



# Hochschule Luzern Technik & Architektur

Produktentwicklung 2 | Team 32

[www.ARCTICOS.ch](http://www.ARCTICOS.ch)



Eine interdisziplinäre Projektarbeit  
der Studiengänge Elektrotechnik,  
Informatik, Maschinentechnik und  
Wirtschaftsingenieur | Innovation

Horw, 16. Juni 2013

## Autoren

**Chiara Mauro**



Abbildung 1: Chiara Mauro

Maschinentechnik  
(Vollzeit)

**Murer Silvan**



Abbildung 2: Murer Silvan

Elektrotechnik  
(Vollzeit)

**Rohrer Felix**



Abbildung 3: Rohrer Felix

Informatik  
(Berufsbegleitend)

**Schaller David**



Abbildung 4: Schaller David

Maschinentechnik  
(Vollzeit)

**Vonarburg Matthias**



Abbildung 5: Vonarburg Matthias

Wirtschaftsingenieur –  
Innovation (Vollzeit)

**Yunes Sherwan**



Abbildung 6: Yunes Sherwan

Maschinentechnik  
(Vollzeit)

**Zimmermann Daniel**



Abbildung 7: Zimmermann Daniel

Informatik  
(Berufsbegleitend)

## Inhalt

Management Summary.....	3
Danksagung .....	3
1 Einführung und Rückblick PREN 1 .....	4
2 Produktabweichung Prototyp – Marktfähiges Produkt .....	5
2.1 Kosten marktfähiges Produkt .....	5
2.2 Maschinentechnik .....	5
2.3 Elektronik und Informatik.....	5
3 Designstudie.....	6
3.1 Anforderungen an das Design .....	6
3.2 Designanalyse von bestehenden Produkten .....	6
3.3 Entwürfe für PREN 2.....	7
3.4 Entwürfe für den Markt.....	8
4 Informatik.....	9
4.1 Systemaufbau.....	9
4.2 Schnittstellen Übersicht .....	9
4.3 Ablauf Parcours .....	12
4.4 Routenplan mit zugehörigem Programmablauf.....	13
4.5 Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi .....	14
4.6 Spezifikation Software Arduino.....	15
4.7 Spezifikation Software Raspberry Pi.....	18
4.8 Testkonzept .....	20
5 Elektrotechnik .....	25
5.1 Blockschema.....	25
5.2 Arduino Mega 2560.....	26
5.3 Raspberry Pi.....	26
5.4 Ultraschallsensor .....	26
5.5 Motorensteuerung .....	27
5.6 Energieversorgung.....	27
5.7 Schema .....	27
5.8 Pin Belegung.....	30
5.9 Herstellung .....	32
5.10 Programmierung .....	33
6 Maschinentechnik.....	35
6.1 Beschreibung des Prototyps.....	35
6.2 Modifikationen .....	38
7 Bedienungsanleitung .....	40
7.1 Sicherheitshinweise.....	40
7.2 Verpackungsinhalt.....	40
7.3 Montage Akku .....	40

7.4	Aufbau .....	41
7.5	Montage .....	42
7.6	Inbetriebnahme.....	43
7.7	Starten des ARCTICOS .....	43
7.8	Während des Betriebes.....	43
7.9	Massnahmen bei Funktionsstörungen .....	43
8	Konzept Messeauftritt .....	44
8.1	Corporate Identity .....	44
8.2	ARCTICOS Logo .....	44
8.3	Slogan .....	44
8.4	Limbic-Map.....	45
8.5	Aufbau Messestand.....	45
8.6	Bau Messestand .....	46
8.7	Poster und Flyer .....	46
9	Diskussion.....	48
9.1	Entwicklungskosten.....	48
9.2	Aufgewendete Maschinenstunden .....	49
9.3	Zeitlicher Entwicklungsaufwand.....	50
9.4	Erfahrungen, „Lessons learned“ .....	51
9.5	Offene Punkte, Risiken und Ausblick.....	53
	Abkürzungsverzeichnis .....	54
	Abbildungsverzeichnis.....	55
	Tabellenverzeichnis .....	56
	Quellcodeverzeichnis .....	56
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	57
	Anhang .....	58



## Management Summary

Die vorliegende Arbeit beinhaltet die Dokumentation zur Realisierung eines autonomen Fahrzeuges. ARCTICOS ist das Fahrzeug des Projektteam 32, welches zur Erfüllung der Aufgabenstellung im Modul Produktentwicklung 2 der Hochschule Luzern Technik & Architektur entstanden ist. Die Realisierung stellt die Fortsetzung der Planung aus dem Modul PREN 1 dar.

Die Anforderung an das interdisziplinäre Team besteht darin, mit einem autonomen Fahrzeug einen Parcours abzufahren. Dieses soll Hindernisse überwinden, einen QR-Code erkennen und dessen Homepage abrufen, Informationen der Internetseite verarbeiten und das Ergebnis akustisch oder visuell bekannt geben. Zum Schluss muss mit den Informationen aus der abgerufenen Webseite in der richtigen Garage parkiert werden. Neben der eigentlichen Realisierung wird die Vermarktung des Fahrzeuges beschrieben. Dazu erstellt das Projektteam 32 für die Standpräsentation einen Flyer und zwei Plakate.

Als Steuereinheit verfügt ARCTICOS über einen Arduino Mikrocontroller. Mit einer Webcam und dem Einplatinencomputer Raspberry Pi wird der QR-Code eingelesen und ausgewertet. Die Fortbewegung erfolgt mit einer Panzersteuerung, realisiert mit einem Raupensystem. Die Orientierung ist mittels Ultraschallsensoren gelöst.

Mit ARCTICOS kann die Aufgabenstellung erfüllt und der Parcours fehlerfrei absolviert werden.

## Danksagung

Beim Verfassen der vorliegenden Projektarbeit wurde das Projektteam 32 von verschiedenen Dozenten und Experten der Hochschule Luzern Technik & Architektur unterstützt.

Ein besonderer Dank geht dabei an Herr Dipl. El.-Ing. ETH Martin Klaper für seine wertvollen Ratschläge und die Betreuung während dieser Projektarbeit, sowie für die zeitaufwändige Gegenkorrektur vor den Meilensteinen. Ein weiterer Dank geht an Prof. Ernst Lüthi für seine fachlichen Inputs.

Frau Dr. Nina Zimnik gilt ein spezieller Dank für das Gegenlesen der gesamten Dokumentation.

## 1 Einführung und Rückblick PREN 1

An der Hochschule Luzern Technik & Architektur (HSLU T&A) in Horw werden jedes Jahr in einem interdisziplinären Team die Module Produktentwicklung 1 und 2 (PREN 1 und PREN 2) durchgeführt. Die vier Fachbereiche Elektrotechnik, Informatik, Maschinentechnik und Wirtschaftsingenieur | Innovation planen und entwickeln ein Produkt, welches eine vordefinierte Aufgabenstellung erfüllen muss. Die genaue Aufgabenstellung für das Studienjahr 2012 / 2013 ist im Anhang i beschrieben.

Während der Durchführung des PREN 1 - Moduls im Herbstsemester 2012 wurde die Planung für einen autonomen Roboter gestartet. Der Auftrag lautete, ein Konzept für die Realisierung des Roboters zu erarbeiten und diesen Vorgang zu dokumentieren. Als Marktsegment wurde die Ortung von Verschütteten nach Lawinenniedergängen gewählt.

Das Schlusskonzept sieht vor, ein Raupenfahrzeug zu realisieren, welches den Parcours der Aufgabenstellung fehlerfrei absolvieren soll. Die Orientierung übernehmen die Ultraschallsensoren, der Antrieb wird über zwei DC-Motoren sichergestellt. Der QR-Code wird mit einer Webcam herausgelesen und über ein Raspberry Pi verarbeitet. Die gesamte Steuerung soll über ein Arduino koordiniert werden.

Die nachfolgende Arbeit, welche die Realisierungsphase dokumentiert, ist folgendermassen gegliedert. Zu Beginn werden die Vorgänge zur Realisierung des Roboters (nachfolgend auch ARCTICOS genannt) beschrieben und die Änderungen gegenüber dem Grobkonzept aus PREN 1 aufgezeigt. In einem weiteren Kapitel ist mit einer Betriebsanleitung die Funktions- und Sicherheitskonforme Inbetriebnahme aufgelistet. Weiter wird die Erarbeitung eines detaillierten Standkonzeptes für die Erfindermesse vom 3. Juli 2013 auf dem Campus der Hochschule Luzern T&A aufgezeigt. Abschliessend folgt die Reflexion des gesamten Projekts.

## 2 Produktabweichung Prototyp – Marktfähiges Produkt

Für die Erarbeitung der Grundkonstruktion (Fortbewegung mit Raupen, Erkennung von Hindernissen mittels Sensoren, autonome Fortbewegung und Verarbeitung von Bildmaterial) wurde in PREN 1 und PREN 2 bereits viel Arbeit investiert. Für ein marktfähiges Produkt müsste jedoch nochmals ein Vielfaches der Zeit investiert werden, besonders um den Anforderungen der autonomen Fortbewegung gerecht zu werden. Zusätzliche Baugruppen, welche für einen Zielmarkt notwendig sind, verursachen ebenfalls Entwicklungsaufwand und erhöhen die Investitionskosten. Neben dem Mehraufwand bei der Anpassung der Software und der zusätzlich benötigten Baugruppen müssen am Fahrzeug diverse Modifikationen vorgenommen werden.

### 2.1 Kosten marktfähiges Produkt

Folgende Tabelle zeigt die maximalen Maschinenstunden und Kosten, welche im PREN 1 und 2 für das Produkt anfallen dürfen, sowie eine Schätzung des Entwicklungsaufwands für ein marktfähiges Produkt.

Position	PREN-Fahrzeug	Marktfähiges Produkt
Maschinenstunden 3D-Drucker	Maximal 25 Stunden	100 Stunden
Werkstattpersonal Elektrotechnik	Maximal 10 Stunden	1'000 Stunden
Werkstattpersonal Maschinenteknik	Maximal 10 Stunden	500 Stunden
Budget Prototyp	Max. CHF 600.-	CHF 100'000.-

Tabelle 1: Geschätzte Kosten für ein marktfähiges Produkt

### 2.2 Maschinenteknik

Für ein erfolgreiches Bestehen auf dem Markt muss das Fahrzeug mehr der Umgebung angepasst werden. Die Auflagefläche des Fahrzeugs muss dem Gewicht angepasst werden, um ein Einsinken im Schnee zu verhindern. Deshalb muss das Design des Roboters überarbeitet werden, indem das Fahrzeug flacher und breiter wird. Ein Pistenfahrzeug mit seinem tiefen und breiten Aufbau dient dabei als Vorlage für die Formgebung. Neben der Gewichtsverteilung muss die Materialwahl geprüft werden, um unnötiges Gewicht einsparen zu können. Zum einen können bei der Wanne Gewichtsoptimierungen vorgenommen werden, zum anderen müssen einzelne Komponenten wie der Blei-Akku, ersetzt werden.

Damit ARCTICOS optional Verschüttete markieren kann, benötigt dieser ein System, um die aktuelle Position zu kennzeichnen. Eine farbliche Bodenmarkierung kann nicht so schnell verweht werden und stellt eine sichere und günstige Option dar. Diese Baugruppe müsste in einem späteren Schritt entwickelt werden. Die Fahrzeugkomponente Sensorik benötigt eine Erweiterung durch das Recco®-System sowie ein Lawinenverschüttetensuchgerät (LVS).

### 2.3 Elektronik und Informatik

Eine einwandfreie Software ist für die komplexe und autonome Suche nach Verschütteten essenziell, deshalb muss die PREN-Software überarbeitet und den neuen Anforderungen angepasst werden. Neben der autonomen Suche muss das Fahrzeug für den Markterfolg mit einer Funksteuerung ausgestattet werden, damit individuelle Ziele vom Fahrzeug angefahren werden können. Für die oben beschriebenen Funktionen benötigt ARCTICOS eine Erweiterung im Bereich Software und Elektronik.

### 3 Designstudie

Im PREN 1 wurde bereits beschlossen, dem Designkredo „form follows function“ zu folgen und somit das Design der Funktion unterzuordnen. Von der technischen Seite war bereits beschlossen, die Unterkonstruktion aus praktischen Gründen als Wanne zu fertigen. Um dem Fahrzeug ein konsequentes Design zu verpassen, galt es einen Deckel zu gestalten, welcher das Gesamtdesign des Fahrzeugs unterstützt. Generell ist das Design von ARCTICOS stark von seinem Einsatzgebiet beeinflusst. Dies wird vor allem durch die Raupen hervorgehoben.

#### 3.1 Anforderungen an das Design

Der Roboter soll kompakt und stabil gebaut sein. Es ist für seinen Einsatzzweck essentiell, dass er zuverlässig wirkt. Dieses Vertrauen in die Technik soll durch ein modernes und technomorphes Design erzielt werden. Da die Wannenkonstruktion keine Wartungen von der Unterseite zulässt, ist es zudem notwendig, dass der Deckel einfach zu entfernen ist und der Innenraum des Fahrzeugs so leicht zugänglich ist.

#### 3.2 Designanalyse von bestehenden Produkten

Einen fahrenden Roboter zur Suche von Lawinenopfern gibt es bisher noch nicht. So kann das Design nicht direkt mit dem von Konkurrenten verglichen werden. Allerdings setzt Schnee als Untergrund eine hohe Anpassung an das Einsatzgebiet voraus. Als Vergleich zu ARCTICOS können deshalb Designs von anderen Fahrzeugen verwendet werden, welche auf dem gleichen Terrain unterwegs sind.



Abbildung 8: Pistenfahrzeug

Pistenfahrzeuge (Abbildung 8) werden eingesetzt, um die Strecken von Skigebieten für Wintersportler befahrbar zu machen. Die Modelle von den meisten Marken zeigen die gleichen charakteristischen Merkmale. Zuerst fallen die breiten Raupen auf, die für den Halt auf dem glatten Untergrund sorgen. Ausserdem sind die Fahrzeuge bis auf die Führerkabine sehr flach gebaut, da sie einen tiefen Schwerpunkt benötigen.

Ebenfalls sind sie meist in einer auffälligen Farbe lackiert, um auf dem weissen Hintergrund gut sichtbar zu sein.

Ein weiteres Fahrzeug zur Fortbewegung im Schnee, ist das Schneemobil (Abbildung 9). Der Einsatzbereich für dieses Fahrzeug ist sehr breit, da es einerseits als Spass- und Sportobjekt benutzt wird, andererseits aber auch für logistische Zwecke zum Einsatz kommt. Was bei den meisten Modellen auffällt, ist die kompakte Bauweise und ein gross dimensionierter Raupenantrieb.



Abbildung 9: Schneemobil

Zur Kühlung des Motors besitzt das Fahrzeug Lüftungsschlitze. Im Gesamten wirkt das Schneemobil technomorph.

### 3.3 Entwürfe für PREN 2

In erster Linie sollte das Aussehen von ARCTICOS einem Pistenfahrzeug angepasst werden. Diese Fahrzeuge kommen mit praktisch jedem Untergrund zurecht und wirken zuverlässig und robust. Allerdings wurde bereits im PREN 1 bewusst, dass dies nicht durchgehend umsetzbar ist. Eine Einschränkung ist die Parkplatzbreite, welche in der Aufgabenstellung vorgegeben wird. Aus diesem Grund wäre es ein grosser Nachteil, die Raupen seitlich an das Fahrzeug anzubauen. Eine andere Anpassung ist die Raupenbreite. Breite Raupen sind auf Schnee wichtig, um genügend Auflagefläche zu haben. Da der PREN-Parcours auf Holzuntergrund ausgeführt wird und die Zahnriemen-Raupen mit steigender Breite immer teurer werden, ist die gewählte Breite für den Parcours optimiert. Durch diese Modifizierungen verlor das Fahrzeug gesamthaft an Breite und wurde gleichzeitig höher, was nicht den Anforderungen für Schneefahrzeuge entspricht. Um dies nicht noch weiter zu verstärken, ist der Deckel bewusst flach gestaltet. Das Gehäuse für die Kamera, welches im PREN 1 noch eingeplant war, wurde nicht realisiert, weil ein zusätzliches Glas oder Kunststoff vor der Linse die Bildqualität negativ beeinflusst. Ausserdem unterstützt die Sichtbarkeit der Kamera das technomorphe Erscheinungsbild von ARCTICOS. Ein weiteres Detail, welches modern und technisch wirkt, bilden die Lüftungsschlitze am Heck des Fahrzeugs. Diese haben den Zweck, die Abwärme der Elektronik abzuführen. Der Deckel wird aus mattiertem Plexiglas realisiert. Dies passt zum gesamten Erscheinungsbild von ARCTICOS und kann bei Bedarf von unten beleuchtet werden, um das Fahrzeug besser sichtbar zu machen.

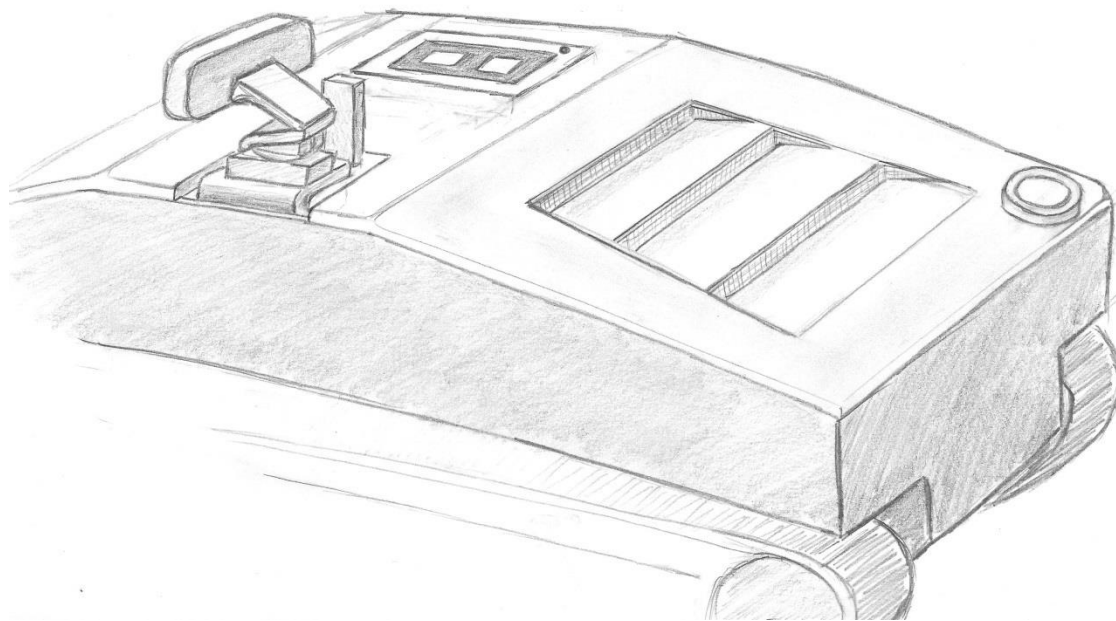


Abbildung 10: Designstudie Deckel



### 3.4 Entwürfe für den Markt

Der ARCTICOS soll ein vertrauenerweckendes Fahrzeug sein, welches Personen in Not Hilfe leistet. Da sich das Einsatzgebiet vorwiegend auf Schnee begrenzt, ist es notwendig breite Raupen zu verwenden. Um die Kamera vor Kälte und Schnee zu beschützen, ist für die Outdoor-Verwendung ein Gehäuse auf dem Fahrzeug vorgesehen. Ein weiterer wichtiger Faktor, welcher bei der Realisierung beachtet werden muss, ist die Grösse der Schneeklumpen in Lawinen. Für ein erfolgreiches Befahren dieses Terrains sollte das einsetzfähige Produkt wesentlich grösser sein als der gebaute PREN-Roboter. Bei einem grösseren Modell wäre es möglicherweise von Vorteil, Benzinmotoren zu verwenden. Ein Umbau sollte kein Problem darstellen, da die Elektronik im Vergleich zum kleinen Fahrzeug viel weniger Platz in Anspruch nimmt und kein grosser Akku mehr benötigt wird. Zwei mögliche Endprodukte sind in den Abbildung 11 und Abbildung 12 zu sehen.

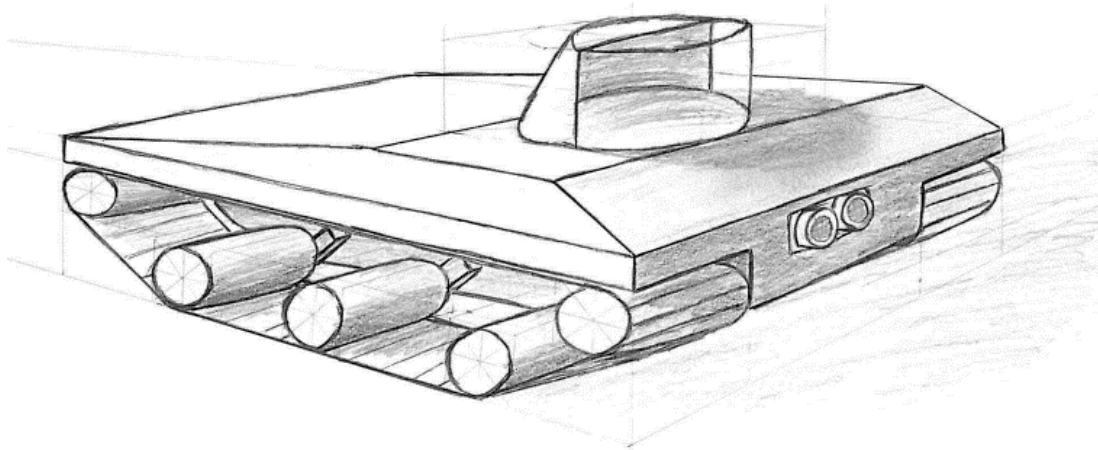


Abbildung 11: Mögliches Endprodukt ARCTICOS

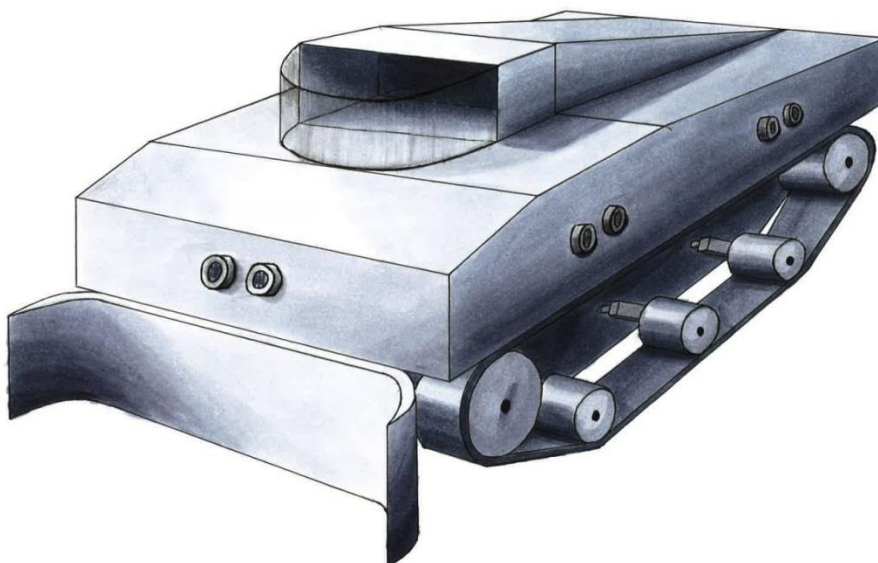


Abbildung 12: Mögliches Endprodukt ARCTICOS 2

## 4 Informatik

### 4.1 Systemaufbau

Das Gesamtsystem besteht aus zwei Mikrocontrollern. Das Arduino wird für die Hardware Steuerung verwendet und ist stark mit der Elektronik verknüpft. Der zweite Mikrocontroller, das Raspberry Pi, wird für die QR-Code-Auswertung, Webseitenabfrage und Auswertung verwendet. Am Raspberry Pi wird die Webcam angeschlossen. Die Kommunikation mit dem Internet findet mit Hilfe eines WLAN-Dongles statt. Durch diese Aufteilung kann die Motoren- und Sensoren-Steuerung hardwarenahe programmiert werden, ohne die Möglichkeiten für die High-Level Programmierung auf dem Raspberry Pi einzuschränken. Mit den Optionen, die durch das Raspberry Pi eröffnet werden, ist kein zusätzliches Notebook notwendig. ARCTICOS kann abgesehen von einem WLAN-Accesspoint mit Internetzugang autonom funktionieren. Zusätzlich hat dies den Vorteil, dass die Schnittstellen und Abhängigkeiten minimiert werden können.

Die Ablaufreihenfolge des Parcours ist in der Software fest vorgegeben, jedoch können die Parameter einfach angepasst werden. Dies erlaubt eine schnelle Anpassung an einen abgeänderten Parcours. Durch die bewegliche Montage der Kamera kann diese sowohl als Webcam als auch für die QR-Code Erkennung verwendet werden.

### 4.2 Schnittstellen Übersicht

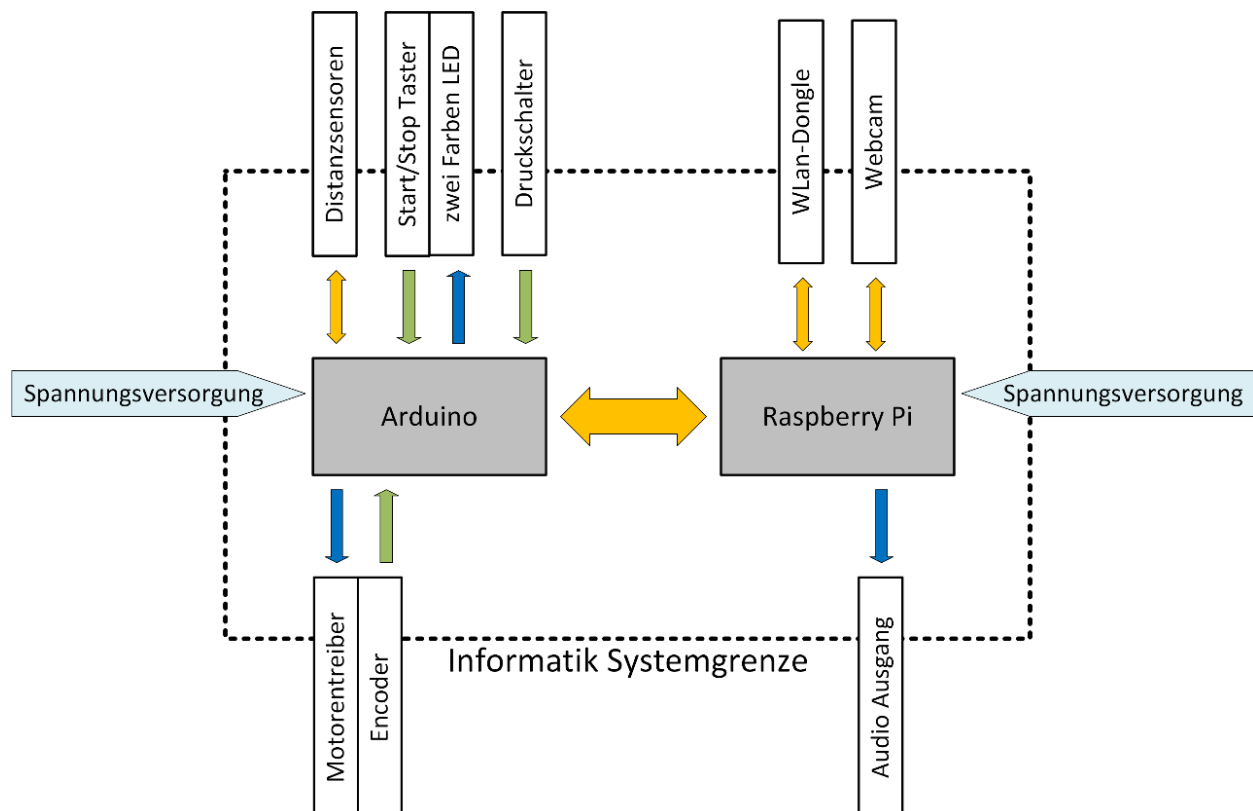


Abbildung 13: Schnittstellen Übersicht

#### 4.2.1 Schnittstellen Arduino

- **Serial: Raspberry Pi**  
*Betriebsart: In- / Output*  
Das Raspberry Pi wird via Serial-Interface (9600Baud) mit dem Arduino verbunden.
- **Ultraschallsensor**  
*Betriebsart: In- / Output*  
Pro Ultraschallsensor wird zusätzlich zur Spannungsversorgung eine Trigger- und Echo-Datenleitung benötigt.
- **Druckschalter**  
*Betriebsart: Input*  
Pro Druckschalter wird eine Datenleitung benötigt.
- **Start / Stop Taster**  
*Betriebsart: Input*  
Für den Start- / Stop-Taster wird eine Datenleitung benötigt.
- **LED für Start / Stop Taster**  
*Betriebsart: Output*  
Für die zwei LEDs werden zwei Datenleitungen benötigt.
- **Motoren-Treiber**  
*Betriebsart: Output*  
Für die Ansteuerung der Motoren werden vier Datenleitungen für die Richtung und zwei PWM-Datenleitungen für die Geschwindigkeit benötigt.
- **Encoder**  
*Betriebsart: Input*  
Pro Motor-Encoder werden zwei Datenleitungen benötigt. Die Encoder sind eine Eigenentwicklung, basierend auf Helligkeitssensoren.
- **Spannungsversorgung**  
Das Arduino-Board benötigt eine 5V-Betriebsspannung.

#### 4.2.2 Schnittstellen Raspberry Pi

- **Serial: Arduino**  
*Betriebsart: In- / Output*  
Das Arduino wird via Serial-Interface (9600Baud) mit dem Raspberry Pi verbunden.
- **USB**  
*Betriebsart: In- / Output*  
Der WLAN-Dongle und die Webcam werden jeweils mittels USB mit dem Raspberry Pi verbunden.
- **Audio Ausgang**  
*Betriebsart: Output*  
Für die akustische Ausgabe werden zwei Leitungen (Analog-Signal) verwendet.
- **Spannungsversorgung**  
Das Raspberry Pi-Board benötigt eine 5V Betriebsspannung.



### 4.2.3 Serielle Kommunikation

Die Kommunikation zwischen dem Raspberry Pi und dem Arduino läuft über das serielle Interface. In der untenstehenden Tabelle ist ersichtlich, welche Befehle ausgewertet werden und was die jeweiligen Antwortmöglichkeiten sind.

Anfrage (Nr)	Beschreibung	Mögliche Antworten (Nr)	Beschreibung
SearchQRCode (1)	Das Raspberry Pi startet damit, den QRCode zu suchen.	Searching (4)	Starte Suche vom QR-Code
		Found (5)	QR-Code gefunden
		NotFound (6)	QR-Code nicht gefunden
GetStatus (2)	Das Raspberry Pi gibt den aktuellen Status zurück.	Busy (7)	Beschäftigt
		Idle (8)	Nicht Beschäftigt
		Error (9)	Fehler
		OK (10)	Betriebsbereit
GetParknummer (3)	Das Raspberry Pi gibt die Parknummer zurück, welche ausgelesen wurde.	Error (11)	Fehler beim Laden der Parknummer
		1 (12)	Parknummer 1 erkannt
		2 (13)	Parknummer 2 erkannt
		3 (14)	Parknummer 3 erkannt
		4 (15)	Parknummer 4 erkannt
		5 (16)	Parknummer 5 erkannt

Tabelle 2: Befehlsübersicht serielle Schnittstelle

### 4.3 Ablauf Parcours

Der Parcours wurde in sieben verschiedene Bereiche aufgeteilt. Je nach Bereich führt ARCTICOS unterschiedliche Aktionen aus. Im nachfolgenden Flussdiagramm (siehe Abbildung 14) sind die einzelnen Aktionen in ihrer Abhängigkeit dargestellt.

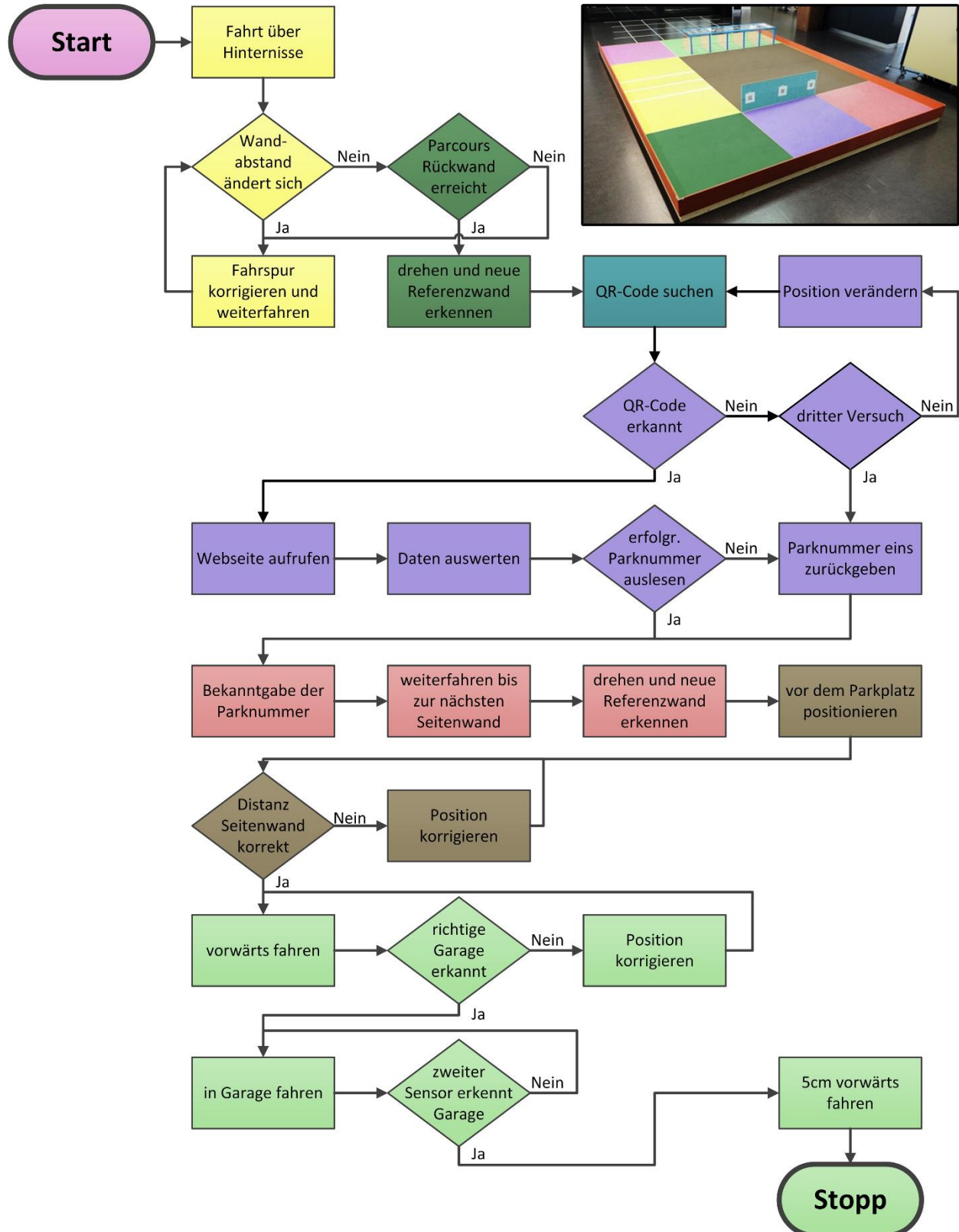


Abbildung 14: Flussdiagramm Parcours

#### 4.4 Routenplan mit zugehörigem Programmablauf

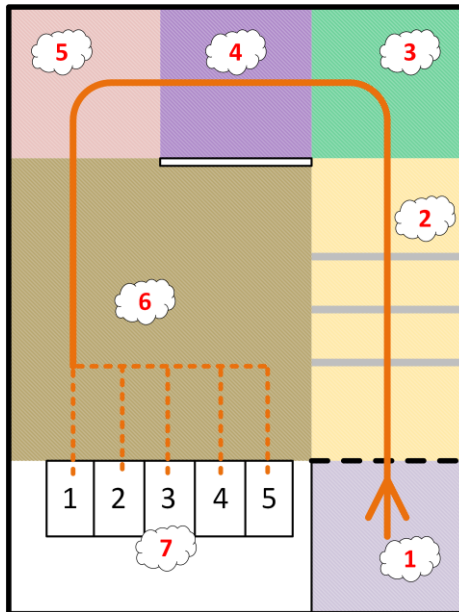


Abbildung 15: Routenplan

Der Parcours wird wie auf Abbildung 15 ersichtlich abgearbeitet. Nachfolgend wird aufgeführt, welcher Prozessor welche Tätigkeiten ausführt.

- 1) [Arduino]: Im Startbereich werden die Sensoren initialisiert und die erste Positionsbestimmung mit allen vier Sensoren ausgeführt.
- 2) [Arduino]: Während der Fahrt über die Unebenheiten werden die seitlichen Sensoren für die parallele Fahrt zur Wand verwendet. Die Fahrt wird so lange fortgesetzt, bis der Messwert vom Front-Sensor den Schwellenwert von 100cm für die Distanz zur geradeaus liegenden Wand unterschreitet und ARCTICOS sich im Bereich 3 befindet.
- 3) [Arduino]: Zusammen mit einer 90°-Drehung wird der optimale Abstand zum QR-Code eingenommen. Die Sensoren werden für die Überwachung der Kurve sowie zur Messung des Abstandes zur Wand verwendet.
- 4) [Arduino]: Ausrichten der Kamera in Fahrtrichtung nach links, damit der QR-Code auf der Wand gesucht werden kann. Danach wird dem Raspberry Pi signalisiert, dass mit der Suche des QR-Codes begonnen werden muss. Die Geschwindigkeit des ARCTICOS wird gedrosselt und die Position angepasst, bis der QR-Code erkannt wurde. Die Sensoren werden für die parallele Fahrt entlang der Wand verwendet, sowie für die Erkennung des Überganges in Bereich 5.  
 [Raspberry Pi]: Ansteuerung der Webcam und kontinuierliche Auswertung des Datenstroms. Sobald der QR-Code erkannt wurde, wird die URL zusammengesetzt und abgerufen. Aus dem Inhalt der Webseite wird die Parkplatznummer extrahiert.
- 5) [Arduino]: Ausrichten der Kamera in Fahrtrichtung. Visualisierung der ausgelesenen Parkplatz-Nummer. Mit der zweiten 90°-Drehung wird direkt die Fahrtrichtung auf die Garage 1 ausgerichtet. Falls im Parkplatz 1 parkiert werden muss, ist dadurch der Fahrweg am kürzesten und es muss nur noch mit dem richtigen Abstand der Wand entlang gefahren werden.  
 [Raspberry Pi]: Akustische Ausgabe der Parkplatz-Nummer.
- 6) [Arduino]: Falls nicht in der Garage 1 parkiert werden muss, wird eine weitere 90°-Drehung vorgenommen. Die Rückwärtsfahrt wird so lange fortgesetzt, bis mithilfe des Front-Sensors die gewünschte Distanz für die entsprechende Garagennummer ermittelt wurde. Mithilfe der seitlichen Sensoren wird die Geradeausfahrt überwacht. Durch die letzte 90°-Drehung wird das Fahrzeug auf die Garage ausgerichtet und rückwärts parkiert.
- 7) [Arduino]: Mithilfe der Sensoren wird das Parkieren überwacht. Nachdem die gewünschte Parkposition erreicht wurde, werden die Sensoren und Motoren gestoppt.

### 4.5 Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi

Die auszuführende Aufgabe des Raspberry Pi ist die QR-Code-Erkennung und -Auswertung. Die dafür notwendigen Steuerbefehle sind das einzige, was zwischen den beiden Komponenten übertragen wird. Als Kommunikationsmittel dient die serielle Schnittstelle. Werden Signale durch Störeinflüsse bei der Übermittlung verändert oder wird ein ungültiger Befehl übermittelt, wird ein Error Status vom Empfänger zurück an den Sender übertragen. Dadurch wird dem Sender signalisiert, dass der Befehl erneut gesendet werden muss.

Wenn das Fahrzeug die Position erreicht hat, an welcher der QR-Code gefunden werden muss, sendet das Arduino den entsprechenden Befehl und fragt danach laufend den Status beim Raspberry Pi ab (vgl. Abbildung 16). Das untenstehende Diagramm erläutert den Ablauf der Kommunikation.

