

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Produktentwicklung 1 | Team 32

www.ARCTICOS.ch



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

Horw, 8. Januar 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 Einleitung und Zielsetzung	4
2 Projektmanagement	5
3 Projektübersicht.....	8
4 Zielmarkt und Bedürfnisanalyse	10
4.1 Zielmarktanalyse	10
4.2 Teilmarkt Lawinenrettung.....	12
4.3 Teilmarkt Überwachungsroboter	14
4.4 Teilmarkt Gepäckserviceroboter	16
4.5 Gewählter Zielmarkt.....	18
5 Designkonzepte.....	19
5.1 Produktname und Logo	19
5.2 Fahrzeug Designkonzepte	20
6 Konzept Informatik	22
6.1 Systemaufbau.....	22
6.2 Schnittstellen Übersicht	22
6.3 Ablauf Parcours	24
6.4 Routenplan mit zugehörigem Programmablauf.....	25
6.5 Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi	26
6.6 QR-Code Erkennung	27
7 Konzept Elektronik	28
7.1 Blockschema.....	28
7.2 Arduino Mega 2560.....	29
7.3 Raspberry Pi.....	29
7.4 Ultraschallsensor	29
7.5 Motorensteuerung.....	30
7.6 Drehzahlmesser.....	30
7.7 Energieversorgung.....	30
7.8 Laborversuche	31
8 Konzept Maschinentechnik.....	32
8.1 Chassis	32
8.2 Konzept Radaufhängung	33
8.3 Spannrاد-Antriebskette	33
8.4 Motorenauswahl	34
8.5 Konzept Kamerahalterung.....	34
9 Funktionsmuster	35
9.1 Raupen- / Rad-Federung	35

9.2	Raupen-Prototyp	35
9.3	Styropor Wanne	35
9.4	QR-Code Erkennung	36
9.5	Webseite abfragen, Parkplatznummer auslesen	37
10	Ausnahmesituationen und Problembehandlung	38
11	Grobkonzept Messestand	39
12	Diskussion.....	40
12.1	Zeitaufwand.....	40
12.2	Entwicklungskosten.....	41
12.3	Lessons Learned	42
12.4	Risiken und offene Punkte	43
12.5	Ausblick auf PREN 2.....	44
	Abkürzungsverzeichnis	45
	Abbildungsverzeichnis.....	46
	Tabellenverzeichnis	47
	Quellcodeverzeichnis	47
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	48
	Anhang	50

Management Summary

Die vorliegende Dokumentation zeigt das Lösungskonzept vom Team 32 zur Aufgabenstellung im Modul Produktentwicklung 1 (PREN 1) der Hochschule Luzern Technik & Architektur. Die Anforderung an das interdisziplinäre Team besteht darin, mit einem autonomen Fahrzeug einen Parcours abzufahren. Dieses soll Hindernisse überwinden, einen QR-Code erkennen und die 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. Anhand der Technologierecherche wurde ein breites Spektrum von Lösungsansätzen erarbeitet, aus welchen mit Tests und Funktionsmustern die besten festgelegt wurden. Aus diesen Ergebnissen resultiert ein Raupenfahrzeug, welches sich mit Hilfe von Ultraschallsensoren orientiert. Der QR-Code wird mithilfe von einem Mikroprozessor ausgewertet. Als Zielmarkt für den Roboter ist die Lawinenrettungshilfe vorgesehen. Während dem Modul PREN 1 wurden wertvolle Erkenntnisse erlangt, welche im Modul PREN 2 umgesetzt werden.

Danksagung

Beim Verfassen der vorliegenden Projektarbeit wurde das Team 32 von verschiedenen Dozenten und Fachexperten 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 und die Hilfe beim Erstellen der Berechnungen im Bereich Maschinentechnik.

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

1 Einleitung und Zielsetzung

An der Hochschule Luzern Technik & Architektur (HSLU T&A) in Horw wird 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 ist in der Projektübersicht im Kapitel 3 beschrieben.

Während PREN 1 im Herbstsemester 2012 wird das Konzept für einen Roboter entwickelt. Im darauffolgenden Frühlingsemester folgt die Realisierung im PREN 2. Zum Abschluss der Realisierungsphase treten alle Teams mit dem entwickelten Roboter gegeneinander an. Das Team, das den Parcours am schnellsten absolviert, gewinnt. An der Entwicklertagestunde an der HSLU T&A in Horw wird jedes Team seinen Roboter an einem Messestrand den Besuchern präsentieren.

Die Aufgabenstellung ist so konzipiert, dass alle Ingenieursdisziplinen für die Erfüllung der Aufgabenstellung benötigt werden. Neben Problemstellungen im Bereich Elektrotechnik, Maschinentechnik und Informatik müssen ebenfalls wirtschaftliche und gestalterische Aspekte berücksichtigt werden. Gute Ergebnisse können nur in einem gut funktionierenden Team erreicht werden.

Der Aufbau der Arbeit ist folgendermassen gegliedert: In einem ersten Schritt erfolgt die Projektübersicht (siehe Kapitel 3), welche eine Produktbeschreibung beinhaltet. Ebenfalls wird der detaillierte Ablauf des Parcours beschrieben. Das Kapitel 4 behandelt die Marktanalyse. Darin werden die Teilfunktionen der Aufgabenstellung diversen Zielmärkte zugeordnet und nach verschiedenen Kriterien wie Marktpotenzial, Konkurrenz und Konvergenz zur Aufgabenstellung bewertet. Daraus resultiert eine genaue Marktanalyse der drei attraktivsten Märkte. In den Kapiteln 5 bis 5 werden die Konzepte der verschiedenen Disziplinen ausgearbeitet. Das Lösungskonzept sowie wichtige Einzelkomponenten sind in den nachfolgenden Kapiteln näher beschrieben und werden mit Funktionsmustern ergänzt. Zum Schluss werden Risiken und Entwicklungskosten aufgeführt. Abschliessend folgen eine Reflexion zur Planungsphase, sowie ein Ausblick auf die Realisierung in PREN 2.

2 Projektmanagement

Die einzelnen Studenten wurden zufällig auf die Projektgruppen verteilt. Einzige Voraussetzung bildete die Interdisziplinarität, so dass pro Team jeder Studiengang durch mindestens eine Person vertreten wird. Das Team 32 setzt sich aus einem Elektronik-, zwei Informatik-, drei Maschinentechnik- und einem Wirtschaftsingenieur-Studenten zusammen. Zu Beginn des Moduls wurden die Zuständigkeiten und Kompetenzen verteilt und in Form eines Organigramms festgehalten. Als weiteres Koordinationsinstrument wurde ein Projektplan ausgearbeitet, in welchem alle Teilaufgaben und Meilensteine aufgelistet wurden.

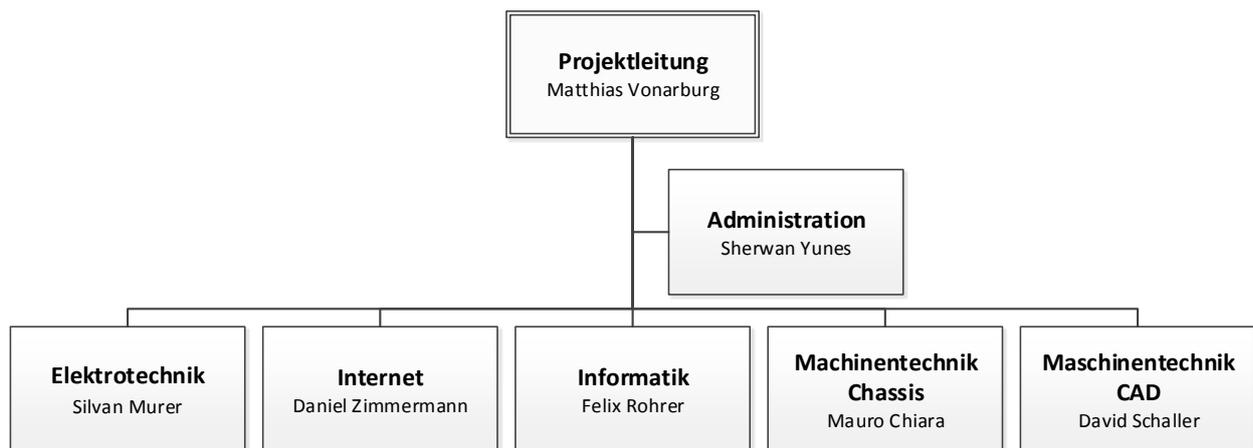


Abbildung 8: Organigramm Team 32

Die verschiedenen Bereiche im Organigramm (siehe Abbildung 8) wurden in den nur einfach besetzten Fachbereichen direkt an die betreffenden Personen verteilt. Bei den mehrfach besetzten Disziplinen Informatik und Maschinentechnik, in welchen mehrere Personen vorhanden sind, wurden die Inhalte der einzelnen Teilbereiche definiert. Anhand von persönlichen Wünschen und bereits vorhandenen Kompetenzen wurden die Verantwortlichen der Rubriken definiert. Mauro Chiara, welcher ein grosses theoretisches Wissen von der Eidgenössischen-Technischen Hochschule Zürich mitbrachte, übernahm im PREN 1 die Gesamtverantwortung für die Ausarbeitung des Konzeptes Maschinentechnik. Im Gegenzug wird David Schaller, welcher eine abgeschlossene Berufslehre als Polymechniker hat, die Verantwortung Maschinentechnik in PREN 2 übernehmen. Sherwan Yunes unterstützte die Projektleitung und wird für den Messeauftritt zuständig. Daniel Zimmermann übernahm die Leitung im Bereich Internetauftritt. Felix Rohrer war für die Steuerung verantwortlich.

