglich sein
- Genaue Farberkennung (Unterschied Gelb zwischen Blau und Grün muss möglich sein)
- Preis darf 10Fr. nicht übersteigen
- Distanz mindestens 5cm

### 9.2 Eigenschaften

#### Vorteile

- Im Preisrahmen, ein Farbsensor kostet ungefähr 10.-

#### Nachteile

- Benötigt AD Eingänge

## 10 Stromversorgung

### 10.1 Anforderungen

- Muss die Energieversorgung während der gesamten Fahrt gewährleisten können.
- Darf sich aufgrund seiner Baugröße und Gewichts nicht negativ auf das Fahrzeug auswirken

### 10.2 Batterien

- Einfache Beschaffung.
- Günstig.
- Relativ unempfindlich.
- Platzsparende Montage möglich.
- Einfache Energieregulierung durch Serie-, Parallelschaltung.
- Geringe Selbstentladung.

#### Nachteile

- Nicht wieder aufladbar.
- Kurze Lebensdauer.
- Geringe Energiedichte.
- Müssen regelmässig ersetzt werden.
- Für den längeren und intensiven Gebrauch eher ungeeignet

### 10.3 NiCd (Nickel-Cadmium)

- Große Auswahl an verschiedenen Bauformen.
- Verhältnismässig billig.
- Lange Lebensdauer.
- Relativ unempfindlich.
- Simple und billige Ladegeräte.

#### Nachteile

- Relativ schwer.
- Geringe Energiedichte.
- Mittelmässiger Ladewirkungsgrad.

## 10.4 Lithium-Akku (LiPo, Lilon)

- Grosse Auswahl von verschiedenen Bauformen.
- Sehr hohe Energiedichte.
- Geringe Selbstentladung.
- Lange Lebensdauer.
- Hoher Ladewirkungsgrad.
- Relativ leicht.

### Nachteile

- Empfindlich bei Über- und Unterschreiten der Spannungsgrenze.
- Teuer.
- Benötigt teure Ladegeräte.

## 10.5 NiMH (Nickel-Metallhydrid)

- Billig.
- Lange Lebensdauer.
- Relativ unempfindlich.
- Simple und billige Ladegeräte.

### Nachteile

- Relativ schwer.
- Mittelmässige Energiedichte.
- Mittelmässiger Ladewirkungsgrad.

# 11 Boardcomputer

## 11.1 Raspberry Pi

- Günstig (32.-)
- CPU 700MHz
- GPU Dual Core (OpenGL, OpenVG)
- RAM 512MB
- 85 x 56 x 17mm
- 4x USB 2.0
- Stromversorgung Micro USB 5V, 2A
- <https://www.pi-shop.ch/raspberry-pi-model-b>

## 11.2 Raspberry Pi 2

- Günstig (44.-)
- CPU 900MHz Quad-Core Cortex-A7
- GPU Dual Core (OpenGL, OpenVG)
- RAM 1GB DDR2
- 86 x 56 x 20 cm
- 4x USB 2.0
- Stromversorgung Micro USB 5V, 2A
- <https://www.pi-shop.ch/raspberry-pi-2-model-b>

## 11.3 Banana Pi

- Günstig (40.-)
- CPU 1GHz Dual-Core
- GPU ARM Mali400MP2
- RAM 1GB DDR3 (Shared with GPU)
- 92 mm x 60 mm
- 2x USB 2.0
- Stromversorgung Micro USB 5V
- <https://www.pi-shop.ch/banana-pi>

## 11.4 BeagleBone Black

- Teuer (60.-)
- AM335x 1GHz ARM® Cortex-A8
- 512MB DDR3 RAM
- 4GB Flash Speicher
- 3D Grafikbeschleunigung
- Ubuntu, Debian und Android unterstützt
- 210-460 mA 5V
- <http://www.beagleboard.org/BLACK>

## 11.5 ODROID-XU4

- Teuer (80.-)
- Exynos5422 Cortex A15 2Ghz 8 Kern CPU
- Cortex A7 8 Kern CPU
- Mali-T628 MP6(OpenGL ES 3.0/2.0/1.1)
- 2GB LPDDR3 RAM
- 82x58x22mm
- 4A 5V
- [http://www.hardkernel.com/main/products/prdt\\_info.php](http://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php)

Für diese Boards wird Zubehör benötigt, z.B. Stromkabel oder evtl. ein Gehäuse.