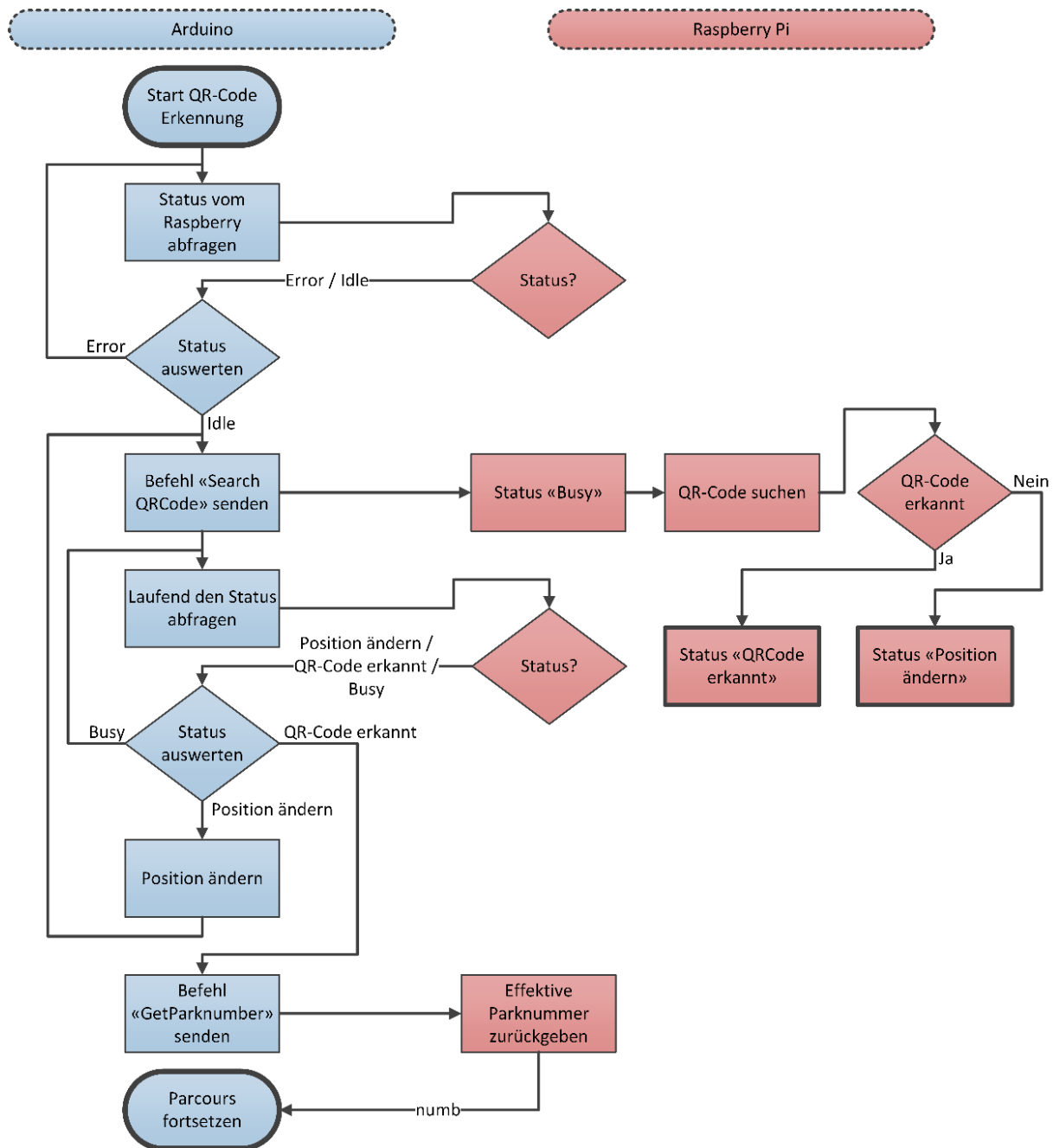


Abbildung 16: Ablaufdiagramm Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi

## 4.6 Spezifikation Software Arduino

Die Software auf dem Arduino hat folgende Kernaufgaben:

- Zentrale Steuerung von ARCTICOS
- Kommunikation mit Raspberry Pi
- Ansteuerung von Motoren und Auswerten der Motoren-Encoder
- Ansteuerung und Auswertung der Distanzsensoren
- Ansteuerung des Servo und Buzzer
- Ansteuerung der 7-Segment-Anzeige, LEDs und RGB-LEDs
- Überwachung des StartButton, inkl. Ansteuerung der eingebauten LEDs

### 4.6.1 Softwarekonzept

Die Software für das Arduino ist primär in C++ geschrieben. Nach Möglichkeit werden die einzelnen Funktionen / Aufgabenbereiche in einzelne Klassen ausgelagert. In der zentralen Datei Arcticos.cpp werden die setup() und loop() Methoden vom Arduino ausgeführt.

Innerhalb von setup() werden die einzelnen Objekte instanziiert und die jeweiligen Pins den Devices zugewiesen. Zusätzlich werden die Interrupts für die Timer und die Flags für den AD-Wandler gesetzt. Ebenfalls werden dort die ersten Start-Up-Checks ausgeführt. Die erfolgreiche Ausführung des Setups wird mittels einem zweifachen Beep des Buzzers bestätigt.

Die endlos Loop()-Methode wird dazu verwendet, die eigentliche Steuerung von ARCTICOS auszuführen. Der Programm-Code ist für eine Pseudo-Parallele Ausführung geschrieben. Das heisst es wird kein Delay verwendet. Alle Zeit- oder Intervall-Abhängigen Code-Segmente timen sich selber mithilfe der millis() Funktion. Jedes Objekt überprüft selbständig, ob eine Ausführung zum aktuellen Zeitpunkt notwendig ist oder der Methodenaufruf wieder verlassen werden kann. Dadurch ist es möglich eine Multitasking-ähnliche Programmierung auf dem Arduino anzuwenden.

```
StartButton myStartButton;           // StartButton
RaspberryPi myRaspberryPi;          // Raspberry Pi
Buzzer myBuzzer;                     // Buzzer
Motor myMotorLeft;                   // Motor Left
Motor myMotorRigth;                  // Motor Right
MotorEncoder myEncoderLeft;          // Motor Encoder Left
MotorEncoder myEncoderRight;         // Motor Encoder Right
Display myDisplay;                   // 7-Segment Display
Led myLed11;                          // LED 1.1
Led myLed12;                          // LED 1.2
Led myLed21;                          // LED 2.1
Led myLed22;                          // LED 2.2
Led myLed31;                          // LED 3.1
Led myLed32;                          // LED 3.2
LedRGB myLedRgb1;                     // RGB-LED 1
LedRGB myLedRgb2;                     // RGB-LED 2
Servo myServo;                        // Servo fuer WebCam
                                     // Distanzsensoren Front1, Front2, Right1, Right2
NewPing sonar[SONAR_NUM] = { NewPing(), NewPing(), NewPing(), NewPing() };
```

Quellcode 1: Objekte für ARCTICOS loop() / Hauptsteuerung

## 4.6.2 Klassenübersicht



Abbildung 17: Klassenübersicht Motor, MotorEncoder

### Motor, MotorEncoder

Pro Motor gibt es ein Objekt der Klasse Motor und MotorEncoder.

In der Klasse Motor wird das PWM-Signal für den Motorentreiber und den PID-Regler ausgeführt.

In der Klasse MotorEncoder werden die Ticks (Schwarz / Weiss Übergänge) des Encoder mittels Timers gezählt und ausgewertet.

Die wichtigsten Parameter können über diverse Setter-Methoden zur Laufzeit angepasst werden. Speziell für das Fine Tuning und Anpassen auf den Parcours hat sich dies als Hilfreich erwiesen.

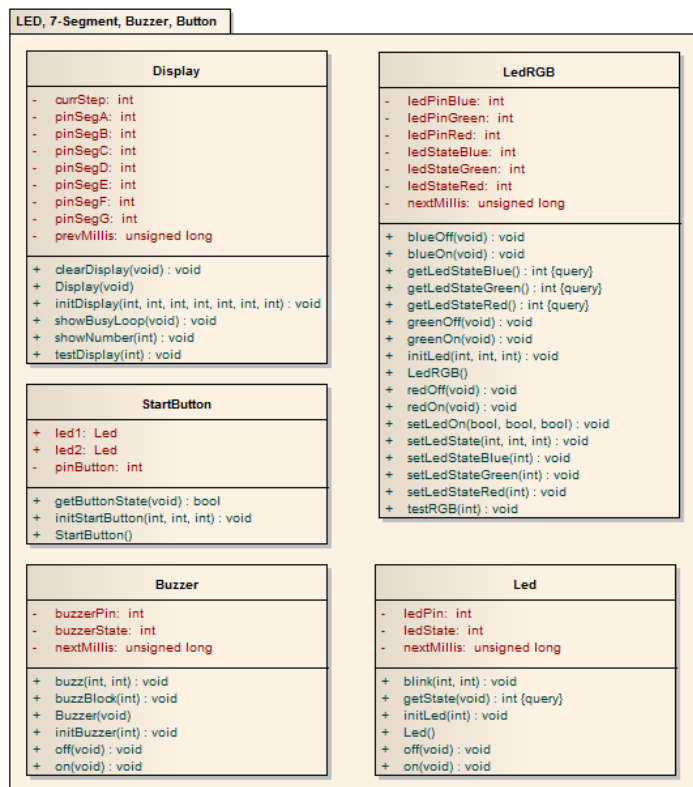


Abbildung 18: Klassenübersicht 7-Segment, Buzzer, Button

### LED, 7-Segment, Buzzer, Button

Es gibt jeweils ein Objekt von der Klasse Display (7-Segment-Anzeige), StartButton und Buzzer. Hinzu kommen zwei Objekte für LedRGB und sechs Objekte für Led.

Mit der Klasse Display kann das 7-Segment-Display angesteuert werden. Die Logik für die einzelnen Segmente wird innerhalb der Klasse verwaltet. Es können einfach die anzuzeigenden Zahlen oder Buchstaben übergeben werden. Zusätzlich kann ein BusyLoop angezeigt werden.

Im StartButton sind neben einem Taster zusätzlich zwei LEDs (Rot/Grün) eingebaut. Diese werden als Statusanzeige benötigt.



Die Klasse Buzzer steuert den Buzzer. Dieser kann entweder für eine bestimmte Dauer pfeifen oder ein- resp. ausgeschaltet werden.

Mithilfe der Klasse LedRGB können die zwei RGB-LED Ausgänge gesteuert werden. Jede Farbe kann einzeln angesprochen werden. Es besteht die Möglichkeit diese ein- resp. auszuschalten, sowie mittels eines PWM-Signales eigene Farbmischungen anzuzeigen. Zusätzlich gibt es eine Test-Methode, welche einen Farbverlauf simuliert.

Die Klasse Led wird für die einzelnen LEDs verwendet. Diese können ebenfalls ein- resp. ausgeschaltet werden. Zusätzlich besitzen diese eine blink() Methode.

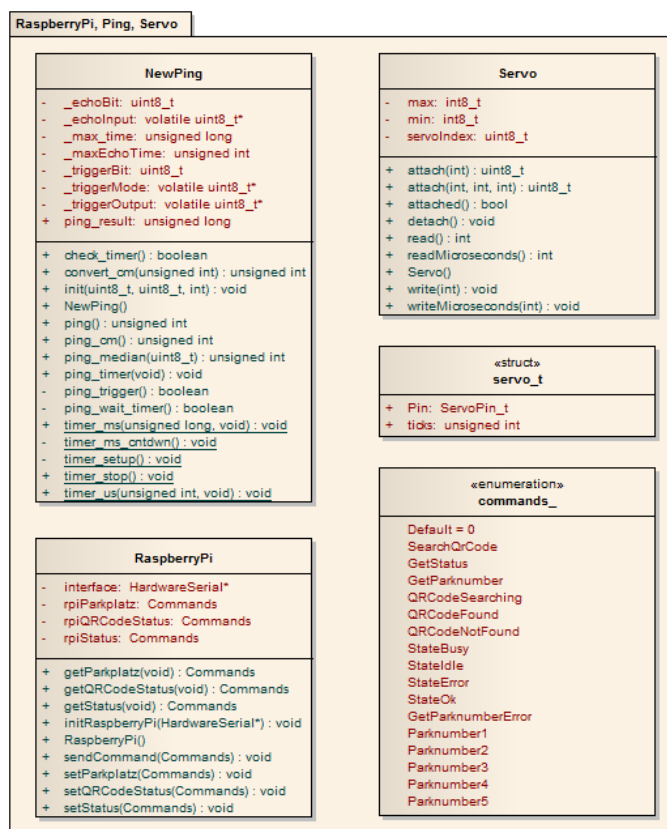


Abbildung 19: Klassenübersicht Raspberry Pi, NewPing, Servo, Commands

### Raspberry Pi, Ping, Servo

Für jeden der vier Distanzsensoren gibt es ein Objekt der Klasse NewPing. Für Raspberry Pi und Servo gibt es jeweils nur ein Objekt.

NewPing wird für die Ultraschall-Distanzmessung verwendet. Diese wurde so angepasst, dass eine Maximal-Distanz (Timeout) definiert werden kann. Dies erlaubt eine Messung abzubrechen, ohne auf das Echo eines Pings warten zu müssen. Zusätzlich wurde eine median() Methode implementiert, um den Durchschnitt von mehreren Messungen zu erhalten. Dadurch kann die Genauigkeit der Messresultate erhöht werden.

Für die serielle Kommunikation zum Raspberry Pi wird das Objekt von der Klasse Raspberry Pi verwendet. Grundsätzlich ist dies nur eine Wrapper-Klasse, welches die Befehle an das Raspberry Pi weiterleitet, resp. die Antwort dessen zurückgibt.

Der Servo wird für die Steuerung des Servo-Motors der Webcam benötigt. Damit kann jede Position des Servos angefahren und die Kamera entsprechend ausgerichtet werden.

Die Enumeration Commands (vgl. Abbildung 19) wird für die Kommunikation mit dem Raspberry Pi verwendet. Jedem Befehl ist ein entsprechender Integer-Wert zugewiesen. Falls weitere Befehle benötigt werden, können diese einfach auf dem Arduino und Raspberry Pi erweitert werden.

## 4.7 Spezifikation Software Raspberry Pi

Die Software auf dem Raspberry Pi hat folgende Kernaufgaben:

- Kommunikation über die serielle Schnittstelle
- QR-Code erkennen
- Website auslesen

### 4.7.1 Komponenten

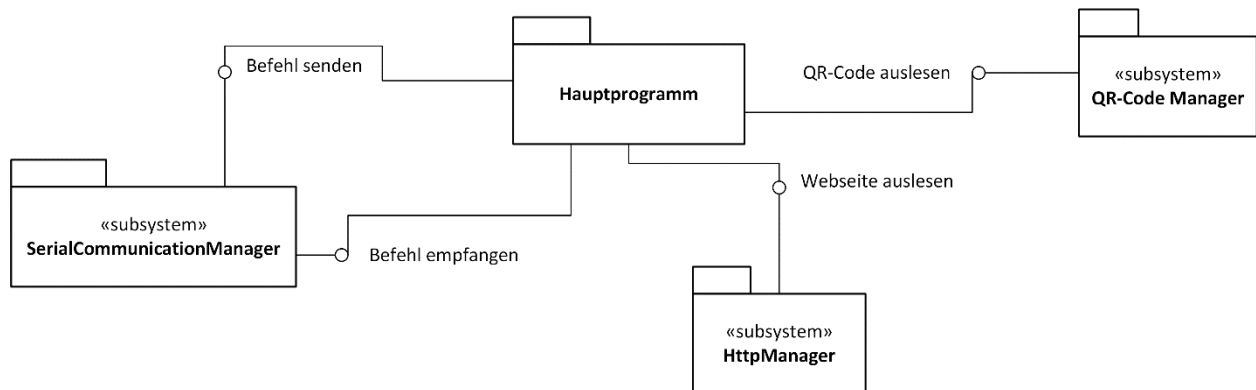


Abbildung 20: Komponentenübersicht Raspberry Pi

### 4.7.2 Serielle Kommunikation

Die serielle Kommunikation wird über das Teilsystem SerialCommunicationManager verwaltet. Dieses spricht die Library wiringSerial (Gordon, 2012) an. Die Komponente überprüft in einer Endlosschleife, ob ein Befehl auf dem seriellen Interface angekommen ist und wertet diesen anhand der definierten Schnittstelle (Kapitel 4.2.3) in einem separaten Thread aus.

### 4.7.3 QR-Code Erkennung

Der QR-Code wird mithilfe einer Webcam erkannt. Diese wird über die USB-Schnittstelle an das Raspberry Pi angeschlossen. Über die C-Library ZBar wird die Webcam angesprochen und der QR-Code erkannt. ZBar ist einerseits darauf spezialisiert, sowohl 2D- als auch 3D-Barcodes aus Bildern zu erkennen, andererseits kann eine Webcam damit einfach angesprochen werden. Deshalb eignet sich die Library ausgezeichnet zur QR-Code-Erkennung mit einer Webcam. Sie macht es möglich, den Barcode fahrend mit einem Videostream zu erkennen.

```

static void my_handler (zbar_image_t *image,
                      const void *userdata)
{
    fprintf(stderr, "decodestart");

    /* extract results */
    const zbar_symbol_t *symbol = zbar_image_first_symbol(image);

    // loop until qr-code is found
    for(; symbol; symbol = zbar_symbol_next(symbol))
    {
        // code detected, write type of code and its content into console
        zbar_symbol_type_t typ = zbar_symbol_get_type(symbol);
        const char *data = zbar_symbol_get_data(symbol);
        fprintf(stderr, "decoded %s symbol \"%s\"\n", zbar_get_symbol_name(typ), data);
    }
}

int main (int argc, char **argv)
{

```



```

const char *device = "/dev/video0";
/* create a Processor */
zbar_processor_t *proc = zbar_processor_create(1);

/* configure the Processor */
zbar_processor_set_config(proc, 0, ZBAR_CFG_ENABLE, 1);

/* initialize the Processor */
if(argc > 1)
    device = argv[1];
zbar_processor_init(proc, device, 0);

/* setup a callback */
zbar_processor_set_data_handler(proc, my_handler, NULL);

/* start processing */
zbar_processor_set_active(proc, 1);

/* keep scanning until user provides key/mouse input */
zbar_processor_user_wait(proc, -1);

/* clean up */
zbar_processor_destroy(proc);
return(0);
}

```

Quellcode 2: QR-Code Erkennung

#### 4.7.4 Webseite abfragen, Parkplatznummer auslesen

Um die gültige URL für die Parknummer für das Team 32 zu erhalten, muss die aus dem QR Code ausgelesenen URL noch „/team32“ angehängt werden. In der Abbildung 21 wird genauer erläutert, aus welchen Komponenten die URL zusammengesetzt ist. Um eine Website über Programmcode auszulesen wird Curl (<http://curl.haxx.se/>) verwendet. Curl ist eine C-Library, mit welcher man Websites auslesen kann. Unten folgt der Code, welcher die Website anhand der URL ausliest.

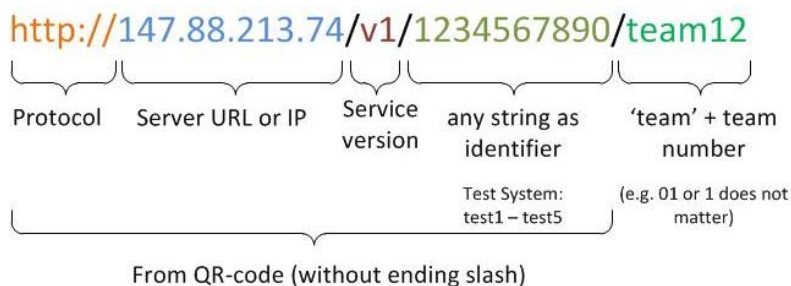


Abbildung 21: Aufbau URL (HSLU, 2012)

```

const char *data = "http://147.88.213.74/v1/test1/team32"

CURL *curl;
curl = curl_easy_init();
struct cv_string s;
init_string(&s);

curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_URL, data);
curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_WRITEFUNCTION, writefunc);
curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_WRITEDATA, &s);
CURLcode res = curl_easy_perform(curl);
fprintf(stderr, "Result: %s\n", s.ptr);
curl_easy_cleanup(curl);

```

Quellcode 3: http get-Request Parkplatz Nummer

## 4.8 Testkonzept

Das Testkonzept von ARCTICOS wird in mehreren Schritten abgearbeitet. Grob erfolgt eine Unterteilung in die Bereiche Energieversorgung, Sensorik, Motorensteuerung, QR-Code Auswertung und optische/akustische Ausgabe. Dabei werden die Komponenten der Reihe nach getestet, wobei jeweils der nächste Punkt das erfolgreiche Ergebnis aller vorherigen Punkte voraussetzt.

### 4.8.1 Energieversorgung

Der Testablauf der Energieversorgung überprüft folgende Punkte:

- Wird die Elektronik mit Spannung versorgt?
- Reicht die Akkuladung für eine Fahrt aus?
- Funktioniert die Ladung des Akkus?

Testpunkt	Beschreibung	Erwartetes Ergebnis	Erfolgreich
Energie.1	Speisung der Elektronik wird sichergestellt.	Zwei grüne LEDs auf dem Hauptprint leuchten.	<input type="checkbox"/>
Energie.2	Es wird geprüft, ob mit der aktuellen Akkuladung eine Fahrt erfolgreich bewältigt werden kann.	Die Anzeige der Akkuladung befindet sich im oberen Drittel.	<input type="checkbox"/>
Energie.3	Funktionalität des Akkuladevorgang wird überprüft.	Die rote LED auf dem Hauptprint leuchtet.	<input type="checkbox"/>

Tabelle 3: Tests Energieversorgung

Wird ein Testpunkt nicht erfolgreich bestätigt, so wird die entsprechende Checkliste abgearbeitet:

#### Energie.1:

1. Verbindung der Leitungen zwischen Akku und Hauptprint prüfen: Ist der Akku eingesteckt?
2. Stellung des Notausschalters kontrollieren: Befindet sich der Kippschalter in der On-Position?
3. Steuertaster für das Einschaltsignal auf dem Hauptprint betätigen.
4. Ist der Akku entladen? Falls Ja: Akku aufladen (Punkt Energie.3 muss erfüllt sein)

#### Energie.2:

1. Ist der Ladezustand nicht ersichtlich: Jumper J1 überprüfen.
2. Befindet sich die Akkuladung im unteren Drittel der Anzeige? Falls ja: Akku aufladen (Punkt Energie.3 muss erfüllt sein)

#### Energie.3:

1. Ladespannung überprüfen: Ist das Ladegerät eingesteckt? Liegt eine Speisung an der Ladeklemme an?
2. Sind die Jumper (J2 und J3) der Ladeelektronik korrekt gesteckt?
3. Unter Zuhilfenahme des Schemas, beginnend bei der Eingangsklemme X1, schrittweise den Print ausmessen und die Spannungen kontrollieren.

## 4.8.2 Sensorik

Der Testablauf der Sensorik überprüft folgende Punkte:

- Ultraschallsensoren können erfolgreich ausgewertet werden?
- Können die Werte vom Motorenencoder erfolgreich eingelesen werden?
- Werden Betätigungen des Start/Stopp-Tasters erkannt?

Um diese Prüfsequenz zu starten, wird über die Konsole der Befehl [runsensortest] übermittelt. Beendet wird der Testmodus mit dem Befehl [stop].

Testpunkt	Beschreibung	Erwartetes Ergebnis	Erfolgreich
Sensor.1	Kommunikation von Notebook zu Arduino via USB Kabel kontrollieren.	Über die Konsole können Befehle versendet werden und das Arduino führt diese aus.	<input type="checkbox"/>
Sensor.2	Funktionalität der Ultraschallsensoren wird überprüft.	Konsolenausgabe mit der Sensornummer und der Distanz.	<input type="checkbox"/>
Sensor.3	Es wird geprüft, ob die Encoder den aktuellen Zustand (schwarz/weiss) erkennen.	In der Konsole werden die aktuell gemessenen Werte ausgegeben. Stimmen diese mit dem effektivem Zustand überein?	<input type="checkbox"/>
Sensor.4	Kontrolliert wird, ob das Betätigen des Start/Stopp-Buttons von dem Mikrocontroller erkannt wird.	Bei jedem Betätigen des Schalters wird auf der Konsole eine Meldung ausgegeben.	<input type="checkbox"/>

Tabelle 4: Tests Sensorik

Wird ein Testpunkt nicht erfolgreich bestätigt, so wird die entsprechende Checkliste abgearbeitet:

### Sensor.1:

1. USB Verbindung überprüfen: Ist das Kabel am PC eingesteckt?
2. COM-Port überprüfen: Ist am PC der korrekte COM-Port ausgewählt?
3. Arduino reseten.

### Sensor.2:

1. Sind die Ultraschallsensoren mit den korrekten Anschlüssen auf dem Hauptprint verbunden?
2. Sind die Sensoren korrekt montiert und Sender/Empfänger nicht abgedeckt?
3. Allenfalls fehlerhafte Sensoren durch neue ersetzen.

### Sensor.3:

1. Verbindung IR-Sensoren prüfen: Sind die IR-Sensoren korrekt mit den Anschlüsse des ADC verbunden?
2. Speisung der IR-LED kontrollieren: Ist die Speisung der IR-LED angeschlossen? Ist die Polarität korrekt?
3. Schwarz/Weiss Streifen kontrollieren: Befindet sich Schmutz auf den Encoder Streifen?
4. Befestigung der Encoder überprüfen: Sind die Encoder exakt über der Welle befestigt?

### Sensor.4:

1. Verbindungen prüfen: Ist der Taster Anschluss auf den Hauptprint geführt?
2. Mechanische Prüfung: Ist der Taster mechanisch intakt und korrekt befestigt?
3. Messen des Signals auf dem Taster.

### 4.8.3 Motorensteuerung

Der Testablauf der Motorensteuerung überprüft folgende Punkte:

- Drehen die Motoren und Raupen?
- Wird die Geschwindigkeit geregelt?
- Kann der Servo-Motor erfolgreich angesteuert werden?

Für den Testvorgang der Motorensteuerung wurden mehrere Befehle implementiert. Das Testprogramm wird mit dem Befehl [runmotortest] gestartet. Beendet wird der Testmodus mit dem Befehl [stop].

Testpunkt	Beschreibung	Erwartetes Ergebnis	Erfolgreich
Motor.1	Werden die Raupen korrekt von den Motoren angetrieben?	Die beiden Raupen drehen gemeinsam in einem langsamen Tempo.	<input type="checkbox"/>
Motor.2	Getrennte Ansteuerung der linken und rechten Motoren wird überprüft.	Mit den Befehlen [left] und [right] wird nur die in Fahrtrichtung linke bzw. rechte Raupe angetrieben. Die entsprechenden Encoder Werte auf der Konsolenausgabe müssen damit übereinstimmen.	<input type="checkbox"/>
Motor.3	Drehen die beiden Raupen in derselben Geschwindigkeit?	Über den Befehl [fast] wird die Geschwindigkeit erhöht und die Regelung aktiviert. Die beiden Raupen sollten exakt gleichschnell drehen (Encoder Wert auf der Konsole bei 100).	<input type="checkbox"/>
Motor.4	Wird die Kamera korrekt geschwenkt?	Die Kamera dreht sich alle 15 Sekunden von vorne nach links und wieder zurück.	<input type="checkbox"/>

Tabelle 5: Tests Motorensteuerung

Wird ein Testpunkt nicht erfolgreich bestätigt, so wird die entsprechende Checkliste abgearbeitet:

#### Motor.1:

1. Motoren bewegen sich nicht:
  - a. Speisung prüfen: Ist die Speisung des Motorenprint am Hauptprint eingesteckt?
  - b. Sind die Motoren am Motorentreiber angeschlossen?
  - c. Sind die zwei Steuerkabel des Motorentreibers mit dem Hauptprint verbunden?
  - d. Messen der Spannungen und Signale auf dem Motorentreiber und mit Hilfe des Schemas den Fehler ausfindig machen.
2. Dreht ein Motor rückwärts: Polarität des Motors auf dem Motorentreiber tauschen.
3. Mechanische Verbindung zu den Raupen überprüfen:
  - a. Wird die Rotation der Motoren auf das Antriebsrad der Raupen übertragen?
  - b. Befinden sich die Raupen in ihrer Halterung/Führung?
  - c. Sind die Raupen richtig gespannt?

**Motor.2:**

1. Dreht die linke Raupe anstelle der rechten: Anschluss der Motoren auf dem Motorentreiber vertauschen.
2. Werden bei Rotation des linken Motors Encoder Werte des rechten Motors zurückgeliefert: Anschluss der beiden Encoders tauschen.

**Motor.3:**

1. Die Motoren drehen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten: Regelung und Encoder prüfen.

**Motor.4:**

1. Die Kamera bewegt sich nicht: Verbindung des Servomotors auf den Hauptprint prüfen.
2. Mechanische Beweglichkeit des Servomotors von Hand prüfen. Allfällige Hindernisse entfernen.

#### 4.8.4 QR-Code Auswertung

Der Testablauf der QR-Code Auswertung überprüft folgende Punkte:

- Ist die Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi über das serielle Interface möglich?
- Wird ein vor der Kamera befindender QR-Code richtig erkannt?

Um diese Prüfsequenz zu starten, wird über die Konsole der Befehl [runqrtest] übermittelt. Das Testprogramm läuft einmal durch und gibt das Resultat auf der Konsole aus.

Testpunkt	Beschreibung	Erwartetes Ergebnis	Erfolgreich
QRCode.1	Die Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi wird geprüft.	Auf der Konsole wird dies mit einer Meldung bestätigt.	<input type="checkbox"/>
QRCode.2	Der QR-Code vor der Kamera wird erkannt und die korrekte Garagennummer zurückgegeben.	Auf der Konsole wird die entsprechende Garagennummer zurückgegeben.	<input type="checkbox"/>

Tabelle 6: Tests QR-Code Auswertung

Wird ein Testpunkt nicht erfolgreich bestätigt, so wird die entsprechende Checkliste abgearbeitet:

**QRCode.1:**

1. Erhält man auf der Konsole die Ausgabe Interface Timeout:
  - a. Verbindung der seriellen Schnittstelle zwischen Hauptprint und Raspberry Pi prüfen.
  - b. Überprüfen ob das Raspberry Pi erfolgreich gebootet hat und das Betriebssystem läuft.
  - c. Prüfen ob alle benötigten Dienste auf dem Raspberry Pi ausgeführt werden.
2. Erhält man auf der Konsole die Ausgabe Raspberry Pi busy:
  - a. Ein Dienst auf dem Raspberry Pi blockiert die Weiterverarbeitung des Befehles. Nach einer Minute den Testvorgang erneut starten.
  - b. Erfolgt keine Besserung, Raspberry Pi neu starten.

**QRCode.2:**

1. Internetverbindung des Raspberry Pi mit dem Befehl [checknet] prüfen.
2. Prüfen ob die Kamera angeschlossen ist.
3. QR-Code überprüfen.
4. Raspberry Pi neustarten.

#### 4.8.5 Optische / akustische Ausgabe

Der Testablauf der optischen / akustischen Ausgabe überprüft folgende Punkte:

- Wird die 7-Segment-Anzeige erfolgreich angesteuert?
- Kann der Buzzer erfolgreich angesteuert werden?
- Die Beleuchtung des Start-/Stopp-Button funktioniert?
- Funktioniert die Steuerung der RGB-LED?

Um diese Prüfsequenz zu starten, wird über die Konsole der Befehl [runoutputtest] übermittelt. Beendet wird der Testmodus mit dem Befehl [stop].

Testpunkt	Beschreibung	Erwartetes Ergebnis	Erfolgreich
Output.1	Die 7-Segmentanzeige wird überprüft.	Auf der Anzeige werden die Zahlen eins bis fünf der Reihe nach angezeigt.	<input type="checkbox"/>
Output.2	Der Buzzer ist hörbar.	ARCTICOS piepst im Sekundentakt.	<input type="checkbox"/>
Output.3	Der Start-/Stopp-Button wird korrekt beleuchtet.	Die Farbe wechselt im Sekundentakt zwischen rot und grün.	<input type="checkbox"/>
Output.4	Die Beleuchtung im Inneren von ARCTICOS funktioniert.	Die Farben im Inneren von ARCTICOS werden fließend gewechselt.	<input type="checkbox"/>

Tabelle 7: Tests Optische / akustische Ausgabe

Wird ein Testpunkt nicht erfolgreich bestätigt, so wird die entsprechende Checkliste abgearbeitet:

##### Output.1:

1. Verbindung der Anzeige zum Hauptprint prüfen: Ist die Anzeige eingesteckt?
2. Unter Zuhilfenahme des Schemas Signale messen und Fehlersuche.

##### Output.2:

1. Messen des Eingangssignals auf dem Buzzer. Allenfalls Buzzer austauschen.

##### Output.3:

1. Verbindung der LEDs auf den Hauptprint prüfen: Ist der Button eingesteckt?
2. Steuersignale an den LED messen, allenfalls LED ersetzen.

##### Output.4:

1. Verbindung des LED-Bandes zur Speisung prüfen: Werden die LED-Bänder mit Spannung versorgt?
2. Steuerkabel überprüfen: Ist das Steuerkabel mit dem Hauptprint verbunden?
3. Signale messen und allfällige Fehler unter Zuhilfenahme des Schemas suchen.

## 5 Elektrotechnik

In den folgenden Schritten geht es darum, die in PREN 1 geplante Elektronik umzusetzen. Im vergangenen Semester wurden mehrere Schaltungen und Komponenten einzeln evaluiert und getestet. Das Zusammenfügen dieser Bauteile in eine komplette Schaltung, in welcher jedes Bauteil seine Funktion erfüllt und die weiteren Elemente zuverlässig ansteuert stellt dabei die grösste Herausforderung.

### 5.1 Blockschema

Das Blockschema (siehe Abbildung 22) zeigt eine Übersicht über den Aufbau der Elektronik. Die Steuerung kann in die vier Teilbereiche Energieversorgung, Motorensteuerung, Sensoren-Auswertung und Bild/QR-Code-Auswertung unterteilt werden. Da ein Grossteil der Hardware vom Arduino aus angesteuert wird, läuft der Hauptprozess auf dem Mikrocontroller. So ist eine zuverlässige und hardwarenahe Programmierung möglich. Die Kommunikation zwischen den zwei Kontrollern Arduino und Raspberry Pi erfolgt über die serielle Schnittstelle.

Die Anbindung der Encoder erfolgt über einen analogen Eingang des Mikrocontrollers. Darauf werden mit einer A/D-Wandlung die Encoder ausgewertet.

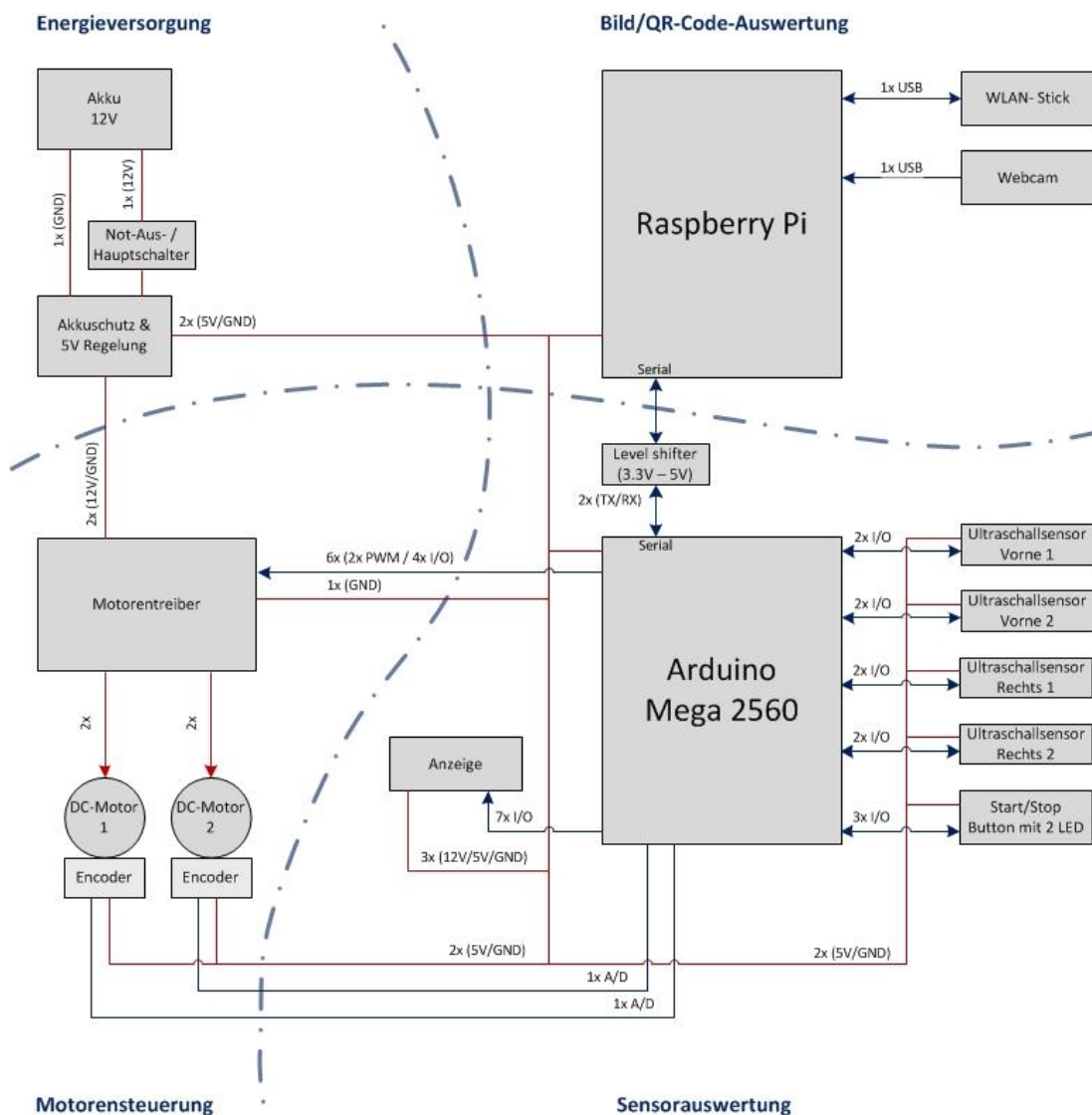


Abbildung 22: Blockschema



## 5.2 Arduino Mega 2560

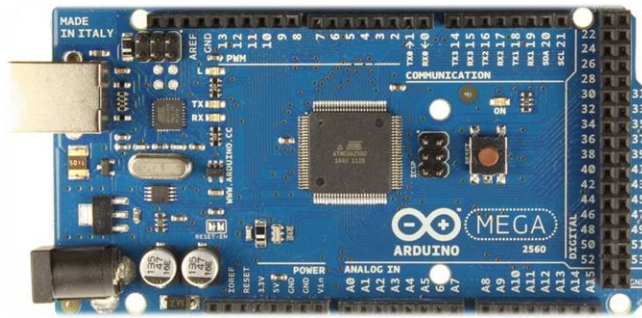


Abbildung 23: Arduino Mega 2560

Arduino ist eine Open-Source Entwicklungsplattform, in welcher das Ansteuern von Digitalen Ein- und Ausgängen einfach realisierbar ist. Das Arduino Mega 2560 (siehe Abbildung 23), welches in ARCTICOS zum Einsatz kommt, besitzt 54 Digitale I/O Pins an, welchen die Sensoren angeschlossen werden.

Der gesamte Programmablauf wird gemäss Flussdiagramm vom Arduino aus abgewickelt. Das Raspberry Pi wird über die serielle Schnittstelle angesteuert.

## 5.3 Raspberry Pi

Das Raspberry Pi (siehe Abbildung 24) ist ein vollwertiger Mikrocomputer welcher mit einem 700 MHz Prozessor und 512 MB RAM bestückt ist. Von der SD-Karte wird ein Debian basierendes Linux gestartet. Dadurch sind viele Treiber für die Peripherie schon enthalten, was den Programmieraufwand verringert. Das Raspberry Pi wird den QR-Code über die angeschlossene Webcam suchen und auswerten.



Abbildung 24: Raspberry Pi

Über einen WLAN-Dongle wird der Mikrocomputer die URL abrufen und die darin enthaltene Garagennummer auswerten.