Damit das Projekt gut abgewickelt werden konnte, wurden Zuständigkeiten und Kompetenzen den einzelnen Teilbereich zugeordnet, welche wie folgt verteilt wurden.

Projektleitung

- Führung und Organisation des Gesamtprojektes
- Kommunikationsstelle gegenüber der Betreuungsperson der Fachhochschule
- Verantwortlich für das Einhalten von internen und externen Terminen
- Leiten von internen Sitzungen
- Erstellen der wöchentlichen Protokolle
- Erkennen von Konfliktpotenzial innerhalb der Gruppe sowie Ergreifen von notwendigen Schritten zur Beseitigung etwaiger Konflikte

Administration

- Erstellen und Kontrolle der Kostenübersicht
- Ausarbeiten des Logos
- Gruppenfoto und Einzelfoto
- Erstellen des Grobkonzepts für den Messestand

Elektrotechnik

- Technologierecherche im Bereich Elektrotechnik
- Funktionsmuster erstellen im Bereich Elektrotechnik
- Konzept erstellen im Bereich Elektrotechnik
- Berechnungen im Bereich Elektrotechnik

Internet

- Erstellen der Homepage
- Erstellen der Blogeinträge
- QR-Code-Erkennung
- Schnittstelle Informatik-Elektrotechnik

Informatik

- Technologierecherche im Bereich Informatik
- Funktionsmuster erstellen im Bereich Informatik
- Konzept erstellen im Bereich Informatik
- Dokumentation

Maschinentechnik Teilbereich Chassis

- Technologierecherche im Bereich Maschinentechnik Chassis
- Funktionsmuster erstellen im Bereich Maschinentechnik Chassis
- Konzept erstellen im Bereich Maschinentechnik Chassis
- Berechnungen im Bereich Maschinentechnik Chassis

Maschinentechnik Teilbereich CAD

- CAD-Zeichnung
- Funktionsmuster erstellen im Bereich Maschinentechnik CAD / Kamera
- Konzept erstellen im Bereich Maschinentechnik CAD / Kamera

Zur Einhaltung aller Termine wurde ein Projektplan erstellt. Hier wurden alle Aufgaben aufgelistet, welche für die Meilensteine und das Endprodukt notwendig sind.

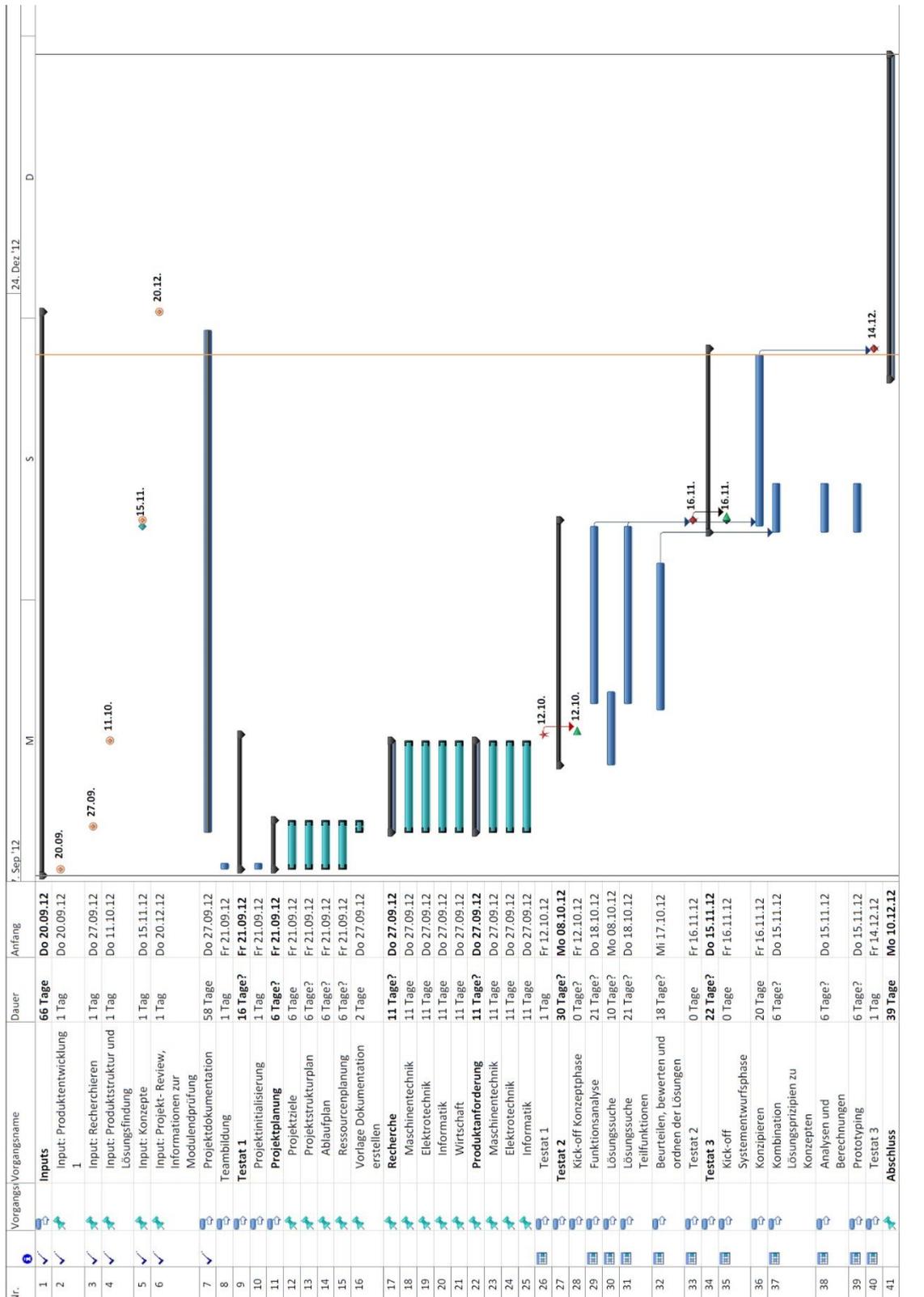


Abbildung 9: Projektplan

3 Projektübersicht

Jedes Jahr stellen sich die Studenten des Moduls PREN 1 einer neuen Herausforderung. Für das Studienjahr 2012 / 2013 gilt es einen Erkundungs-Roboter zu bauen, der einen vorgegebenen Parcours in möglichst kurzer Zeit absolviert. Für den vom Team 32 entwickelten Roboter, Produktname Arcticos, steht dabei im Vordergrund, dass er geländetauglich ist, eine Kamera mit Objekterkennung besitzt und autonom den Parcours absolviert. Mit diesen Eigenschaften ergeben sich vielseitige Möglichkeiten den Roboter einzusetzen. Einige davon werden bei der Zielmarktanalyse im Kapitel 4 näher erläutert. Der momentane Stand des Projektes wird jeweils auf der Team-Homepage www.arcticos.ch festgehalten.

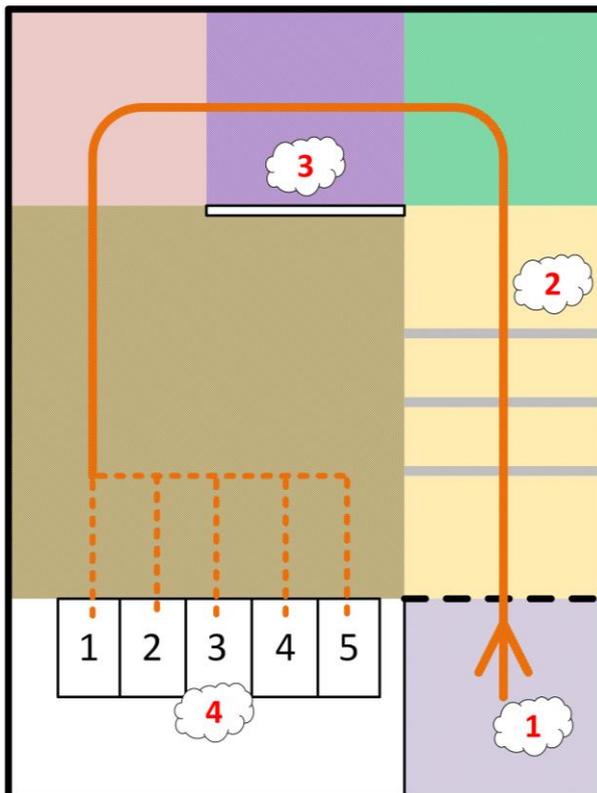


Abbildung 10: Parcours Übersicht

- (1): Startgebiet
- (2): Hindernisse
- (3): Wand mit QR-Code
- (4) Parkboxen

Für den diesjährigen Parcours (vgl. Abbildung 10) soll von den Teams ein Roboter entwickelt werden, welcher nach erfolgtem Startvorgang autonom handelt. Die Fortbewegung kann z.B. fliegend, fahrend, oder schreitend erfolgen (1). Das erste Hindernis im Parcours stellen hintereinander gereichte, ein Zentimeter hohe Rundhölzer dar, welche auf der Fahrbahn angebracht sind (2). Diese können entweder über- oder umfahren werden. Im Zentrum des Spielfeldes ist eine Holzplatte montiert, auf deren Rückseite sich ein QR-Code befindet. Die zweite Teilaufgabe besteht darin, diesen QR-Code einzuscannen und die enthaltene Internetadresse abzurufen (3). Via Internetseite erhält das Fahrzeug eine Zahl zwischen Eins und Fünf, welche akustisch oder visuell ausgegeben werden soll. Die letzte Aufgabe die der Roboter bewältigen muss, bezieht sich auf diese Zahl. Am Ende des Parcours sind fünf Garagenboxen aufgestellt, wobei jede von ihnen eine Nummer besitzt (4).