# 12 Bilderkennung

## 12.1 Anforderungen

- Objekterkennung (Container, Fahrzeug von rechts).
- Linie erkennen.
- Winkel der Linie erkennen.
- Farbe erkennen.
- Muss auf Linux oder Windows lauffähig sein.
- Muss mit Java, C++ oder C-Sharp kompatibel sein.
- Muss gut dokumentiert sein oder eine gute Community haben.

## 12.2 OpenCV

- Läuft auf den meisten Plattformen.
- Stellt eine grosse Bibliothek mit vielen Zusatzmodulen zur Verfügung.
- Ist mit vielen grossen anderen Bibliotheken kompatibel.
- Hat eine grosse Community.
- Ist gratis und open source (BSD) lizenziert.
- Ist gut dokumentiert.
- Ist kompatibel mit Java, C, C++, Python usw..
- Läuft sehr schnell.

### Nachteile

- Enthält auch viele Funktionalitäten, welche nicht benötigt werden (komplex).

## 12.3 MatLab

### Nachteile

- sehr hohe Lizenzkosten.

## 12.4 SimpleCV

- Läuft auf den meisten Plattformen.
- Ist mit OpenCV kompatibel.
- Ist gratis und open source.
- Hat eine grosse Community.
- Ist gut dokumentiert.
- Ist kompatibel mit Python.
- Läuft schnell.
- Leicht zu erlernen.

### Nachteile

- Deckt möglicherweise nicht alle Anforderungen.

## 12.5 LibCCV

- Läuft auf allen Plattformen.
- Ist gratis und open source (BSD) lizenziert.

### Nachteile

- Die Dokumentation ist mässig.

# 13 Kamerasysteme

## 13.1 Raspberry Pi CAM

- Kosten: ±30.-
- Baugrösse: 25x20x9mm
- Auflösung: 5 Megapixel, bis 30 Bilder pro Sekunde, 1080x720 HD
- Schnittstelle: 15 Pin Flachband MIPI Kameraschnittstelle.
- Lieferzeit: Innert 24h (Digitec)
- Kamerawinkel Horizontal:  $53.5 \pm 0.13$  Grad.
- Kamerawinkel Vertikal:  $41.41 \pm 0.11$  Grad.
- Bildformate: JPEG (beschleunigt), JPEG + RAW, GIF, BMP, PNG, YUV420, RGB888
- Brennweite:  $3.6\text{mm} \pm 0.01$
- Fixer Fokus: 1m bis unendlich
- Software: keine, Kompatibel zu RaspberryPi 1 und 2

### 13.2 Logitech Webcam C525

- Kosten: ±70.-
- Baugröße: 60x 40x 20mm geschätzt, keine genauen Angaben auf Herstellerseite.
- Auflösung: 8 Megapixel, 1280x720 HD
- Schnittstelle: USB 2.0
- Lieferzeit: Innert 24h (Fust, Microspot, Logitech)
- Kamerawinkel Horizontal: Keine Angaben
- Kamerawinkel Vertikal: Keine Angaben
- Bildformate: Keine Angaben
- Brennweite: Keine Angaben
- Fokus: Autofokus
- Software: Logitech Software nur Windows Vista, 7 und 8.

### 13.3 Logitech Webcam C615

- Kosten: ±100.-
- Baugröße: 80x 40x 20mm geschätzt, keine genauen Angaben auf Herstellerseite.
- Auflösung: 8 Megapixel, 1920x1080 Full HD
- Schnittstelle: USB 2.0
- Lieferzeit: Innert 24h (Fust, Microspot, Logitech)
- Kamerawinkel Horizontal: Keine Angaben
- Kamerawinkel Vertikal: Keine Angaben
- Bildformate: Keine Angaben
- Brennweite: Keine Angaben
- Fokus: Autofokus
- Software: Logitech Software nur Windows Vista, 7 und 8.