## 5.4 Ultraschallsensor

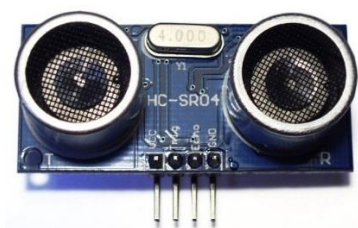


Abbildung 25: Ultraschallsensor HC-SR04

Der Ultraschallsensor HC-SR04 (siehe Abbildung 25) ermöglicht gemäss Datenblatt (ITead Studio, 2010) die Distanzmessung im Bereich von 2cm bis 500cm. Zuverlässige Messwerte konnten auf dem Parcours im Bereich von 2cm bis 300cm erreicht werden. Die Distanzmessung wird mittels einem 10 $\mu$ s Trigger Impuls gestartet. Die Dauer des Echo-Signals ist proportional zur Distanz des erfassten Objektes. Die Ansteuerung und Auswertung des Echo-Signals werden vom Arduino übernommen.

Zwei Sensoren werden seitlich angebracht und für die Ausrichtung der Fahrroute verwendet. Zwei weitere Sensoren werden nach vorne ausgerichtet und für die Distanzmessung zur nächsten Wand verwendet. Durch diese X/Y-Messung kann jederzeit die Position von ARCTICOS auf dem Parcours bestimmt werden.



## 5.5 Motorensteuerung

Die DC-Motoren werden mit dem Motorentreiber L6205 (STMicroelectronics, L6205, 2003) angesteuert. Das benötigte PWM-Signal wird vom Arduino erzeugt. Um die Motoren synchron anzusteuern und geradeaus zu fahren, sind pro Motor ein Encoder sowie ein Regler notwendig.

Im Kapitel 5.10.2 wird das genaue Vorgehen beschrieben.

## 5.6 Energieversorgung

Die Energieversorgung wird mit einem 12V Blei Akku bewerkstelligt. Der verwendete Akkumulator hat eine Kapazität von 5Ah. Die Motoren benötigen bei 12V einen Strom von maximal 0.7A. Für die Versorgung des Raspberry Pi, des Arduino sowie der Sensoren, wird eine Spannung von 5V benötigt. Diese wird von einem DC-DC Wandler L78S05CV (STMicroelectronics, L78S05CV, 2012) zur Verfügung gestellt. Das Raspberry Pi mit angeschlossener Peripherie benötigt knapp 1.5A und das Arduino mit den Sensoren ebenfalls einige 100mA. Somit fällt der gesamte Energieverbrauch von ARCTICOS auf rund 40W. Mit dem verwendeten Akku ist eine theoretische Fahrzeit von über einer Stunde möglich. Auf die Ladeelektronik und den Tiefenentladungsschutz werden im Kapitel 5.7 genauer eingegangen.

## 5.7 Schema

Die gesamte Elektronik wird auf drei Leiterplatten aufgeteilt. Die Hauptplatine stellt die Verbindung zu allen externen Peripherien wie Ultraschallsensoren, Encoder und Raspberry Pi her. In einem zweiten Print wird der Motorentreiber umgesetzt. Dieser ermöglicht die Ansteuerung der 12V DC Motoren über je ein PWM-Signal und zwei digitale Signale. Für die Anzeige der Parknummer wird ein Print benötigt, welcher die Treiber der einzelnen Segmente beinhaltet.

### 5.7.1 Hauptplatine

Die Hauptplatine wird auf das Arduino Mega 2560 gesteckt. Die Platine verfügt über Steckverbindungen, welche als Schnittstellen zu den weiteren elektronischen Komponenten dienen. Im Anhang ii ist das entsprechende Schema enthalten.

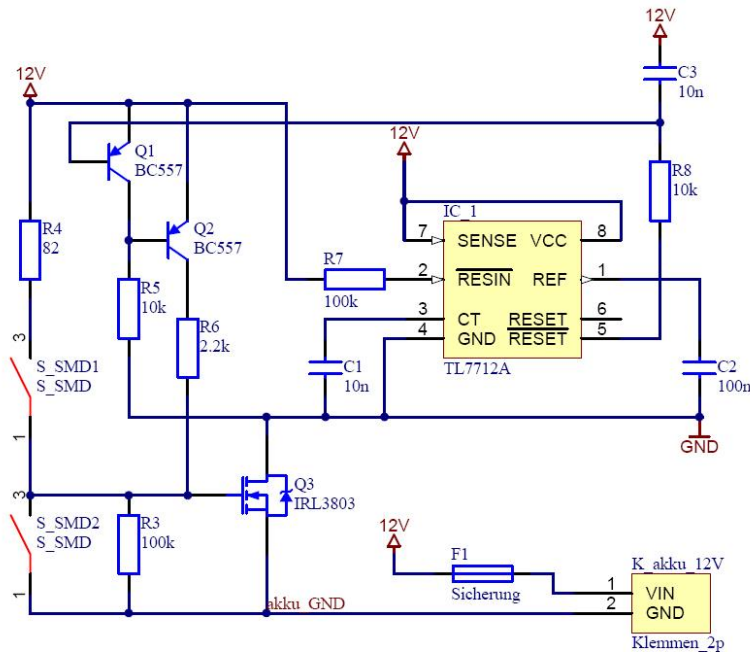


Abbildung 26: Akkuschutz

Der LM317 begrenzt zusammen mit dem Widerstand R2 den Ladestrom auf rund 500mA. Der nachgeschaltete PB137 begrenzt die Ladespannung auf 13.7V, was es ermöglicht, den Akku zuverlässig und schonend zu laden.

Der Ladezustand des Akkus kann über eine LED-Bar abgelesen werden. Die Ansteuerung der LED-Bar erfolgt über den LM3914 (IC\_5), welcher den Spannungsbereich linear über die zehn LEDs verteilt. Die Grenzen der Anzeige sind über die Potis R\_P1 und R\_P2 einstellbar.

Um die Peripherie sowie das Arduino mit den benötigten 5V zu versorgen, wandelt der L78S05 (IC\_2) die Akkuspannung auf konstante 5V. Die 5V werden zudem für die Speisung des Raspberry Pi benötigt, was über die Klemme X4 erfolgt.

Da das Raspberry Pi mit 3.3V arbeitet, wird für die Kommunikation ein Level Shifter benötigt. Dies erfolgt über ein N-Channel FET.

Die Ein- und Ausgänge für sämtliche Peripherie wurden über Filterkondensatoren auf eine gemeinsame Filtermasse gebracht, welche über einen Null-Ohm-Widerstand auf Masse geschlossen wird. Zusätzlich wird die Filtermasse mit dem Gehäuse von ARCTICOS verbunden. Dies ermöglicht hochfrequente Störungen, welche über Leitungen in die Schaltung gelangen können, herauszufiltern. Die Elektronik ist somit von den laufenden Motoren nicht beeinflussbar.

Ein wesentlicher Teil der Schaltung beinhaltet die Energieversorgung. Abbildung 26 zeigt einen Ausschnitt der Akkuüberwachung. Die Akkuspannung wird von einem TL7712A (IC\_1) unabhängig von anderen elektronischen Bauteilen überwacht. Sinkt die Eingangsspannung unter 10.8V unterbricht der MOSFET (Q3) die Speisung der Elektronik. Zum Laden der Elektronik wird der LM317 (IC\_3) und PB137 (IC\_4) benötigt. Die Speisung der Ladespannung von 18V erfolgt über den Anschluss X1.

### 5.7.2 Motorentreiber

Das Schema (siehe Anhang ii) zeigt im Wesentlichen die Schaltung des Motorentreibers L6205 (IC\_1), wie sie vom Hersteller empfohlen wird. Zusätzlich werden die Schnittstellen für den restlichen Teil der Elektronik über Klemmen eingefügt. Um allenfalls Störsignale abzuleiten, werden ebenfalls Filterkondensatoren eingefügt.

### 5.7.3 Anzeige

Der dritte Teil umfasst die Treiber der 7-Segment-Anzeige. Die verwendete Anzeige wird etwas grösser dimensioniert und erfordert deshalb eine höhere Spannung als der Mikrocontroller liefern kann. Die ebenfalls vorhandene Spannung von 12V muss nun über ein Steuersignal von 5V geschaltet werden. Da die Masseanschlüsse der verwendeten 7-Segment-Anzeige intern zusammengeführt sind, ist eine Steuerung über nur einen Transistor nicht möglich.

In Abbildung 27 ist der Treiber für ein Segment ersichtlich.

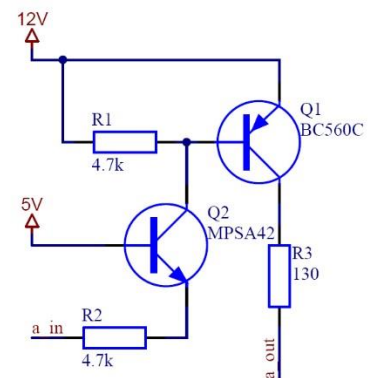


Abbildung 27: Treiber für ein Segment der Anzeige

Ist die Basis-Emitter Spannung des BC560C negativ, so wird der Transistor leitend. Gemäss Datenblatt liegt die Sättigungsspannung bei -0.9V. Um die tiefere Spannung an der Basis des BC560C zu erhalten wird ein Spannungsteiler verwendet, welcher über den MPSA42 gesteuert wird. Liegt an a\_in ein LOW (0V) so ist die Basis-Emitter Spannung des MPSA42 positiv. Der Transistor befindet sich in der Sättigung und leitet. Der Spannungsteiler ist aktiv und Q1 wird ebenfalls leitend. Das bedeutet, dass der Ausgang a\_out auf 12V liegt. Das komplette Schema für alle Segmente ist im Anhang ii aufgeführt.

## 5.8 Pin Belegung

Connector	Pin	Desc.	ARCTICOS	Verwendung
PWM	2	PWM2	Schalter_2	Drucktaster Links
PWM	3	PWM3	Schalter_1	Drucktaster Rechts
PWM	4	PWM4	Motor_A PWM	Motor Links PWM
PWM	5	PWM5	Motor_B PWM	Motor Rechts PWM
PWM	6	PWM6	RGB_LED_2 R	RGB-LED Bar Vorne/Hinten
PWM	7	PWM7	RGB_LED_2 G	
PWM	8	PWM8	RGB_LED_2 B	
PWM	9	PWM9	RGB_LED_1 R	RGB-LED Bar Links/Rechts
PWM	10	PWM10	RGB_LED_1 G	
PWM	11	PWM11	RGB_LED_1 B	
PWM	12	PWM12	Servo_1 PWM	Webcam Servo
PWM	13	PWM13	Debug LED	Debug LED
PWM	<i>GND</i>	GND		
PWM	<i>AREF</i>	AREF		
PWM	<i>SDA</i>	SDA2		
PWM	<i>SCL</i>	SCL2		
Communication	0	RX0	PC/USB RX	USB Serial
Communication	1	TX0	PC/USB TX	
Communication	14	TX3		
Communication	15	RX3		
Communication	16	TX2	Bluetooth TX	Bluetooth Serial
Communication	17	RX2	Bluetooth RX	
Communication	18	TX1	Raspberry Pi TX1 -> 3.3V	Raspberry Pi Serial
Communication	19	RX1	Raspberry Pi RX1 -> 3.3V	
Communication	20	SDA	SDA	
Communication	21	SCL	SCL	
Digital	5V	5V		
Digital	5V	5V		
Digital	22	IO22	Motor_A B	Motor Links Direction
Digital	23	IO23	Motor_A A	
Digital	24	IO24	Motor_B B	Motor Rechts Direction
Digital	25	IO25	Motor_B A	
Digital	26	IO26	Button_1 (Start/Stop)	Start/Stop Taster
Digital	27	IO27	Button_1 LED1	
Digital	28	IO28	Button_1 LED2	
Digital	29	IO29	7SEG_1 G	7-Segment Display
Digital	30	IO30	7SEG_1 E	
Digital	31	IO31	7SEG_1 C	
Digital	32	IO32	7SEG_1 A	
Digital	33	IO33	7SEG_1 B	
Digital	34	IO34	7SEG_1 D	
Digital	35	IO35	7SEG_1 F	
Digital	36	IO36	LED_ext_3 LED1	LED 5

Digital	37	IO37	LED_ext_3 LED2	LED 6
Digital	38	IO38	Summer	Summer
Digital	39	IO39		
Digital	40	IO40	SR04_5 Trig	
Digital	41	IO41	SR04_5 Echo	
Digital	42	IO42	SR04_4 Trig	Ultraschall Rechts 2
Digital	43	IO43	SR04_4 Echo	
Digital	44	IO44	SR04_3 Trig	Ultraschall Rechts 1
Digital	45	IO45	SR04_3 Echo	
Digital	46	IO46	SR04_2 Trig	Ultraschall Vorne 2
Digital	47	IO47	SR04_2 Echo	
Digital	48	IO48	SR04_1 Trig	Ultraschall Vorne 1
Digital	49	IO49	SR04_1 Echo	
Digital	50	IO50	LED_ext_2 LED1	LED 3
Digital	51	IO51	LED_ext_2 LED2	LED 4
Digital	52	IO52	LED_ext_1 LED1	LED 1
Digital	53	IO53	LED_ext_1 LED2	LED 2
Digital	<i>GND</i>	GND		
Digital	<i>GND</i>	GND		
Analog In	54	AD0	IRSens_A Interrupt	Motor Encoder Links
Analog In	55	AD1	IRSens_B Interrupt	Motor Encoder Rechts
Analog In	56	AD2		
Analog In	57	AD3		
Analog In	58	AD4		
Analog In	59	AD5		
Analog In	60	AD6		
Analog In	61	AD7		
Analog In	62	AD8		
Analog In	63	AD9		
Analog In	64	AD10		
Analog In	65	AD11		
Analog In	66	AD12		
Analog In	67	AD13		
Analog In	68	AD14		
Analog In	69	AD15		
Power	<i>VIN</i>	VIN		
Power	<i>GND</i>	GND		
Power	<i>GND</i>	GND		
Power	<i>5V</i>	5V		
Power	<i>3V3</i>	3V3		
Power	<i>RESET</i>	RESET		
Power	<i>IOREF</i>	IOREF		

Tabelle 8: Pin Belegung Arduino

## 5.9 Herstellung

Die gezeichneten Schaltungen müssen im nächsten Schritt umgesetzt werden. Mit der Software Altium Designer, in welcher bereits die Elektroschemas gezeichnet sind, wird das PCB Layout erstellt. Die verwendeten Bauteile sowie deren Verbindungen können aus dem Schema direkt in ein PCB Projekt übernommen werden. Die Leiterbahnbreiten und Abstände zu weiteren Elementen werden in einem ersten Schritt konfiguriert. Vor dem Platzieren der Komponenten, wird die Grösse der Platine definiert. Anschliessend werden alle Verbindungen gezeichnet und der Print kann in die Produktion gegeben werden.

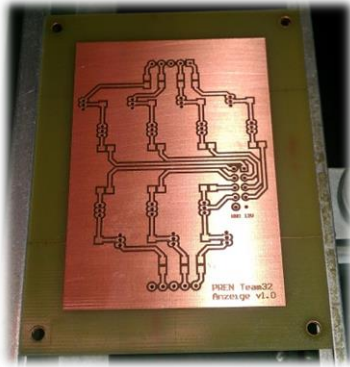


Abbildung 28: Unbestückter Anzeige-Print

Anhand des Prints für die 7-Segment-Anzeige (Abbildung 28) wird Schritt für Schritt gezeigt, wie bei der Bestückung vorgegangen wird.

Der Print sollte in einem ersten Schritt kontrolliert werden. Es ist möglich, dass sich unerwünschte Kurzschlüsse zwischen den Leiterbahnen befinden.

Ist dies nicht mehr der Fall, so kann mit der Bestückung begonnen werden.

Die SMD Komponenten werden an der dafür geeigneten Lötstation bestückt. An jedem Anschlusspunkt wird ein kleiner Tupfer Kleber aufgetragen. Anschliessend wird das Bauteil mit einem Saugnapf an die entsprechende Stelle gebracht und auf den Kleber gepresst.

Sind alle Bauteile bestückt, muss die Leiterplatte für einige Minuten in den dafür vorgesehenen Backofen. Dabei verflüssigt sich der Kleber und umschliesst die Kontakte der Bauteile. Beim Abkühlen verfestigt sich der Kleber wieder und die Bauteile sind auf der Platine befestigt.

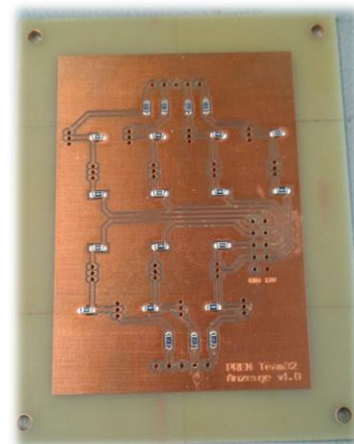


Abbildung 29: Print mit bestückten SMD Bauteilen

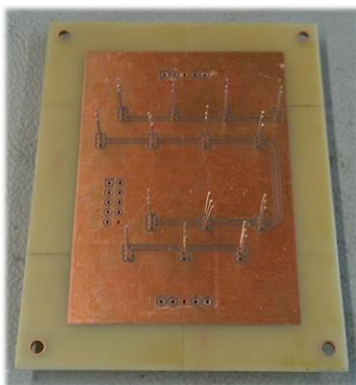


Abbildung 30: Bestückung der weiteren Bauteilen

Das Vorgehen für die Bestückung der weiteren Bauteile ist je nach Anzahl der Bauteile unterschiedlich. Handelt es sich um einen grösseren Print mit vielen Bauteilen, lohnt es sich diesen Schritt in mehreren Etappen zu realisieren. Dabei wird darauf geachtet, dass mit den kleineren Objekten begonnen wird, um schrittweise zu den grösseren zu gelangen.

Ein Bestückungsrahmen als Löt-Hilfe kann ebenfalls nützlich sein.

Die Leiterplatte für die Anzeige ermöglicht zugleich die Befestigung der Anzeige an ARCTICOS. So wurde die grosse 7-Segment-Anzeige auf der Rückseite des Prints platziert. Im letzten Schritt wird diese bestückt.

Der fertig hergestellte Print kann nun getestet und in ARCTICOS eingebaut werden.

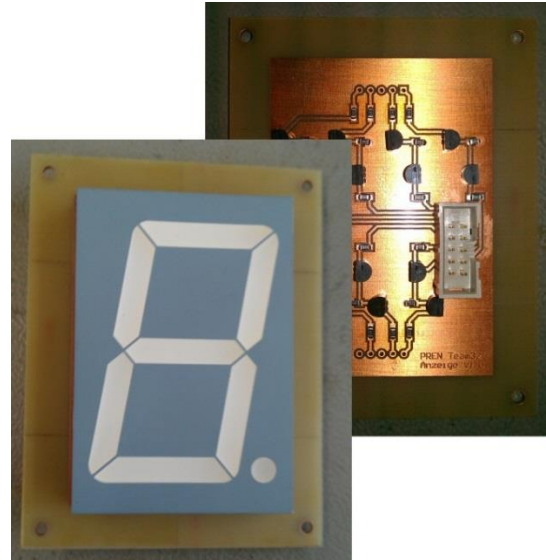


Abbildung 31: Vorder- und Rückseite des fertigen Prints

## 5.10 Programmierung

### 5.10.1 Encoder

Die Encoder werden benötigt, um die aktuelle Geschwindigkeit sowie Position (Ticks) der DC Motoren zu messen. Pro Motor ist ein Reflexions-Sensor befestigt und auf die hintere Achse gerichtet. Auf der Achse befindet sich ein Klebstreifen, auf welchem abwechslungsweise schwarze und weisse Striche gedruckt sind. In Abhängigkeit der Reflexionsstärke wird der Infrarot-Sensor seinen Widerstandswert ändern, wodurch eine Spannungsänderung in Abhängigkeit der Reflexion entsteht. Mit dem A/D-Wandler des Mikrocontrollers kann diese Änderung ausgewertet werden.

Die Schwierigkeit besteht darin, die A/D-Wandlung effizient und genügend schnell zu realisieren. Die A/D-Wandlung, welche vom Arduino zur Verfügung gestellt wird, ist sehr langsam. Aus diesem Grund wurden die Steuerregister des Controllers direkt beschrieben. Mit einer kleineren Auflösung ist die Wandlungsdauer um etwa das 10-fache gesunken. Zusätzlich wird mit Interrupts gearbeitet, wodurch der Mikrocontroller während der Wandlung weitere Schritte ausführen kann und nicht blockiert ist.

Der erhaltene Wert vom A/D-Wandler liegt zwischen 0 und 1024, wobei der Wert von weiss bei rund 70 liegt und schwarz bei etwa 800. Die programmierte Schwelle liegt bei 512, was bedeutet, Werte unter dieser Schwelle werden als weiss identifiziert und Werte oberhalb als schwarz. Nun wird zyklisch alle 2ms eine A/D-Wandlung ausgeführt und der neu erhaltene Wert mit dem alten verglichen. Wechselt der Zustand von schwarz nach weiss, so wird die Anzahl Ticks um eins erhöht.

Die Geschwindigkeit wird nicht in m/s angegeben sondern in Ticks/s. Die Berechnung dafür ist auf dem Mikrocontroller einiges einfacher und effizienter. Die aktuelle Geschwindigkeit wird für die Regelung benötigt, worauf im nächsten Unterkapitel eingegangen wird. Die Ticks werden eingesetzt, um beispielsweise eine vordefinierte Distanz abzufahren. Da sich Encoder, Regler und Motorensteuerung auf einem Controller befinden, kann auf die Werte zugegriffen werden.



### 5.10.2 Regelung

Um mit DC-Motoren eine Sollgeschwindigkeit zu fahren, ist eine Regelung unumgänglich. Die aktuelle Geschwindigkeit wird mit Hilfe der Encoder ausgewertet. Weicht die Geschwindigkeit von der Sollgeschwindigkeit ab, so muss das PWM-Signal dementsprechend angepasst werden. Der in Abbildung 32 gezeigte Regelkreis wird pro Motor implementiert.

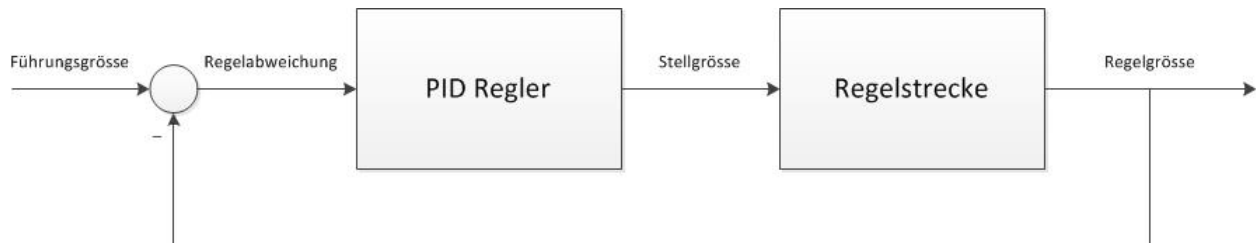


Abbildung 32: Regelkreis der Motorenregelung

Beim verwendeten Regler handelt es sich um einen PID Regler. Um eine exakte Regelung zu erhalten, ist ein rein proportionaler Regler nicht geeignet. Dabei bleibt bei einer Änderung der Führungsgrösse eine Abweichung in der Regelgrösse vorhanden. Um diese Abweichung über die Zeit zu korrigieren, wird sie erfasst und mit einem entsprechenden Faktor korrigiert. Dies wird in der Regelungstechnik als I-Anteil der Regelung bezeichnet. Damit der Regler schneller auf Sprünge in der Führungsgrösse reagiert, kann ein D-Anteil dazu gerechnet werden. Der D-Anteil erfasst die Sprünge in der Führungsgrösse und wird ebenfalls über einen separaten Faktor gewichtet.

Im Fall der Motorenregelung ist die erhaltene Geschwindigkeit der Encoder die Regelgrösse. Diese wird von der gewünschten Soll-Geschwindigkeit (Führungsgrösse) subtrahiert. Der PID-Regler errechnet daraus den nötigen PWM-Wert für die Ansteuerung der Motoren.



## 6 Maschinentechnik

### 6.1 Beschreibung des Prototyps

#### 6.1.1 Wanne / Chassis

Das Design der Wanne soll sich am Aufbau von Radpanzern orientieren. Für die Wanne sprechen der grosse Stauraum, sowie die Möglichkeit die gesamte Elektronik und die mechanischen Komponenten sauber zu verstauen, ohne dass noch ein Karosserieaufbau zum Sicht- und Spritzschutz nötig wird. Die Seitenwände können direkt zur Aufnahme der Antriebswellen genutzt werden. Allfällige Sensoren können ebenfalls direkt in die Seitenwände integriert werden. In den wannenartigen Aufbau lässt sich das Antriebssystem mit Raupen sehr gut integrieren und stellt deshalb die beste Lösungsvariante dar.

Die Wanne ist aus 3mm Aluminiumblech (AlMg3) gefertigt. Die Wände fungieren als tragende Elemente des gesamten Fahrzeugs. Abgeschlossen wird die Wanne von einer Plexiglasabdeckung. Diese ist zum Sichtschutz aufgeraut. Die Abdeckung dient zusätzlich zur Aufnahme der 7-Segmentanzeige, der Kamerahalterung, sowie der Aufnahme des Startknopfes.

Die Blechteile werden bei der Firma Blexon gelasert und anschliessend intern gebogen. Die Schweissarbeiten führt die mechanische Werkstatt durch. Die Plexiglasabdeckung wird im Designatelier gefertigt und angepasst.

#### 6.1.2 Motorenhalterung

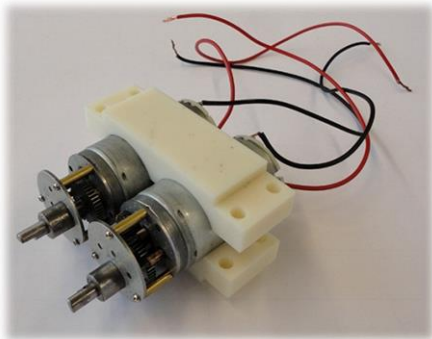


Abbildung 33: Motorenhalterung

Die Motorenhalterung dient zur Fixierung von Lage und Position der Motoren. Die Position in vertikaler Richtung kann mit den vier Schrauben sowie den dazugehörigen Muttern eingestellt werden. Damit kann die Lage der Abgangswelle der Motoren zur Antriebswelle, welche zu den Antriebsrädern führt, justiert werden. Eine optimale Kraftübertragung kann so sichergestellt werden.

Die Herstellung der Motorenhalterungen erfolgt im Rapid-Prototyping-Verfahren.

Die Vorteile liegen dabei in der im Vergleich zur spanenden Bearbeitung relativ kurzen Lieferfrist. Das gedruckte Bauteil überzeugt ausserdem mit seinem geringen Gewicht.

#### 6.1.3 Motoren, Getriebe, Übergangsstück, Akkumulator, Kegelzahnrad

Die Motoren dienen zum Antrieb des Fahrzeugs. Sie sind mittels Motorentreiber mit dem Arduino verbunden und können so angesteuert werden. Fixiert werden die Motoren von der bereits erwähnten Motorenhalterung. Auf der mechanischen Seite sind die Motoren über ein Übergangsstück und einem Kegelzahnrad mit der Antriebswelle gekoppelt. Das Übergangsstück wird für die Kopplung von Motorantriebswelle und Kegelzahnrad verwendet. Das Kegelzahnrad übernimmt die Kraftübertragung vom Motor auf die Antriebswellen.

Im Motor ist ein Getriebe integriert. Dieses verändert die Nenn-drehzahl des Motors von 5500 Umin-1 auf die erforderlichen 636 Umin-1. Um die gewünschte Abgangsdrehzahl zu erreichen, ist das Getriebe im Vergleich zum Originalzustand abgeändert. Durch die Entnahme der zwei mittleren Stufen, wird das gewünschte Übersetzungsverhältnis erreicht. Die Drehzahländerung wirkt sich auf das Drehmoment aus, welches im Vergleich zum Originalzustand zunimmt.

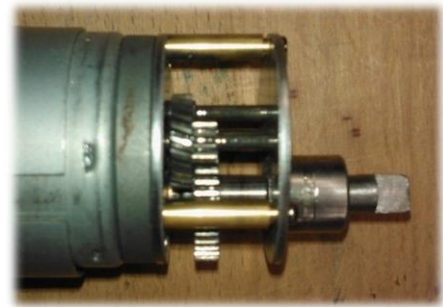


Abbildung 34: Motor mit abgeändertem Getriebe

Die Regelung der Motoren läuft über das Arduino. Die Energieversorgung wird über einen Blei-Akkumulator sichergestellt.

Das Übergangstück ist aus Stahl S235JRG2C gefertigt und wird von der mechanischen Werkstatt realisiert.

#### 6.1.4 Antrieb, Antriebsrad, Riemen, Spannrad, Lagerbock

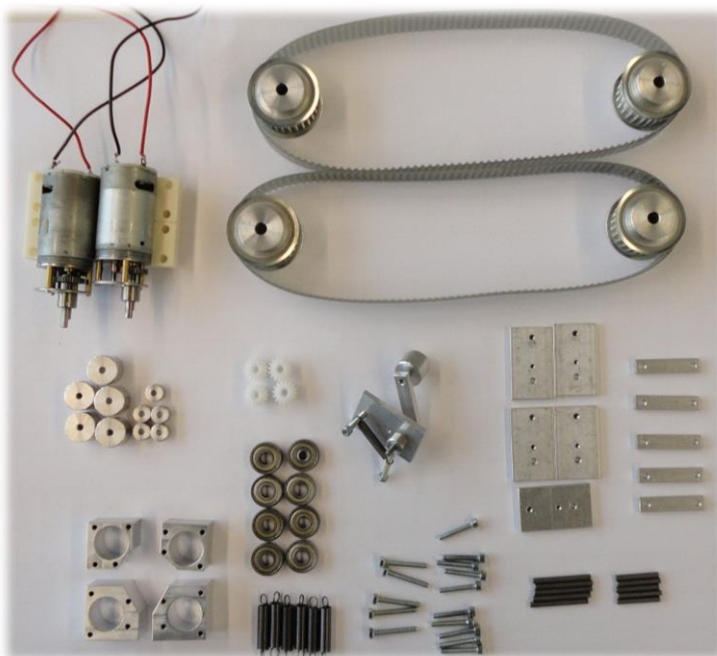


Abbildung 35: Antriebseinheit komplett

Der Antrieb formt die Drehbewegung der Motoren in eine Vorwärtsbewegung um. Die Übertragung von Fahrzeug auf den Untergrund wird von einem Zahnriemen mit Teilung T5 übernommen. Der Riemen wird auf jeder Seite über eine Zahnriemenscheibe T5/27-2 angetrieben. Die Kraftübertragung erfolgt formschlüssig. Die Krafteinleitung auf das Gesamtsystem Antrieb erfolgt über die Antriebswelle, welche mittels Kegelzahnrad und Übergangstück mit dem Motor verbunden ist.

Positioniert und gelagert werden die Antriebswellen der Zahnriemenscheiben über den Lagerbock auf der Innenseite der Wanne. In den Lagerböcken sind jeweils zwei Rillenkugellager 608-ZZ-MAE eingebaut. Die nötige Vorspannung des Riemen übernimmt das Spannrad.

Das Spannrad besteht aus einem Scharnier, einer Zugfeder und einem Gummipuffer. Dabei ist die Feder so montiert, dass beim Aufklappen des Scharniers eine Druckkraft auf den Riemen entsteht. Durch diese wird der Riemen mit der nötigen Kraft vorgespannt und ein genügend grosser Umschlingungswinkel an den Antriebsrädern sichergestellt. Durch die Feder ist eine Spannung des Riemen auch beim Überqueren der Hindernisse gewährleistet.

Der Lagerbock wird aus fertigungstechnischen Gründen aus Aluminium (AlMgSi0.5 warm ausgehärtet) gefertigt. Die Fertigung erfolgt über die mechanische Werkstatt. Die Antriebswellen werden ebenso von der mechanischen Werkstatt gefertigt. Die Spannradkonstruktion entsteht in Eigenarbeit im Designatelier. Die Materialien der Spannkonstruktion sind so gewählt, dass ein Austausch oder eine Veränderung der Geometrie leicht zu realisieren ist.

### 6.1.5 Federung

Am Fahrzeug sind insgesamt sechs Federelemente (siehe Abbildung 36) angebracht. Jedes Federelement besteht aus einer Laufrolle, Schwinge, Übertragungswelle, Feder und einer Verbindungsschraube. Die Federung ermöglicht ein Überfahren der Hindernisse, ohne dass sich das Fahrzeug aufschaukelt. Als Zweit- aufgabe pressen die sechs Führungsräder den Riemen auf den Boden und ermöglichen die Kraftübertragung vom Zahnriemen auf den Fahruntergrund. Mit der Federung kann ausserdem die Bodenfreiheit des Fahrzeugs eingestellt werden.

Beim Überfahren eines Hindernisses wird das Führungsrad diagonal nach oben verschoben. Diese Verschiebung wird über die Schwinge und die Übertragungswelle auf die Innenseite der Wanne übertragen. Als federndes Element dämpft die an der Achse befestigte Feder diese Schwingungen ab. Je nach Federkonstante der verbauten Federn fällt die Dämpfung beim Abfahren des Parcours grösser oder kleiner aus. Die Federkonstante muss zudem genügend hoch sein, damit das Fahrzeug nach dem Passieren eines Hindernisses stets in seine stabile Ausgangslage zurückgedrückt wird.

Die Einzelkomponenten der Federung sind aus Aluminium (AlMgSi0.5 warm ausgehärtet) gefertigt. Die Produktion erfolgt in der PREN-Werkstatt in Eigenregie.



Abbildung 36: Federung

## 6.2 Modifikationen

Im Verlaufe der Realisation mussten diverse Anpassungen am Konzept gemacht werden. Zum Teil sind die Veränderungen das Resultat neuer Rahmenbedingungen, zum Teil sind sie jedoch auch auf eine zu ungenaue oder fehlerhafte Planung zurückzuführen. Nachfolgend sind die wichtigsten Modifikationen aufgelistet und erläutert.

### 6.2.1 Spannrad Raupen

In der Konzeptphase war geplant, die Spannung der Raupen über eine Verschiebung der hinteren Riemenscheibe zu erreichen. Bei der Realisierung zeigte sich allerdings, dass diese Lösungsvariante nicht optimal ist, da sie viel Platz in Anspruch nimmt. In einem überarbeiteten Konzept wird die Spannung der Raupen auf jeder Seite mit je einem Spannrad sichergestellt (vgl. Abbildung 37).

Die von der Zugfeder stammende Spannkraft wird über eine Scharniervorrichtung und eine Aluminiumrolle auf die Raupen übertragen. Bei ersten Fahrversuchen wurde ein Aufschwingen der Spannvorrichtung beobachtet. Mit einem zusätzlichen Puffer konnte dieses Phänomen unterbunden werden.



Abbildung 37: Raupen mit Spannradkonstruktion

### 6.2.2 Laufräder Raupen

Die Laufräder wurden in der Konzeptphase als einfaches Rundmaterial ausgelegt. Bei ersten Fahrversuchen rutschten die Raupen nach wenigen Metern Fahrt von den Antriebs- und Laufrädern ab. Abhilfe kann mit breiteren Rollen geschaffen werden, welche mit Seitenwänden ausgestattet sind. Die Raupen bleiben so besser in der gewünschten Position und rutschen nicht mehr vom Antriebsrad (vgl. Abbildung 38).



Abbildung 38: Vergleich alte / neue Laufräder

### 6.2.3 Ultraschallsensoren

Anfänglich wurde davon ausgegangen, dass die Höhe des Ultraschallsensors an der Front nicht problematisch ist. In Versuchen stellte sich heraus, dass der Sensor zu hoch angebracht ist. Dadurch wurde die Begrenzungswand am hinteren Ende des Parcours nicht mehr erkannt. Mit Hilfe eines zweiten Sensors, welcher tiefer eingebaut ist, kann dieses Problem behoben werden.

### 6.2.4 Kamerahalterung

Die Kamerahalterung ist im Funktionsmodell als eigenständige Komponente an der Seitenwand des ARCTICOS angebracht und nicht wie anfänglich vorgesehen vollständig in der Abdeckung integriert. Gründe für die Abänderung gegenüber dem Konzept liegen in der einfacheren Handhabung und Montage der Komponenten. Zudem werden die Kabelführungen erleichtert.

### 6.2.5 Abdeckung

Gleichbedeutend mit der Abänderung der Kamerahalterung kommt es zu einer Veränderung der Abdeckung. Zusätzlich zu den Anpassungen der Kameraposition, werden im hinteren Bereich Lüftungsschlitze angebracht, welche die Abführung der Abwärme der an der Elektronik angebrachten Kühlrippen unterstützen, respektive ermöglichen soll. Zusätzlich wird die 7-Segment-Anzeige in das Design der Abdeckung integriert. Diese Integration bringt eine Verbesserung der Raumaufteilung im Inneren der Wanne mit sich.

### 6.2.6 Zusammenfassung

Die vorgenommenen Modifikationen dienen allesamt einer verbesserten Handhabung des Fahrzeuges oder sind zur Sicherstellung der Funktionalität von ARCTICOS nötig. Ästhetische Auswirkungen hat einzig das Anbringen eines weiteren Sensors an der Vorderseite des Fahrzeuges. Dieser Sensor konnte aus Sicht der Projektgruppe jedoch gut in das Gesamterscheinungsbild integriert werden. Alle anderen Anpassungen haben keine, oder nur geringfügige Auswirkungen auf das Design. Mit der Abänderung der Abdeckung wird das bestehende Design nochmals besser unterstrichen.

## 7 Bedienungsanleitung

Vielen Dank, dass Sie sich für uns entschieden haben.

Bitte seien Sie sich im Klaren, dass es sich bei Ihrem Produkt um einen Prototypen und nicht um einen vollumfänglich funktionierenden Lawinenverschüttetensuchroboter handelt.

Mit ARCTICOS haben Sie mit Ihrer Unternehmung einen wichtigen Schritt in Richtung automatisierter Sicherheit getan. ARCTICOS hilft Ihnen bei einem Lawinenunglück, die Interventionszeit deutlich zu reduzieren und die Überlebenschancen von Verschütteten exponentiell zu steigern. Ihre Mitarbeiter werden bei der Suche nach Lawinenopfern nicht mehr der stetigen Gefahren von Zweitniedergängen ausgesetzt und können sich so voll und ganz ihren Primäraufgaben widmen: Leben retten.

### 7.1 Sicherheitshinweise

Damit eine einwandfreie Funktion des autonomen Erkundungsgerätes gewährleistet ist, sind folgende Sicherheitshinweise zu beachten:

- Inbetriebnahme nur durch geschultes Personal und nach aufmerksamer Lektüre der Betriebsanleitung.
- Benutzen Sie den ARCTICOS nur in Innenräumen. Staub, Nässe und Schmutz können zu Schäden am ARCTICOS führen.
- Vermeiden Sie starke Umgebungsveränderungen (z.B. Temperatursturz) während dem Betrieb, um Kondenswasser-Bildung zu verhindern.
- Reinigen Sie den ARCTICOS nur mit einem weichen Stofftuch. Verwenden Sie keine Lösungsmittel oder aggressiven Reinigungsmittel.
- Nehmen Sie keine Veränderungen am Aufbau oder an der Elektronik vor.

### 7.2 Verpackungsinhalt

Die Verpackung enthält folgende Elemente:

- ARCTICOS
- Betriebsanleitung
- Akku
- Ladekabel

### 7.3 Montage Akku

Zum Einsetzen des Akkus muss die Abdeckung abmontiert werden. Dazu Abdeckung an den Seiten anpacken und nach oben aus dem Chassis entfernen. Anschliessend die drei Schrauben auf dem Print entfernen, um zum Montageplatz des Akkus zu gelangen. Legen Sie den Akku wie in Abbildung 39 in das Chassis. Verbinden Sie den Akku mittels zur Verfügung stehenden Steckanschlüssen mit dem Hauptprint.

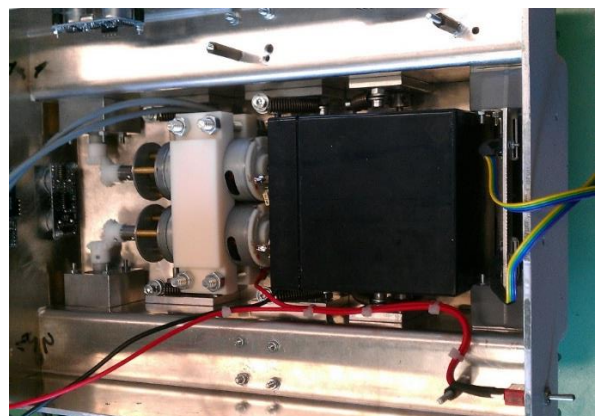


Abbildung 39: Akku Einbau



## 7.4 Aufbau

ARCTICOS ist modular aufgebaut und kann mit wenigen Handgriffen auseinander genommen werden. Die einzelnen Komponenten sind mit Schrauben oder Klett befestigt, wodurch der schnelle Austausch der einzelnen Komponenten ermöglicht wird.