Die Aufgabenstellung ist erfüllt, wenn sich der Roboter in der richtigen Box positioniert hat. Der ganze Vorgang darf nicht länger als drei Minuten dauern.

In einem Brainstorming werden zu Beginn des Projekts verschiedene Ideen zu den einzelnen Teillösungen aufgeschrieben und in einem Morphologischen Kasten festgehalten. Im Morphologischen Kasten konnten durch Kombination dieser Teillösungen Konzepte für das Gesamtfahrzeug ausgearbeitet werden. Die bevorzugten Konzepte wurden mit Technologierecherchen auf ihre Machbarkeit überprüft und die vielversprechendste Variante als Lösung festgelegt.

Da eine vom Team selbst gewählte Anforderung an den Roboter die Geländetauglichkeit ist, wurde für die Fortbewegung ein kraftvoller Raupenantrieb mit Panzersteuerung gewählt. Angetrieben wird er von zwei DC-Motoren, welche durch einen 12 Volt Akku mit Strom versorgt werden. Mit diesem Antrieb soll das Fahrzeug problemlos die ersten Hindernisse überfahren. Danach fährt das Fahrzeug hinter der Holzplatte mit dem QR-Code durch. Während die Trennwand passiert wird, scannt eine auf der Oberseite des Fahrzeugs platzierte Kamera die Wand nach dem QR-Code ab. Wird der QR-Code gefunden, soll die erhaltene Zahl akustisch oder visuell bekanntgegeben werden. Zum Schluss soll das Fahrzeug mithilfe von Ultraschall- und Druck-Sensoren die richtige Garagenbox ausfindig machen und darin parkieren.

4 Zielmarkt und Bedürfnisanalyse

Das Konzept, welches in PREN 1 für den Roboter entwickelt wurde, ist für das Absolvieren des Parcours optimiert. Es wurde darauf geachtet, die Kosten sowie die Komplexität in Grenzen zu halten. Viele Teillösungen und Komponenten sind deshalb für die gestellten Anforderungen ausgelegt. Damit das Produkt Arcticos auch unter realen Bedingungen eingesetzt werden kann, benötigt es einzelne Anpassungen. Diese werden in der Zielmarktanalyse beschrieben, aber in den Lösungskonzepten nicht weiter verfolgt.

4.1 Zielmarktanalyse

4.1.1 Allgemein

Gemäss Kotler & Bliemel besteht der Markt „aus allen potenziellen Kunden mit einem bestimmten Bedürfnis, die willens und fähig sind [...] das Bedürfnis zu befriedigen“ (Kotler & Bliemel, 2005, S.19). Im Falle des Produktes Arcticos sind das alle Kunden in Business to Business (B2B) und in Business to Customer (B2C) Bereich, welche ein Bedürfnis haben und dieses mit dem Produkt von Team 32 befriedigen wollen. Damit ein passender Zielmarkt gefunden werden konnte, wurden die verschiedenen Teilfunktionen von Arcticos aufgelistet. Für die einzelnen Teilfunktionen wurden passende Einsatzgebiete gesucht und diese in einem Mind-Map festgehalten (siehe Abbildung 11). Ergänzungen mit weiteren Ideen von möglichen Märkten folgten. Ähnliche Märkte konnten anschliessend zusammengefasst werden und mit den anderen Einsatzgebieten verglichen werden. Als Bewertungsgrundlagen dienten dem Team das Marktpotenzial, die bestehende Konkurrenz, die Konvergenz zwischen Zielmarkt und Produkteigenschaften sowie die Wirtschaftlichkeit für den Kunden.

4.1.2 Teilfunktionen im Zielmarkt

Der Vorteil der Raupen besteht darin, dass sich das Fahrzeug auch im Gelände fortbewegen kann. Schnee, Eis, Sand oder Katastrophengebiete stellen für Raupen keine grosse Herausforderung dar. Einer der Hauptvorteile von Arcticos ist seine autonome Funktionsweise. Für die Orientierung wird eine Videokamera verwendet, welche sich auf einem schwenkbaren Drehpodest befindet. Somit kann sich das Fahrzeug in alle Richtungen orientieren, ohne das Chassis zu drehen. Beobachtungen und Entdeckungen kann man mit diesen Produktmerkmalen erfassen. Bei der Gebäudeüberwachung, bei Inspektionen von Gas- und Abwasserleitungen oder bei der Suche von Verschütteten und Vermissten kann diese Fähigkeit eingesetzt werden.

Dank dem Zugang zum Internet ist es Arcticos möglich, Daten an eine externe Stelle weiterzuleiten oder Anweisungen zu erhalten. Diese Art von Auftragserteilung ist in jedem Marktsegment von Vorteil, da der Benutzer zwischen manueller Steuerung und autonomer Auftragsabwicklung auswählen kann.

Mittels Distanzsensoren können Hindernisse selbstständig erkannt und umfahren werden. Hindernisse kommen in den Einsatzgebieten in Form von Schutt, Trümmern, Bäumen oder als Eisbrocken vor.

Falls die zugeordnete Ladestation gefunden werden muss, kann dieser Auftrag selbstständig erfüllt werden. Da das Raupenfahrzeug keine Abgase produziert sondern mit DC-Motoren und mit einem Akku be-

trieben wird, kann es auch in geschlossenen Räumen eingesetzt werden. Durch die robuste und leistungsstarke Ausführung von Arcticos kann dieser problemlos schwerere Gegenstände wie z.B. Gepäckstücke transportieren.



Abbildung 11: Mögliche Zielmärkte

4.1.3 Potenzialabschätzung

Bewertung: 1 (nicht zutreffend) bis 5 (zutreffend)

Zielmarkt	Konvergenz	Konkurrenz	Marktpotenzial	Wirtschaftlichkeit	Punktzahl	Platzierung
Spielzeugfahrzeug	4	1	4	2	11	6
Bombenentschärfung	2	3	2	5	12	5
Katastrophengebiet allgemein	4	3	3	3	13	4
Schneelawinenroboter	5	4	4	4	17	1
Wüstensandroboter	4	2	2	2	10	7
Leitungsinspektion	3	2	3	4	12	5
Erkundungsroboter	4	2	2	3	11	6
Lagerhausroboter	3	2	3	4	12	5
Gepäcklogistik	3	4	4	4	15	2
Überwachung	5	2	4	3	14	3
Landwirtschaft	3	4	2	2	11	6

Tabelle 1: Bewertungsmatrix

Die attraktivsten Märkte für das entwickelte Fahrzeug sind die Ortung von Lawinenverschütteten, die Gepäcklogistik und die Überwachung von Firmen- und Privatgeländen.

4.2 Teilmarkt Lawinenrettung

4.2.1 Kunden

Zwei Kundengruppen werden vorrangig mit dem Produkt Arcticos angesprochen. Einerseits sind dies Rettungsflugwachen andererseits, Betreiber von Skigebieten. Am sinnvollsten ist die Stationierung des Roboters direkt in den gefährdeten Gebieten. So kann bei einem Lawinenunglück noch vor dem Eintreffen der Rettungsflugwacht der Lawinenkegel durchsucht und die Position der Lawinenopfer markiert werden. Durch den Einsatz des Roboters sind einerseits die Überlebenschancen der Opfer höher, da sie schneller geborgen werden, andererseits müssen sich die Rettungskräfte weniger lang im Gefahrengebiet aufhalten. Mit dem Lawinenroboter Arcticos sollen Unglücke wie jenes vom 3. Januar 2010 im Diemtigtal verhindert werden (Blum, 2011). Bei der Bergung von Verschütteten ging eine Folgelawine nieder und riss einen Arzt der REGA (siehe Abbildung 12) mit in den Tod.



Abbildung 12: REGA-Helikopter

Betreiber von Skigebieten können mit Arcticos nach der letzten Gondelfahrt entlegene Pisten abfahren und müssen für die Kontrolle nicht teure Pistenfahrzeuge und Personal einsetzen. Mit einer Wärmebildkamera könnte allfällige Personen, die sich noch auf der Strecke befinden, erkannt werden. Bei Erkennung von Personen auf der Piste wird ein Signal an die Zentrale übermittelt. Diese kann mithilfe der Kamera die Umgebung untersuchen und kann dank Arcticos eine Vor-Ort-Entscheidung fällen, ob ein Einsatz des Pistenfahrzeuges notwendig ist.