### 13.4 Logitech Webcam C920

- Kosten: ±100.-
- Baugröße: 80x 40x 20mm geschätzt, keine genauen Angaben auf Herstellerseite.
- Auflösung: 5 Megapixel, 1080x720 HD
- Schnittstelle: USB 2.0, VID\_046D&PID\_0821
- Lieferzeit: Innert 24h (Fust, Microspot, Logitech)
- Kamerawinkel Diagonal: 83 Grad
- Bildformate: Keine Angaben
- Brennweite: 4.3mm
- Fokus: Autofokus
- Software: Logitech Software nur Windows Vista, 7, 8 und 10.

## 13.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend können zwei Kamerasysteme verwendet werden. Dies sind einerseits die RaspberryPi Cam und andererseits eine Webcam, aus den Aufgeführten Modellen oder von weiteren Anbietern. Gemäss Tabelle xxx funktionieren diverse Modelle mit dem Raspberry Pi oder vergleichbaren Boards.

## 13.6 Vor- und Nachteile

### 13.6.1 Raspberry Pi CAM

#### Vorteile:

- Preis.
- Open Source und sehr Detaillierte Funktionsangaben.
- API vorhanden.
- Baublöcke und Befestigung.
- Schnittstelle auf Raspberry Pi abgestimmt.

#### Nachteile:

- Fixer Fokus ab 1m.
- Winkel mit 53.5 Grad etwas klein.
- Schnittstelle, wenn kein Raspberry Pi verwendet wird.

### 13.6.2 Webcams

#### Vorteile:

- Autofokus.
- Hohe Auflösung.
- Größere Auswahl an Modellen.

#### Nachteile:

- Preis.
- Baugröße oft nicht genau angegeben.
- Geringere Herstellerinformationen.
- Fehlende API.
- Befestigung, Gehäuse muss evtl entfernt werden.

## 13.7 Steuerung

Die Steuereinheit ist Haupteinheit für das autonome Fahren. In der Steuerung werden die Spurdaten eingelesen, verarbeitet und die entsprechenden Massnahmen getroffen. Ohne eine gute Steuerung ist das autonome Fahren nicht möglich.

### 13.8 Ein Steuerungsboard

Ein Board für die Verarbeitung der Spurdaten und für den Zugriff auf die Peripherie. **Vorteile**

- Keine Kommunikationsschnittstelle nötig (Fehlerquelle eliminiert)
- Preisersparnis

#### Nachteile

- Arbeitsaufteilung schwierig
- Weniger Rechenperformance

### 13.9 Bordcomputer und Hardwarecontroller

Ein Board für die Verarbeitung der Spurdaten und Steuerung und ein anderes Board für den Zugriff auf die Peripherie und alternative Aufgaben. **Vorteile**

- Getrennte Aufgabenbereiche
- Genügend Rechenperformance
- Weniger Seiteneffekte

#### Nachteile

- Braucht zwei Boards
- Schnittstelle nötig

## 14 Morphologischer Kasten

Energie Versor-gung	Elektrisch (Ak-ku)	Brennstoff	Pneumatik (di-rekt)	Pneumatik (Drucktank)
Startsignal	Knopf	Laptop	Smartphone	
Stoppsignal	Akustisch	Licht (Blinken)	Laptop Rück	Smartphone Rück
Antrieb	Elektromotor	Verbrennungs-motor	Pneumatik (Drucktank)	
Lenkung	Trapezlenkung	Achsenlenkung	Raupenlenkung	MC Car
Chassis	2 Achsen 4 Rä-der	2 Raupen	2 Räder 1 Stütze	
Anhalten	Bremsen	Motor stoppen		
Spurerkennung	Optisch	Infrarot	Ultraschall	
Containererkennung	Optisch	Infrarot	Ultraschall	Farbsensor (z.B. Lego)
Greifen	Gelenkarm	Kettengreifer		
Leerung	Schräge	Kippen	Stossen	
Lagerung	Becken	Beweglicher Container		