Der gesamte Aufbau ist in Abbildung 40 ersichtlich. In der Abbildung 41 sind die Anschlüsse vom Raspberry Pi eingezeichnet. In der Abbildung 42 sind die Anschlusspunkte der Komponenten auf dem Hauptprint eingezeichnet. In der dazugehörigen Legende sind die Platzierungen sowie der korrekte Anschluss der einzelnen Komponenten zu entnehmen.

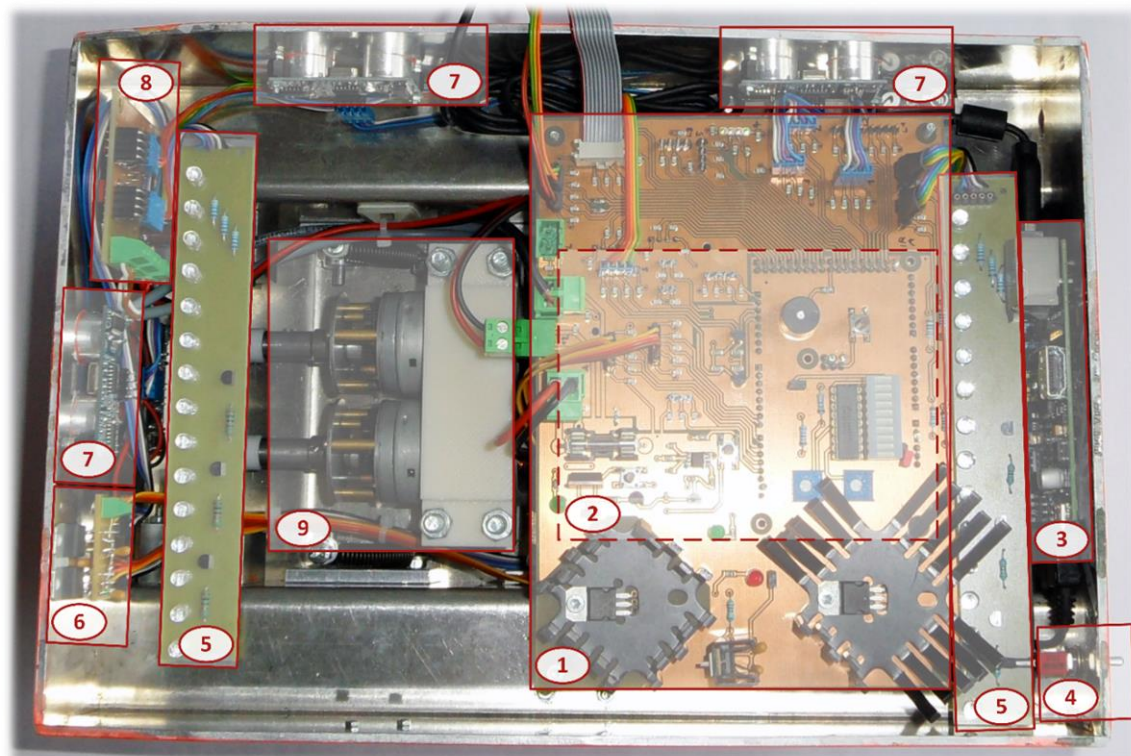


Abbildung 40: Komponenten von ARCTICOS

Pos.	Komponente	Pos.	Komponente	Pos.	Komponente
1)	Hauptprint	4)	Hauptschalter	7)	Ultraschallsensor (3x)
2)	Akku (nicht sichtbar)	5)	RGB-LED Band (2x)	8)	Motorentreiber
3)	Raspberry Pi	6)	Treiber für RGB-LED Band	9)	Motor & Getriebe (2x)

Tabelle 9: Komponenten von ARCTICOS

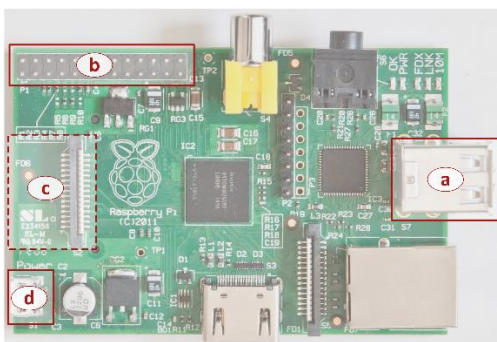


Abbildung 41: Anschlüsse auf dem Raspberry Pi

Pos.	Anschluss
a)	Webcam & WLAN-Dongle
b)	SCI zu Hauptprint
c)	SD-Karte (nicht sichtbar)
d)	5V Einspeisung von Hauptprint

Tabelle 10: Anschlüsse auf dem Raspberry Pi



## 7.5 Montage

In einem ersten Schritt wird empfohlen die Motoren einzubauen. Die Halterung wird mit vier Schrauben befestigt. Anschliessend werden alle Sensoren sowie Treiber montiert. Nun muss das Raspberry Pi mit zwei Schrauben an die Rückwand von ARCTICOS befestigt werden. Danach muss der Akku angeschlossen und in die Wanne gelegt werden. Als nächster Schritt wird der Hauptprint platziert und mit vier Schrauben befestigt. Die bereits montierten Sensoren und Komponenten können wie in Abbildung 42 gekennzeichnet mit dem Hauptprint verbunden werden. In einem nächsten Schritt werden die zwei RGB-LED-Bänder mit Klett montiert und mit dem RGB-LED-Treiber verbunden. Zum Schluss werden die in der Abdeckung montierten Komponenten mit dem Hauptprint verbunden und der Roboter zugedeckt. Über den Hauptschalter kann ARCTICOS in Betrieb genommen werden.

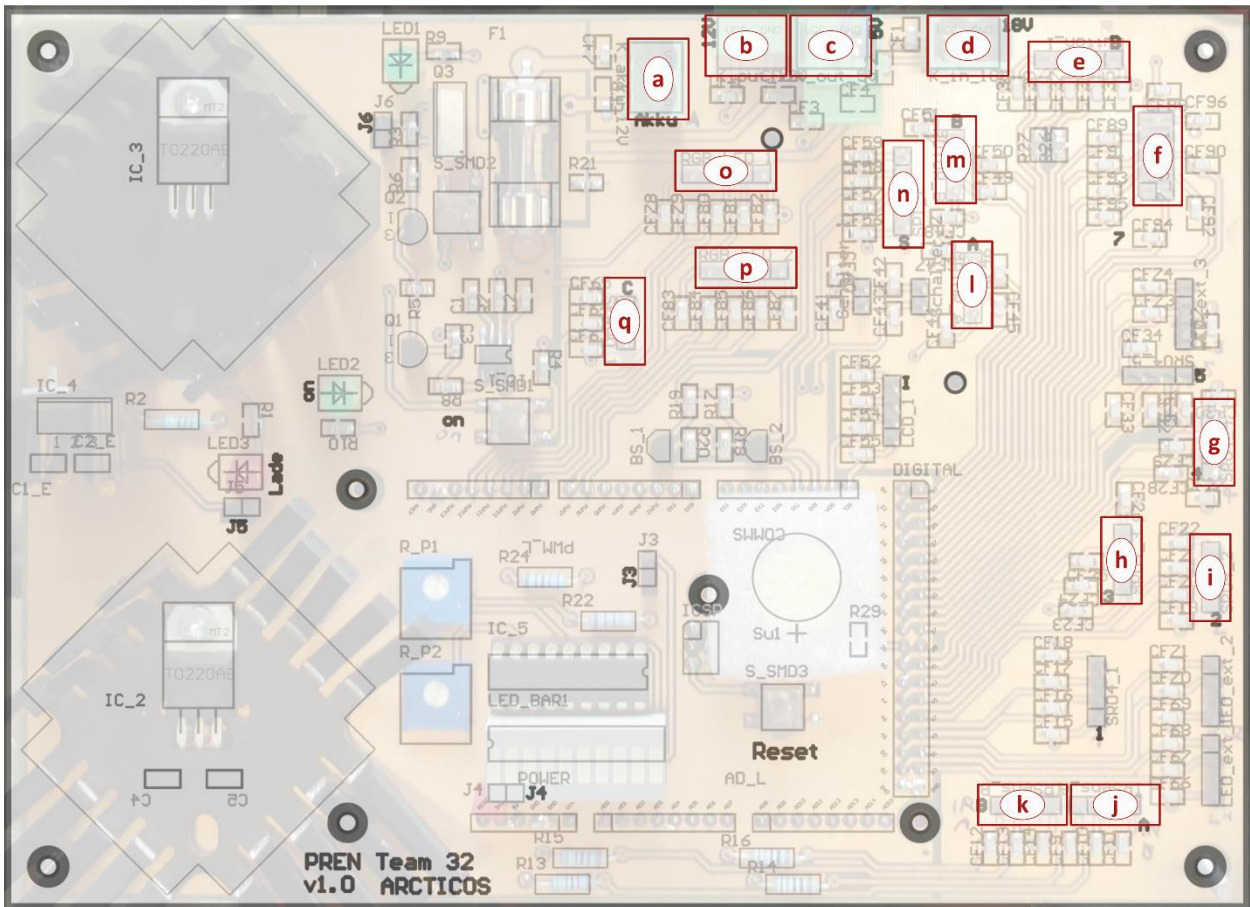


Abbildung 42: Anschlüsse auf dem Hauptprint

Pos.	Anschluss	Pos.	Anschluss	Pos.	Anschluss
a)	Akku	g)	Ultraschallsensor Vorne	m)	Steuerung Motor Rechts
b)	12V Treiber Speisung	h)	Ultraschallsensor Rechts 1	n)	SCI zu Raspberry Pi
c)	5V Raspberry Pi Speisung	i)	Ultraschallsensor Rechts 2	o)	RGB-LED Band Vorne
d)	Ladeinspeisung	j)	Encoder Motor Links	p)	RGB-LED Band Hinten
e)	Start / Stop Taster	k)	Encoder Motor Rechts	q)	Servo Motor für Webcam
f)	7-Segment Anzeige	l)	Steuerung Motor Links		

Tabelle 11: Anschlüsse auf dem Hauptprint

## 7.6 Inbetriebnahme

Vor der ersten Inbetriebnahme gleichen Sie bitte Ihre Lieferung mit dem Verpackungsinhalt ab. Kontrollieren Sie, ob alle Teilkomponenten vorhanden sind.

Laden Sie vor der ersten Inbetriebnahme den Akku vollständig auf. Dazu verwenden Sie bitte ausschliesslich das mitgelieferte Ladekabel.

## 7.7 Starten des ARCTICOS

Bevor Sie ARCTICOS starten, stellen Sie bitte sicher, dass alle Komponenten miteinander verschraubt sind und die Abdeckung angebracht ist. Kontrollieren Sie ausserdem, ob die Raupen auf allen Laufrädern sowie auf den Antriebsrädern zentriert sind.

Starten Sie ARCTICOS vorzugsweise auf einer flachen Unterlage.

Zum Starten betätigen Sie den grossen Startknopf auf der Oberseite.

## 7.8 Während des Betriebes

Achten Sie darauf, dass während des Fahrbetriebes keine Gegenstände in die Raupen gelangen können. Nehmen Sie das Fahrzeug nicht während der Fahrt in die Hände, da sonst eine erhöhte Gefahr besteht, dass Sie sich die Finger einklemmen.

## 7.9 Massnahmen bei Funktionsstörungen

### 7.9.1 Funktionsstörung während dem Betrieb

Sollten während des Betriebs von ARCTICOS unvorhergesehene oder unerwünschte Komplikationen auftreten, betätigen Sie unverzüglich den Notausschalter an der Rückseite des Fahrzeugs.

### 7.9.2 Funktionsstörungen bei Inbetriebnahme

Sollten bei der Inbetriebnahme Komplikationen auftreten, kontrollieren Sie bitte anhand folgender Checkliste, ob das Fahrzeug ordnungsgemäss initialisiert ist:

- Raupen liegen stabil auf den Antriebs- und Laufrädern
- Antriebswelle ist mittels Übergangsstück mit den Motoren verbunden
- Akku korrekt eingesetzt und verbunden (gemäss Kapitel 7.3)
- Gerät ist eingeschaltet
- Akkumulator ist vollständig aufgeladen
- Speise- sowie Steuerleitung des Motorentreibers sind mit dem Hauptprint verbunden
- Motoren sind an Motorentreiber angeschlossen
- Alle Sensoren sind an den dafür vorgesehenen Anschlüsse eingesteckt
- Raspberry Pi ist mit dem Hauptprint verbunden
- WLAN Stick und Kamera sind am Raspberry Pi angeschlossen
- Servo-Motor ist an dem dafür vorgesehenen Anschluss eingesteckt
- 7-Segment-Anzeige ist an dem dafür vorgesehenen Anschluss eingesteckt
- Start- / Stop-Taster ist an dem dafür vorgesehenen Anschluss eingesteckt

Sollte ein Starten des Fahrzeuges noch immer nicht möglich sein, nehmen Sie bitte Kontakt mit dem PREN Projektteam 32 auf.

## 8 Konzept Messeauftritt

An der Erfindermesse der Fachhochschule Luzern T&A soll jedes der 32 Teams sein Produkt der Öffentlichkeit präsentieren, welches im PREN 1 geplant und im PREN 2 ausgeführt wurde.

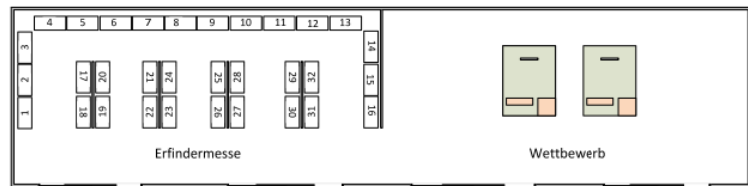


Abbildung 43: Standverteilung Erfindermesse

Jedem Team steht, wie in Anhang i ersichtlich, ein Tisch mit den Dimensionen 180x70x78cm sowie eine Rückwand zur Verfügung. Der Messestand kann frei gestaltet werden und beinhaltet ein Poster mit der Entwicklung und einem Flyer, welcher den Mehrwert des Fahrzeuges aufzeigt.

### 8.1 Corporate Identity

Um erfolgreich am Markt bestehen zu können, muss das Start-Up-Unternehmen für das Produkt ARCTICOS ein eigenes Corporate Image und Design aufbauen, damit die Produkte von der Kundschaft schnell wiedererkannt und sofort mit Sicherheit und Zuverlässigkeit in Verbindung gebracht werden.

### 8.2 ARCTICOS Logo

In Abbildung 44 ist das Logo von ARCTICOS ersichtlich. Links im Logo sind zwei Berge in den Farben Weiss, Hell- und Dunkelblau dargestellt. Rechts befindet sich der Schriftzug ARCTICOS in roter Farbe.



Abbildung 44: Logo ARCTICOS

Dieser ist in Kapitälchen geschrieben. Als Vervollständigung des Logos sind unterhalb dieser zwei Elemente horizontale Balken angeordnet. Diese drei Balken werden von oben nach unten dunkler.

Mit der Schriftart Century Gothic besitzt das Logo eine serifenlose Antiqua. Dieser Schrifttyp wirkt technisch, schlicht, sachlich und funktional und soll auf das Produkt und dessen Werte schliessen lassen (Fach DDT, 2013).

### 8.3 Slogan

„Leben retten ohne Leben gefährden“ - so lautet der Slogan für das Produkt ARCTICOS. Bei der Lawinrettung besteht immer ein Restrisiko, dass spätere Lawinen während der Rettung ausgelöst werden und die Rettungsmannschaft verschütten. Mit dem autonomen Fahrzeug entsteht bei einer nachfolgenden Lawine lediglich Materialschaden am Fahrzeug. Personenschäden können damit reduziert werden.

## 8.4 Limbic-Map

Das Fahrzeug der Gruppe 32 soll die Eigenschaften „Verlässlichkeit, Qualität, Fleiss und Vertrauen“ besitzen und siedelt sich deshalb mit Ausnahme von „Vertrauen“, im Abschnitt unten rechts der Limbic-Map an (Abbildung 45). Dieser Bereich wird mit den Begriffen Disziplin und Kontrolle zusammengefasst. Die dazugehörigen Farben sind Weiss, Blau, Silber und Schwarz.

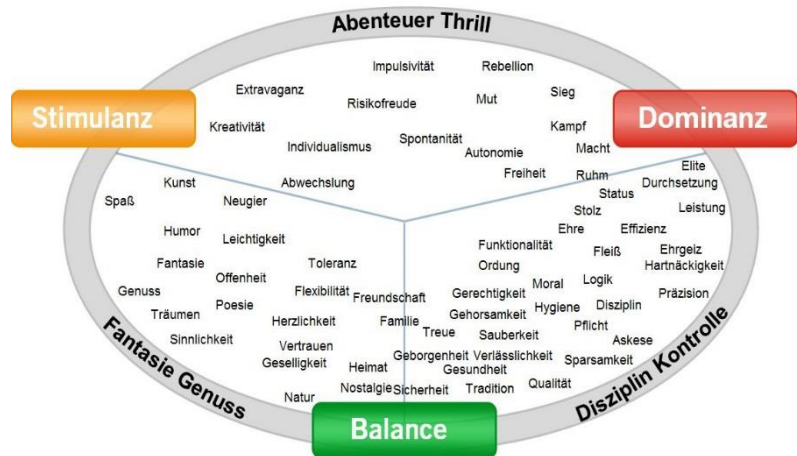


Abbildung 45: Limbic-Map

Mit den gewählten Farben Weiss, Hell- und Dunkelblau wird dieser Bereich im Logo wiedergegeben. Desweiteren sind in den Schneesportgebieten die Farben Weiss mit dem Schnee und Blau durch den Himmel und die Bergseen vorhanden und im Logo festgehalten.

## 8.5 Aufbau Messestand

Der Messestand soll durch ein interessantes und für den Zielmarkt passendes Standkonzept möglichst viele Besucher der Erfindermesse anlocken. Der Zielmarkt wurde bereits in PREN 1 genauer definiert und geht in den Bereich der Lawinenrettung. Um den Zielmarkt im Standkonzept darstellen zu können, konstruiert das Projektteam 32 einen Berg aus Kunststoff. Dieser erstreckt sich über rund zweidrittel der Tischlänge und nimmt fast die komplette Breite ein. Der Berg besteht aus zwei Teilen, einer Bergspitze und der Unterbau. Der untere Abschnitt ist gegen Tischmitte flach gehalten und steigt gegen links auf, wo sich die Spitze des Berges befindet. Das Fahrzeug wird auf der Bergbasis platziert und befindet sich in der Mitte der Tischplatte. Die Bergspitze soll ARCTICOS mit der Schweiz verbinden, deshalb modelliert das Projektteam die Spitze des Matterhorns.

Um das Fahrzeug noch besser vom Hintergrund abgrenzen zu können, wird das Fahrzeug orange lackiert. Zum einen ist Orange eine Warnfarbe und wird in Wintersportanlagen zur Markierung und Erkennung eingesetzt. Zum anderen ist Orange die Komplementärfarbe zu Blau. Die Farbe Blau wird für den Berg eingesetzt und bildet dadurch einen noch deutlicheren Kontrast.

Um den Wiedererkennungswert des Produktes und des Standes zu verbessern, wird das Logo ARCTICOS gross auf der Rückwand aufgehängt. Neben dem Logo befindet sich auch die beiden Poster Entwicklung und Eye-Catcher.

## 8.6 Bau Messestand

Der Unterbau besteht aus blauen Kunststoffplatten, welche 5 cm dick sind. Zuerst werden die Platten passend zugeschnitten und anschliessend mit einem Heissstab in Form gebracht. Durch die unterschiedliche Schmelzdauer an den einzelnen Punkten kann ein spezielles Muster erzeugt werden. Dies bricht die Konturen und macht den Berg lebendiger.



Abbildung 46: Bau des Berges für den Messestand

Durch Abrundungen und Einbuchtungen soll der Berg seine einzigartige Fassade erhalten. Für die Bergspitze wird eine passende NX-Konstruktionszeichnung des Matterhornes aus dem Internet ausgewählt und der Berg anschliessend durch mehrere skalierten Höhen geschnitten. Diese 2-D-Schnitte werden auf Kunststoffplatten mit einer Stärke von 1.5 cm aufgetragen und anschliessend ausgeschnitten. Die komplette Bergspitze, welche aus 14 Platten geformt wird, besitzt eine Höhe von 21 cm. Nach dem Ausschneiden der Platten werden diese aufeinander geleimt. Anschliessend werden die Kanten der einzelnen Platten mit Hilfe des NX-Modelles zurechtgeschweisst, so dass am Schluss die berühmte Form des Matterhornes erkennbar ist.

## 8.7 Poster und Flyer

Das Poster „Entwicklung“ beinhaltet die Anforderung der Fachhochschule für das Poster. Auf dem Poster werden das Projektteam vorgestellt und die Aufgabenstellung erläutert. Ebenfalls wird die Entwicklung des Fahrzeuges in einem Text beschrieben.

Das Poster „Eye-Catcher“ animiert den Leser für das Produkt. Mit lediglich einer Abbildung des Fahrzeuges und einigen ausgewählten Schlagwörtern soll das Plakat sofort Auskunft über das Produkt und dessen wichtigsten Eigenschaften geben.

Der Flyer beinhaltet die Eigenschaften des Zielsegment-ARCTICOS. Der Flyer ist gedrittelt aufgebaut und präsentiert sich auf der Frontseite mit dem Logo und dem Leitspruch des Produktes. Auf der Rückseite sind die Kontaktdaten der Projektgruppe 32 zu finden. Auf der linken Innenseite des Flyers sind die Features des Fahrzeuges aufgelistet, auf der rechten Seite befinden sich die positiven Eigenschaften von ARCTICOS. Mit diesen beiden Auflistungen gewinnt der Leser einen guten Überblick der Merkmale des Fahrzeuges kann sich vom Produkt überzeugen.



Produktentwicklung PREN 2012/2013

Produktentwicklung PREN 2012/2013

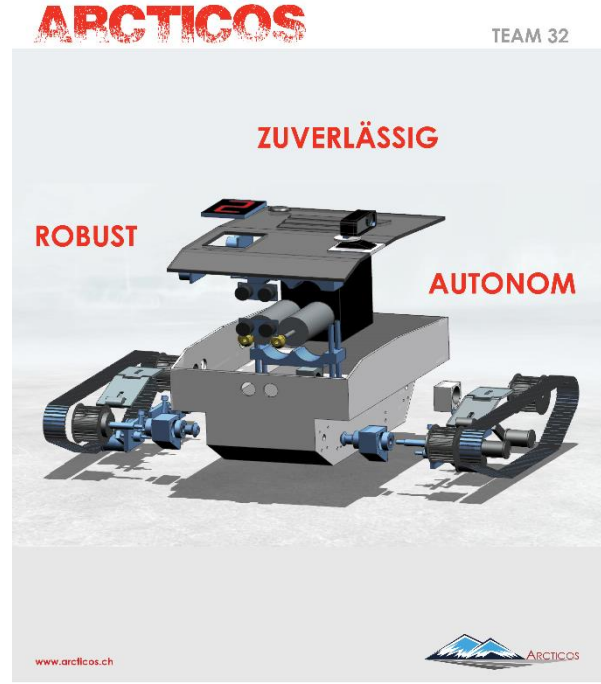


Abbildung 47: Poster „Entwicklung“

Abbildung 48: Poster „Eye-Catcher“

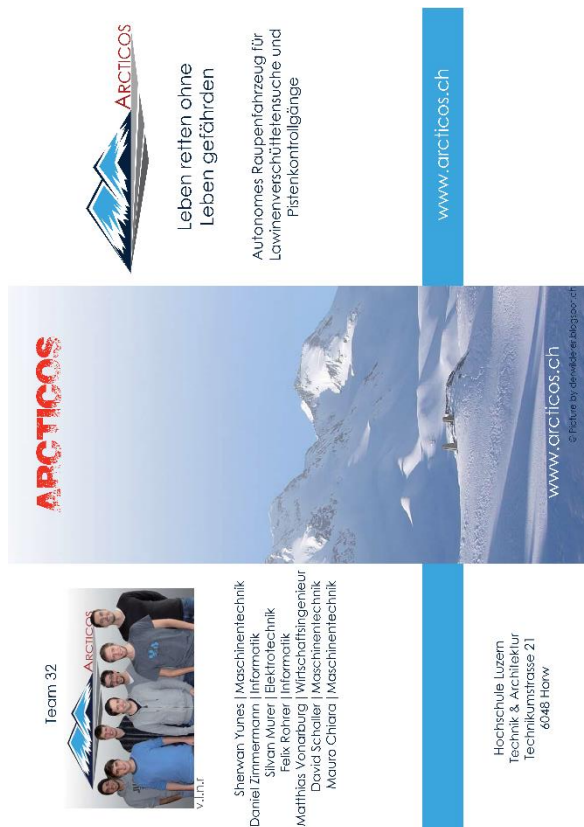


Abbildung 49: Flyer Vorderseite



Abbildung 50: Flyer Rückseite

## 9 Diskussion

### 9.1 Entwicklungskosten

KOSTENÜBERSICHT PREN 1 und PREN 2						
Teile	Total	Ausstehend	Ist	Δ	Bemerkungen	
			Einkauf	Abweichung		
Elektrotechnik	Arduino MEGA 2560	CHF 56.90	CHF 0.00	CHF 16.00	CHF 40.90	Einkauf erledigt
	Distanzsensoren	CHF 37.50	CHF 0.00	CHF 12.50	CHF 25.00	Einkauf erledigt
	Motorentreiber	CHF 15.50	CHF 0.00	CHF 14.50	CHF 1.00	über Schule verrechnet
	Display	CHF 36.90	CHF 0.00	CHF 5.95	CHF 30.95	Einkauf erledigt
	Kleinmaterial	CHF 30.00	CHF 0.00	CHF 26.35	CHF 3.65	Einkauf erledigt
	Akku	CHF 29.95	CHF 0.00	CHF 49.95	-CHF 20.00	Einkauf erledigt
Mechanik	Motoren	CHF 70.00	CHF 0.00	CHF 30.00	CHF 40.00	über Schule verrechnet
	Raupen	CHF 30.00	CHF 0.00	CHF 43.25	-CHF 13.25	Einkauf erledigt
	Wanne	CHF 50.00	CHF 0.00	CHF 62.87	-CHF 12.87	über Schule verrechnet
	Federung	CHF 15.00	CHF 0.00	CHF 10.00	CHF 5.00	gesponsort (50%)
	Räder	CHF 30.00	CHF 0.00	CHF 46.95	-CHF 16.95	Einkauf erledigt
	Kamerahalterung	CHF 20.00	CHF 0.00	CHF 16.90	CHF 3.10	Einkauf erledigt
	Design	CHF 40.00	CHF 0.00	CHF 46.60	-CHF 6.60	Einkauf erledigt
	Kleinmaterial	CHF 10.00	CHF 0.00	CHF 11.80	-CHF 1.80	Einkauf erledigt
IT	RaspberryPi	CHF 59.00	CHF 0.00	CHF 37.65	CHF 21.35	Einkauf erledigt
	Webcam	CHF 60.00	CHF 0.00	CHF 20.00	CHF 40.00	Privatgebrauch (50%)
<b>Total</b>	<b>CHF 590.75</b>	<b>CHF 0.00</b>	<b>CHF 451.27</b>	<b>CHF 139.48</b>		

Abbildung 51: Kostenübersicht PREN 1 und PREN 2

Die Kostenplanung beinhaltet die Kosten, welche maximal auf einer Position anfallen dürfen (Abbildung 51). Bei einigen Positionen wurde diese Grenze überschritten. Dank guten Angeboten konnten auf anderen Positionen Kosteneinsparnisse getätigt werden. Somit konnte das Projektteam insgesamt die Projektkosten senken. Dieses positive Ergebnis wurde durch die Tatsache unterstützt, dass die Federung gesponsert ist und die Webcam später privat eingesetzt wird. Auf diesen Positionen wurde nur der halbe Rechnungsbetrag aufgelistet. In der Abbildung 52 ist die genaue Aufteilung auf die einzelnen Bereiche ersichtlich.

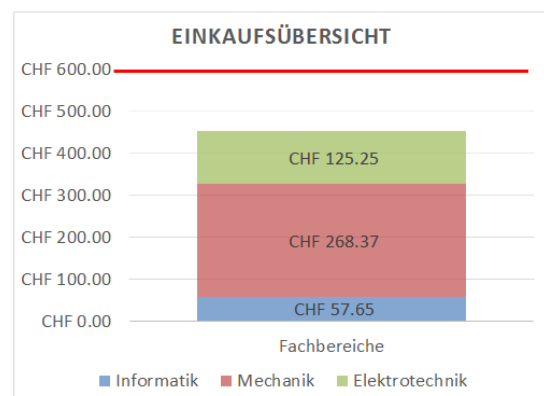


Abbildung 52: Einkaufsübersicht



## 9.2 Aufgewendete Maschinenstunden

Zur Realisierung stehen eine gewisse Anzahl Maschinenstunden zur Verfügung. Die nachfolgende Tabelle zeigt auf, wie diese Stunden eingesetzt wurden.

Maschine / Posten	Budget	Gebraucht
Mechanische Werkstatt	10h	5.5h
Rapid Prototyping	25h	2.5h
Blechteile Laser	10h	2h
PREN Werkstatt	keine Begrenzung	48.9h

Tabelle 12: Aufgewendete Maschinenstunden

Beim Betrachten der Tabelle wird ersichtlich, dass die Kapazitäten der zur Verfügung stehenden Posten nicht optimal genutzt wurden. Der Mehraufwand bei der Fertigung der mechanischen Komponenten in der PREN-Werkstatt könnte bei einer Auslagerung an die mechanische Werkstatt minimiert werden.

### 9.3 Zeitlicher Entwicklungsaufwand

Bereich	Arbeit	Aufwand [h]
Konstruktion	Wanne und Halterungen	68
	Raupen und Federung	42
	Schema zeichnen	24
	PCB layouten	33
	PCB bestücken	25
	Kamerahalterung	10
	CAD-Modell erstellen	73
	Zusammenbau Fahrzeug und Tests	43
	Elektronische Komponenten (Sensor, 7 Segmentanzeige)	13
	Berechnungen	3
	Total Konstruktion	<b>334</b>
Programmierung	Arduino	225
	QR-Code	90
	Webseite auslesen	16
	serielle Schnittstelle	32
	Total Programmierung	<b>363</b>
Dokumentation	Erstellen der Dokumentation	210
	Gegenlesen und Korrekturen	80
	Total Dokumentation	<b>290</b>
Design und Messestand	Design Fahrzeug	21
	Plakat und Flyer	56
	Bau Messestand	28
	Total Design und Messestand	<b>105</b>
Allgemein	Input	36
	Projektmanagement (Zeitplan, Protokolle usw.)	51
	Homepage erstellen und aktualisieren	25
	Diskussionen im Projektteam und mit Coach	72
	Bestellungen	11
	Total Allgemein	<b>195</b>
	<b>SUMME TOTAL</b>	<b>1'287</b>

Tabelle 13: Zeitaufwand PREN 2

Die Stundenanzahl im Modul PREN 2 im Bereich Diskussionen konnten im Vergleich zum PREN 1 gesenkt werden. Zum einen wurden die meistens Schnittstellen bereits im vorherigem Modul definiert und zum anderen wurde mehr in den einzelnen Bereichen gearbeitet. Der Aufwand im Bereich Dokumentation konnte ebenfalls reduziert werden, da ein Teil der Vorlagen und Textabschnitte aus PREN 1 übernommen werden konnte.

## 9.4 Erfahrungen, „Lessons learned“

### 9.4.1 Allgemein

Mit dem Abschluss dieser Arbeit geht ein lange andauerndes Projekt zu Ende. Was bleibt, ist ein kritischer Blick zurück.

Wie schon in PREN 1, zeigte sich während der Realisierungsphase in PREN 2 umso mehr, dass es zum Erreichen des Semesterzieles eine gut strukturierte und gut funktionierende Zusammenarbeit braucht. Es braucht klare Anweisungen an sämtliche Projektteammitglieder, es braucht aber auch ein hohes Mass an Eigenverantwortung und Disziplin, damit die Arbeiten fristgerecht abgeschlossen werden können.

Während der Realisierungsphase in PREN 2 kam es zu diversen Verzögerungen. Diese waren auf verschiedene Ursachen wie zu knappes Zeitmanagement oder die Unterschätzung von Risiken zurückzuführen. Zeitliche Verzögerungen bei solchen Teilaufgaben verschieben den Zeitplan nach hinten oder können ein Projekt zum Scheitern bringen. Die Abhängigkeiten verschiedener Arbeitsschritte müssen am Anfang eines Projektes definiert und anschliessend auch überwacht werden

Es zeigte sich, dass es für das Fahrzeug, die Plakate, den Flyer und den Messeauftritt sinnvoll ist, bereits am Anfang ein Designkonzept festzulegen und für die einzelnen Bereiche Entwürfe zu erstellen. Somit kann schon früh eine einheitliche Designlinie definiert werden, welche sich über alle Produkte erstreckt. Ausserdem ist es empfehlenswert anfänglich nicht zu tief ins Detail zu gehen, damit Änderungen einfacher miteinfließen können.

### 9.4.2 Informatik

Die Hardware-nahe Programmierung gestaltete sich nicht immer einfach. Trotz mehrheitlich guter Dokumentation ist nicht immer klar, wie die einzelnen Register angesprochen werden müssen. Hinzu kommen die Compiler Optimierungen, welche teilweise zusätzliche Probleme verursachen. Auch wenn für das Entwicklerboard Arduino bereits Libraries für Timmer oder Analog-Digital-Wandler zur Verfügung stehen, sind diese nicht immer optimal. Es empfiehlt sich, die Register des Mikrokontrollers selbständig anzusteuern. Als Mehrwert kann mit einer deutlichen Steigerung der Performance gerechnet werden.

Eine selbstdefinierte Schnittstelle, in unserem Fall diejenige zwischen Arduino und Raspberry Pi, muss gut geplant und getestet werden. Dies ist nur mit Integrations- und Systemtests möglich. Bezüglich der Schnittstellen sind Unit-Tests wenig sinnvoll.

Die Fehlersuche auf dem Arduino gestaltete sich schwierig, da kein Debugger-Interface zur Verfügung steht. Ein Debugger ist nur mittels der seriellen Konsole möglich.

Weiter zeigte sich, dass es wichtig ist, sich ein eigenes Tool-Chain zusammen zu stellen, sowohl für Arduino wie auch für den Raspberry Pi. Andernfalls muss direkt auf dem Raspberry Pi kompiliert werden, was sich als schwierig erweist.

Was den Unterhalt der Website anbelangt, sollte eine Person fix bestimmt sein, welche für das Erstellen der Blogbeiträge verantwortlich ist.

Als positives Schlussfazit kann gesagt werden, dass es Spass macht mitanzusehen wie eine Software entsteht und die selber entwickelte Hardware dazu funktioniert.

### 9.4.3 Elektrotechnik

Die Umsetzung der in PREN 1 geplanten Elektronik verlief ohne grössere Komplikationen. Die einzelnen elektronischen Bauteile beeinflussten einander nicht und erfüllen ihre Aufgaben korrekt.

Für zukünftige Projekte empfiehlt es sich einige Modifizierungen im Bereich der Encoder vorzunehmen. Die im ARCTICOS verbauten Encoder wurden selbst hergestellt und sind im Vergleich zu herkömmlichen Encoder ungenauer. Zu Beginn wurden relativ wenige Ticks pro Umdrehung verwendet, mit dem Hintergedanken den Mikrocontroller möglichst wenig auszulasten. Für die Regelung sowie eine genaue Geschwindigkeitsangabe war dies allerdings ungenügend. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich für künftige Projekte, fertige Encoder mit hoher Auflösung zu montieren und diese auf einem separaten Mikrocontroller auszuwerten.

### 9.4.4 Maschinentechnik

Für den Bereich Maschinentechnik sind die Lessons learned besonders im Bereich der Fertigung und Planung zu setzen. Die Erkenntnis, dass die Planung trotz mehrfacher Umstrukturierung und Abänderung immer noch fehlerhaft ist, sorgte für einigen Mehraufwand während der Realisierungsphase. Rückblickend wäre es empfehlenswert gewesen, mehr Teile zur Fertigung an die mechanische Werkstatt der Hochschule abzugeben, anstatt die Komponenten in Eigenregie in der PREN-Werkstatt herzustellen. Die Eigenfertigung bietet zwar eine hohe Flexibilität bei Abänderungen, doch müssen enorme Zeitverluste und Terminverschiebungen in Kauf genommen werden, da die zur Verfügung stehenden Maschinen zum Teil einer mechanischen Werkstatt unwürdig sind. In einem späteren Projekt ist es deshalb anzustreben, diese kritischen Punkte in der Fertigung zu umgehen und wie erwähnt die Produktion auf die mechanische Werkstatt auszugliedern, besonders da bei der Zusammenarbeit mit Herrn Provini Markus positive Erfahrungen gemacht werden konnten.

Weiter empfiehlt es sich, während der Planungsphase vermehrt Prototypen und Funktionsmuster herzustellen, weniger zur Überprüfung der Machbarkeit, jedoch um den Abteilungen Elektrotechnik und Informatik bis zur Fertigstellung des funktionsfähigen Produktes eine Plattform für Versuche zur Verfügung zu stellen.

Als positiv bleibt der ständige Austausch von Informationen zwischen den einzelnen Fachgebieten in Erinnerung. Ohne diesen Austausch wäre die Realisierung des Projektes mit Sicherheit nicht möglich gewesen.

## 9.5 Offene Punkte, Risiken und Ausblick

Offene Punkte in Bezug auf die Aufgabenstellung für die beiden Module PREN 1 und PREN 2 existieren keine mehr. Der Prototyp ARCTICOS ist in der Lage den Parcours erfolgreich zu absolvieren und erfüllt alle Projektanforderungen.

Die anstehenden Arbeiten für einen Markteintritt basieren auf diesem Model, sind hoch und wurden bereits im Kapitel 2 beschrieben. Neben den Modifikationen, welche für ein Bestehen am Markt Voraussetzung sind, müssen viele Teile und Komponenten neu überprüft und beurteilt werden. Das Gewicht stellt für den Einsatz im Zielmarkt ein neues Problem dar, da das Fahrzeug im Schnee zu versinken droht. Ebenfalls droht die Elektronik bei zu tiefen Temperaturen auszufallen. Neben den Minustemperaturen muss das Risiko von Kondenswasser und undichte Stellen neu beurteilt werden. Des Weiteren können einzelne Funktionsmodelle nicht 1:1 vergrößert werden. Zum Beispiel müsste der Einsatz vom jetzigen Raupensystem von ARCTICOS im Schnee überprüft werden und angepasst werden.