Betreiber von Skigebieten können mit Arcticos nach der letzten Gondelfahrt entlegene Pisten abfahren und müssen für die Kontrolle nicht teure Pistenfahrzeuge und Personal einsetzen. Mit einer Wärmebildkamera könnte allfällige Personen, die sich noch auf der Strecke befinden, erkannt werden. Bei Erkennung von Personen auf der Piste wird ein Signal an die Zentrale übermittelt. Diese kann mithilfe der Kamera die Umgebung untersuchen und kann dank Arcticos eine Vor-Ort-Entscheidung fällen, ob ein Einsatz des Pistenfahrzeuges notwendig ist.

4.2.2 Produktanforderungen

Die raue Einsatzumgebung stellt die grössten Anforderungen an den Lawinenroboter. Grosse Schneemengen und steile Hänge sind meistens die Voraussetzung, dass sich eine Lawine selber oder durch Personen ausgelöst werden kann. Die Standardbedingungen für den Roboter sind ein unebener Untergrund und schlechte Haftung am Boden. Dazu kommen Temperaturen bis zu -30°C und das Problem, dass Schnee an einem warmen Bauteil schmilzt und so Feuchtigkeit ins Fahrzeug gelangen kann. Aus diesem Grund muss der Roboter wasserfest und korrosionsbeständig sein. Um die Elektronik zusätzlich zu schützen, sollten kälteanfällige Teile isoliert werden. Für eine bestmögliche Haftung am Boden sorgen Raupen, wie sie auch bei Pistenfahrzeugen verwendet werden. Die Breite der Raupen wird auf die Fahrzeuggrösse und das Gewicht abgestimmt, so dass genügend Auflagefläche auf dem Schnee vorhanden ist. Um stabiles Fahren auch in sehr steilen Hängen zu erlauben, sollte sich der Schwerpunkt nahe am Boden befinden und die Geometrie des Gehäuses breit und flach sein. Da der Einsatz eines solchen Roboters über Menschenleben entscheiden kann, muss seine Ausfallquote unter 1% liegen. Mit einer Erweiterung in der Steuerung kann sich der Roboter über Funk ferngesteuert werden. Dadurch kann er schnell in das gewünschte Gebiet gelangen und dort die Stellen mit den in Not geratenen Menschen zu markieren. Im Ernstfall benötigt er eine Stromversorgung, die für einen Einsatz über mehrere Stunden geeignet ist. Ebenfalls von Vorteil ist eine auffällige Farbe, um das Fahrzeug nach allfälligen weiteren Lawinen-Niedergängen im Schnee besser orten zu können.

4.2.3 Konkurrenz

Von der ETH Zürich (Baumann, 2010) gibt es ein ähnliches Projekt, in welchem ein Roboter zur Lokalisierung von Verschütteten entwickelt wurde. Allerdings handelt es sich beim Roboter der ETH um einen Quadrocopter (siehe Abbildung 13) welcher über den Lawinenkegel fliegt und die Verschütteten aus der Luft markiert. Der Vorteil des Fliegens ist eine bessere Bewegungsfreiheit über den Schneemassen. Bei Wind oder Niederschlag ist das Flugobjekt mit 1.5 Kilogramm aber nicht fähig zu operieren, was die Vorteile eines Raupenfahrzeugs zur Geltung bringt.



Abbildung 13: Lawinenhelikopter der ETH Zürich

Starke Winde beeinträchtigen die Fahrspur des Arcticos nicht. Ein weiterer Vorteil von Arcticos ist die Arbeitszeit, da der Quadroroboter eine maximale Flugzeit von 12 Minuten besitzt. Die REGA zeigte Interesse am Projekt der ETH und unterstützte das Projekt finanziell. Ähnliche Lawinensuchhelikopter wurden von weiteren Schulen wie der HTL Perg (HTL PERG, 2011) entwickelt.

4.2.4 Konvergenz Projekt und Zielmarkt

In der Bewertungsmatrix (siehe Tabelle 1) erreichte der Zielmarkt Schneelawinenroboter die maximale Punktzahl, da sehr viele Teilfunktionen gut in diesem Gebiet eingesetzt werden können und nur eine kleine Anzahl an Erweiterungen von Nöten ist. Die Fortbewegung mit Raupen, das autonome Operieren, das Erkennen von Hindernissen, die Kommunikation mit einer externen Stelle, das Auswerten und Verarbeiten von neuen Inputs und die Kamera für den Überblick, passen gut zu den Marktanforderungen. Für eine bessere Eingliederung in den Markt, benötigt der Schneelawinenroboter eine bessere Isolation der elektronischen Komponenten gegen die Minustemperaturen. Zusätzlich müssten Akkumulatoren mit einer längeren Laufzeit verwendet werden. Für das Finden von Verschütteten muss der Arcticos mit verschiedenen Suchsensoren und -systemen wie einem Lawinenverschütteten-Suchsystem, einer Wärmebildkamera, GPS und einer GSM Funkverbindung erweitert werden. Leuchtpetarden, welche während und nach dem Abbrengen Farbspuren im Schnee hinterlassen, markieren die Stelle der Verschütteten. Der für den Zielmarkt erweiterte Arcticos, soll ein Magazin für mindestens vier Petarden, resp. Farbpatronen erhalten.

4.2.5 Marktpotenzial

Das Marktpotenzial ist die Gesamtheit der möglichen Absatzmengen/-erlöse eines Marktes für ein bestimmtes Produkt (Götte, 2007, S.10). Die Absatzmenge definiert sich über die Kundengruppen, welche im Kapitel 4.2.1 aufgelistet wurden. Die schweizerische Rettungsflugwacht REGA besitzt 13 Helikopter-Basen, auf welchen standardmässig ein Lawinenrettungs-Roboter zum Einsatz kommen könnte (Rega, 2011). In der Schweiz existieren 257 Skigebiete (Ski resort.de, 2012). Das Spektrum an Skigebieten reicht von kleineren Skigebieten wie dem Skigebiet Rehetobel, welches nur einen Sessellift besitzen, bis zu Gebieten wie Portes de Soleil, welche 195 Liftanlagen betreiben (Portes du Soleil, 2012). In der Schweiz ergibt sich damit Marktpotenzial aus diesen beiden Kundensegmenten von 270 Robotern. Da der schweizerische

Markt sehr klein ist, muss das Produkt exportiert werden. Ohne technische Modifikationen kann der Roboter in schneesicheren Ländern wie Österreich, Frankreich, Kanada, USA, Russland oder Bulgarien verkauft werden. Damit steigt das Marktpotenzial auf mehrere tausend Stück.

4.2.6 Zusammenfassung

Zielmarkt	Chancen	Risiko
Lawinenrettung-Roboter	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Konkurrenz mit vergleichbaren Eigenschaften - Investitionsfreudiger Zielmarkt - Leichte Marktzugänglichkeit - Robuste Ausführung eignet sich für weitere Zielmärkte - Konvergenz zur Aufgabenstellung - Nischenprodukt 	<ul style="list-style-type: none"> - kleiner Markt - Konkurrenz spricht gleichen Zielmarkt an - technisch der Konkurrenz (fliegender Roboter) unterlegen

Tabelle 2: Marktpotenzial Lawinenrettung-Roboter

4.3 Teilmarkt Überwachungsroboter

4.3.1 Kunden

Verschiedene Grossfirmen besitzen eine Sicherheitsabteilung oder haben eine Security-Firma beauftragt, welche für die Überwachung des Firmenareals zuständig ist. Die Gründe sind unterschiedlich. Zum einen werden sensible, gefährliche oder kostenintensive Güter und Daten geschützt. In anderen Fällen sollen Unruhestifter und Vandalen vom Areal ferngehalten werden. Die Überwachung solcher Anlagen kann von Arcticos übernommen werden. Grossfirmen, Gefängnisse, militärische Einrichtungen und Botschaften zählen zum potenziellen Kundenstamm. Der Überwachungsauftrag wird bisher mit verschiedenen Methoden erfüllt. Die erste Option ist die Patrouille, wobei der Wachmann die verschiedenen Positionen selber abschreitet und das Gelände überwacht. Eine weitere Möglichkeit ist die Integration von Kameras, welche Knotenpunkte wie Ein-, Aus- oder Durchgänge überwachen. In einem Kontrollzentrum werden diese Videodaten von einer Person überwacht. Die erste Option ist personalintensiv und somit teuer, die zweite Option erlaubt nur die Kontrolle der wichtigsten Punkte und lässt viele Bereiche nicht überwacht. Durch einen Roboter können der Personalaufwand minimiert und die Kosten gesenkt werden. Fahrzeuge übernehmen die Aufgabe der Wachmänner und gehen auf Patrouille.

4.3.2 Produktanforderungen

Die Marktanforderungen an den Roboter können wie folgt definiert werden: Eine schnelle Fortbewegung ist wichtig, damit der Roboter effizient zwischen verschiedenen Einsatzorten rotieren kann. Eine Überwachungskamera und die Kommunikation mit der Zentrale sind essenziell. Das Fahrzeug erhält Ziele und fährt selbstständig dahin. Bewegliche Ziele müssen erfasst werden und direkt an den Kommandopunkt weitergeleitet werden. Diese wertet die Videodaten aus und kann notwendige Handlungen vollziehen. Zur Abschreckung werden akustische Ausgänge gewünscht, welche Stimmen wiedergeben können. Für die Standortbestimmung wird ein GPS-Signal benötigt.