Tabelle 1: Morphologischer Kasten

## 15 Recherchequellen

Themengebiet	Beschreibung	Quelle	Bewertung (1-5)
<b>Bilderkennung</b>	OpenCV Beschreibung	<a href="http://docs.opencv.org/master/d1/dfb/intro.html#gsc.tab=0">http://docs.opencv.org/master/d1/dfb/intro.html#gsc.tab=0</a>	3
	Vergleich von OpenCV und SimpleCV	<a href="http://simplecv.tumblr.com/post/19307835766/opencv-vs-matlab-vs-simplecv">http://simplecv.tumblr.com/post/19307835766/opencv-vs-matlab-vs-simplecv</a>	4
	SimpleCV Beschreibung	<a href="http://simplecv.org/">http://simplecv.org/</a>	3
	Linienerkennung mit Open CV	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=aGGehlgiZoQ">https://www.youtube.com/watch?v=aGGehlgiZoQ</a>	3
<b>Boardcomputer</b>	Raspberry Pi	<a href="https://www.pi-shop.ch/raspberry-pi-model-b">https://www.pi-shop.ch/raspberry-pi-model-b</a>	4
	Raspberry Pi 2	<a href="https://www.pi-shop.ch/raspberry-pi-2-model-b">https://www.pi-shop.ch/raspberry-pi-2-model-b</a>	4
	Banana Pi	<a href="https://www.pi-shop.ch/banana-pi">https://www.pi-shop.ch/banana-pi</a>	4
<b>Antrieb</b>	Elektromotor	<a href="http://www.modellbau-friedel.com">http://www.modellbau-friedel.com</a>	3
	Verbrennungsmotor	<a href="http://www.modellbau-friedel.com">http://www.modellbau-friedel.com</a>	3
	Dampfmaschine	<a href="http://www.modell-dampfmaschinen.de">www.modell-dampfmaschinen.de</a>	3
<b>Lenkung</b>	Beschreibung Knicklenkung und Bild	<a href="http://www.portmanns.ch/Repetition/Fahrwerk/Lenkungsarten.pdf">http://www.portmanns.ch/Repetition/Fahrwerk/Lenkungsarten.pdf</a>	3
	Beschreibung und Bild Achsschenkellenkung	<a href="http://www.urlaub-und-hobby.de/metallbaukasten/so09dt.html">http://www.urlaub-und-hobby.de/metallbaukasten/so09dt.html</a>	4
	Lenktrapez	<a href="http://portmanns.ch/Repetition/Fahrwerk/Achssch.pdf">http://portmanns.ch/Repetition/Fahrwerk/Achssch.pdf</a>	2
<b>Stromversorgung</b>	Vergleich von Akkutypen	<a href="http://www.akku-abc.de/akku-vergleich.php">http://www.akku-abc.de/akku-vergleich.php</a>	3
	Grundlagenbeschreibung Akkutypen	<a href="http://rn-wissen.de/wiki/index.php/Akku-Grundlagen">http://rn-wissen.de/wiki/index.php/Akku-Grundlagen</a>	4
	Vergleich von Batterien und Akkus	<a href="http://www.conrad.de/ce/de/content/ti_AkkusBatterien/Nickel-Zink-Akkus-die-neue-Alternative-zu-den-herkömmlichen-Batterien">http://www.conrad.de/ce/de/content/ti_AkkusBatterien/Nickel-Zink-Akkus-die-neue-Alternative-zu-den-herkömmlichen-Batterien</a>	3
	Vergleich von Batterien und Akkus	<a href="http://www.computerbild.de/artikel/cb-Tests-PC-Hardware-Teure-Marken-gegen-Billig-Batterien-Mignon-AA-Micro-AAA-4640760.html">http://www.computerbild.de/artikel/cb-Tests-PC-Hardware-Teure-Marken-gegen-Billig-Batterien-Mignon-AA-Micro-AAA-4640760.html</a>	2
<b>Liniensensoren</b>	Beispiel eigene Liniensensoren mit Tipps	<a href="http://www.cs.hs-rm.de/~linn/vpdv0708/asuro1/das_projekt_liniensensoren.html">http://www.cs.hs-rm.de/~linn/vpdv0708/asuro1/das_projekt_liniensensoren.html</a>	3