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
ADC	Analog to digital converter; Analog-digital-Wandler
CPU	Central processing unit; zentrale Recheneinheit
DC	Direct current; Gleichstrom
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
IC	Integrated Circuit; integrierter Schaltkreis
IIC	Inter-Integrated Circuit; I <sup>2</sup> C, serieller Datenbus
I/O	Input / Output, Eingang / Ausgang
LED	Light emitting diode; Leuchtdiode
LVS	Lawinenverschüttetensuchgerät
MC	Mikrocontroller
PWM	Pulse width modulation; Pulsbreitenmodulation
PREN	Modul Produktentwicklung (HSLU T&A)
QR-Code	Quick Response-Code; zweidimensionaler Strich- resp. Punkte-Code
SMD	Surface-mount device, oberflächenmontiertes Bauelement
USB	Universal Serial Bus
WLan	Wireless Local Area Network; drahtloses lokales Netzwerk

Tabelle 14: Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Fachbereich
ET	Elektronik
IT	Informatik
MT	Maschinentechnik
WI	Wirtschaftsingenieur   Innovation

Tabelle 15: Abkürzungen Fachbereiche

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Chiara Mauro .....	1
Abbildung 2: Murer Silvan.....	1
Abbildung 3: Rohrer Felix.....	1
Abbildung 4: Schaller David.....	1
Abbildung 5: Vonarburg Matthias.....	1
Abbildung 6: Yunes Sherwan.....	1
Abbildung 7: Zimmermann Daniel .....	1
Abbildung 8: Pistenfahrzeug .....	6
Abbildung 9: Schneemobil.....	6
Abbildung 10: Designstudie Deckel.....	7
Abbildung 11: Mögliches Endprodukt ARCTICOS.....	8
Abbildung 12: Mögliches Endprodukt ARCTICOS 2.....	8
Abbildung 13: Schnittstellen Übersicht.....	9
Abbildung 14: Flussdiagramm Parcours .....	12
Abbildung 15: Routenplan.....	13
Abbildung 16: Ablaufdiagramm Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi.....	14
Abbildung 17: Klassenübersicht Motor, MotorEncoder .....	16
Abbildung 18: Klassenübersicht 7-Segment, Buzzer, Button .....	16
Abbildung 19: Klassenübersicht Raspberry Pi, NewPing, Servo, Commands.....	17
Abbildung 20: Komponentenübersicht Raspberry Pi.....	18
Abbildung 21: Aufbau URL (HSLU, 2012).....	19
Abbildung 22: Blockschema .....	25
Abbildung 23: Arduino Mega 2560 .....	26
Abbildung 24: Raspberry Pi .....	26
Abbildung 25: Ultraschallsensor HC-SR04.....	26
Abbildung 26: Akkuschutz .....	28
Abbildung 27: Treiber für ein Segment der Anzeige .....	29
Abbildung 28: Unbestückter Anzeige-Print.....	32
Abbildung 29: Print mit bestückten SMD Bauteilen.....	32
Abbildung 30: Bestückung der weiteren Bauteilen.....	32
Abbildung 31: Vorder- und Rückseite des fertigen Prints .....	33
Abbildung 32: Regelkreis der Motorenregelung .....	34
Abbildung 33: Motorenhalterung .....	35
Abbildung 34: Motor mit abgeändertem Getriebe .....	36
Abbildung 35: Antriebseinheit komplett.....	36
Abbildung 36: Federung .....	37
Abbildung 37: Raupen mit Spannradkonstruktion.....	38
Abbildung 38: Vergleich alte / neue Laufräder .....	38
Abbildung 39: Akku Einbau .....	40



Abbildung 40: Komponenten von ARCTICOS .....	41
Abbildung 41: Anschlüsse auf dem Raspberry Pi .....	41
Abbildung 42: Anschlüsse auf dem Hauptprint.....	42
Abbildung 43: Standverteilung Erfindermesse.....	44
Abbildung 44: Logo ARCTICOS.....	44
Abbildung 45: Limbic-Map .....	45
Abbildung 46: Bau des Berges für den Messestand.....	46
Abbildung 47: Poster „Entwicklung“ .....	47
Abbildung 48: Poster „Eye-Catcher“ .....	47
Abbildung 49: Flyer Vorderseite.....	47
Abbildung 50: Flyer Rückseite .....	47
Abbildung 51: Kostenübersicht PREN 1 und PREN 2.....	48
Abbildung 52: Einkaufsübersicht.....	48

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geschätzte Kosten für ein marktfähiges Produkt.....	5
Tabelle 2: Befehlsübersicht serielle Schnittstelle.....	11
Tabelle 3: Tests Energieversorgung.....	20
Tabelle 4: Tests Sensorik .....	21
Tabelle 5: Tests Motorensteuerung .....	22
Tabelle 6: Tests QR-Code Auswertung .....	23
Tabelle 7: Tests Optische / akustische Ausgabe.....	24
Tabelle 8: Pin Belegung Arduino .....	31
Tabelle 9: Komponenten von ARCTICOS .....	41
Tabelle 10: Anschlüsse auf dem Raspberry Pi.....	41
Tabelle 11: Anschlüsse auf dem Hauptprint .....	42
Tabelle 12: Aufgewendete Maschinenstunden .....	49
Tabelle 13: Zeitaufwand PREN 2 .....	50
Tabelle 14: Abkürzungsverzeichnis .....	54
Tabelle 15: Abkürzungen Fachbereiche .....	54

## Quellcodeverzeichnis

Quellcode 1: Objekte für ARCTICOS loop() / Hauptsteuerung .....	15
Quellcode 2: QR-Code Erkennung.....	19
Quellcode 3: http get-Request Parkplatz Nummer.....	19

## Literatur- und Quellenverzeichnis

Avago Technologies. (2007). *APDS-9103*. Abgerufen am 22. 12 2012 von

[http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/125000-149999/140269-da-01-en-IR\\_SENSOR\\_APDS\\_9103\\_L22.pdf](http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/125000-149999/140269-da-01-en-IR_SENSOR_APDS_9103_L22.pdf)

Freescale Semiconductor. (2009). *MC9S08QG4*. Abgerufen am 22. 12 2012 von

[http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data\\_sheet/MC9S08QG8.pdf](http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08QG8.pdf)

froeh.li. (2012). *Farbenkreis*. Abgerufen am 20. 12 2012 von <http://www.froeh.li/farben/bedeutung.htm>

Gordon. (08 2012). *Serial Library*. Abgerufen am 04 2013 von <https://projects.drogon.net/raspberry-pi/wiringpi/serial-library/>

HSLU. (2012). *PREN QR code Homepage*. Abgerufen am 12. 12 2012 von <http://147.88.213.74/>

ITead Studio. (2010). *Ultrasonic ranging module: HC-SR04*. Abgerufen am 07. 12 2012 von

[ftp://imall.iteadstudio.com/Modules/IM120628012\\_HC\\_SR04/DS\\_IM120628012\\_HC\\_SR04.pdf](ftp://imall.iteadstudio.com/Modules/IM120628012_HC_SR04/DS_IM120628012_HC_SR04.pdf)

PREN. (2012). *PREN - QR code Homepage*. Abgerufen am 14. 12 2012 von <http://147.88.213.74/>

Recon Robotics. (2012). *Recon Scout IR*. Abgerufen am 29. 11 2012 von

[http://www.reconrobotics.com/products/scout\\_IR.cfm](http://www.reconrobotics.com/products/scout_IR.cfm)

STMicroelectronics. (2003). *L6205*. Abgerufen am 07. 12 2012 von

[http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/DATASHEET/CD00002345.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00002345.pdf)

STMicroelectronics. (2010). *PB137*. Abgerufen am 07. 12 2012 von

[http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/DATASHEET/CD00001634.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00001634.pdf)

STMicroelectronics. (2012). *L78S05CV*. Abgerufen am 07. 12 2012 von

[http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/DATASHEET/CD00000449.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000449.pdf)

STMicroelectronics. (2012). *LD1117xx*. Abgerufen am 22. 12 2012 von

[http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/DATASHEET/CD00000544.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000544.pdf)

Texas Instruments. (2009). *TL7712A*. Abgerufen am 07. 12 2012 von

<http://www.ti.com/lit/ds/slvs028i/slvs028i.pdf>

TÜV Rheinland. (2013). *Neue Standards im Risikomanagement*. Abgerufen am 04. 06 2013 von

[http://www.qm-aktuell.de/downloads/mq\\_05\\_08\\_s26-27\\_v.pdf](http://www.qm-aktuell.de/downloads/mq_05_08_s26-27_v.pdf)

## Anhang

i.	Aufgabenstellung (Original PREN 2).....	61
ii.	Flyer Vorderseite.....	66
iii.	Flyer Rückseite .....	67
iv.	Poster „Entwicklung“ .....	68
v.	Poster „Eye-Catcher“ .....	69
vi.	Elektro-Schema .....	70
vii.	Detaillierte Berechnungen .....	75
a.	Motorberechnung .....	75
b.	Federberechnung .....	77
viii.	Fertigungsunterlagen .....	79
ix.	Materiallisten .....	98
a.	Stückliste Elektrotechnik .....	98
b.	Stückliste Maschinentechnik .....	100
x.	Produktanforderungen .....	101
a.	Allgemeine Anforderungen .....	101
b.	Allgemeine Parcoursbedingungen .....	101
c.	Dimension des Parcours .....	102
d.	Randbedingungen Unterstand .....	102
e.	Tafel mit QR-Code .....	103
f.	Randbedingungen Fahrzeug.....	104
xi.	Risikoanalyse .....	105
a.	Bereich Projektmanagement.....	105
b.	Bereich Informatik.....	106
c.	Bereich Elektrotechnik .....	107
d.	Bereich Maschinentechnik .....	108
xii.	Terminplan PREN 2 .....	109
xiii.	Meilensteinberichte .....	110
a.	Meilenstein 1.....	110
b.	Meilenstein 2.....	111
c.	Meilenstein 3.....	112

## Anhang – Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Flyer Vorderseite.....	66
Abb. 2: Flyer Rückseite .....	67
Abb. 3: Poster „Entwicklung“ .....	68
Abb. 4: Poster „Eye-Catcher“ .....	69
Abb. 5: Hauptprint – Seite 1 .....	70
Abb. 6: Hauptprint – Seite 2 .....	71
Abb. 7: 7-Segment-Anzeige .....	72
Abb. 8: Motorentreiber .....	73
Abb. 9: LED-Band.....	74
Abb. 10: Kräftediagramm Wanne.....	75
Abb. 11: ARCTICOS Komplett .....	79
Abb. 12: Wanne Boden .....	80
Abb. 13: Wanne Links.....	81
Abb. 14: Wanne Rechts .....	82
Abb. 15: Lagerbock Vorne .....	83
Abb. 16: Lagerbock Hinten .....	84
Abb. 17: Antriebswelle .....	85
Abb. 18: Verbindung Zahnrad Motor .....	86
Abb. 19: Federung links liegend .....	87
Abb. 20: Federung rechts .....	88
Abb. 21: Federung rechts liegend .....	89
Abb. 22: Federung links.....	90
Abb. 23: Federung Halterungsplatte.....	91
Abb. 24: Federung Schwinge.....	92
Abb. 25: Federung Aufnahme Federschraube .....	93
Abb. 26: Federung Drehstift.....	94
Abb. 27: Federung Laufrad.....	95
Abb. 28: Federung Laufrad neu.....	96
Abb. 29: Federung Spannradaufhängung .....	97
Abb. 30: Risikoübersicht Projektmanagement.....	105
Abb. 31: Risikoübersicht Informatik.....	106
Abb. 32: Risikoübersicht Elektrotechnik.....	107
Abb. 33: Risikoübersicht Maschinentechnik .....	108
Abb. 34: Terminplan PREN 2 .....	109

## Anhang – Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Stückliste Hauptprint .....	99
Tab. 2: Stückliste Motoren / Motorentreiber .....	99
Tab. 3: Stückliste Anzeige .....	99
Tab. 4: Stückliste LED-Band .....	99
Tab. 5: Stückliste Chassis .....	100
Tab. 6: Stückliste Antrieb.....	100
Tab. 7: Stückliste Federung .....	100
Tab. 8: Stückliste Spannrad .....	100
Tab. 9: Stückliste Div. Halterungen .....	100
Tab. 10: Allgemeine Anforderungen .....	101
Tab. 11: Allgemeine Parcoursbedingungen.....	101
Tab. 12: Dimension des Parcours .....	102
Tab. 13: Randbedingungen Unterstand .....	102
Tab. 14: Randbedingungen Tafel mit QR-Code .....	103
Tab. 15: Randbedingungen Fahrzeug.....	104

**i. Aufgabenstellung (Original PREN 2)**Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

Projektmodul Produktentwicklung PREN 12 / 13

**Aufgabenstellung PREN 2 Frühlingssemester 2013**20. Februar 2013  
Adrian Omlin

# Autonomes Erkundungsgerät

1	Einleitung .....	2
2	Aufgabe .....	2
3	Randbedingungen .....	2
4	Abschlusspräsentation, Erfindermesse und Wettbewerb.....	2
4.1	Erfindermesse .....	2
4.2	Wettbewerb .....	3
4.3	Wettbewerbskriterien .....	3
5	Zulassung Kompetenznachweis und Bewertung PREN 2.....	4

Modulverantwortlicher: Ernst Lüthi

Fachliche Begleitung:  
De Angelis Marco  
Dersch Ulrich  
Habegger Jürg  
Heinze Franziska  
Imboden Christoph  
Iseli Martin  
Jud Martin  
Klaper Martin  
Koller Thomas  
Lang Udo  
Lüthi Ernst  
Mettler Rolf  
Omlin Adrian  
Thalmann Markus  
Vogel Martin  
Zepf Günther

## 1 Einleitung

Das Projektmodul Produktentwicklung PREN 2 baut auf PREN 1 auf. Sie beweisen in PREN 2 die Tauglichkeit Ihres in PREN 1 ausgearbeiteten Konzepts mit der Realisierung des Systems und der erfolgreichen Teilnahme an der Erfindermesse mit Wettbewerb.

Die für PREN 1 formulierte Aufgabenstellung sowie die Dokumente „FAQ\_PREN1\_HS12“ und „Spezifikation PREN QRCode Abfrage“ gelten weiterhin.

## 2 Aufgabe

Sie bauen basierend auf dem in PREN 1 ausgearbeiteten Konzept ein autonomes Erkundungsgerät, das nach erfolgtem Startbefehl einen QR-Code auffindet und einliest, mit der erhaltenen Information per Internet eine Unterstandsnummer abholt und anschliessend im oder auf dem richtigen Untersand parkiert. Falls als notwendig erachtet, kann eine stationäre Steuerung eingesetzt werden. Genauere Angaben sind in der Aufgabenstellung von PREN 1 zu finden.

Ihre Entwicklung werden Sie an einer im Kompetenznachweis integrierten Erfindermesse präsentieren. An dieser Erfindermesse wird auch ein Wettbewerb ausgetragen, an der Ihr Gerät die oben beschriebene Aufgabe in möglichst kurzer Zeit erfüllen soll.

Weiter soll ein Unternehmer so von Ihrer Entwicklung zu überzeugt werden, dass er Ihnen diese nach dem Wettbewerb abkauft und zu einem Produkt weiterentwickelt.

Der Messeauftritt, das Design Ihres Gerätes, der Internetauftritt und Ihr professionelles Verhalten sind wichtige Überzeugungsfaktoren und daher Bestandteil der Aufgabe.

Um den Besucher der Erfindermesse von der eigenen Lösung zu überzeugen, muss der Auftritt an der Erfindermesse geplant und organisiert werden. Der Messestand ist zu gestalten und aufzubauen. Weiter sind ein Poster und ein Produktflyer zu gestalten. Das Poster beschreibt Ihre Entwicklung. Der Flyer im Umfang einer A4-Seite zeigt, welchen Mehrwert Ihre Entwicklung dem Kunden bietet. Für Poster und Flyer wird je ein Template abgegeben.

Ihr Internetauftritt soll weiterhin über Ihr Projekt informieren, den aktuellen Entwicklungsstand darstellen und Interessenten für Ihre Entwicklung begeistern. Er ist wöchentlich zu aktualisieren.

Die Arbeit muss dokumentiert werden.

## 3 Randbedingungen

Die in PREN1 gesetzten Rahmenbedingungen betreffend System, Parcours, Material und Kosten gelten weiterhin.

## 4 Abschlusspräsentation, Erfindermesse und Wettbewerb

Die Abschlusspräsentation besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil präsentiert jedes Team ähnlich wie in PREN 1 seine Projektergebnisse den Experten und Fachdozenten. Anschliessend sind Fragen zu beantworten. Das Gestaltungskonzept für den Messestand und den Flyer soll in dieser Präsentation ebenfalls vorgestellt werden (maximal ein Viertel der Präsentationszeit).

Im zweiten Teil stellen Sie Ihr Gerät und Ihre Entwicklung an einer Erfindermesse aus. Mit einer erfolgreichen Teilnahme am Wettbewerb wird der Funktionsnachweis erbracht.

### 4.1 Erfindermesse

Die Erfindermesse wird in einem Zelt zwischen Trakt II und Trakt III der HSLU T&A stattfinden. Jedem Team steht ein 180 cm x 80 cm grosser Tisch zur Verfügung. Hinter dem Tisch können an Stellwänden das Poster, Plakate oder ähnliches befestigt werden. Die voraussichtliche Raumaufteilung ist in Abbildung 1 dargestellt.



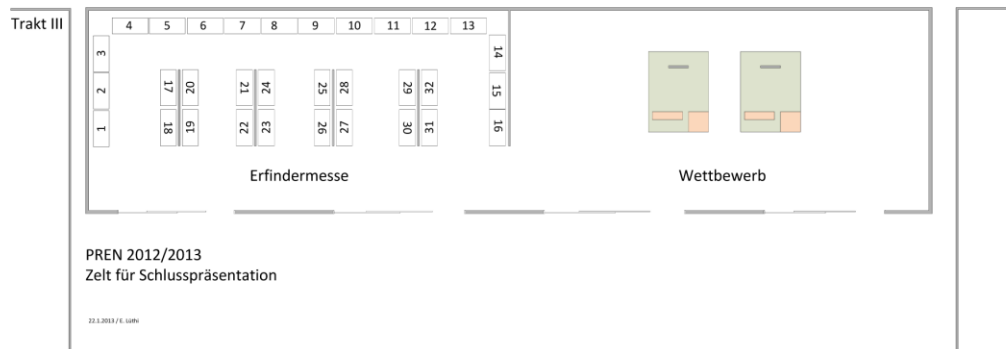


Abbildung 1: Raumaufteilung im Zelt Kompetenznachweis PREN 2 FS13 (Quelle: E. Lüthi)

Sie legen den Fokus auf einen professionellen Auftritt und überzeugen Interessenten von Ihrer Entwicklung.

#### 4.2 Wettbewerb

Der Wettbewerb wird voraussichtlich alternierend auf zwei benachbarten Bahnen ausgetragen. Ein Team absolviert den Parcours, während sich das nächste Team auf der andern Bahn einrichten kann. Pro Team sind zwei Durchgänge kurz nacheinander vorgesehen. Der erfolgreichere der beiden Durchgänge wird gewertet. Falls nötig, ist ein Akkuwechsel zwischen den Durchgängen möglich.

#### 4.3 Wettbewerbskriterien

Für die Bewertung des Messeauftritts und des Wettbewerbs sind zwanzig Punkte vorgesehen, was 20 % der erreichbaren Gesamtpunktzahl entspricht. Zehn Punkte sind für den Messeauftritt, das Design des Geräts, das Poster und den Flyer vorgesehen. Zehn Punkte sind für die erfolgreiche und möglichst schnelle Absolvierung des Parcours bestimmt. Sie sind folgendermassen aufgeteilt:

- Das Team mit der kürzesten Gesamtzeit erhält zehn Punkte, das Team mit der längsten Gesamtzeit bekommt null Punkte. Dazwischen erfolgt die Punktezuteilung linear.
- Die Gesamtzeit setzt sich aus der gemessenen Zeit zur Erfüllung der Aufgabe und aus Strafzeiten zusammen. Folgende Strafzeiten werden gegebenenfalls zur gemessenen Zeit hinzuaddiert:

Die Nummer des Unterstands wird falsch oder gar nicht angezeigt:	10 s
Das Gerät parkiert vollständig im oder auf dem falschen Unterstand:	20 s
Das Gerät parkiert nicht vollständig im Unterstand (oder es steht nicht genau auf dem Unterstand):	
Falls weniger als ein Viertel aus dem/über den Untersand herausragt:	5 s
Falls mehr als ein Viertel aus dem/über den Unterstand herausragt:	20 s
Falls das Gerät ausserhalb des Unterstandes parkiert, wird der Durchgang nicht gewertet. (Ausnahme: hinten herausfahren, siehe unten)	-
Das Gerät fährt hinten aus dem Unterstand heraus:	20 s

Die Strafzeiten werden kumuliert. Wird beispielsweise der falsche Unterstand angezeigt und im falschen Unterstand parkiert, werden 30 s Strafzeit berechnet. (Auch wenn Anzeige und Unterstand

übereinstimmen.) Ragt das Gerät zusätzlich noch knapp einen Viertel der Gerätelänge aus dem Unterstand heraus, sind es 35 s Strafzeit.

Falls das Gerät auf dem Unterstand landet, ist die Standfläche des Geräts massgebend.

Wird nach dem Start das Gerät berührt oder wird sonst irgendwie eingegriffen, wird der Durchgang nicht gewertet. Wird der Unterstand nach drei Minuten nicht erreicht, wird der Durchgang abgebrochen und nicht gewertet. Ein nicht gewerteter Durchgang kann in der Regel nicht wiederholt werden.

## 5 Zulassung Kompetenznachweis und Bewertung PREN 2

Für die Zulassung zum Kompetenznachweis müssen die folgenden Punkte erfüllt sein:

- Detailplanung für die Entwurfs- und Realisierungsphase (Testat 1).  
Freitag, 08.03.13, 12:00 Uhr auf Ilias
- Gerät aufgebaut und für Testläufe bereit, Grobkonzept des Messeauftritts (Testat 2).  
Donnerstag, 02.05.13: Demonstration vor Dozententeam
- Freigabe des lauffähigen Systems und Projektdokumentation zu mindestens 80% abgeschlossen, Konzept Messeauftritt definitiv (Testat 3).  
Freitag, 24.05.13, 12:00 Uhr auf Ilias

Neben der technischen Richtigkeit legen wir weiterhin unser Augenmerk auch auf die professionelle Abwicklung des Projekts. Dazu gehören unter anderem:

- Kontinuierliche Projektplanung mit Vergleich von Planung und Realität
- Risikomanagement
- Übereinstimmung des Gesamtfunktionsmusters mit der Anforderungsliste. Die Übereinstimmung ist zu überprüfen und zu belegen.
- Vollständige, verständliche und nachvollziehbare Dokumentation des realisierten Systems und der Planung des Messeauftritts. Der Aufbau der Dokumentation basiert auf den Inputs aus dem Kontextmodul 1.

Für den Kompetenznachweis werden die folgenden Kriterien mit der entsprechenden Gewichtung bewertet (PREN2):

<b>Kriterien</b>	<b>Gewichtung</b>
<b>Teamarbeit und Arbeitsweise</b> Zusammenarbeit / Interdisziplinarität / Arbeitsteilung / Systematik / Projektmanagement, Zeitplanung / Problemerkennung / Konfliktbewältigung / Einsatz, Initiative, Effizienz, Arbeitsmenge / Umgang mit Risiken	<b>10 %</b>
<b>Resultate und Ergebnisse</b> Konzept, Innovationsgehalt / technische Machbarkeit, technische Richtigkeit, sinnvoller Einsatz von Technologien (Sensoren, Aktoren, Energieversorgung, Systemsteuerung) / Softwarearchitektur, Softwarestruktur, Schnittstellen / Funktionalität, Bedienbarkeit / Herstellbarkeit, Wirtschaftlichkeit / Einfachheit, Vollständigkeit / Zusammenspiel über die Grenzen der Disziplinen / Ausführung, Layout, Qualität, Zuverlässigkeit / Übereinstimmung mit den Produktanforderungen / Überzeugungskraft Planung des Messeauftritts	<b>40 %</b>
<b>Dokumentation</b> Formales, Gestaltung, Gliederung / Integration der Disziplinen, Kohärenz / Sprache / Vollständigkeit / Abbildungen, Tabellen, Quellenangaben / Verständlichkeit, Nachvollziehbarkeit Internetauftritt	<b>15 %</b>  <b>5%</b>
<b>Präsentation</b> Präsentation der Projektergebnisse vor Experten und Fachdozenten im Gruppenraum: Beginn / Schluss / Sprache / Inhalt, Gewichtung, Integration der Disziplinen / Verständlichkeit / nonverbale Aspekte / Einsatz visueller Hilfsmittel / Glaubwürdigkeit, Überzeugungskraft / Beantwortung der Fragen  Messeauftritt. Gerätedesign, Flyer und Poster  Funktionsnachweis vor Publikum, Wettbewerbserfolg: (Details siehe Kapitel 4.3)	<b>10 %</b>    <b>10 %</b>  <b>10 %</b>

Wir erwarten eine Zusammenarbeit über die Grenzen der Disziplinen hinweg. Neben der Bearbeitung der Marketingaspekte steht für die angehenden Wirtschaftsingenieure das Anwenden und Vertiefen des Ingenieurwissens in der gewählten Vertiefungsrichtung im Vordergrund.

Alle Mitglieder des Teams erhalten die gleiche Bewertung. In Ausnahmefällen können einzelne Teammitglieder separat bewertet werden.

Wird ein Team am Kompetenznachweis mit „FX“ bewertet, erhält es die Gelegenheit zur Nachbesserung. Das kann eine Teamaufgabe sein. Alle Teammitglieder erhalten in diesem Fall nach der Nachprüfung ein „F“ oder ein „E“. Es ist auch möglich, dass jedes Teammitglied zur Nachbesserung eine individuelle Aufgabe lösen muss. Nach der Nachprüfung wird für jedes Teammitglied einzeln entschieden, ob es ein „F“ oder ein „E“ erhält.

## ii. Flyer Vorderseite

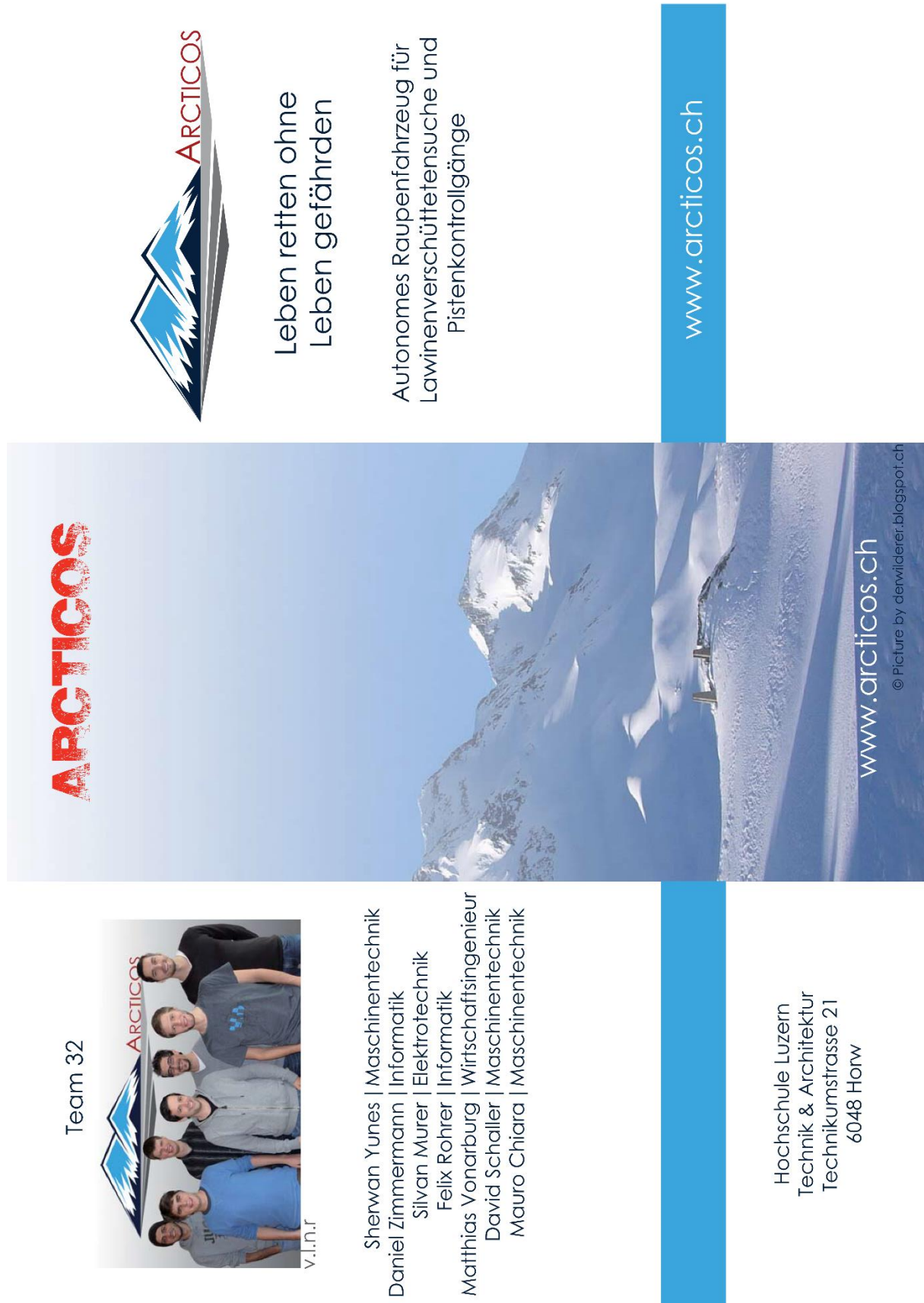


Abb. 1: Flyer Vorderseite



### iii. Flyer Rückseite



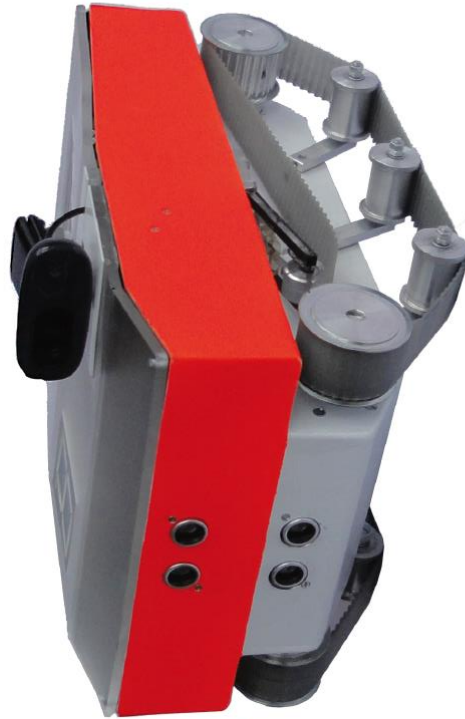
Leben retten ohne Leben gefährden

#### Features

- Recco®-System
- Wärmebildkamera
- 360°-Kamera
- Fernsteuerung
- Markierungspetarden
- Raupen für sichere Fortbewegung
- Aluminiumgehäuse
- Akku mit 6 Stunden Laufzeit

#### Stärken

- autonom
- fernsteuerbar
- geländetauglich
- robust
- zuverlässig
- kälteresistent bis -30°C



#### Der Sucher

Das innovative Raupenfahrzeug wird für die Suche nach Lawinenverschütteten eingesetzt. Mit dem bewährten Recco®-System und einer Wärmebildkamera unterstützt ARCTICOS das Lawinenrettungsteam indem er autonom vordefinierte Gebiete absucht. Alternativ kann ARCTICOS ferngesteuert werden. Dank der robusten Bauweise und dem kraftvollen Antrieb überwindet ARCTICOS jedes Hindernis.

[www.arcticos.ch](http://www.arcticos.ch)

Made in Switzerland



#### Der Helfer

Zukünftig können Pistenkontrollen vom zuverlässigen und kostengünstigen Raupenfahrzeug ARCTICOS durchgeführt werden. Teure Pistenfahrzeuge werden durch den kleinen Helfer ersetzt. Dank seiner Wärmebildkamera werden Personen schnell erkannt. Mit dem Livestream der 360°-Kamera kann der Einsatzleiter das Geschehen mitverfolgen und entscheiden ob ein Vororteeinsatz notwendig ist.

Abb. 2: Flyer Rückseite

iv. Poster „Entwicklung“

Lucerne University of  
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE  
LUZERN**

Technik & Architektur

Produktentwicklung PREN 2012/2013

**ARCTICOS**

TEAM 32



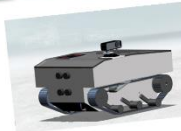
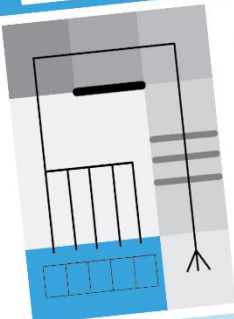
**LEBEN RETTEN OHNE LEBEN GEFÄHRDEN**

Autonomes Raupenfahrzeug für Lawinenschuttensuche und Pistenkontrollgänge



Team 32  
v.l.n.r.

Sherwan Yunes  
Daniel Zimmermann  
Silvan Murer  
Felix Rohrer  
Matthias Vonarburg  
David Schaller  
Mauro Chiara



[www.arcticos.ch](http://www.arcticos.ch)

Abb. 3: Poster „Entwicklung“



v. Poster „Eye-Catcher“

Lucerne University of  
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE  
LUZERN**

Technik & Architektur

Produktentwicklung PREN 2012/2013

**ARCTICOS**

TEAM 32

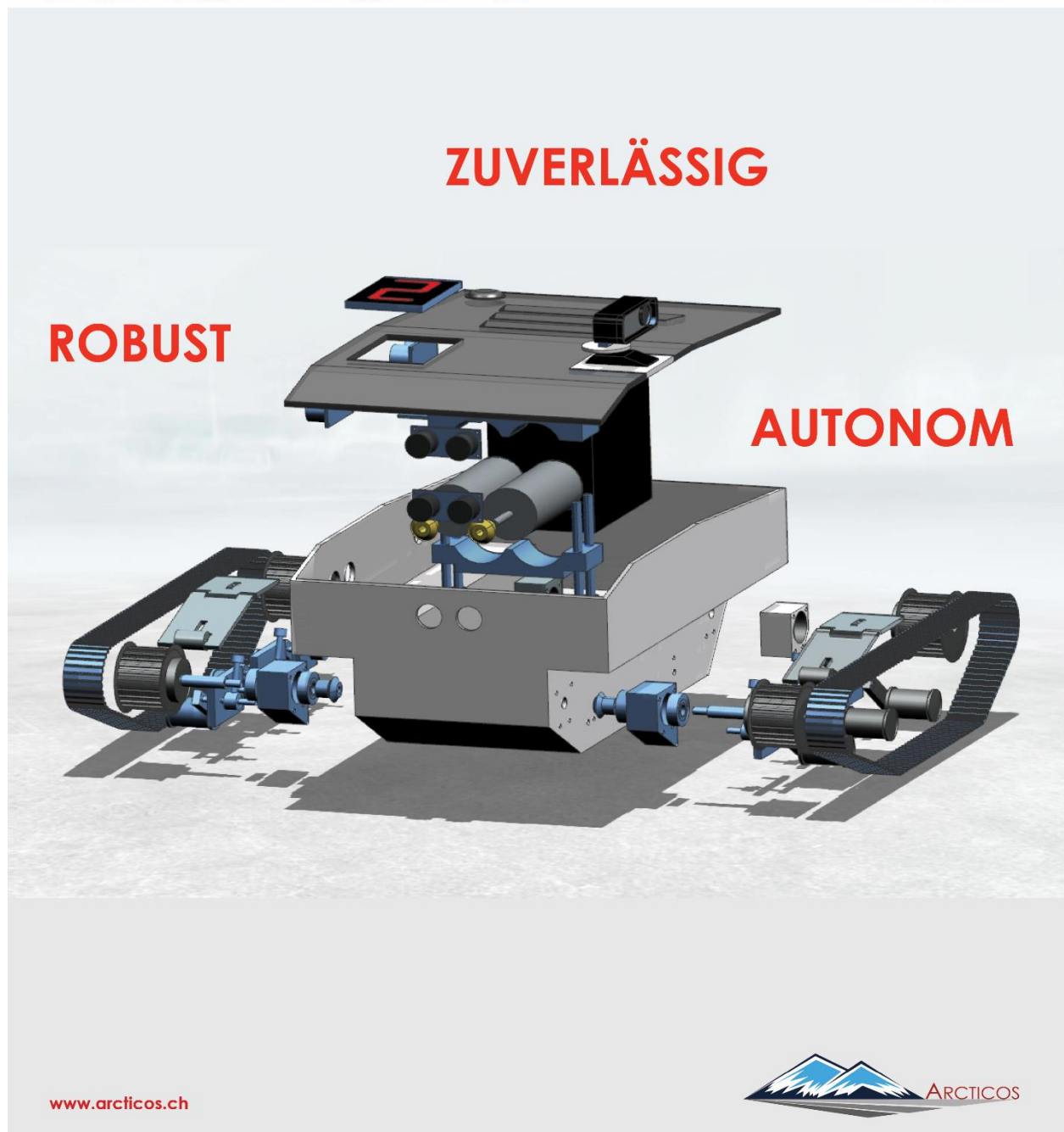
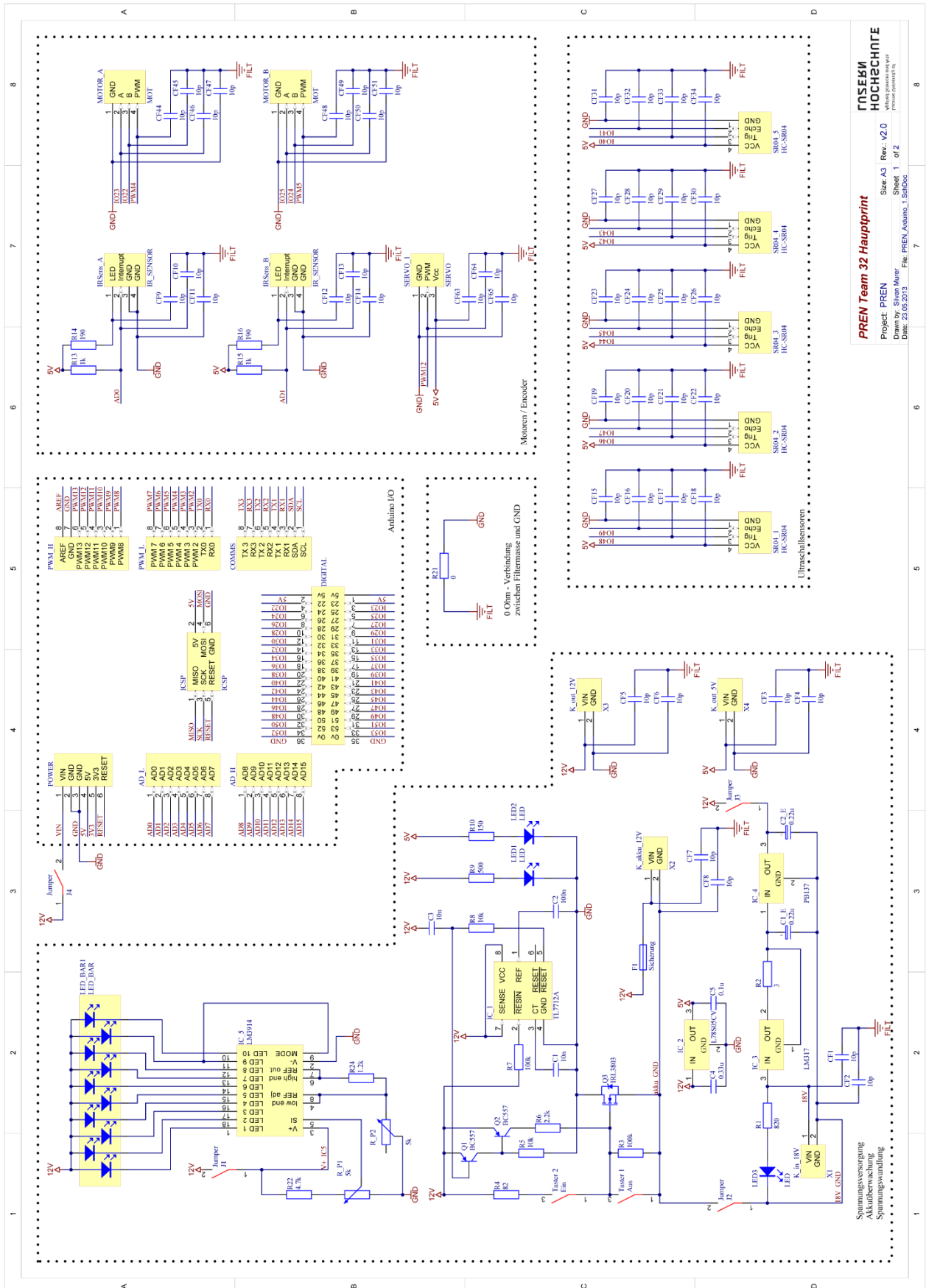