4.3.3 Konkurrenz

Auf dem Markt herrscht bereits ein breites Angebot von mehreren Robotermodellen, welche in der Sparte der Überwachung angeboten werden. Mit Meccano Spykee (Spykeeworld.com, 2012) und WowWee Rovio (WowWee, 2012) existieren preisgünstige Roboter, welche zwischen 210 und 250 Euro kosten. Die Fortbewegung, die Kameraüberwachung und die Kommunikation mit einer Zentrale sind Produkteigenschaften, welche genau mit Arcticos korrespondieren. Mit dem Recon Scout Operator Control Unit existiert ein Roboter, welcher bei der Gefängnisüberwachung eingesetzt wird (Recon Robotics, 2012). Dieser Roboter erkennt Gefangene und liefert aktuelle Bilder vom Standort und der Umgebung. Für grössere Areale werden ebenfalls Roboter angeboten. Mit den Roboter OFRO (siehe Abbildung 14) und MOSRO offeriert die Firma Robowatch Produkte an, welche für Flächen bis zu 10'000 Quadratmeter eingesetzt werden können. Mit einer Infrarotkamera, Thermokameras und Ultraschallsensoren wird alles erfasst (Robowatch.de, 2012). Mit Hilfe von Wärmebildern können Tiere von Menschen unterschieden werden. Eindringlinge werden mit diesen Funktionen erfasst und eine entsprechende Meldung wird an die Zentrale übermittelt.



Abbildung 14: Roboter OFRO

4.3.4 Marktpotenzial

Für den Markt existiert ein grosses Marktpotenzial, jedoch herrscht durch die grosse Anzahl von Anbietern ein starker Konkurrenzkampf. Ein Markteintritt wird nicht einfach, da die potenziellen Mitbewerber gut etabliert sind. Durch das bereits existierende breite Angebot wird eine Marktpositionierung schwierig. Eine erfolgreiche Marktstimulierungsstrategie wird erschwert. Da die Produkte Meccano Spykee und WooWee Rovio günstiger sind, ist die Preis-Mengen-Strategie nicht optimal (Götte, 2007, S. 54). Eine Präferenzstrategie mit den bereits vorhandenen Produkten ORFO, MOSRO und Recon Scout Operator Control ist ebenfalls schwierig, da diese die Kundenbedürfnisse bereits gut abdecken.

4.3.5 Zusammenfassung

Zielmarkt	Chancen	Risiko
Überwachungsroboter	<ul style="list-style-type: none"> - Grosses Marktpotenzial - Amortisation der Kunden-Investition - Konvergenz zur Aufgabenstellung 	<ul style="list-style-type: none"> - Starke Konkurrenz - Markteintritt mit hohen Kosten verbunden durch Akquisition möglicher Kunden - kleine Marge

Tabelle 3: Marktpotenzial Überwachungsroboter

4.4 Teilmarkt Gepäckserviceroboter

4.4.1 Kunden

Als mögliche Kunden für einen Gepäckservice-Roboter kommen kleinere Flughäfen und Hotelanlagen in Frage. Bei Flugplätzen mit wenigen Start- und Landeanflügen ist die Gepäckmenge eher gering, da weniger Personen und kleinere Materialmengen transportiert werden. Folglich ist eine Investition in ein Gepäckförderband zu teuer. Eine rein personelle Transportlogistik belastet ebenfalls das Budget. Die Arbeit kann durch Roboter unterstützt werden, welche autonom agieren und somit eine Kostenreduktion erreichen. Dasselbe Prinzip könnte auch in grösseren Hotels Anklang finden. Das Gepäck wird am Empfang einem Roboter übergeben, welcher selbstständig die Zimmernummer ermittelt und den Koffer an seinen Zielort bringt. So könnte die körperintensive Arbeit des Portiers erleichtert werden.

4.4.2 Produkthanforderung

Gerade im Bereich des Flugverkehrs ist eine hohe Zuverlässigkeit notwendig. Der Roboter muss selbstständig und unabhängig von äusseren Einflüssen, wie z.B. schlechte Witterung, hohe Temperaturen, usw. arbeiten. Bei Defekten oder unbekanntem Ereignissen soll der Roboter eine Benachrichtigung in die Überwachungszentrale senden.

Beim Check-In am Flughafen oder der Hotelrezeption erhält jedes Gepäckstück eine eindeutige Nummerierung. Diese wird in Form eines QR- oder Strich-Codes darauf befestigt. Der Roboter liest diesen Code ein und ruft über eine Funkverbindung die gewünschte Zielposition ab. Anschliessend transportiert er das Gepäck an den gewünschten Ort. Mit Hilfe von GPS und einem indoor-positioning-System wird der exakte Standort eines Roboters und der entsprechenden Fracht festgestellt und aufgezeichnet. So ist es möglich, dass ein Roboter ein gewünschtes Gepäckstück auf dem Areal abholt und zu einer neuen Position befördert.

Um eine zuverlässige Unterstützung des Personals zu gewährleisten, benötigt der Roboter eine autonome Energieversorgung, welche für fünf Stunden ohne erneuten Ladeprozess arbeiten kann. Bei niedrigem Akkustand meldet er dies der Zentrale und geht selbstständig zur nächst freien Ladestation. Weitere Produkthanforderungen sind die Geschwindigkeit und die Tragfähigkeit. So soll der Roboter Frachtgüter mit einem Gewicht von bis zu 50 Kilogramm befördern können. Für den Transport von Gepäcksammelwagen muss die Zugkraft des Roboters ausreichend sein, um Anhänger bis maximal 500 Kilogramm zu ziehen. Mit den Sensoren müssen neben Wänden und Hindernissen vor allem auch Personen erkannt und diesen der Vortritt gewährt werden.

4.4.3 Konkurrenz

Für den Transport von grossen Gepäckstücken eignen sich am besten Förderanlagen (vgl. Abbildung 15). Trotz hohen Investitionen sind die Unterhaltskosten pro transportiertem Gepäckstück sehr niedrig. Deshalb kommen diese Transportsysteme oft zum Einsatz. Durch die Breite der Förderbänder können nahezu alle Grössen, Gewichte und Formen transportiert werden. Ein Nachteil von solchen Systemen ist der grosse Platzbedarf. Für kleinere Stückzahlen



Abbildung 15: Förderband Flughafen

werden zum Materialtransport Personen und Gepäcktrolleys eingesetzt. Personen können im Vergleich zu Förderbändern und Robotern individueller reagieren, verursachen jedoch höhere Kosten. Mit kleineren Investitionskosten im Vergleich zu Förderbändern und tieferen Unterhaltskosten im Vergleich zum Personal kann sich ein Roboter dazwischen positionieren. Wird Reisematerial von Personen oder von der Öffentlichkeit abgeschirmten Förderbändern übernommen, kann ein unerlaubtes Entfernen oder Hinzufügen von Koffern oder ähnlichem durch Dritte verhindert werden. Da der Roboter autonom operiert, kann dieser nicht reagieren, falls eine Person ein unerlaubter Austausch vom Transportgut vornimmt. Dies führt zu einem grossen Sicherheitsrisiko, vor allem in Bezug auf Güterentwendung.

In der Hotelleriebranche übernehmen Angestellte mit Trolleys den Transport der Gepäckstücke. In vielen Hotels gehört ein guter und persönlicher Gepäckservice zum Firmenauftritt. Damit soll die Kundennähe unterstrichen werden. Einige Hotels setzen den Roboter Yobot (siehe Abbildung 16) bei der Gepäckverwaltung ein, dieser nimmt Gegenstände an, lagert diese ein und gibt sie wieder frei (Hsyndicate, 2011). Ein Roboter, der Gepäckstücke selbstständig von der Empfangshalle in die Gästezimmer transportiert, existiert jedoch noch nicht.



Abbildung 16: Yobot Gepäckverwaltung

4.4.4 Marktpotential

Aufgrund der viele Hotelbetriebe und Kleinflughäfen ist das Marktpotential für Roboter in der Flugverkehrs- und Hotellerie Branche sehr gross. Das Marktvolumen wird jedoch um einiges kleiner sein, da viele Hotels auf den persönlichen Kontakt setzen und Flughafen mit Roboter nur schwer erreichbare Sicherheitsaspekte geltend machen.

4.4.5 Zusammenfassung

Zielmarkt	Chancen	Risiko
Gepäckserviceroboter	<ul style="list-style-type: none"> - Grosses Marktpotenzial - Amortisation der Investition - Keine direkte Konkurrenz - Nischenprodukt 	<ul style="list-style-type: none"> - Skepsis der Kunden - Sicherheitsvorschriften - Unpersönliche Behandlung von Hotelgästen

Tabelle 4: Marktpotenzial Gepäckserviceroboter

4.5 Gewählter Zielmarkt

Die drei attraktivsten Zielmärkte wurden aus einer breiten Palette von verschiedenen Vorschlägen ausgewählt. Diese drei Zielmärkte wurden genauer nach den Kriterien Kunden, Produkthanforderungen, Konkurrenz und Marktpotenzial untersucht. Der Zielmarkt Lawinenrettung-Roboter stach aufgrund seiner Marktattraktivität, der schwach vorhandenen Konkurrenz und der Konvergenz zur Aufgabenstellung hervor. Zusätzlich könnte der Roboter in einem nächsten Schritt mit geringen Erweiterungen für weitere Zielmärkte resp. Katastrophengebiete ergänzt werden. Dies führt dazu, dass das kleine Marktpotenzial massiv erweitert werden kann.