	Opensource Beispiel Liniesensor	<a href="https://www.tinkerforge.com/de/shop/bricklets/line-bricklet.html">https://www.tinkerforge.com/de/shop/bricklets/line-bricklet.html</a>	4
	Opensource Beispiel Infrarot Linienfolger Arduino	<a href="http://www.instructables.com/id/Arduino-Line-Following-Robot-for-Beginners/">http://www.instructables.com/id/Arduino-Line-Following-Robot-for-Beginners/</a>	4
	Opensource Beispiel Infrarot Linienfolger Selfmade + Regelung	<a href="http://www.societyofrobots.com/member_tutorials/book/export/html/350">http://www.societyofrobots.com/member_tutorials/book/export/html/350</a>	2
<b>Distanzsensoren</b>	Arduino Ultraschallsensor Überblick	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=U75vH-VfaPQ">https://www.youtube.com/watch?v=U75vH-VfaPQ</a>	3
	Allgemeiner Sensor Überblick	<a href="http://www.robotc.de/ev3-sensoren/">http://www.robotc.de/ev3-sensoren/</a>	5
	IR Sensor (von Tinkerforge)	<a href="https://www.tinkerforge.com/de/shop/accessories/sensors/infrared-sensor-gp2y0a41sk0f.html">https://www.tinkerforge.com/de/shop/accessories/sensors/infrared-sensor-gp2y0a41sk0f.html</a>	1
	IR Sensor (von Tinkerforge, kurze Distanz)	<a href="http://www.tinkerforge.com/de/doc/Hardware/Bricklets/Line.html">http://www.tinkerforge.com/de/doc/Hardware/Bricklets/Line.html</a>	1
<b>Farbsensor</b>	Farbsensormodul	<a href="http://www.amazon.de/RGB-Farbsensor-mit-Filter-Arduino/dp/B00CYOFN2K">http://www.amazon.de/RGB-Farbsensor-mit-Filter-Arduino/dp/B00CYOFN2K</a>	3
	Farbsensormodul	<a href="https://www.openimpulse.com/blog/products-page/product-category/tcs230-color-sensor-module-2/">https://www.openimpulse.com/blog/products-page/product-category/tcs230-color-sensor-module-2/</a>	3
<b>Mikrocontroller Module</b>	MC Modul mit Erweiterungen	<a href="https://www.tinkerforge.com/de/">https://www.tinkerforge.com/de/</a>	4
	Freedomboard	<a href="http://www.freescale.com/products/arm-processors/kinetis-cortex-m:KINETIS">http://www.freescale.com/products/arm-processors/kinetis-cortex-m:KINETIS</a>	5
	Freedomboard Überblick KL-Line	<a href="http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/selector_guide/KINETISLMCUSELGD.pdf?fpss=1&amp;WT_TYPE&gt;Selecto">http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/selector_guide/KINETISLMCUSELGD.pdf?fpss=1&amp;WT_TYPE&gt;Selecto</a>	4
	Arduino Board	<a href="https://www.arduino.cc/en/Main/Boards">https://www.arduino.cc/en/Main/Boards</a>	2
<b>Greifer</b>	Beschreibung diverser Greifer	<a href="http://www.zwahlenag.ch/produkte/greifer-pneumatische-greifzangen.php">http://www.zwahlenag.ch/produkte/greifer-pneumatische-greifzangen.php</a>	3
<b>Beladen</b>	Video zu diversen Belademechanismen die in der Praxis verwendet werden	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=LTUjiLxzDQs">https://www.youtube.com/watch?v=LTUjiLxzDQs</a>	4
<b>Entladen</b>	Bild einer möglichen Variante	<a href="http://www.asia.ru/de/ProductInfo/1423164.html">http://www.asia.ru/de/ProductInfo/1423164.html</a>	2
<b>Kamerasysteme</b>	Technische Doku Raspberry Pi CAM	<a href="https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/camera.md">https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/camera.md</a>	4
	Logitech- Produkteseite Kamera	<a href="http://support.logitech.com/de_ch/home">http://support.logitech.com/de_ch/home</a>	2
	Raspberry Pi Infrarotkamera	<a href="https://www.raspberrypi.org/blog/pi-noir-infrared-camera-now-available/">https://www.raspberrypi.org/blog/pi-noir-infrared-camera-now-available/</a>	2
10. Dezember 2015	Beispielvideo Spurerkennung Kamera	<a href="http://weelug.blogspot.ch/2011/08/spurerkennung.html">http://weelug.blogspot.ch/2011/08/spurerkennung.html</a>	Seite 24 von 25 2
	Infoseite iOnRoad App	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nicitud.iOnRoad">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nicitud.iOnRoad</a>	3