Abb. 4: Poster „Eye-Catcher“



## vi. Elektro-Schema

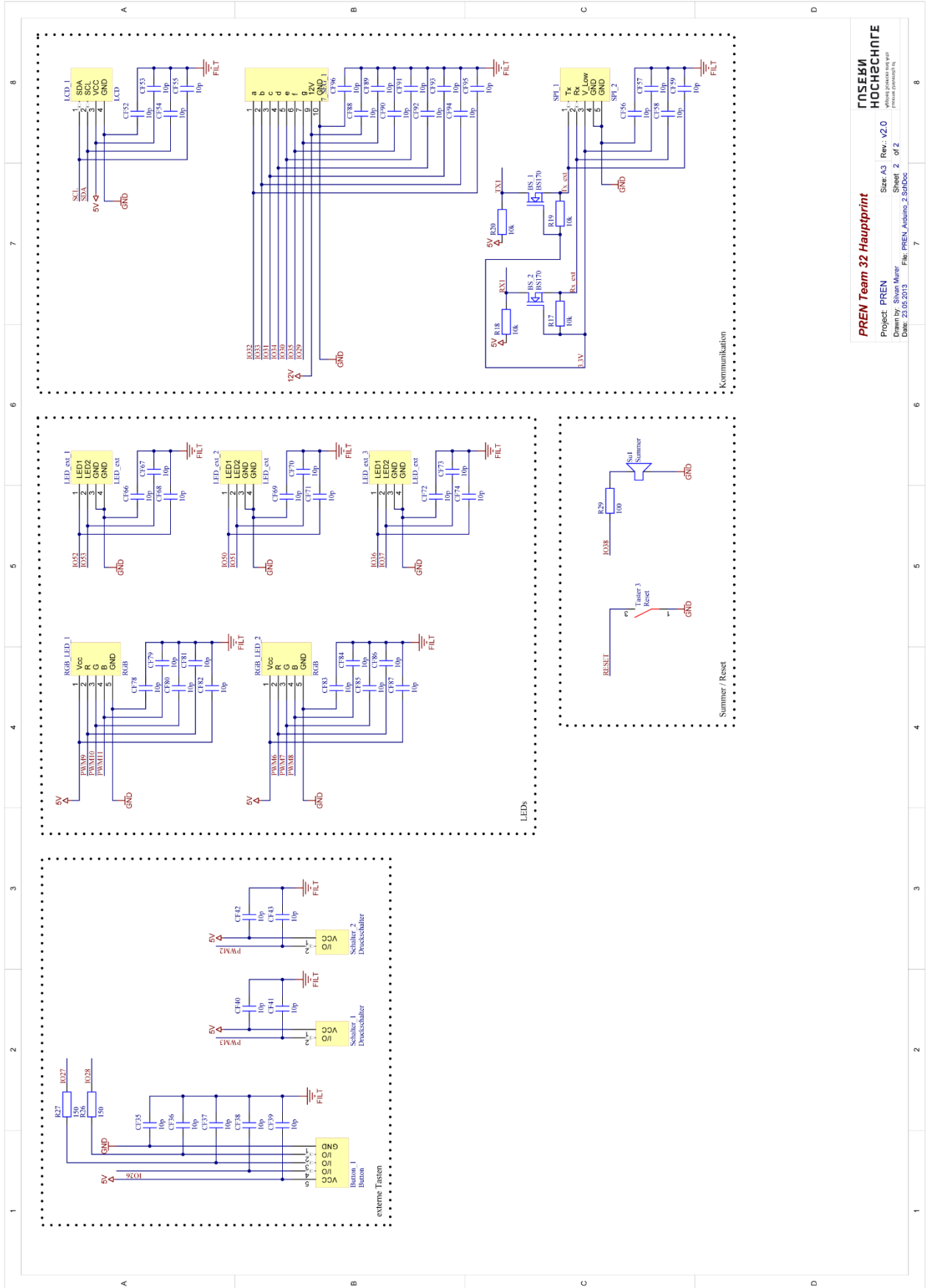


**PREN Team 32 Hauptprint**  
 Project: PREN  
 Drawn by: Shivan Murré  
 Date: 23.02.2019  
 File: PREN\_Arduino\_1.35bdoc

Size: A3 | Rev.: v2.0  
 Sheet: 1 of 2  
 (please insert here)

**ГОСЕБИ  
HOCHSCHULE**

Abb. 5: Hauptprint – Seite 1



**PREN Team 32 Hauptprint**  
 Project: PREN  
 Drawn by: Shyam Murali  
 Date: 23.02.2019  
 File: PREN\_Arduino\_2.3b00c

Size: A3 | Rev.: v2.0  
 Sheet: 2 of 2  
 Villingen-Genève  
 Hochschule Luzern  
 Technik & Architektur

Abb. 6: Hauptprint – Seite 2

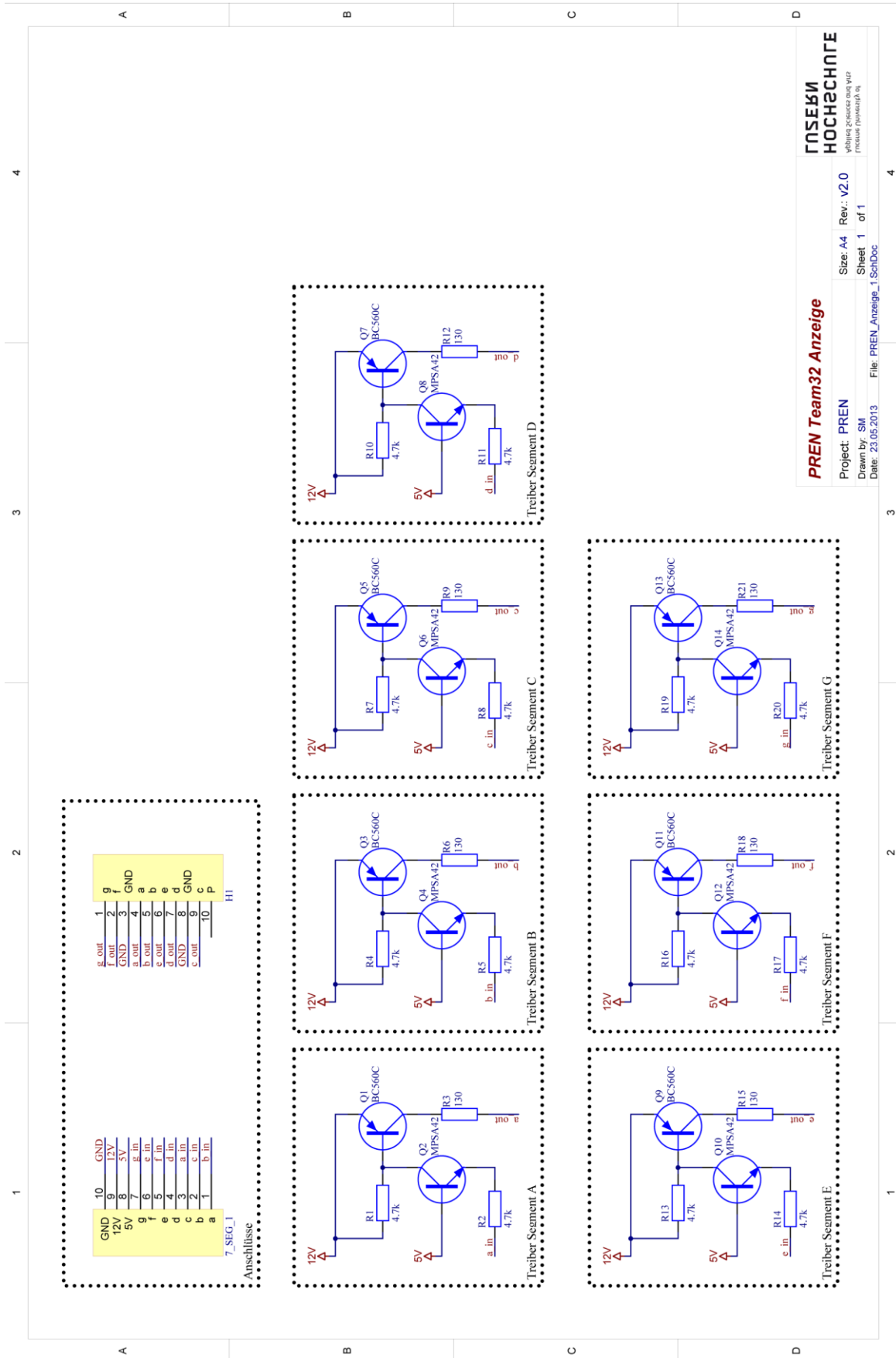


Abb. 7: 7-Segment-Anzeige

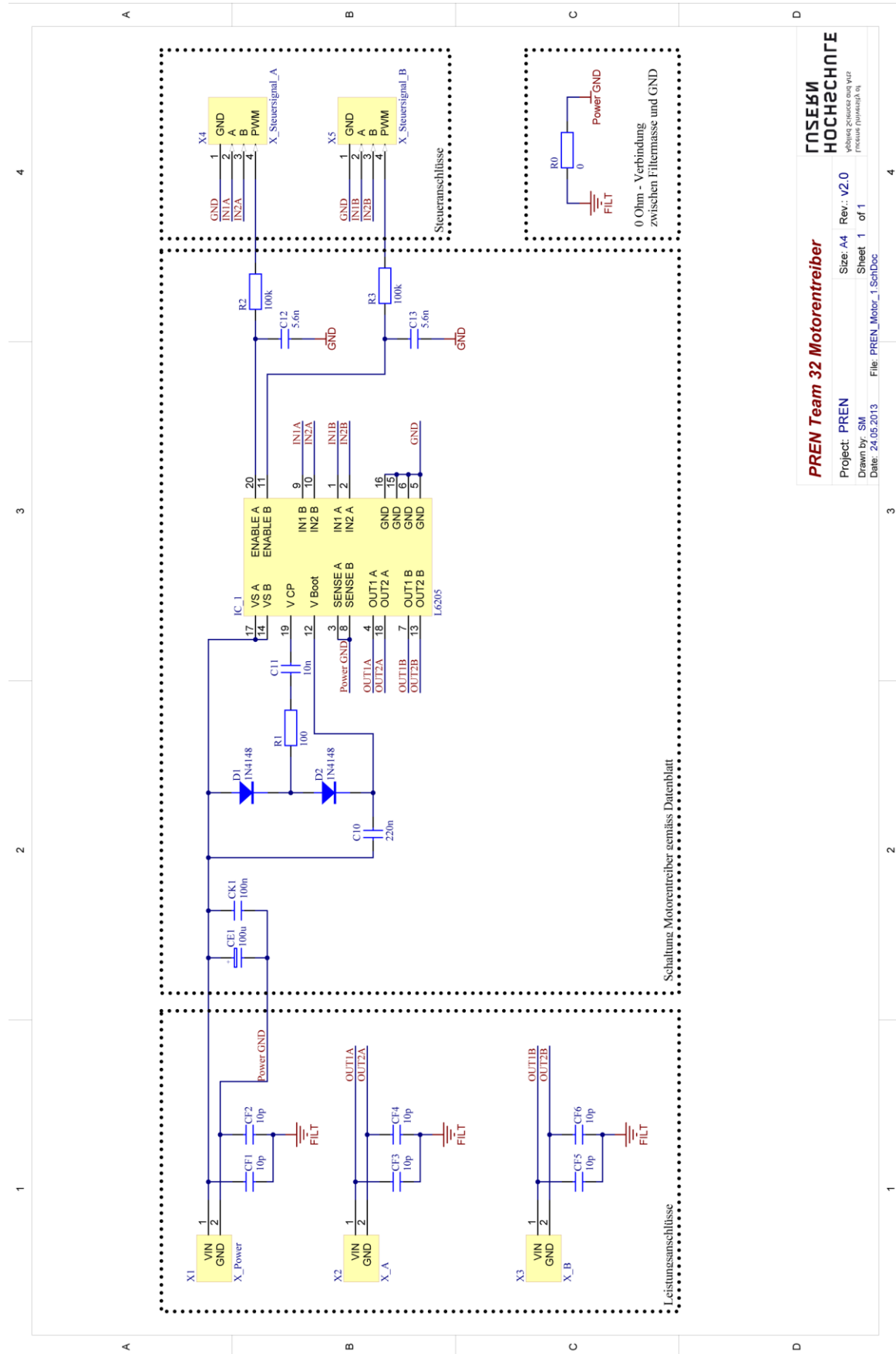


Abb. 8: Motorentreiber

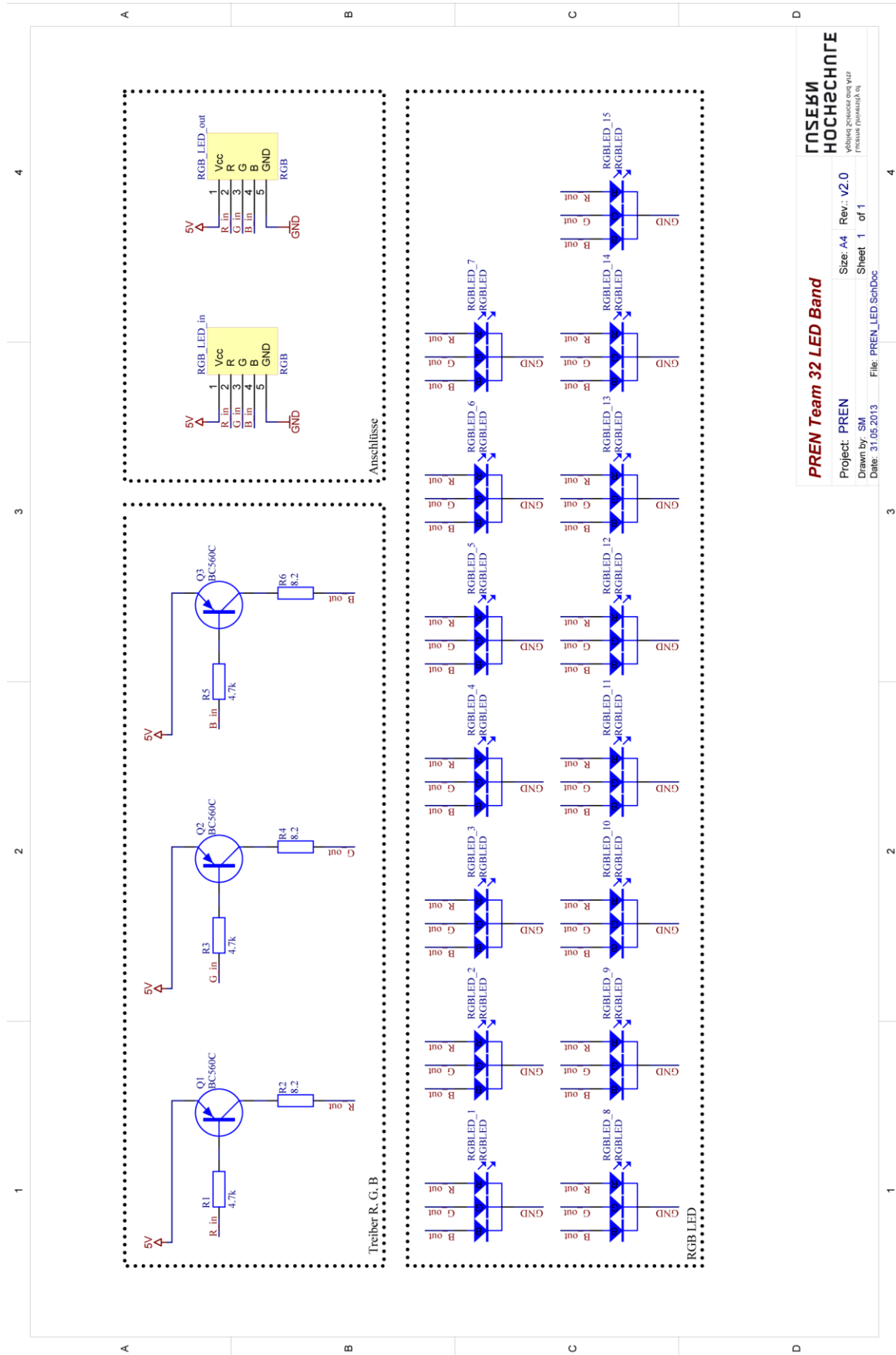


Abb. 9: LED-Band

## vii. Detaillierte Berechnungen

### a. Motorberechnung

#### Annahmen bei der Auswahl des Motors

- Raddurchmesser: 42.2 mm
- Haftreibungskoeffizient:  $\mu_h = 0.4$
- Haftreibung wurde in einem Versuch ermittelt. Als Unterlage diente eine Holzplatte mit ähnlicher Struktur wie der Fahruntergrund
- Gesamte Masse von ARCTICOS wurde auf 4kg geschätzt
- Geschwindigkeit von ARCTICOS: 5 km.h<sup>-1</sup>
- Die Endgeschwindigkeit soll nach 0.5 Metern erreicht sein
- Fahrbahn ist eben: Steigung = 0°

#### Berechnung

- Zuerst wurde die physikalisch maximal mögliche Beschleunigung in Abhängigkeit von Haftreibung und Gewichtskraft berechnet.
- Die erforderliche Beschleunigungskraft wurde in Abhängigkeit der erforderlichen Beschleunigung und der Masse des ARCTICOS eruiert.
- Die Kräfte, die in Y-Richtung wirken, sind Gewicht- und Normalkraft. Mittels Normalkraft wurde die Reibungskraft berechnet  $F_R = \mu_h \cdot F_N$ . Da die Steigung des Fahrzeug null ist  $\rightarrow$  Gewichtskraft und Normalkraft sind identisch  $F_G = F_N$ .
- Die erforderliche Beschleunigung darf nicht höher sein als die maximal mögliche Beschleunigung

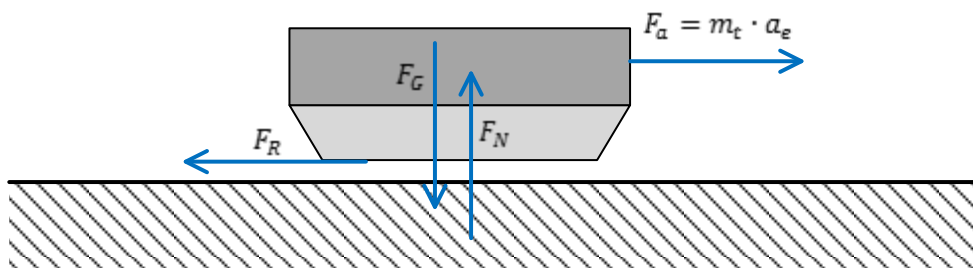


Abb. 10: Kräfte diagramm Wanne

#### Resultate Beschleunigung

$$a_{erf} = 1.929m \cdot s^{-2} \leq a_{max} = 3.923m \cdot s^{-2}$$

Die Randbedingungen für die erforderliche Beschleunigung sind erfüllt.

### Leistungsberechnung

Die erforderliche Motorenleistung wurde folgendermassen berechnet:

- Leistung in Abhängigkeit von Gewicht pro Antrieb und Winkelgeschwindigkeit des Antriebsrades
- Winkelgeschwindigkeit ist abhängig von Endgeschwindigkeit und Raddurchmesser
- Vorhandenes Drehmoment in Abhängigkeit der Beschleunigungskraft und Raddurchmesser

### Winkelgeschwindigkeit

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{1,389}{0,0211} = 65.8 \text{ s}^{-1}$$

### Drehmoment

$$M = F \cdot r = F \cdot \frac{d}{2} = 0.081 \text{ Nm}$$

### Erforderliche Leistung

$$P = M \cdot \omega = 5.358 \text{ W}$$

### Fazit Motorberechnung

Die Berechnungen ergeben, dass der Ausgewählte Motor RB350050-22723R mit einer Ausgangsleistung von 9W den Anforderungen entspricht und für die Realisierungsphase übernommen werden kann.



## b. Federberechnung

Erdbeschleunigung:  $g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

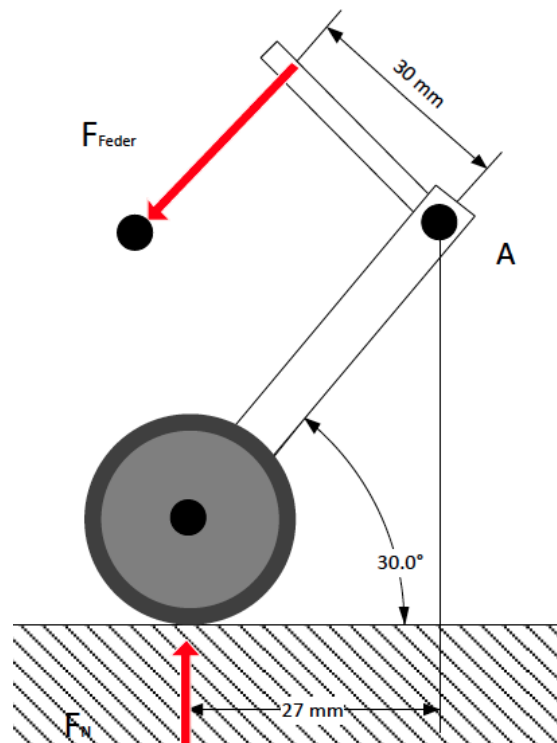
Gewicht ARCTICOS:  $G_{\text{Fahrzeug}} = 7 \text{ kg}$

Anzahl Laufräder: 6; pro Seite 3

Wird angenommen, dass der Schwerpunkt von ARCTICOS in der Mitte ist, so verteilt sich das Gewicht gleichmässig auf alle 6 Räder.

Kraft auf ein Rad bei Stillstand:  $F_N = g \cdot \frac{G_{\text{Fahrzeug}}}{\text{Anz.Räder}} = 9.81 \cdot \frac{7}{6} = 11.44 \text{ N}$

$$\sum_A M = 0 \Rightarrow -F_N \cdot 27 + F_{\text{Feder}} \cdot 30 = 0 \Rightarrow F_{\text{Feder}} = \frac{F_N \cdot 27}{30} = 10.3 \text{ N}$$



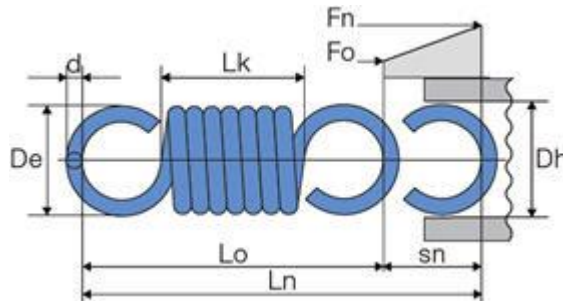
Federweg:  $s_0 = 0 \text{ mm}$

Länge der Feder:  $L_0 = 35 \text{ mm}$

Aussendurchmesser der Feder:  $D_e = 8 \text{ mm}$

Federwege und Federkräfte:

$s_0 = 8\text{mm}$	$\rightarrow$	$F_0 = 10.3\text{N}$
$s_1 = 5\text{mm}$	$\rightarrow$	$F_1 = 25\text{N}$
$s_2 = 10\text{mm}$	$\rightarrow$	$F_2 = 40\text{N}$

**Ausgewählte Feder:**
**durovis.ch: Art.Nr. 13/1/1**


Länge der Feder:  $L_0 = 38.2\text{mm}$

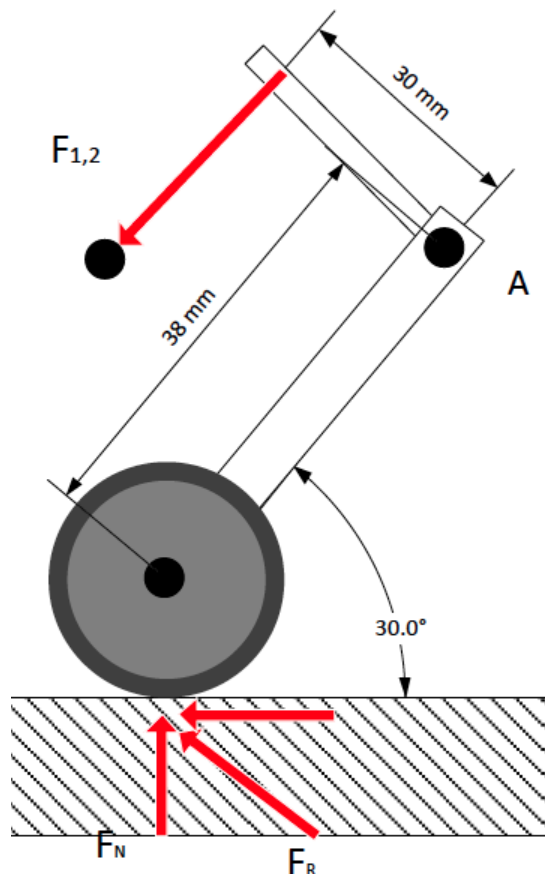
Aussendurchmesser der Feder:  $D_e = 8.75\text{mm}$

Drahtstärke:  $d = 1.25\text{mm}$

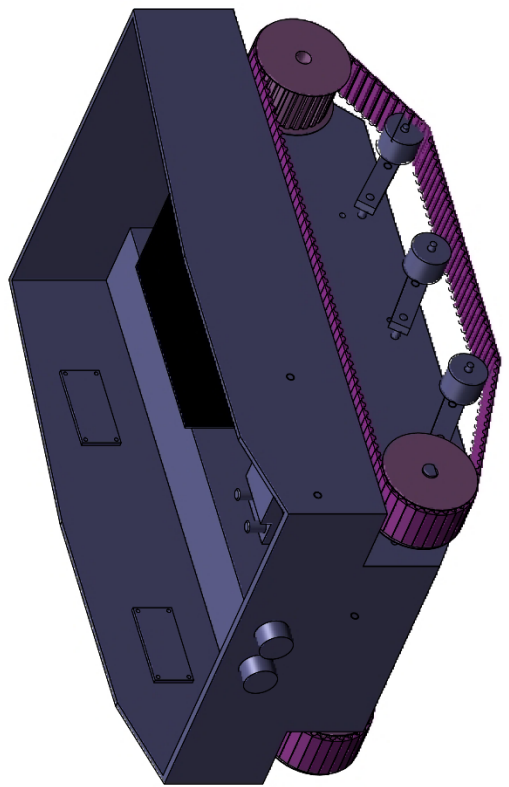
Maximaler Federweg:  $s_n = 23.83\text{mm}$

Eingewundene Vorspannung:  $F_0 = 7\text{N}$

Maximale Federkraft:  $F_n = 80.43\text{N}$



### viii. Fertigungsunterlagen



25	ZUGFEDER_5_1.E1	2
24	ZUGFEDER_12.E1	4
23	ZAHNREMEN_T5-720.E1	2
22	ZAHNREMEN_T5_75	4
21	WANNE_SCHALE.E1_V2	1
20	ULTRASCHALLSENSOR.E1	3
19	SPANNRAD.E1	6
18	SPANNRAUFUEHRUNG_B6	2
17	SPANNRAUFHANGUNG_ET1	6
16	SKF_CB	4
15	SCHWING	6
14	SCHRALBEMM_LANG.E1	6
13	SCHRALBEMM_KURZ.E1	6
12	RASPERY.E1	1
11	MOTOR_AUSSENMASSE.E1	2
10	MOTORENHALTERUNG.E1	2
9	LASERBOCK_HINTERRAD.E1	1
8	LASERBOCK_VORDERRAD.E1	2
7	KEGELZAHNRAD_MLDS	4
6	LAEITERINGSP_ATT	6
5	DREHSTIFT.E1	6
4	AUFNAHME_HILFERSCHRAUBE.E1	6
3	ANTRIEBSWELLE.E1	2
2	AKKU_AUSSENMASSE.E1	1
1	6_KANTISCHRAUBE_70.E1	4

Pos./Item Gegenstand/Part Name Stück/Qty Werkstoff/Material Bemerkungen/Notes

Anmerkungen / Modifications

ARCTICOS  
komplett

Massstab / Scale: 1:2  
X  
X

Erstellt durch / Prepared by: [Signature]  
Geprüft / Checked: X  
Gesehen / Approve: X  
Mode-Zwang: Nr. 1 Modif., DWG-Objekt: / 10

HSLU HOCHSCHULE LUZERN  
Technik & Architektur  
Engineering & Architecture

Lucerne University of Applied Sciences and Arts

dwg

ARCTICOS

© ARCTICOS

Alle Rechte vorbehalten / We reserve all rights in connection with this document.

ARCTICOS

Abb. 11: ARCTICOS Komplett

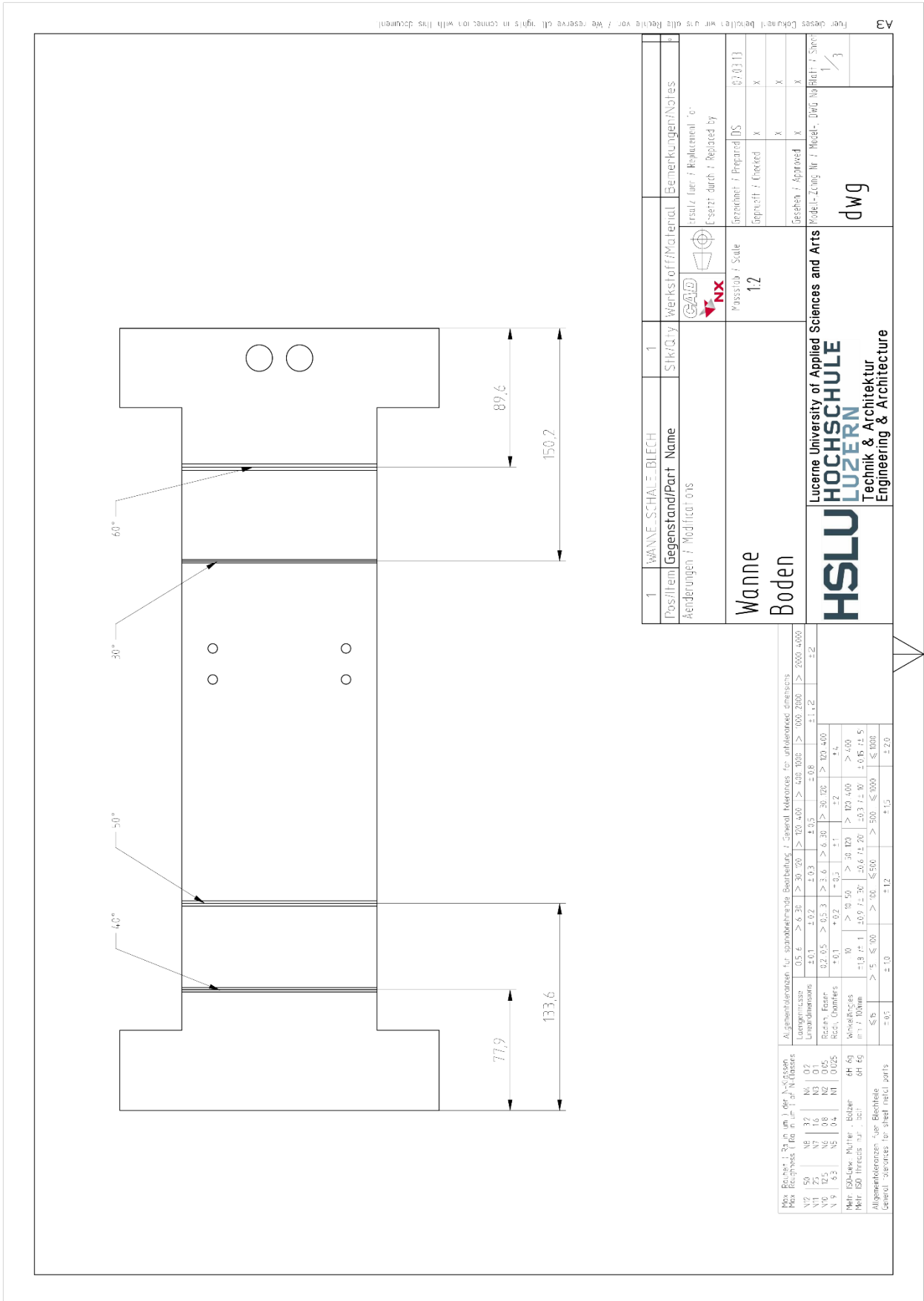


Abb. 12: Wanne Boden



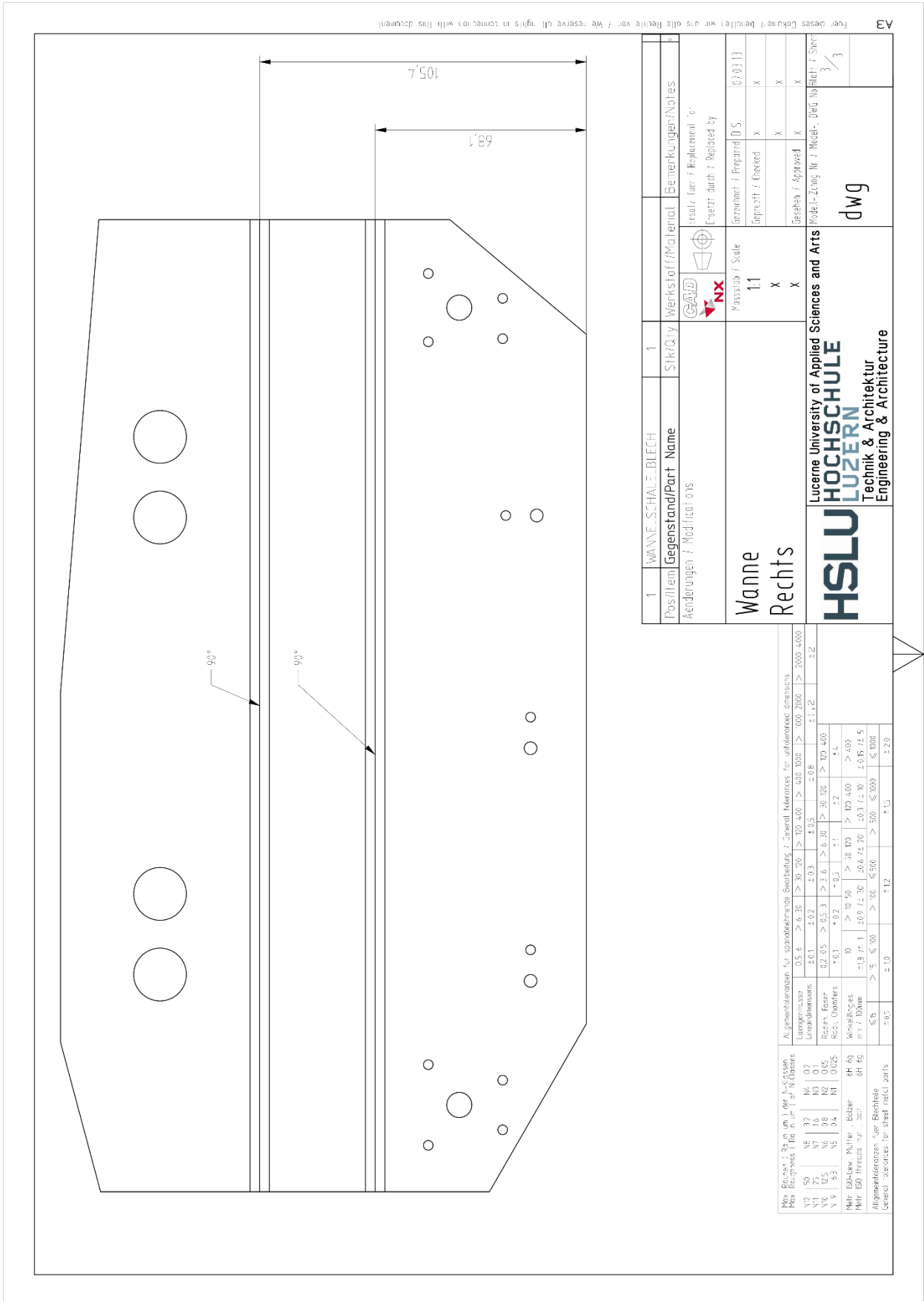
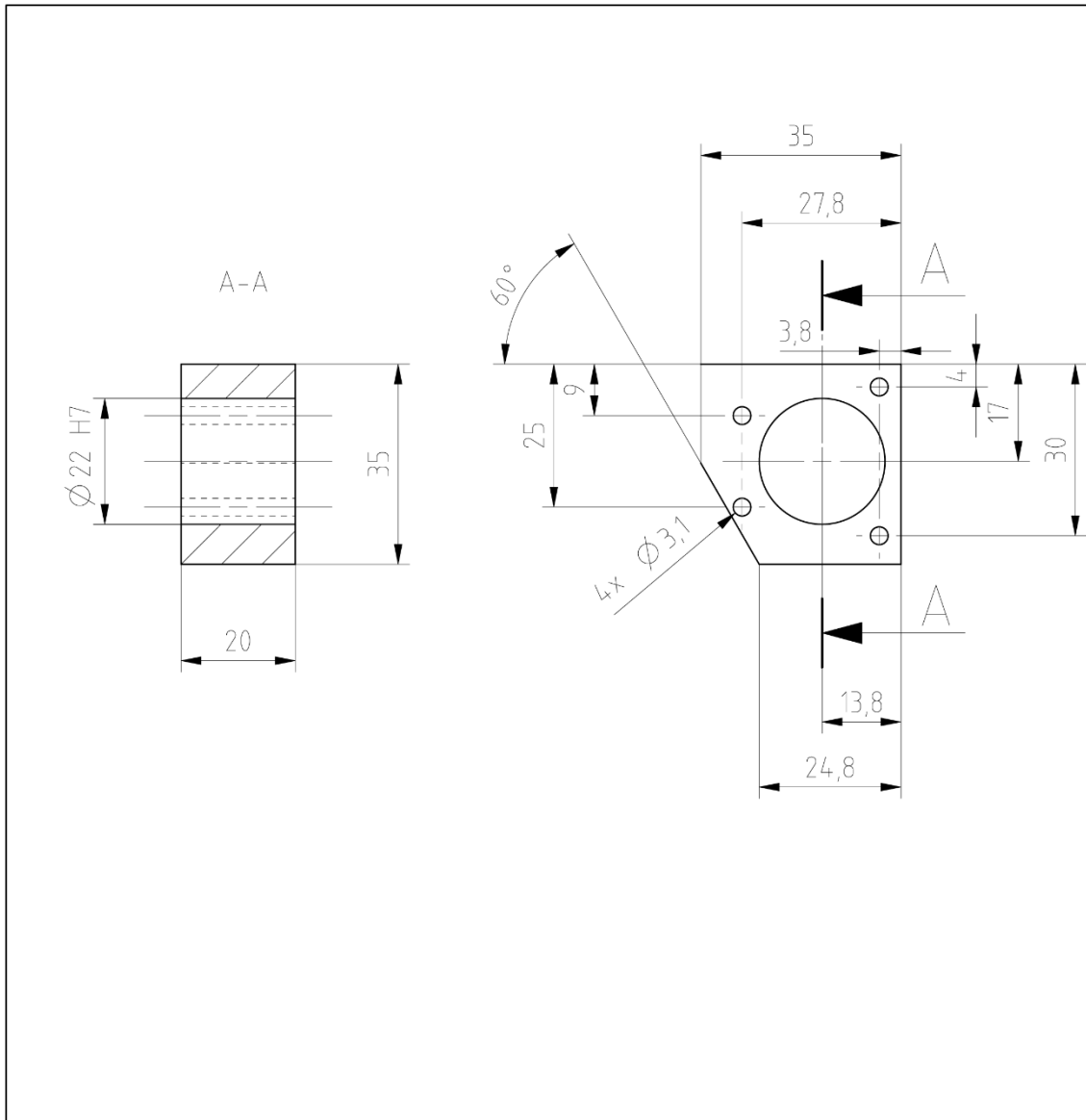