Aus diesen Gründen entwickelte das Team 32 einen Roboter, welcher Lawinenverschüttete möglichst schnell finden und deren Position markieren soll.

5 Designkonzepte

5.1 Produktname und Logo

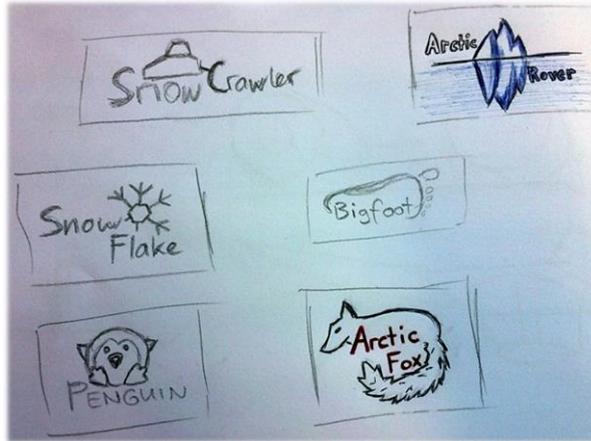


Abbildung 17: Handzeichnungen Logo

Damit sich die Gruppenmitglieder schneller mit der Aufgabenstellung identifizieren können, suchte das Team bereits am Anfang nach einem Produktnamen. Da der Zielmarkt zu diesem Zeitpunkt noch nicht definiert war und der Name mit dem Markt assoziiert werden soll, konnte dieser noch nicht definiert werden. Mit dem Projektnamen SAFRO (search-and-find-Roboter) wurde ein Name kreiert, welcher keinen grossen Einfluss auf den Zielmarkt ausübt und trotzdem die Motivation und Identifikation erhöhte.

Nachdem der Zielmarkt mit einer Bewertungsmatrix definiert wurde, konnte das passende Logo mit dem Produktnamen kreiert werden. Da der Roboter im Schnee eingesetzt werden soll, wurden Kunstnamen und Logos von Schneetieren und markanten Sujets aus der Arktis entworfen.

Verschiedene Handzeichnungen wurden von den Gruppenmitgliedern bewertet. Das Motiv eines Eisbergs stach durch seine Assoziation mit dem Schnee hervor und wurde weiter ausgearbeitet (siehe Abbildung 17). Mit dem Grafikprogramm Illustrator wurden mehrere Entwürfe von einem Eisberg erstellt (siehe Anhang iv). Die Logos wurden bewusst abstrakt designet, damit diese nicht zu viele Informationen enthalten.

Es setzte sich eine Zeichnung mit zwei hellblauen Bergen durch, welche mit einer dunkelblauen Farbe umrandet sind und auf einem Untergrund stehen (siehe Abbildung 18). Diese Basis besteht aus drei Strahlen, welche in unterschiedlichen Graustufen dargestellt sind und zum Produktnamen Arcticos hin verlaufen.



Abbildung 18: Logo Team 32, Arcticos

Dieser wird in roter Farbe dargestellt und befindet sich rechts von den Bergen. Im Schriftzug befindet sich das englische Wort „arctis“, welches an das Einsatzgebiet, schneereiche Gegenden, erinnert. Die rote Farbe steht für Leben und Vitalität und soll zusätzlich den Einsatzzweck, das Retten von Verschütteten, ansprechen (froeh.li, 2012).

5.2 Fahrzeug Designkonzepte

5.2.1 Erste Designüberlegungen

Um dem Designkredo "form follows function" zu folgen, wurde das Design von Anfang an der Funktion untergeordnet. Von der technischen Seite her war das Grundgerüst des Fahrzeugs vorgegeben. Das Chassis wurde als Wannenkonstruktion entwickelt und seitlich daran sollen Raupen für den Antrieb sorgen. Diese Voraussetzungen liessen die Unterkonstruktion ähnlich wie ein Panzer aussehen.

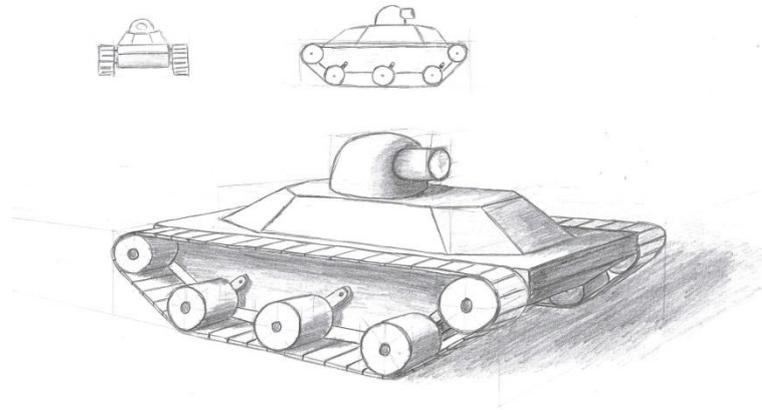


Abbildung 19: Erste Designüberlegungen

Die Raupen bilden dabei das markanteste Merkmal des Fahrzeugs. Danach soll sich das restliche Erscheinungsbild richten. Bei den ersten Designüberlegungen wurden diese Aspekte weiter verfolgt. Die Abdeckung für die Wanne sollte flach bleiben und einen soliden Eindruck machen. Es wurde ein kantiges Design gewählt, um einen robusten Eindruck zu vermitteln. Um eine Rundumsicht zu erhalten und das Sichtfeld nicht einzuschränken, muss sich die Kamera zu oberst auf dem Fahrzeug befinden. Um die Kamera sinnvoll in das Designkonzept einzubinden, soll ein passender Aufbau gewählt werden. Die drehbare Kamera kann als Führungskabine wie bei einem Pistenfahrzeug oder als Schützturm konstruiert werden. Das Chassis und der Aufbau sollen als geschlossener Körper entwickelt werden, damit die Komponenten gegen äussere Einwirkungen geschützt sind (vgl. Abbildung 19).

5.2.2 Zielmarktorientiertes Design

Mit dem Entscheid den Arcticos als Suchroboter für Lawinenverschüttete zu vermarkten, änderten sich auch gewisse Voraussetzungen für das Design. Während die militärischen Aspekte eines Panzers für einen Erkundungs- oder Aufklärungsroboter passend wären, sind sie für den gewählten Zielmarkt nicht zutreffend. Der Arcticos soll ein vertrauenerweckendes Fahrzeug sein, welches Personen in Not Hilfe leistet. Da sich das neue Einsatzgebiet vorwiegend auf Schnee begrenzt, konnten einige Aspekte dieser Umgebung in das Design einfließen. Als Analogie wie zuvor den Panzer fand man für diesen Verwendungszweck das Pistenfahrzeug. Für diese Fahrzeuge typisch ist ein sehr tiefer Schwerpunkt, breite Raupen, sowie eine auffällige Farbe, um im Schnee gut sichtbar zu sein. Diese Eigenschaften wurden, sofern umsetzbar, ins Design übernommen. Da der PREN Parcours vorsieht, dass der Roboter zum Schluss in einer Garage Platz findet, musste die Breite so gering wie möglich gehalten werden. Aus diesem Grund wurden die Raupen nicht wie zuvor seitlich, sondern neu unter dem Fahrzeug angebracht. Wie beim Panzer ist auch für dieses Fahrzeug eine möglichst flach gehaltene Abdeckung von Vorteil, da sie den Schwerpunkt sonst negativ beeinflusst. Für die Kamera wurde eine durchsichtige Führerkabine vorgesehen. Diese dient in erster Linie dem Schutz der Kamera vor Kälte, soll aber gleichzeitig die Bildqualität nicht beeinflussen. Als Farbe für das Fahrzeug ist ein knalliges Rot oder Orange vorgesehen. Es besteht die Möglichkeit, dass optional ein

Drucksensor zur Parkhilfe benötigt wird. Diese Sensorkonstruktion kann als Stosstange oder als Schneeschaukel designt werden. Die Ultraschallsensoren, welche sich in der Front sowie seitlich des Fahrzeugs befinden, sehen wie Scheinwerfer aus und lassen sich gut in das Gesamtkonzept integrieren. Für die konkrete Designfindung waren mehrere Skizzen notwendig, welche sich im Anhang iv befinden.