Abb. 14: Wanne Rechts







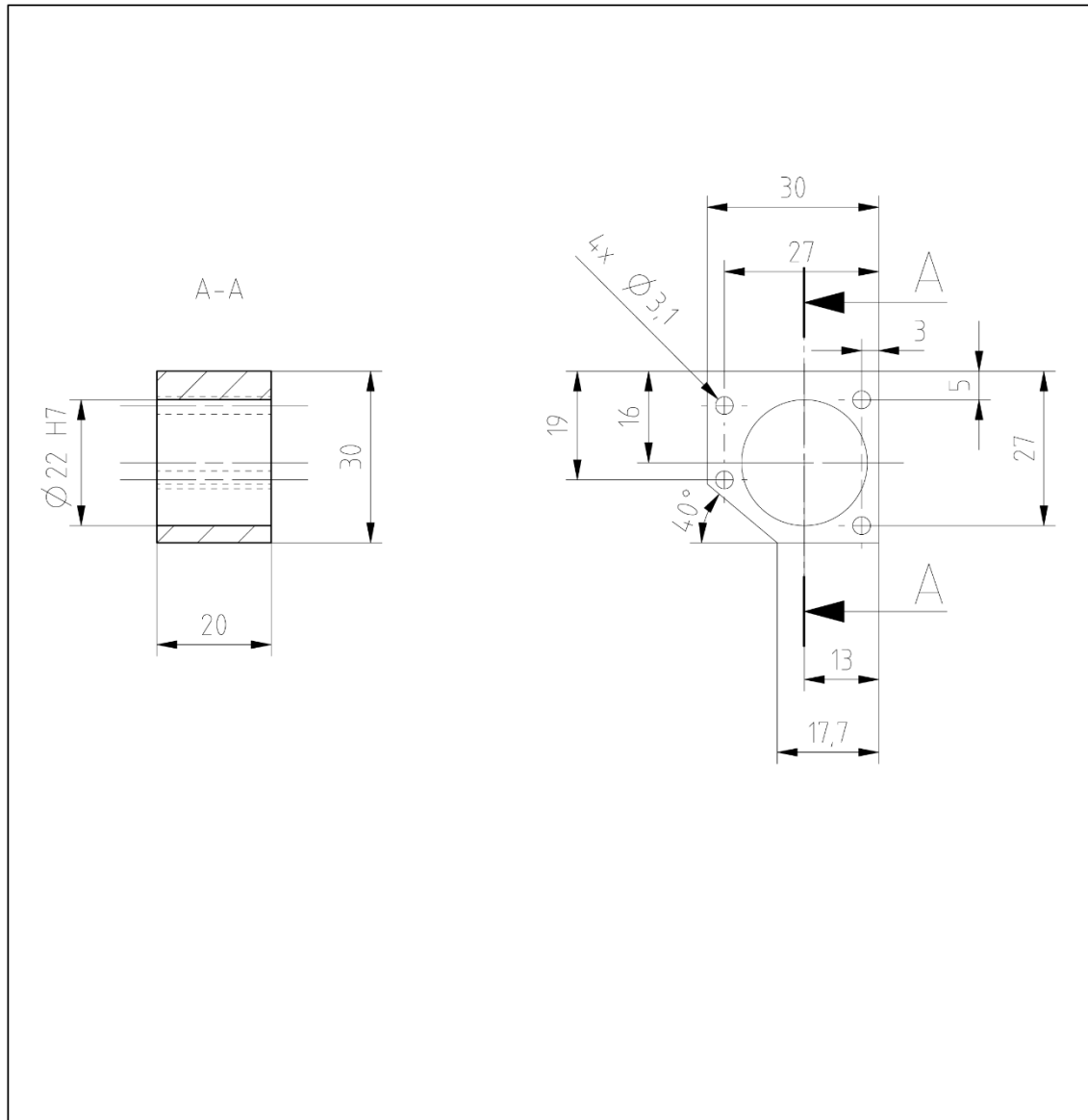
1	LAGERBOCK_ANTRIEB_ET	1	[Aluminium]		
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes	
Aenderungen / Modifications			  	Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by	
Lagerbock vorne Antrieb			Massstab / Scale 1:1	Gezeichnet / Prepared DS	14.03.2013
				Geprueft / Checked x	x
					x
				Gesehen / Approved x	x
 <b>Lucerne University of Applied Sciences and Arts</b> <b>HOCHSCHULE LUZERN</b> Technik & Architektur Engineering & Architecture			Modell-Zchnng Nr / Model-, DWG No	Blatt / Sheet	
			PREN 32 001	1/1	

Abb. 15: Lagerbock Vorne









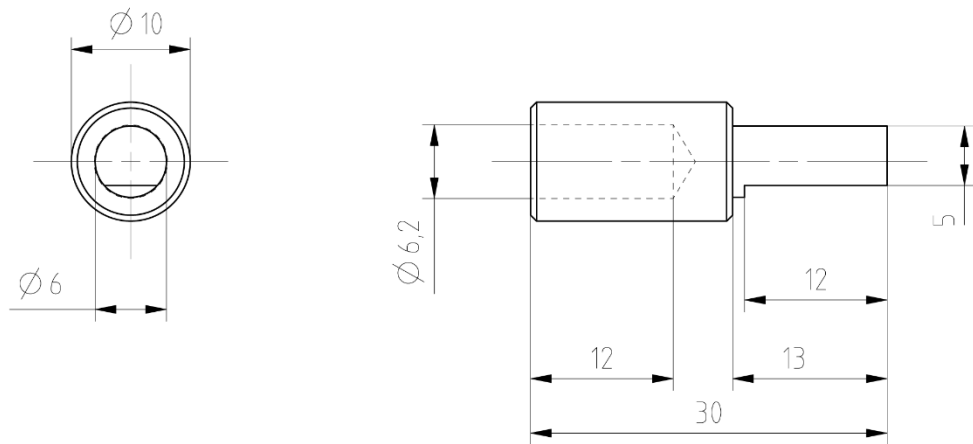
1	LAGERBOCK_HINTERRAD_ET	1	[Aluminium]	
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes
Aenderungen / Modifications			  	Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by
Lagerbock Hinten			Massstab / Scale 1:1	Gezeichnet / Prepared DS 08.03.13
				Geprueft / Checked x x
				x x
				Gesehen / Approved x x
 <b>HOCHSCHULE LUZERN</b> Technik & Architektur Engineering & Architecture			Modell-Zchng Nr / Model-, DWG No Blatt / Sheet	
			PREN 32 002 1/1	

Abb. 16: Lagerbock Hinten





Alle Kanten 02 x 45°





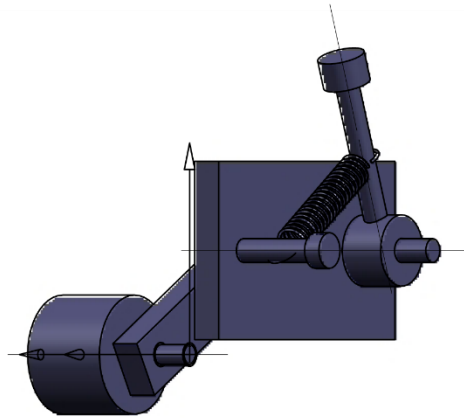
1	VERBINDUNG_MOTOR_ZR_ET	0		
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes
Aenderungen / Modifications			  	Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by
Verbindung Zahnrad Motor			Massstab / Scale 2:1	Gezeichnet / Prepared DS 05.04.2013
				Geprueft / Checked x x
				x x
				Gesehen / Approved x x
	Lucerne University of Applied Sciences and Arts		Modell-Zchng Nr / Model-, DWG No	Blatt / Sheet
	<b>HOCHSCHULE LUZERN</b> Technik & Architektur Engineering & Architecture		PREN 32 004	1/1

Abb. 18: Verbindung Zahnrad Motor







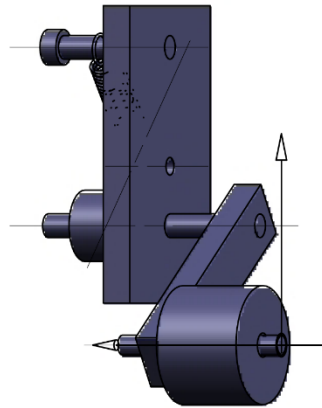
9	SPANNRAD_ET	1				
8	SCHWINGE	1				
7	SCHRAUBEM4_LLANG_ET	1				
6	AUFNAHME_FEDERSCHRAUBE_ET	1				
5	SCHRAUBEM4_KURZ_ET	1				
4	ZUGFEDER_12_ET	1				
3	DREHSTIFT_ET	1				
2	HALTERUNGSPLATTE	1				
1	SPANNRADAUFHAENGUNG_ET1	1				
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes		
Aenderungen / Modifications			  	Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by		
Federung links liegend Baugruppe			Massstab / Scale 1:1	Gezeichnet / Prepared	DS	07.03.13
				Geprueft / Checked	x	x
					x	x
				Gesehen / Approved	x	x
	Lucerne University of Applied Sciences and Arts		Modell-, Zchnng Nr / Model-, DWG No	Blatt / Sheet		
	<b>HOCHSCHULE LUZERN</b> Technik & Architektur Engineering & Architecture			dwg	A / 10	

Abb. 19: Federung links liegend





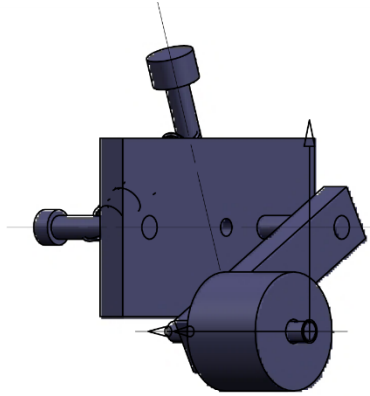
9	HALTERUNGSPLATTE	1			
8	ZUGFEDER_5_ET	1			
7	SCHRAUBEM4_LLANG_ET	1			
6	SCHWINGE	1			
5	DREHSTIFT_ET	1			
4	AUFNAHME_FEDERSCHRAUBE_ET	1			
3	SPANNRAD_ET	1			
2	SCHRAUBEM4_KURZ_ET	1			
1	SPANNRADAUFHAENGUNG_ET1	1			
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes	
Aenderungen / Modifications				Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by	
Federung rechts Baugruppe			Massstab / Scale 1:1	Gezeichnet / Prepared	DS 07.03.13
				Geprueft / Checked	x x
					x x
				Gesehen / Approved	x x
	Lucerne University of Applied Sciences and Arts <b>HOCHSCHULE LUZERN</b> Technik & Architektur Engineering & Architecture		Modell-, Zchnng Nr / Model-, DWG No	Blatt / Sheet B / 10	
			dwg		

Abb. 20: Federung rechts







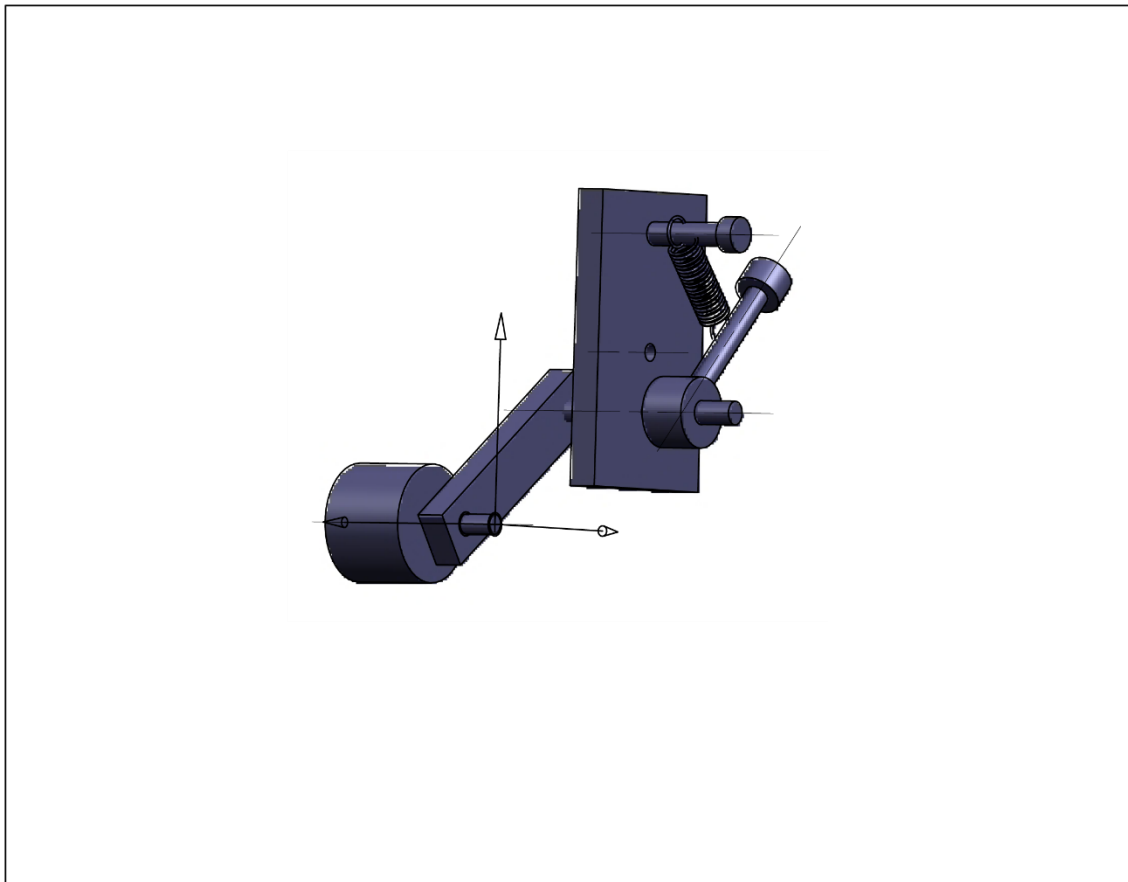
9	SPANNRADAUFHAENGUNG_ET1	1				
8	AUFNAHME_FEDERSCHRAUBE_ET	1				
7	SCHRAUBEM4_KURZ_ET	1				
6	ZUGFEDER_12_ET	1				
5	HALTERUNGSPLATTE	1				
4	DREHSTIFT_ET	1				
3	SPANNRAD_ET	1				
2	SCHWINGE	1				
1	SCHRAUBEM4_LANG_ET	1				
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes		
Aenderungen / Modifications			  	Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by		
Federung rechts liegend Baugruppe			Massstab / Scale 1:1	Gezeichnet / Prepared	DS	07.03.13
				Geprueft / Checked	x	x
					x	x
				Gesehen / Approved	x	x
	Lucerne University of Applied Sciences and Arts <b>HOCHSCHULE LUZERN</b> Technik & Architektur Engineering & Architecture		Modell-, Zchnng Nr / Model-, DWG No	dwg	Blatt / Sheet C / 10	

Abb. 21: Federung rechts liegend







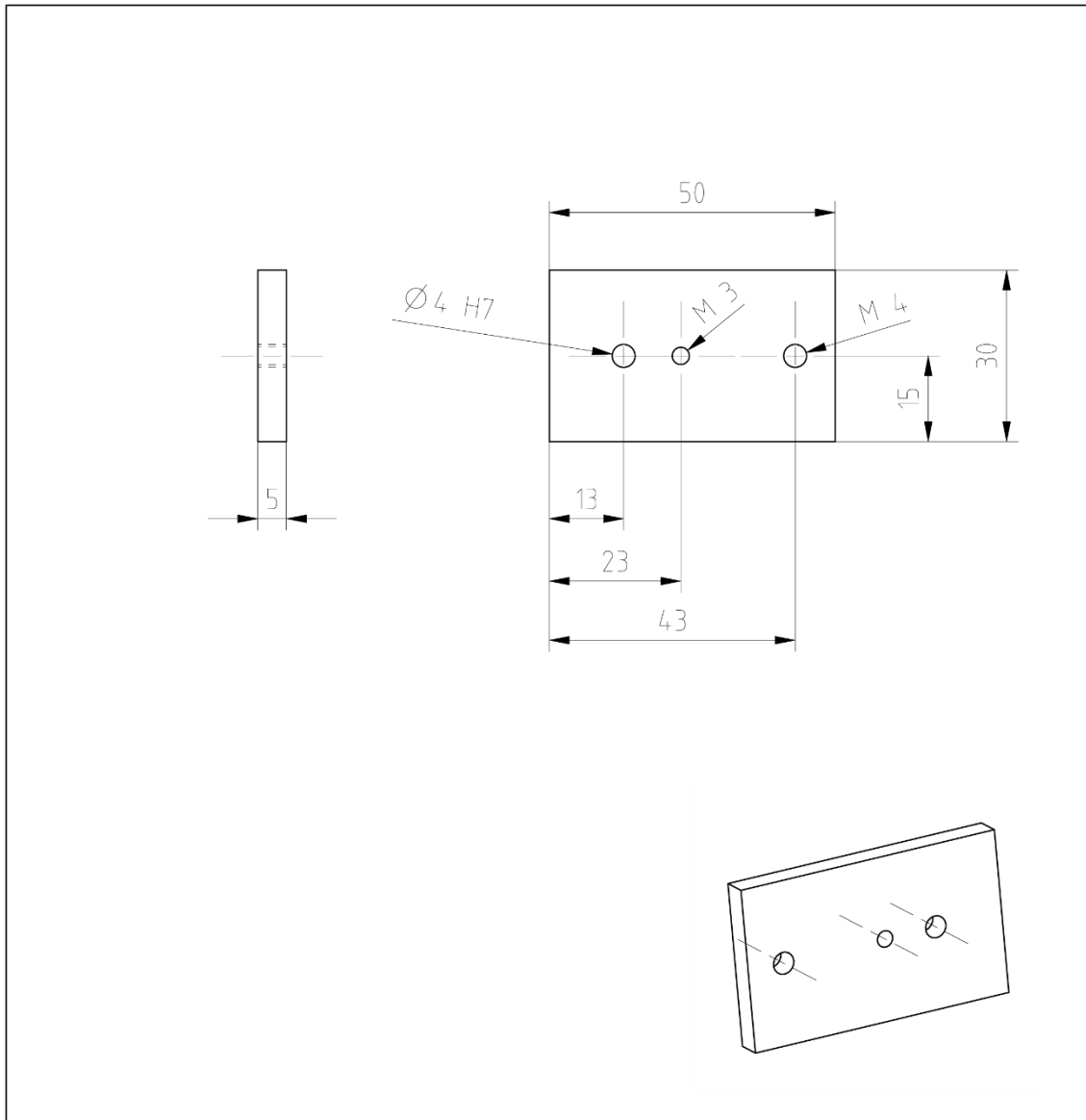
9	SCHWINGE	1				
8	HALTERUNGSPLATTE	1				
7	SCHRAUBEM4_LLANG_ET	1				
6	SCHRAUBEM4_KURZ_ET	1				
5	DREHSTIFT_ET	1				
4	AUFNAHME_FEDERSCHRAUBE_ET	1				
3	ZUGFEDER_5_ET	1				
2	SPANNRADAUFHAENGUNG_ET1	1				
1	SPANNRAD_ET	1				
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes		
Aenderungen / Modifications				Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by		
<b>Federung links</b> <b>Baugruppe</b>			Massstab / Scale <b>1:1</b>	Gezeichnet / Prepared	DS	07.03.13
				Geprueft / Checked	x	x
					x	x
				Gesehen / Approved	x	x
 <b>Lucerne University of Applied Sciences and Arts</b> <b>HOCHSCHULE LUZERN</b> <b>Technik &amp; Architektur</b> <b>Engineering &amp; Architecture</b>			Modell-, Zchnng Nr / Model-, DWG No	Blatt / Sheet D / 10		
			dwg			

Abb. 22: Federung links





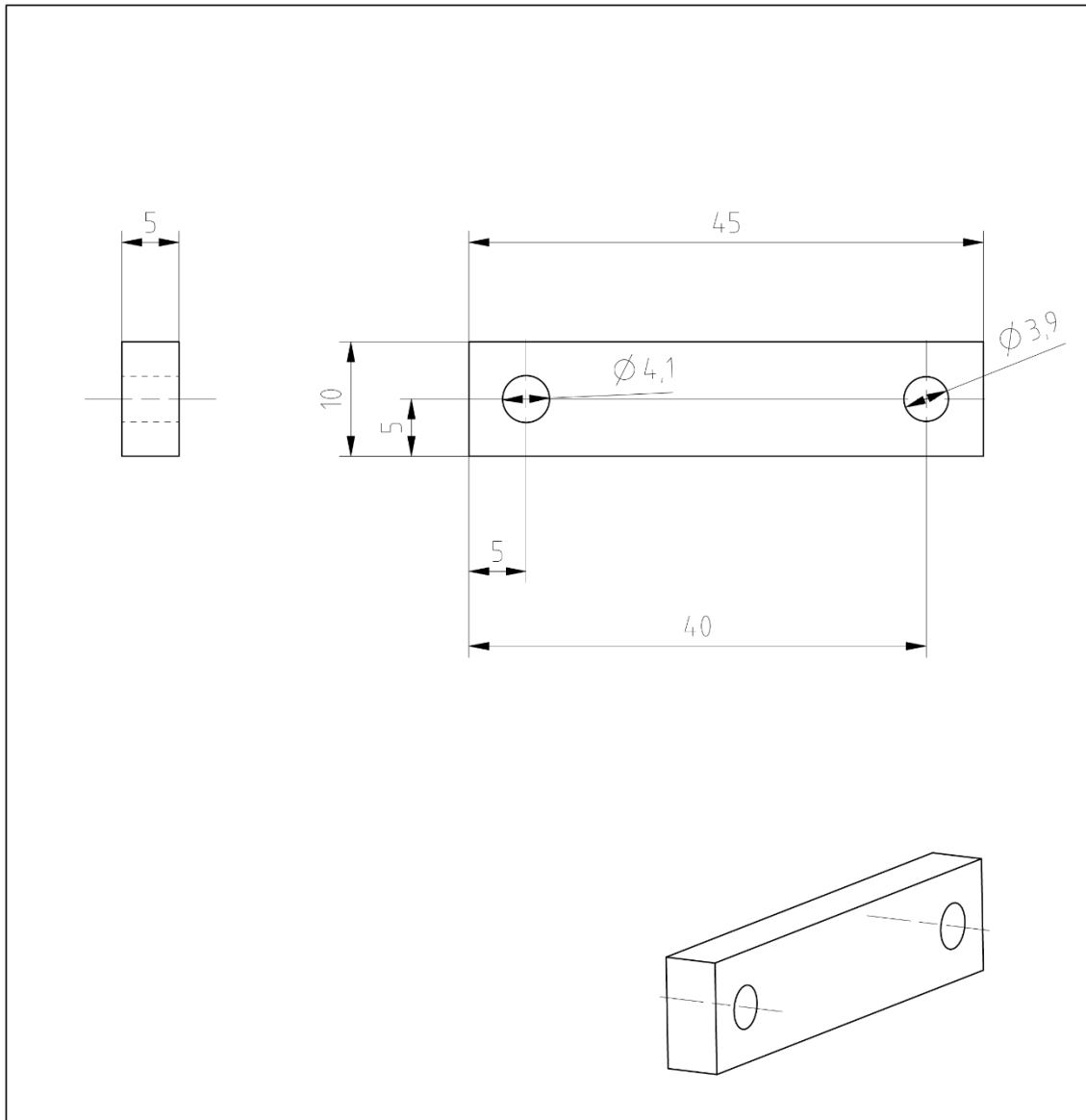
1	HALTERUNGSPLATTE	1			
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes	
Aenderungen / Modifications				Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by	
Federung Halterungsplatte			Massstab / Scale 1:1	Gezeichnet / Prepared	DS 07.03.13
				Geprueft / Checked	x x
				Gesehen / Approved	x x
 <b>Lucerne University of Applied Sciences and Arts</b> <b>HOCHSCHULE LUZERN</b> Technik & Architektur Engineering & Architecture			Modell-, Zchnng Nr / Model-, DWG No	Blatt / Sheet	
				dwg	1 / 10

Abb. 23: Federung Halterungsplatte






1	SCHWINGE	1				
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes		
Aenderungen / Modifications			 	Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by		
Federung Schwinge			Massstab / Scale 2:1	Gezeichnet / Prepared	DS	07-03 13
				Geprueft / Checked	x	x
					x	x
				Gesehen / Approved	x	x
 <b>Lucerne University of Applied Sciences and Arts</b> <b>HOCHSCHULE LUZERN</b> Technik & Architektur Engineering & Architecture			Modell-, Zchnng Nr / Model-, DWG No	dwg	Blatt / Sheet	2 / 10

Abb. 24: Federung Schwinge

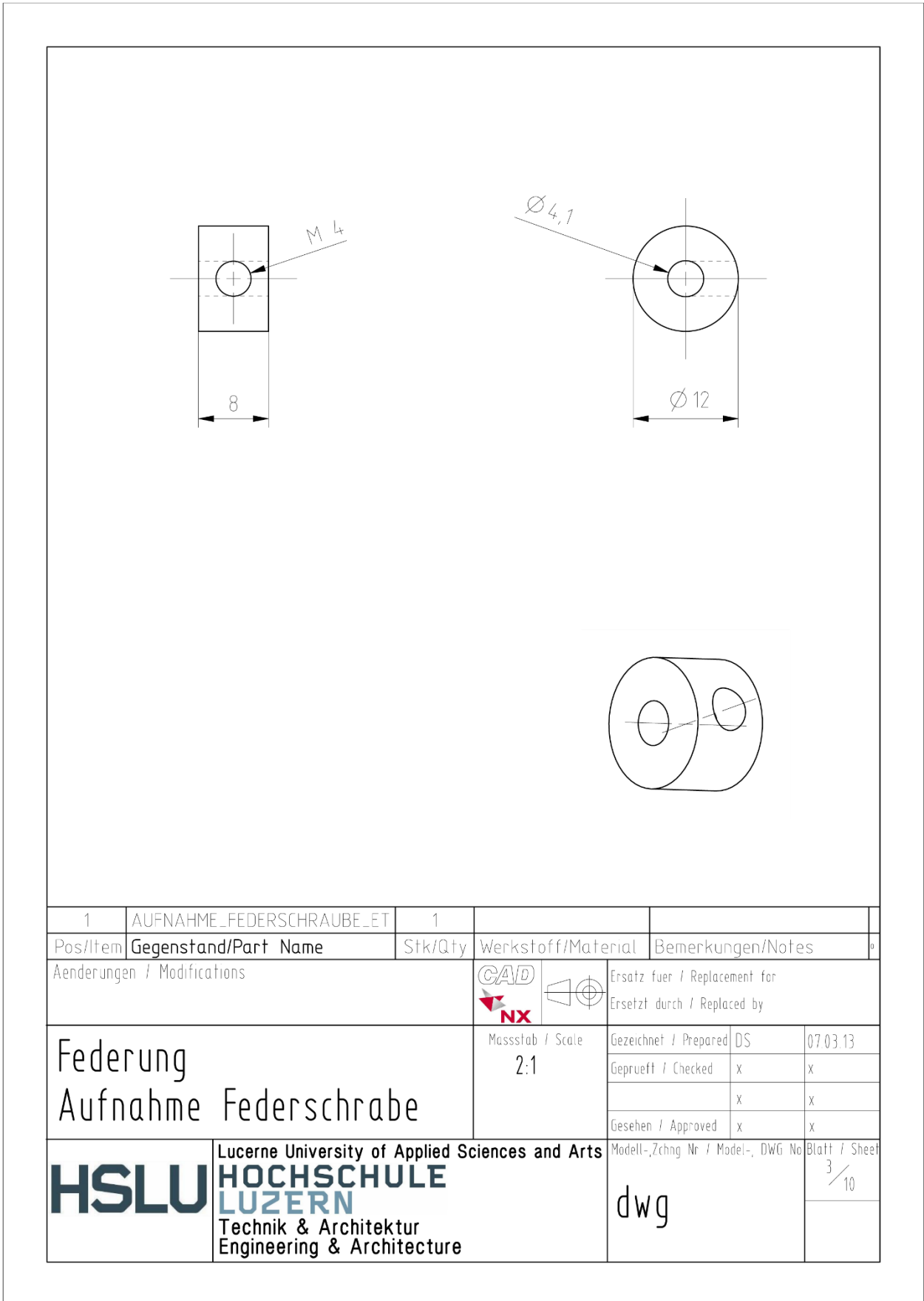
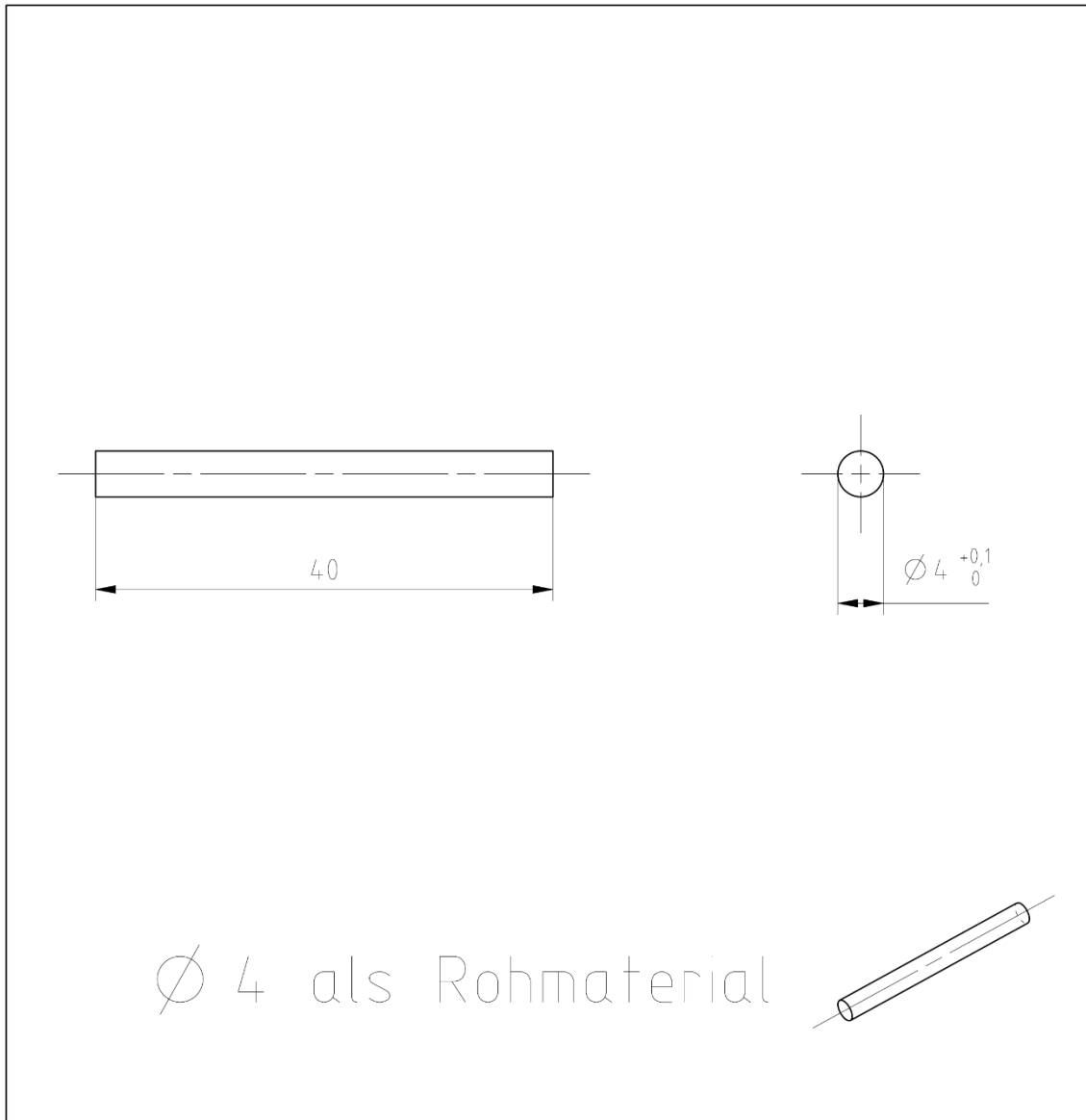


Abb. 25: Federung Aufnahme Federschraube





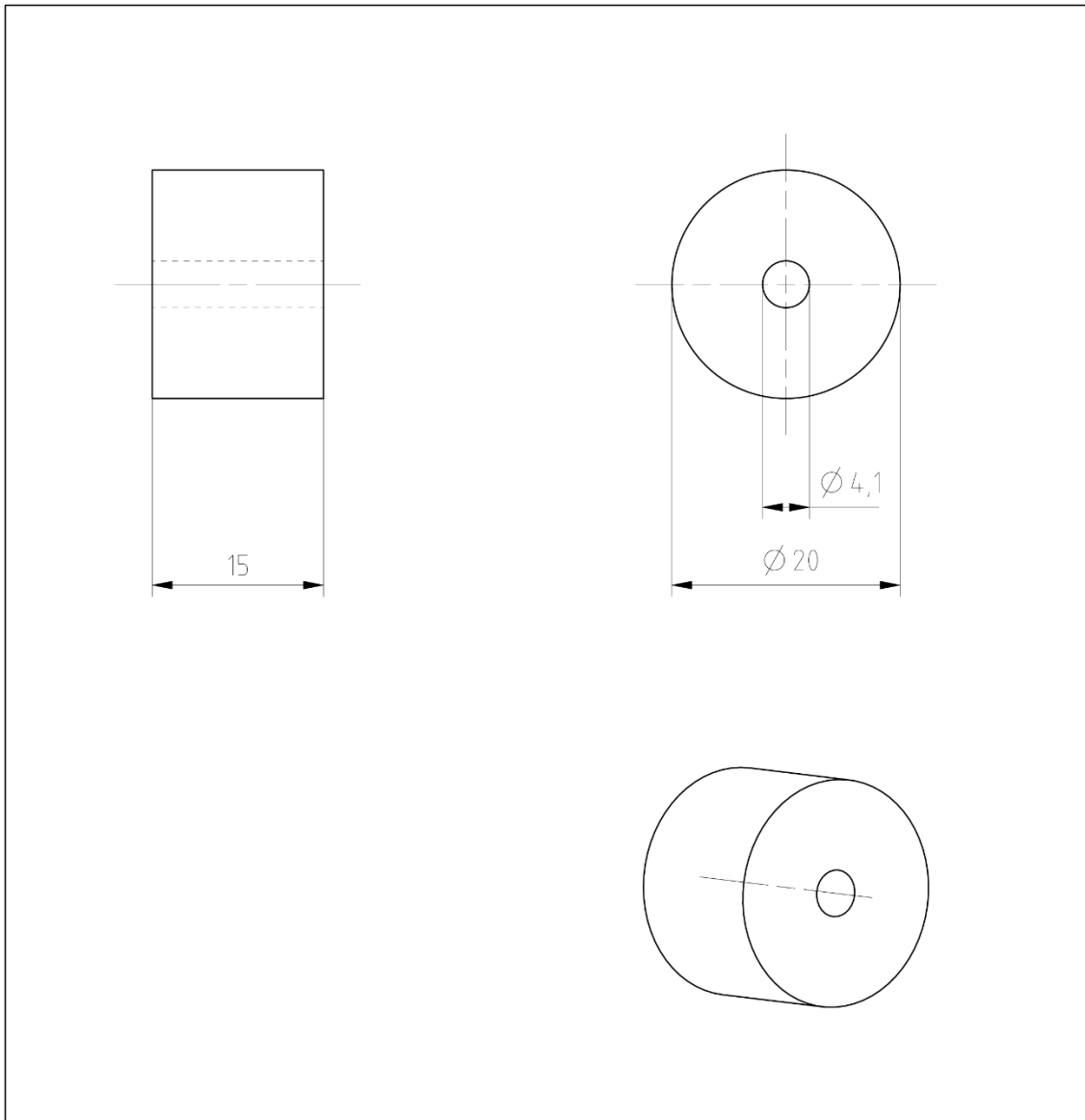
1	DREHSTIFT_ET	1			
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes	
Aenderungen / Modifications				Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by	
Federung Drehstift			Massstab / Scale 2:1	Gezeichnet / Prepared	DS
				Geprueft / Checked	x
					x
				Gesehen / Approved	x
 <b>HSLU</b> HOCHSCHULE LUZERN Technik & Architektur Engineering & Architecture	Lucerne University of Applied Sciences and Arts		Modell-, Zchnng Nr / Model-, DWG No	Blatt / Sheet	
			dwg	4 / 10	

Abb. 26: Federung Drehstift






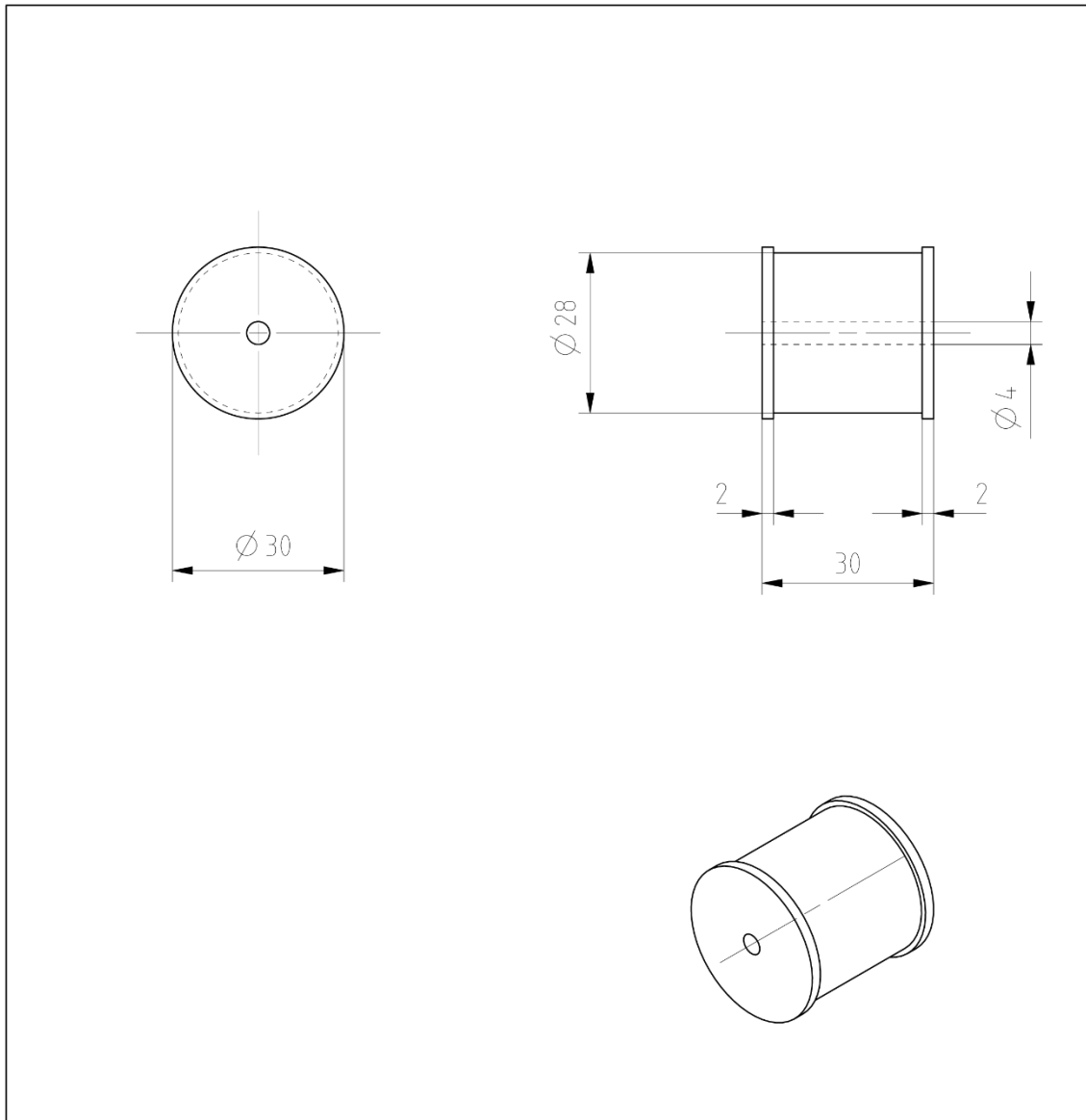
1	SPANNRAD_ET	1			
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes	
Aenderungen / Modifications			 	Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by	
Federung Laufрад			Massstab / Scale 2:1	Gezeichnet / Prepared	DS
				Gepueft / Checked	x
				Gesehen / Approved	x
 <b>HOCHSCHULE LUZERN</b> Technik & Architektur Engineering & Architecture			Modell-, Zchnng Nr / Model-, DWG No		
			Blatt / Sheet 5 / 10		
			dwg		

Abb. 27: Federung Laufрад




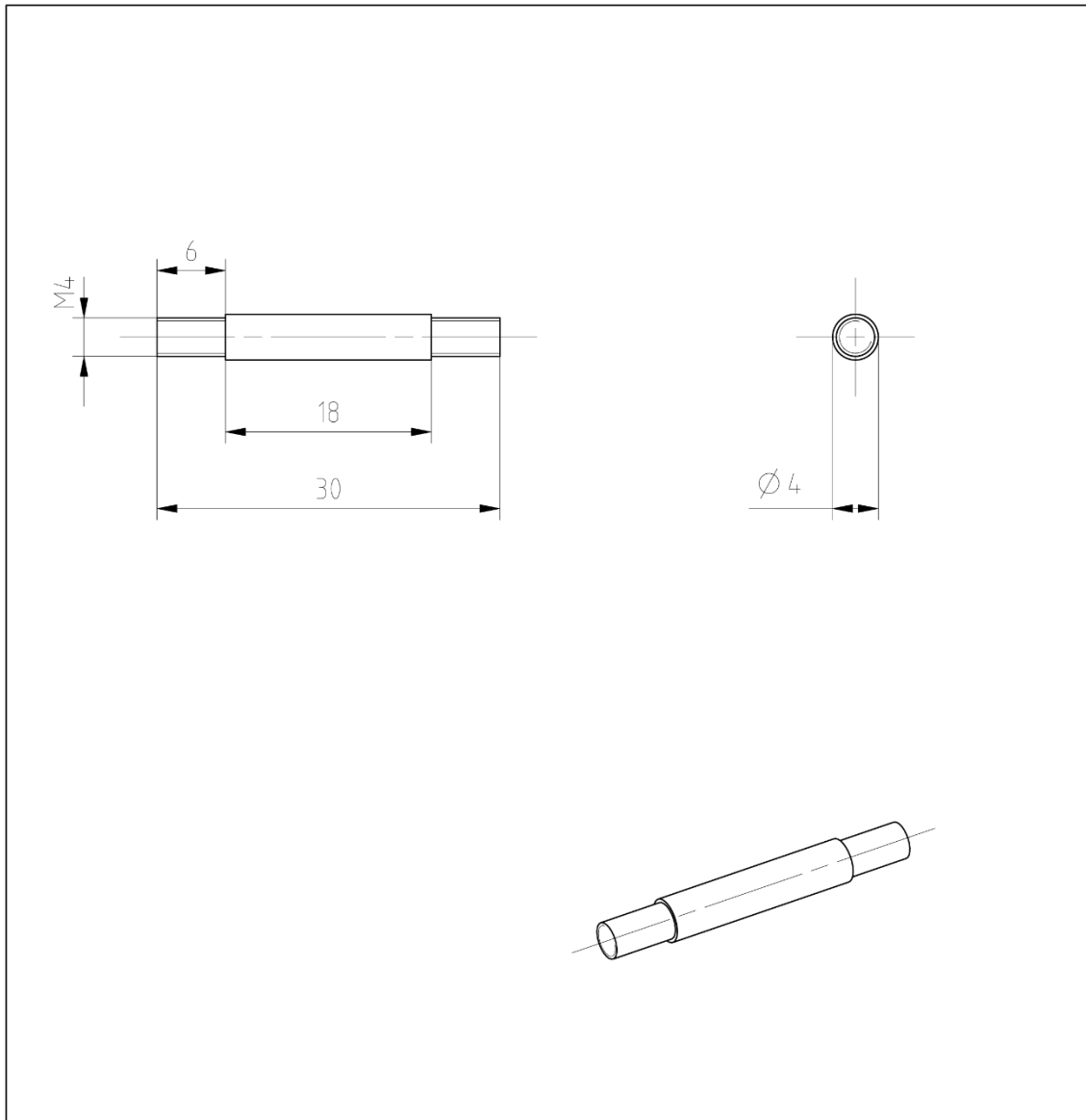
1	LAUFRAD_NEU_ET	1			
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes	
Aenderungen / Modifications				Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by	
Federung Laufrad_neu			Massstab / Scale 1:1 X X	Gezeichnet / Prepared DS 25.03.2013 Geprueft / Checked x x Gesehen / Approved x x	
			Lucerne University of Applied Sciences and Arts <b>HSLU HOCHSCHULE LUZERN</b> Technik & Architektur Engineering & Architecture		Modell-, Zchnng Nr / Model-, DWG No Blatt / Sheet 5 / 10
			dwg		

Abb. 28: Federung Laufrad neu







1	SPANNRADAUFHAENGUNG_ET1	1			
Pos/Item	Gegenstand/Part Name	Stk/Qty	Werkstoff/Material	Bemerkungen/Notes	
Aenderungen / Modifications				Ersatz fuer / Replacement for Ersetzt durch / Replaced by	
Federung Spannradaufhaengung			Massstab / Scale 2:1	Gezeichnet / Prepared	DS 07.03.13
				Geprueft / Checked	x x
					x x
				Gesehen / Approved	x x
 Lucerne University of Applied Sciences and Arts Technik & Architektur Engineering & Architecture			Modell-, Zchnng Nr / Model-, DWG No	Blatt / Sheet	
			dwg	6 / 10	

Abb. 29: Federung Spannradaufhängung

**ix. Materiallisten**
**a. Stückliste Elektrotechnik**
**Hauptprint**

Anzahl	Bauteil	Wert / Typ	Bauform
4	Leistungsanschluss	CPF 5,08 / 2pol.	CPF 5,08 / 2pol.
1	Anschluss		Header Pin male 18x2
1	Anschluss		Header Pin male 5x2
1	Anschluss		Header Pin female 3x2
5	Anschluss		Header Pin male 8x1
1	Anschluss		Header Pin male 6x1
4	Anschluss		Header Pin male 5x1
15	Anschluss		Header Pin male 4x1
1	Anschluss		Header Pin male 3x1
6	Anschluss		Header Pin male 2x1
1	Widerstand	0	0805
1	Widerstand	3	RQ6.3x2.3
1	Widerstand	50	0805
1	Widerstand	82	0805
2	Widerstand	190	RQ6.3x2.3
2	Widerstand	210	0805
2	Widerstand	500	0805
2	Widerstand	1k	RQ6.3x2.3
1	Widerstand	1.2k	RQ6.3x2.3
1	Widerstand	2.2k	0805
1	Widerstand	3.3k	0805
1	Widerstand	4.7k	RQ6.3x2.3
6	Widerstand	10k	0805
2	Widerstand	100k	0805
2	Variabler Widerstand	5k	Poti
90	Filter Kondensator	10p	0805
2	Kondensator	10n	0805
1	Kondensator	100n	0805
1	Kondensator	0.1u	RAD0.1
2	Elektrolyt Kondensator	0.22u	RAD0.1
1	Kondensator	0.33u	RAD0.1
3	SMD Taster	DTSM-66N-V-B	
1	Feinsicherung	Sicherung	
1	Summer	KPX-G1203UB-K6397	
1	LED	rot	
2	LED	grün	
1	LED_Bar	DC-10GWA	DIP20
1	Akkuladestatus Anzeige	LM3914	DIP18
1	Tieffentladungsschutz Akku	TL7712A	SO-8
1	Strombegrenzung	LM317	TO-220+KK

1	Ladekontroller	PB137	TO-220FP
1	DC-DC Wandler 5V 2A	L78S05CV	TO-220+KK
2	PNP Transistor	BC557	29-04
1	MOSFET	IRL3803	TO-220AB
2	MOSFET	BS170	TO-92B

Tab. 1: Stückliste Hauptprint

### Stückliste Motoren / Motorentreiber

Anzahl	Bauteil	Wert / Typ	Bauform
3	Leistungsanschluss	CPF 5,08 / 2pol.	CPF 5,08 / 2pol.
2	Anschluss		Header Pin male 4x1
1	Widerstand	0	805
1	Widerstand	100	RQ6.3x2.3
2	Widerstand	100k	RQ6.3x2.3
6	Filter Kondensator	10p	805
2	Kondensator	5.6n	RAD0.2
1	Kondensator	10n	RAD0.2
1	Kondensator	220n	RAD0.2
1	Keramikkondensator	100n	RAD0.1
1	Elektrolytkondensator	100u	RB.1/.2
2	Diode	1N4148	AXIAL0.3
1	Motorentreiber L6205	L6205	DIP20
2	DC Motoren	12V 50:1	
2	Ferritring		
4	Kondensator	10nF	
2	Kondensator	47nF	

Tab. 2: Stückliste Motoren / Motorentreiber

### Stückliste Anzeige

Anzahl	Bauteil	Wert / Typ	Bauform
1	Anschluss		Header Pin male 5x2
7	Widerstand	130	805
14	Widerstand	4.7k	805
1	7 Segmentanzeige 57mm		
7	NPN Transistor	BC560C	41393
7	NPN Transistor	MPSA42	41393

Tab. 3: Stückliste Anzeige

### Stückliste LED-Band

Anzahl	Bauteil	Wert / Typ	Bauform
2	Anschluss		Header Pin male 5x1
3	Widerstand	120	RQ6.3x2.3
3	Widerstand	4.7k	RQ6.3x2.3
3	NPN Transistor	BC560C	29-04
15	RGB LED		

Tab. 4: Stückliste LED-Band

## b. Stückliste Maschinentechnik

### Chassis

Anzahl	Komponente	Bauteil / Bezeichnung / Material	Dimension [mm]
1	Wanne	Aluminium [AlMgSi1]	504x206x3
2	Wanne	Aluminium [AlMgSi1]	313x170x3
1	Deckel	PMMA	500x290x5

Tab. 5: Stückliste Chassis

### Antrieb

Anzahl	Komponente	Bauteil / Bezeichnung / Material	Dimension [mm]
2	Raupen	Zahnriemen T5-720-25	720x25
4	Antriebsräder	Zahnriemenscheiben T5-27	∅ 42.98 - 27 Zähne
2	Antriebswelle	Aluminium [AlMgSi1]	∅ 8x80
2	Lagerachsen hinten	Aluminium [AlMgSi1]	∅ 8x80
2	Lagerbock vorne	Aluminium [AlMgSi1]	35x35x20
2	Lagerbock hinten	Aluminium [AlMgSi1]	30x30x20
2	Verbindungsstück	Baustahl [S235JRG2C]	∅ 10x30
4	Kegelzahnrad	Acetalharz M1	∅ 15

Tab. 6: Stückliste Antrieb

### Federung

Anzahl	Komponente	Bauteil / Bezeichnung / Material	Dimension [mm]
6	Laufрад	Aluminium [AlMgSi1]	30x30
6	Halterungsplatte	Aluminium [AlMgSi1]	50x30x5
6	Aufnahme Federschraube	Aluminium [AlMgSi1]	∅ 12x8
6	Drehstift	Baustahl [S235JRG2C]	∅ 4x40
6	Schwinge	Aluminium [AlMgSi1]	45x10x5
6	Achse Laufрад	Senkschraube Schlitz DIN963	M4x40
6	Federschraube	Zylinderschraube Innensechskant DIN912	M4x40

Tab. 7: Stückliste Federung

### Spannrad

Anzahl	Komponente	Bauteil / Bezeichnung / Material	Dimension [mm]
2	Spannrad	Aluminium [AlMgSi1]	∅ 20x10
2	Halterungsplatte	PMMA	35x30x5
2	Schwinge	PMMA	60x30x5
2	Puffer	Kautschuk (Bestand ET Labor)	

Tab. 8: Stückliste Spannrad

### Div. Halterungen

Anzahl	Komponente	Bauteil / Bezeichnung / Material	Dimension [mm]
2	Motorenhalter	ABS (Rapid Prototyping)	100x30x18
1	Halterung	PMMA	70x100
1	Encoder	Aluminium [AlMgSi1]	20x120x2

Tab. 9: Stückliste Div. Halterungen

**x. Produktanforderungen**

1) F : Festanforderung                      DZ : Daniel Zimmermann                      MC : Mauro Chiara  
 M : Mindestanforderung                      DS : David Schaller                      SY : Sherwan Yunes  
 W : Wunschanforderung                      FR : Felix Rohrer                      SM : Silvan Murer  
 MV : Matthias Vonarburg

**a. Allgemeine Anforderungen**

Nr.	1) F M W	Bezeichnung	Werte / Daten Erläuterung Änderungen	Verant- wortlich
1.1	F	Projektanforderung	17. Juni 2013	Team
1.2	F	Projektbudget PREN	600 Fr (für PREN 1 und 2)	Team
1.3	M	Anzahl Fahrzeuge	1 Stück	Team
1.4	F	Internetauftritt	Während dem ganzen Semester	DZ
1.5	F	Kommunikation Homepage	Wöchentliches Update	DZ
1.6	F	Smartphone/Laptop in Kostenrechnung	Nein, belastet Budget nicht	Team
1.7	F	System	Eigenkonstruktion	FR / SM
1.8	W	Systemkomponenten (z.B. Lenkgetriebe)	Zukauf möglich	FR / SM
1.9	F	Interdisziplinarität	Jede Abteilung leistet ihren Beitrag	Team

Tab. 10: Allgemeine Anforderungen

**b. Allgemeine Parcoursbedingungen**

Nr.	1) F M W	Bezeichnung	Werte / Daten Erläuterung Änderungen	Verant- wortlich
2.1	F	Keine Führungsschienen erlaubt	-	-
2.2	F	Fahrbahn darf nicht verändert werden	-	-
2.3	F	Keine Gegenstände liegen lassen	-	-
2.4	W	Aufbau eines Statives	Im Startbereich erlaubt	-
2.5	F	Start erfolgt akustisch	Drei – Zwei – Eins – Start	-
2.6	F	Aufbauzeit vor dem Start	maximal 5 Minuten	-

Tab. 11: Allgemeine Parcoursbedingungen

**c. Dimension des Parcours**

Nr.	1) F M W	Bezeichnung	Werte / Daten Erläuterung Änderungen	Verant- wortlich
3.1	F	Parcours Höhe	400 cm +/- 10 cm	-
3.2	F	Parcours Breite	300 cm +/- 20 cm	-
3.3	F	Startbox Breite (weisse Startlinie)	100 cm +/- 5 cm	-
3.4	F	Startbox Höhe	100 cm +/- 5 cm	-
3.5	F	Höhe Hindernisse	1 cm +/- 1 mm	-
3.6	F	Breite der Hindernisse	100 cm +/- 1 cm	-
3.7	F	Abstand zwischen Hindernissen	30 cm +/- 1 cm	-
3.8	F	Banden Höhe ( rot eingefärbt)	10 cm +/- 5 mm	-
3.9	F	Hindernisse	100 cm Breite, 1 cm Höhe	-

Tab. 12: Dimension des Parcours

**d. Randbedingungen Unterstand**

Nr.	1) F M W	Bezeichnung	Werte / Daten Erläuterung Änderungen	Verant- wortlich
4.1	F	Unterstand Tiefe	40 cm +/- 2 cm	-
4.2	F	Unterstand Höhe	30 cm +/- 1 cm	-
4.3	F	Unterstand Breite	30 cm +/- 1 cm	-
4.4	F	Wandstärke (Plexiglas)	0.8 cm +/- 0.1 cm	-
4.5	F	Abstand zur Wand	20 cm +/- 1 cm	-
4.6	F	Wände und Dach	aus Plexiglas	-
4.7	F	Front	Blau eingefärbt	-

Tab. 13: Randbedingungen Unterstand



**e. Tafel mit QR-Code**

Nr.	1) F M W	Bezeichnung	Werte / Daten Erläuterung Änderungen	Verant- wortlich
5.1	F	Tafel Höhe	30 cm +/- 2 cm	-
5.2	F	Tafel Breite	100 cm +/- 5 cm	-
5.3	F	Abstand Tafel zum Rand (Links / Rechts)	100 cm +/- 5 cm	-
5.4	F	Material / Farbe der Spanplatte	unlackierte Spanplatte	-
5.5	F	Hintergrund QR-Code	Weisses Papier mit 2cm Rand	-
5.6	F	Lage des QR-Code	Der Mittelpunkt ist horizontal maximal 10 cm (+/- 2cm) von der Mitte der Tafel entfernt.  Der Mittelpunkt ist 13 cm (+/- 2cm) über der Fahrbahn.	-
5.7	F	Grösse QR-Code	5 cm +/- 1 cm	-

Tab. 14: Randbedingungen Tafel mit QR-Code

**f. Randbedingungen Fahrzeug**

Nr.	<sup>1)</sup> F M W	Bezeichnung	Werte / Daten Erläuterung Änderungen	Verant- wortlich
6.1	F	Mobiles Gerät	Fahren Fliegen oder Schritt	Team
6.2	M	Zeitdauer für den Parcours	maximal 3 Minuten	Team
6.3	M	Abmessungen maximal	400 mm x 300 mm x 300 mm	Team
6.4	W	Zeitdauer für den Parcours	Angestrebtes Ziel 1.5min	Team
6.5	F	Absolvieren des kompletten Parcours	autonom	Team
6.6	F	Bewegen aus dem Startraum	autonom	MC / SM
6.7	W	Navigation	Auf Gerät oder im Startraum	-
6.8	W	Start	Startknopf, Funk oder autonom	Team
6.9	F	Parkieren/ bremsen in Unterstand	autonom	MC / FR
6.10	F	Energieversorgung	Intern	SM
6.11	M	Leistungsaufnahme	Maximal 30W	SM
6.12	M	Spannungsversorgung	Möglichst hoch, maximal 24V	SM
6.13	F	Einlesen QR-Codes mittels Sensorik	Sensorik auf Gerät	FR / SM
6.14	F	Bekanntgabe der Parknummer	Akustisch, optisch auf Gerät, stationärer Bildschirm etc.	FR / SM
6.15	W	Überzeugendes Design	Farbwahl sinngemäss, form follows function	MC / MV
6.16	M	Gewicht	Maximal 8kg	Team
6.17	M	Vibration in allen drei Achsen	Während Fahrt keine Beeinträchtigung und Veränderungen	Team
6.18	F	Not-Aus Funktion	Not-Aus Schalter auf dem Gerät	
6.19	F	IP Schutzart	IP 22	MC
6.20	M	Feuchtigkeitsresistenz	Luftfeuchtigkeit bis 80%, nicht kondensierend	Team
6.21	M	Temperatur	Betrieb: 5°C bis 40°C Lagerung: -10°C bis 80°C	Team

Tab. 15: Randbedingungen Fahrzeug

## xi. Risikoanalyse

Das Risikomanagement umfasst sämtliche Massnahmen zur systematischen Erkennung, Analyse, Bewertung, Überwachung und Kontrolle von Risiken (TÜV Rheinland, 2013). Für das Moduls Produktentwicklung 2 wurden die Risiken neu erfasst und fortlaufend neu beurteilt. Die Risikoanalyse bezieht sich auf den Zeitpunkt während der Montagephase. Mit einer Risikomatrix werden die einzelnen Risiken grafisch zusammengetragen und in verschiedene Gefahrenstufen gegliedert.

EW=Eintrittswahrscheinlichkeit      SH=Schadenshöhe

### a. Bereich Projektmanagement

Nr.	Risiko	EW	SH	Massnahmen
1.	Nichteinhalten von Terminen <sup>1)</sup>	3	3	Reservezeit einplanen, Terminüberwachung. Engpässe überwachen und wenn möglich entschärfen
2.	Anforderungen nicht erfüllen	1	4	Zwei Personen kontrollieren Projektstand/ Projektanforderungen
3.	Kommunikationsstörungen	3	2	Regelmässige Sitzung im Team
4.	Budget Überschreitung	1	4	Budgetplan möglichst genau planen Preisvergleiche
5.	Mitgliederausfall	2	1	Teamspirit fördern und Aufgabenteilung

<sup>1)</sup> Im Produktentwicklungsmodul existieren mehrere Arbeiten, welche ein abgeschlossenes Präereignis voraussetzen. Um den kritischen Pfad zu entschärfen, wird dieser im Projektplan aufgezeigt und im Projektteam genau analysiert. Zusätzlich wird eine Zeitreserve von einer Woche vor der Abgabe des Testates eingeplant, um allfällige zeitliche Verzögerungen zu kompensieren.

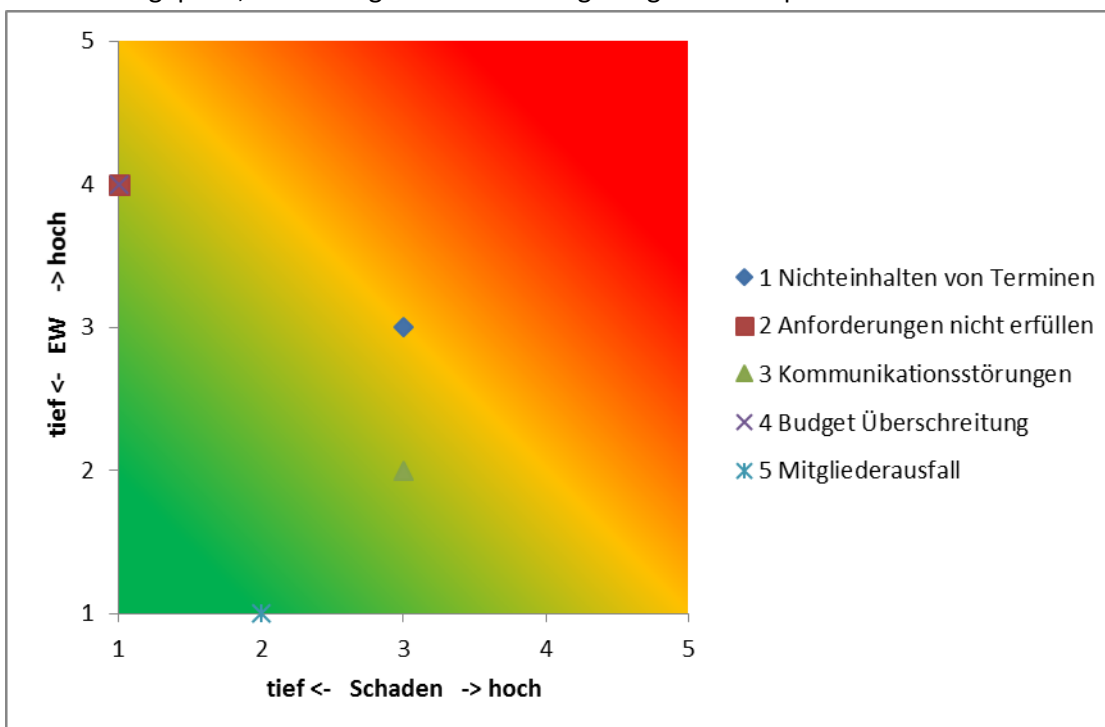


Abb. 30: Risikoübersicht Projektmanagement

**b. Bereich Informatik**

Nr.	Risiko	EW	SH	Massnahmen
1.	QR-Code wird auf der Wand nicht gefunden	3	3	Zweites Foto Erstellen von ein einer anderen Position aus.
2.	QR-Code kann nicht ausgelesen werden	2	3	Neues Foto, ggf. näher an der Wand
3.	Webseite kann nicht abgerufen werden / Parkplatznummer fehlt	1	4	Neuer Versuch, System verbessern
4.	Kommunikationsprobleme mit WLAN / Netzwerk	1	3	Signalstärke Testen, mögliche „Störsender“ entfernen
5.	Fehlendes KnowHow	3	2	KnowHow Aufbau in MC und Selbststudium
6.	Schnittstellen Hardware / Software	3	2	Prototypen und regelmässige Tests
7.	Software funktioniert nicht wie verlangt <sup>2)</sup>	3	4	Mehrere Personen mit unterschiedlichem Background und aussenstehenden Personen miteinbeziehen

<sup>2)</sup> Der risikoreichste Punkt im Bereich der Informatik befindet sich bei der Softwareentwicklung. Um auf allfällige Probleme reagieren zu können, muss die Software möglichst früh erstellt werden, damit genug Zeit für Optimierungen und Verbesserungen vorhanden ist. Dies wird durch schrittweise Integration realisiert. Während der Testphase wird die QR-Code-Auswertung stets überprüft und verbessert, damit an der Erfindermesse ein saubere Auswertung gemacht werden kann.

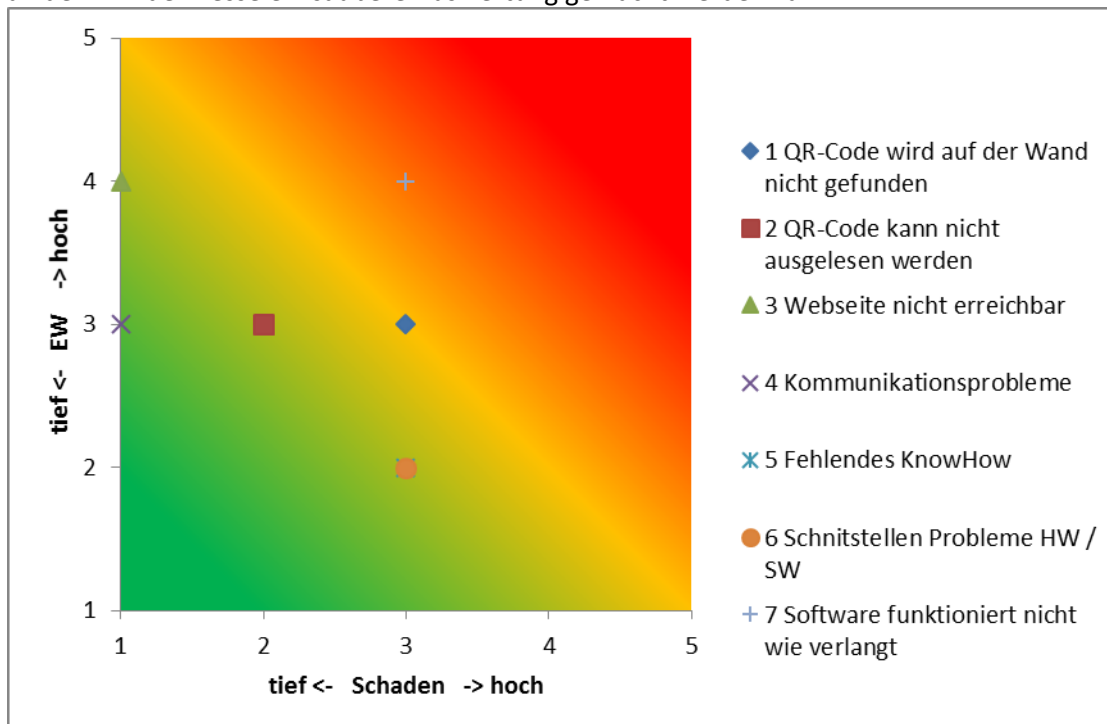


Abb. 31: Risikoubersicht Informatik

**c. Bereich Elektrotechnik**

Nr.	Risiko	EW	SH	Massnahmen
1.	Zu schwache Motoren	1	3	Motoren austauschen => Reserve bei Motorentreiber einplanen
2.	Motorenregulierung zu ungenau	3	3	Frühzeitige Tests im Labor
3.	Lenkung ungenau / schiefe Fahrt gegenüber der Aussenwand	3	2	Distanzsensoren auslesen und Abweichungen anpassen
4.	Orientierung verlieren	2	3	Gute Sensoren evaluieren, testen
5.	Distanzsensor nicht Auswertbar	2	3	Versuche und Tests im Labor durchführen
6.	Akku Leistung reicht nicht	1	3	Akku musste ausgewechselt werden
7.	Ausgabe der Parkplatznummer fehlerhaft	1	2	Ansteuerung und Ausgabe der Anzeige im Labor testen
8.	Serielle Kommunikation fehlerhaft	1	3	Frühe Tests mit gegenseitiger Kontrolle
9.	EMV Elektromagnetische Verträglichkeit	2	3	1. Schritt Filter einbauen 2. Schritt Motorentreiber durch neuen filterbestückten Print ersetzen
10	Analog-Digital-Wandlung dauert zu lange	2	3	Logik optimieren des AD-Wandlers

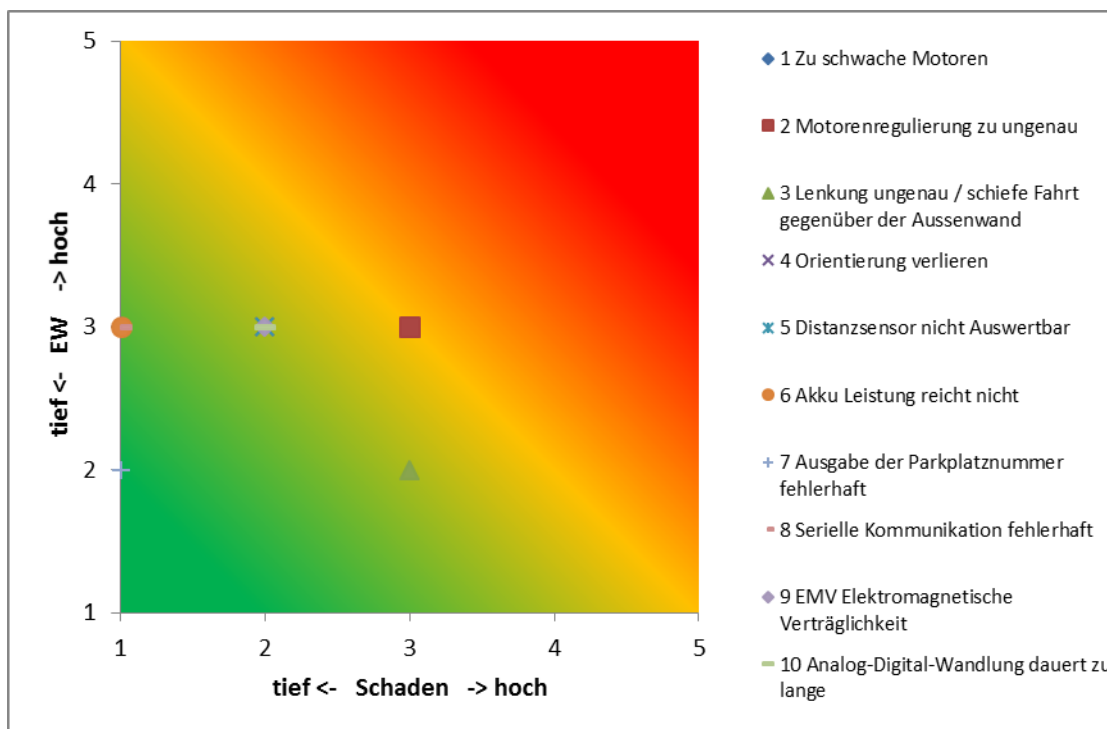


Abb. 32: Risikoübersicht Elektrotechnik

**d. Bereich Maschinentechnik**

Nr.	Risiko	EW	SH	Massnahmen
1.	Schlupf Raupen auf der Bahn	2	2	andere Gummimischung, mehr Gewicht
2.	Schlupf zwischen Antrieb- und Raupen	3	2	mehr Vorspannung, Formschlüssige Kraftübertragung
3.	Versagen bewegliche Kamerahalterung	1	3	Praxistest
4.	Fertigungsschwierigkeiten Blechbiegen	3	2	andere Fertigungsvariante wählen
5.	Kritisches Kippmoment	1	2	Schwerpunkt versetzten, Berechnungen
6.	Distanzsensoren zu weit oben montiert <sup>4)</sup>	2	4	Neue Löcher gebohrt
7.	Raupen springen von Laufrädern <sup>5)</sup>	3	3	Räder mit Vertiefung eingesetzt
8.	Kegelzahnräder nutzen sich zu stark ab	3	2	Material ersetzen, Material auf Reserve einkaufen

<sup>4)</sup> Um zuverlässigere Sensordaten zu erhalten, wurde die Sensoren nach unten versetzt

<sup>5)</sup> Laufräder mussten durch neue Räder mit Vertiefung ersetzt werden

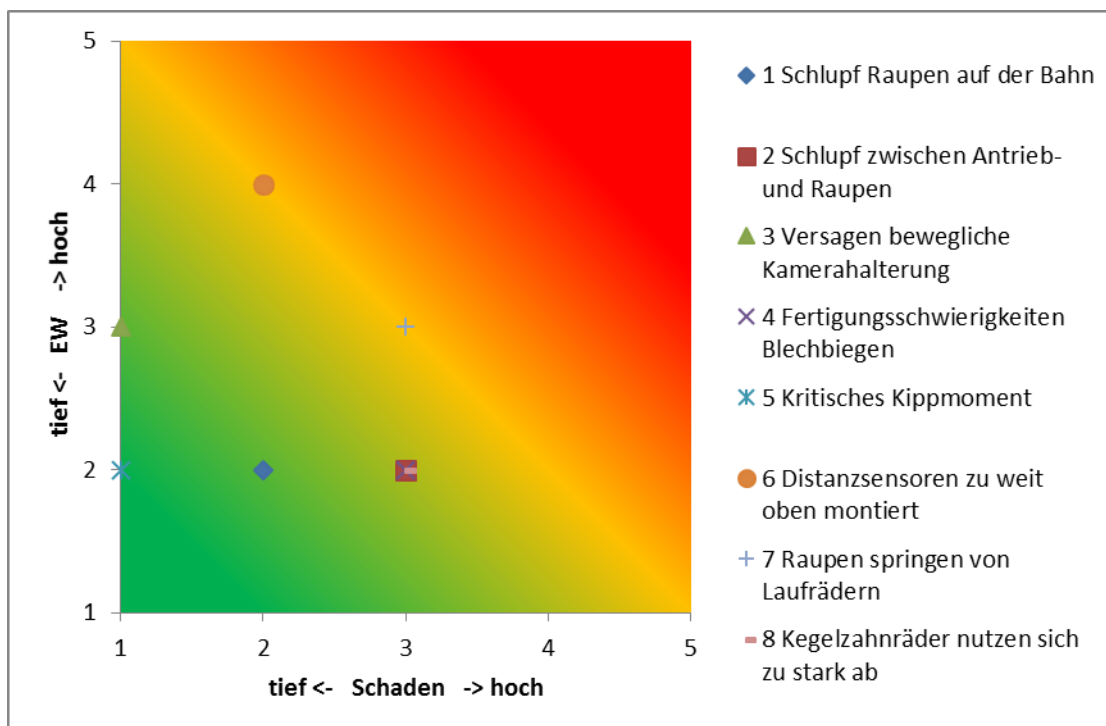


Abb. 33: Risikoübersicht Maschinentechnik



## xii. Terminplan PREN 2

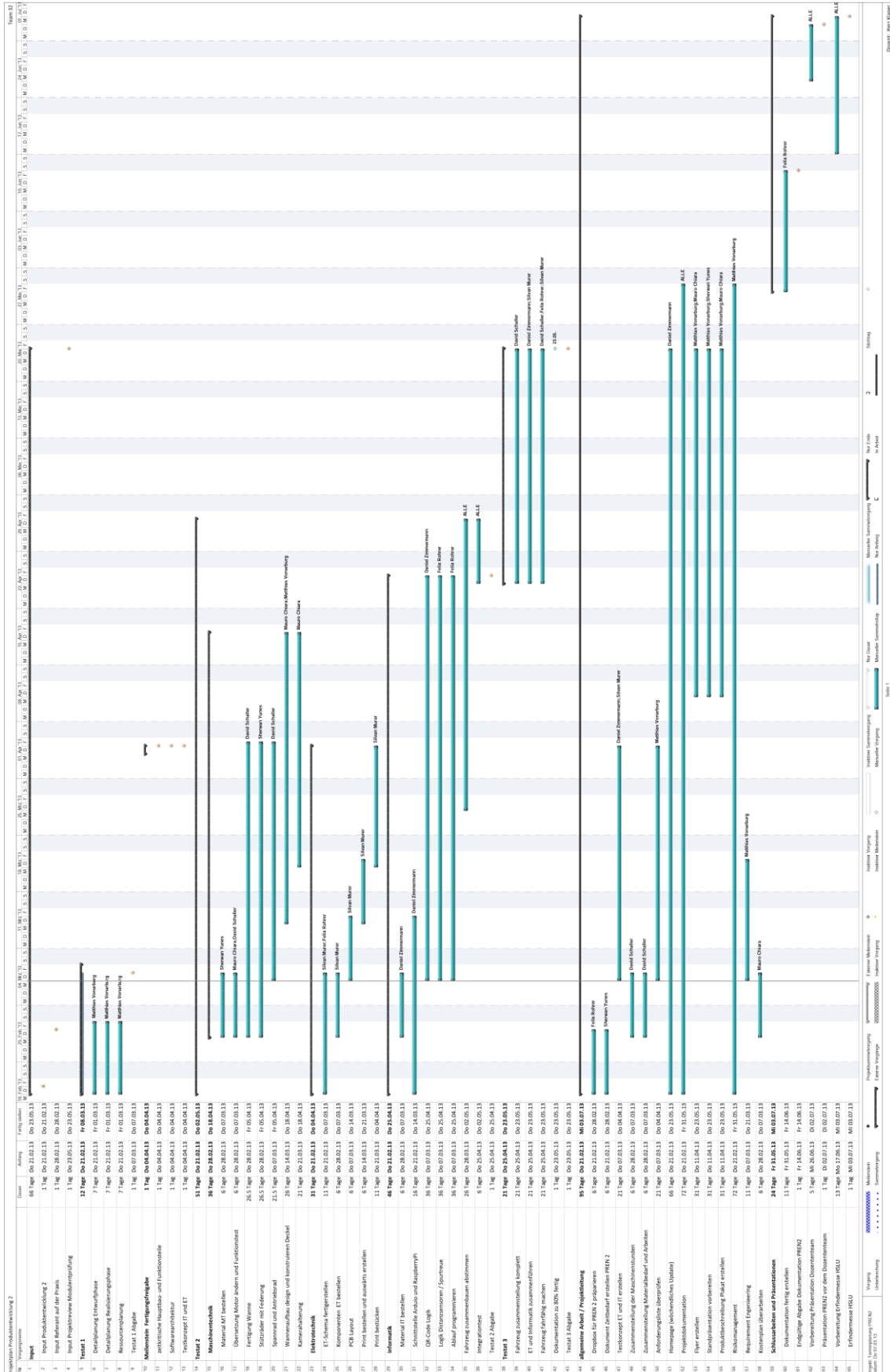


Abb. 34: Terminplan PREN 2

**xiii. Meilensteinberichte**
**a. Meilenstein 1**

<b>Meilensteinbericht 1</b>	
<b>Projekt</b>	Produktentwicklung 2
<b>Gruppe</b>	Projektteam 32
<b>Teilnehmer, Teilnehmerin</b>	Chiara Mauro, Murer Silvan, Rohrer Felix, Schaller David, Vonarburg Matthias, Yunes Sherwan, Zimmermann Daniel
<b>Datum</b>	07. März 2013
<b>Meilenstein</b>	1

<b>Projekt-Status</b>	
<b>Überblick</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Ziele erreicht <input type="checkbox"/> Es gibt einige Fragezeichen <input type="checkbox"/> Fortschritt blockiert

<b>Kurzbeschreibung der Gesamtsituation</b>	
<b>Inhalte</b>	Meilenstein 1: Für den gesamten Projektablauf eine Planung erstellen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektplan erstellen</li> <li>- Ressourcenplanung und Aufgabenverteilung</li>   <li>- Zusammenbau Wanne, Federkonstruktion</li> <li>- Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi</li> </ul>
<b>Aufwände, Ressourcen</b>	Diverse Materialbestellungen gemäss Bestellblätter
<b>Termine</b>	Semesterwoche 10 Meilenstein 2

<b>Risikoanalyse</b>	
<b>Risiken</b>	Verzögerungen mit der Wannenkonstruktion und anschliessend zeitlicher Engpass für die Programmierarbeiten
<b>Massnahmen</b>	Möglichst früh alle notwendigen Materialien bestellen Informatiker soweit wie möglich bereits vorprogrammieren
<b>Notwendige Entscheide</b>	-

**b. Meilenstein 2**

<b>Meilensteinbericht 2</b>	
<b>Projekt</b>	Produktentwicklung 2
<b>Gruppe</b>	Projektteam 32
<b>Teilnehmer, Teilnehmerin</b>	Chiara Mauro, Murer Silvan, Rohrer Felix, Schaller David, Vonarburg Matthias, Yunes Sherwan, Zimmermann Daniel
<b>Datum</b>	25. April 2013
<b>Meilenstein</b>	2

<b>Projekt-Status</b>	
<b>Überblick</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Ziele erreicht <input type="checkbox"/> Es gibt einige Fragezeichen <input type="checkbox"/> Fortschritt blockiert

<b>Kurzbeschreibung der Gesamtsituation</b>	
<b>Inhalte</b>	Meilenstein 2: Gesamtfunktionsmuster montiert und für Testläufe bereit - Keine Abgabe von Prosatext - Demonstration vom Stand der aktuellen Arbeit
<b>Aufwände, Ressourcen</b>	Diverse Materialbestellungen gemäss Bestellblätter
<b>Termine</b>	Semesterwoche 13 Meilenstein 3

<b>Risikoanalyse</b>	
<b>Risiken</b>	Lieferverzug bei bestellen Teile verunmöglichen ein Zusammenbauen des kompletten Fahrzeuges. Somit sind auch keine Testläufe mit dem Fahrzeug möglich
<b>Massnahmen</b>	Sobald die richtigen Materialien vorhanden sind sofort mit dem Zusammenbau und den Testversuchen starten
<b>Notwendige Entscheide</b>	-

**c. Meilenstein 3**

<b>Meilensteinbericht 3</b>	
<b>Projekt</b>	Produktentwicklung 2
<b>Gruppe</b>	Projektteam 32
<b>Teilnehmer, Teilnehmerin</b>	Chiara Mauro, Murer Silvan, Rohrer Felix, Schaller David, Vonarburg Matthias, Yunes Sherwan, Zimmermann Daniel
<b>Datum</b>	23. Mai 2013
<b>Meilenstein</b>	3

<b>Projekt-Status</b>	
<b>Überblick</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Ziele erreicht <input type="checkbox"/> Es gibt einige Fragezeichen <input type="checkbox"/> Fortschritt blockiert

<b>Kurzbeschreibung der Gesamtsituation</b>	
<b>Inhalte</b>	Meilenstein 3: - Freigabe lauffähiges Gesamtfunktionsmuster - Projektdokumentation zu 80% erstellt
<b>Aufwände, Ressourcen</b>	Diverse Materialbestellungen für Designarbeiten (Farben und Abdeckung)
<b>Termine</b>	17. Juni 2013 / 12.00 Uhr Abgabe Enddokumentation

<b>Risikoanalyse</b>	
<b>Risiken</b>	Komplettes Funktionsmodell läuft auf stabiler Basis
<b>Massnahmen</b>	Weiter optimieren während den nächsten Tagen und Wochen
<b>Notwendige Entscheide</b>	-