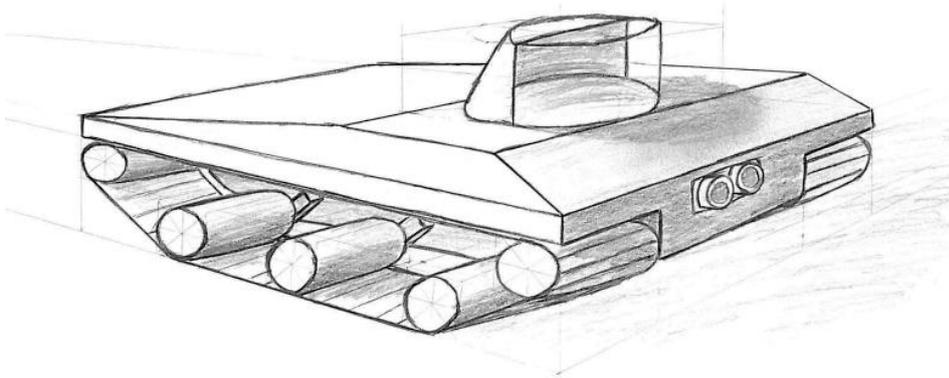


Abbildung 20: zielmarktorientiertes Design

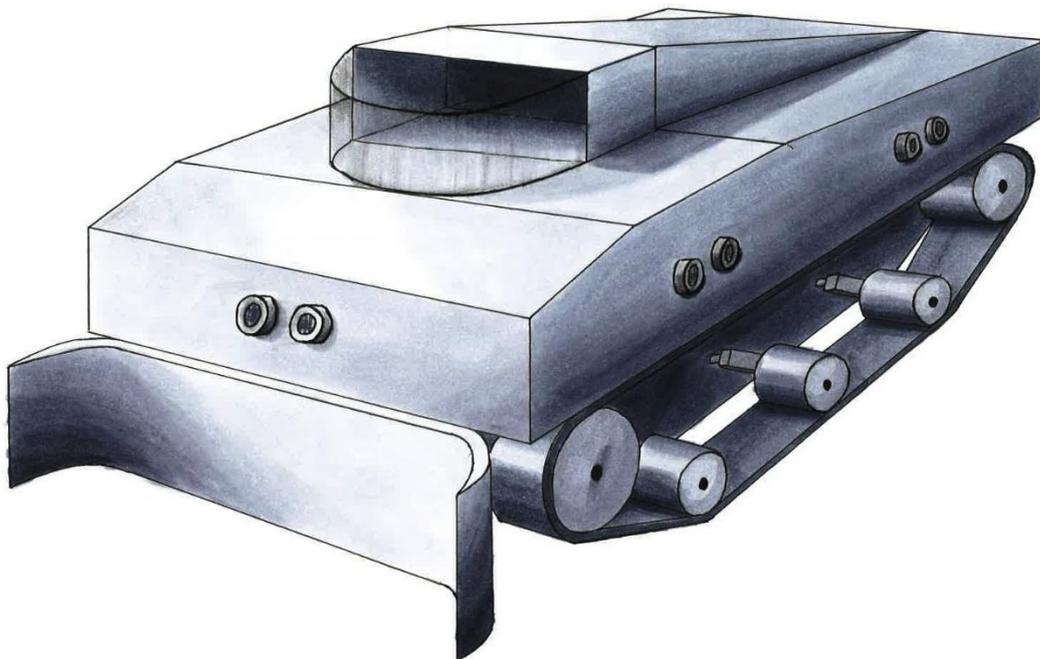


Abbildung 21: zielmarktorientiertes Design 2

6 Konzept Informatik

6.1 Systemaufbau

Das Gesamtsystem besteht aus zwei Mikrocontrollern. Das Arduino (vgl. Kapitel 7.2) wird für die Hardware Steuerung verwendet und ist stark mit der Elektronik verknüpft. Der zweite Mikrocontroller, das Raspberry Pi (vgl. Kapitel 7.3), wird für die QR-Code Auswertung, Webseitenabfrage und Auswertung verwendet. Am Raspberry Pi wird die Webcam angeschlossen. Mithilfe eines WLAN-Dongles findet die Kommunikation mit dem Internet statt. Zusätzlich besitzt das Raspberry Pi die Schnittstelle für die Audio Ausgabe (vgl. Abbildung 22).

Durch die 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. Der Roboter 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 auf einen abgeänderten Parcours. Durch die bewegliche Montage der Kamera kann diese sowohl als Webcam als auch für die QR-Code Erkennung verwendet werden. Die Webcam Funktionalität erlaubt die Beobachtung der Fortschritte vom Roboter via Internet.

6.2 Schnittstellen Übersicht

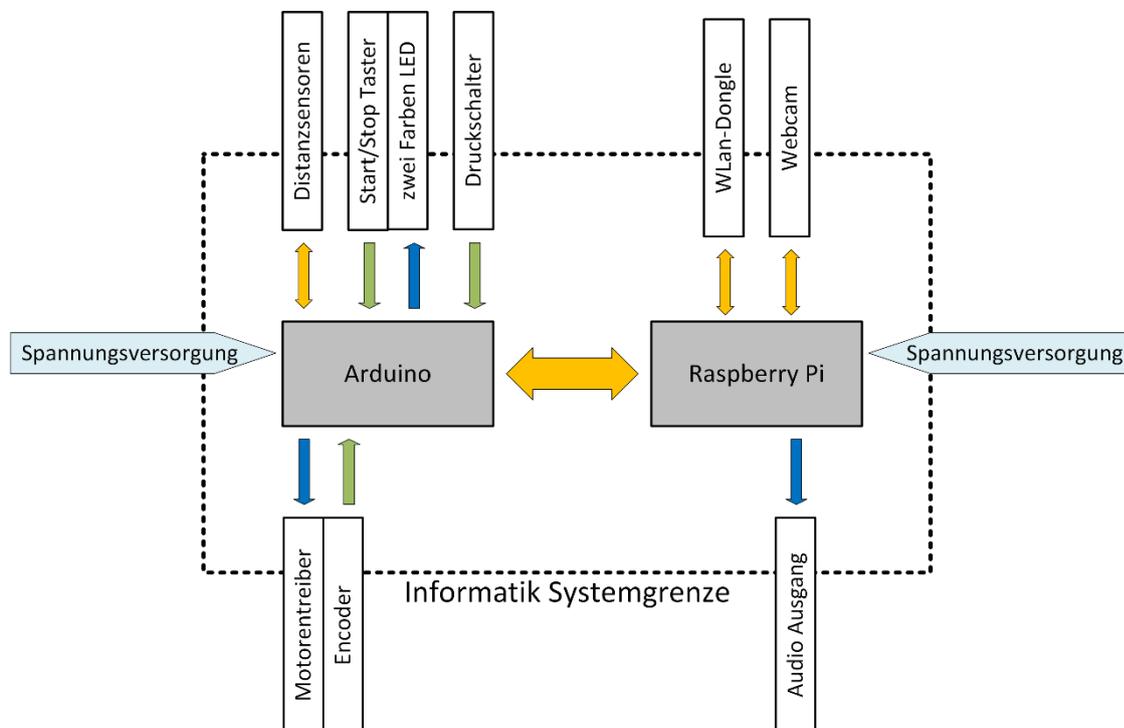


Abbildung 22: Schnittstellen Übersicht

6.2.1 Schnittstellen Arduino

- **IIC-Bus: Anzeige, Raspberry Pi**

Betriebsart: In- / Output

Für den IIC-Bus werden zwei Datenleitungen (SDA und SCL) verwendet. Über diesen Bus wird die Anzeige für die Parkplatznummer und der Raspberry Pi angeschlossen.

- **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 (Optional)**

Betriebsart: Input

Pro Motoren Encoder werden zwei Datenleitungen benötigt.

- **Spannungsversorgung**

Das Arduino-Board benötigt eine 5V-Betriebsspannung.

6.2.2 Schnittstellen Raspberry Pi

- **IIC-Bus: Arduino**

Betriebsart: In- / Output

Für den IIC-Bus werden zwei Leitungen (SDA und SCL) verwendet. Über diesen Bus wird der Arduino angeschlossen.

- **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.

6.3 Ablauf Parcours

Der Parcours wurde in sieben verschiedene Bereiche aufgeteilt. Je nach Bereich führt der Roboter unterschiedliche Aktionen aus. Im nachfolgenden Flussdiagramm (siehe Abbildung 23) sind die einzelnen Aktionen in ihrer Abhängigkeit dargestellt.

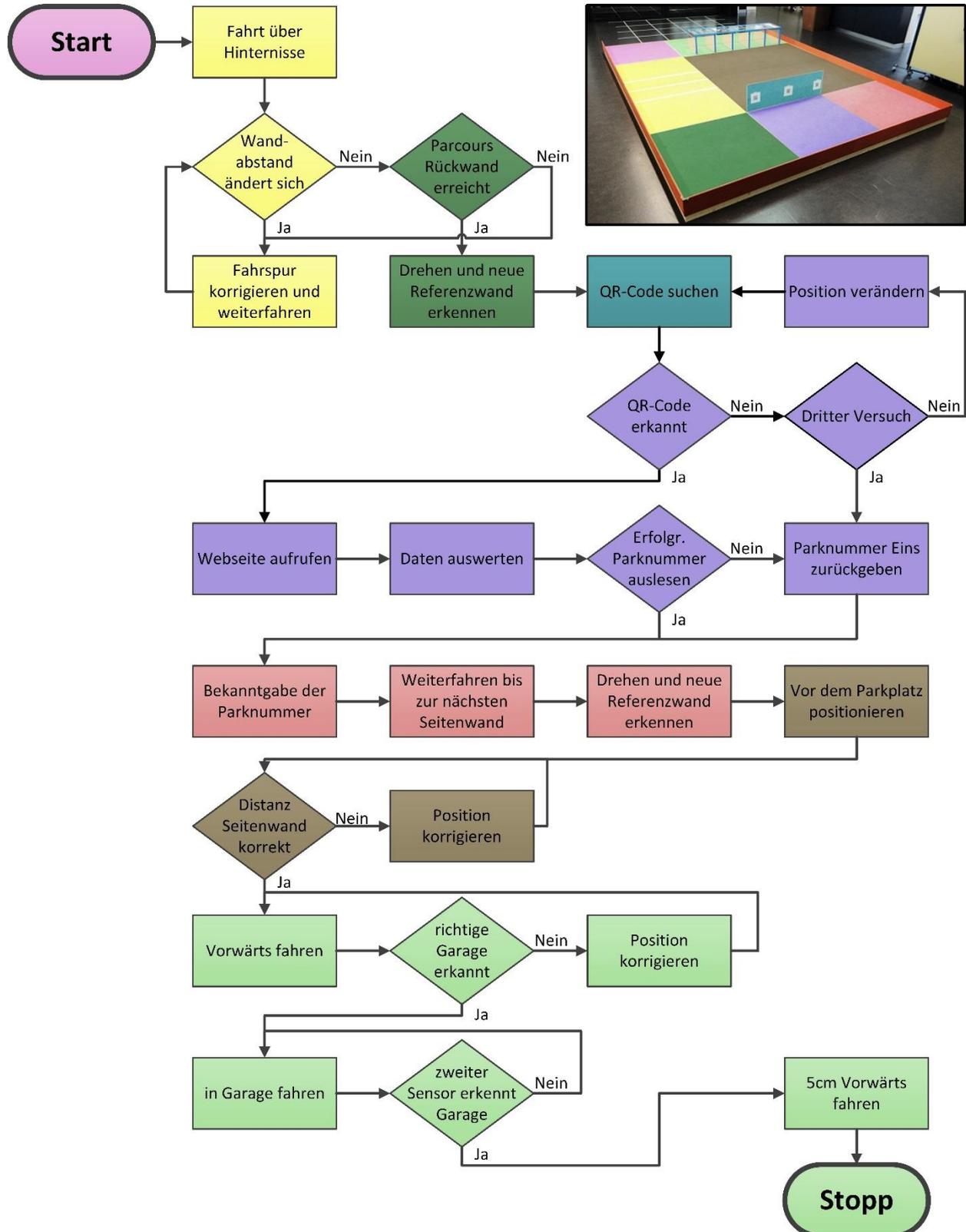


Abbildung 23: Flussdiagramm Parcours

6.4 Routenplan mit zugehörigem Programmablauf

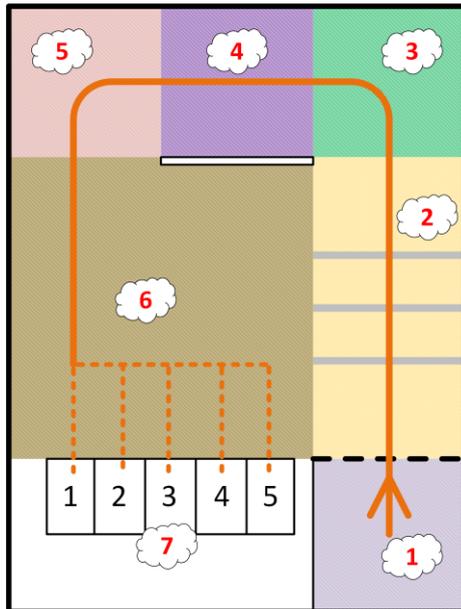


Abbildung 24: Routenplan

Der Parcours wird wie auf Abbildung 24 ersichtlich abgearbeitet. Nachfolgend wird aufgeführt, welcher Prozessor welche Tätigkeiten ausführt.

- 1) [Arduino]: Im Startbereich werden die Sensoren initialisiert und die erste Positionsbestimmung mit allen drei Sensoren (vgl. Kapitel 7.4 Ultraschallsensor) 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 für die Distanz zur geradeaus liegenden Wand unterschreitet und der Roboter sich im Bereich 3 befindet.
- 3) [Arduino]: Zusammen mit einer 90° Drehung wird der optimal 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 (vgl. Kapitel 6.5) 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.
[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.
- 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.

Die Programmlogik im Arduino wird als ein endlicher Automat implementiert. Ein erneutes Starten aus dem Startbereich ist nach einem Neustart des Systems möglich.

6.5 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 Schnittstelle IIC. In der Tabelle 5 sind alle verwendeten Befehle aufgelistet. Beim Definieren der Befehle wurde darauf geachtet, dass kein Gray Code verwendet wird. Somit sind mindestens zwei Bits zwischen den Befehlen unterschiedlich, wodurch Störungen verringert werden. Werden Signale durch Störeinflüsse bei der Übermittlung verändert oder 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.

Das Arduino wird als Master konfiguriert und das Raspberry Pi als Slave. 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 25). Das untenstehende Diagramm erläutert den Ablauf der Kommunikation.

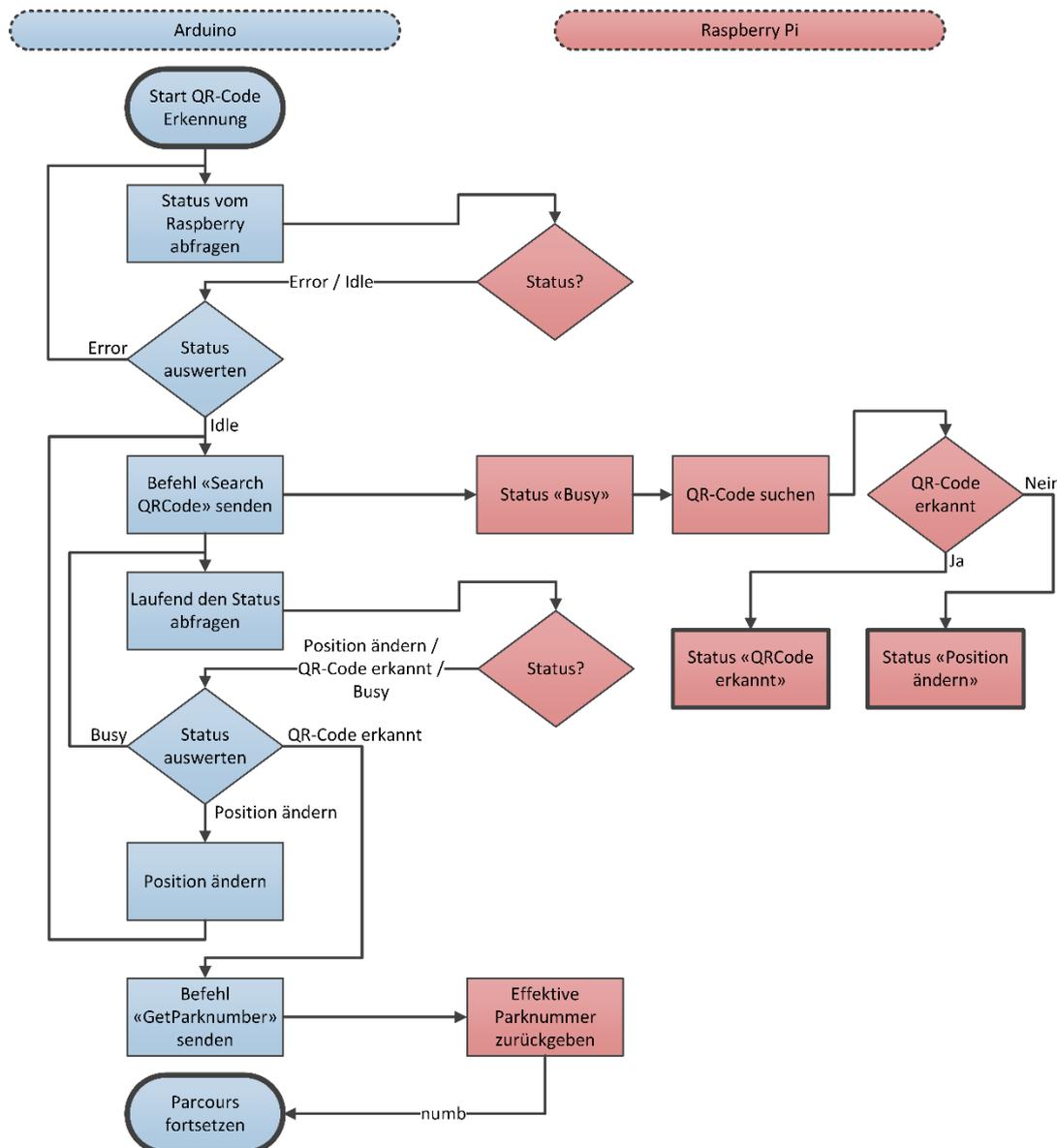


Abbildung 25: Ablaufdiagramm Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi

6.5.1 Mögliche Befehl-, Antwort- und Parknummer-Codes

Befehl	Code	Antwortmöglichkeit
Search QR-Code	0x01	OK, Error
GetState	0x04	Busy, Idle, Error, OK
GetParknummer	0x07	Parknummer oder Error

Tabelle 5: Befehls-Code Übersicht und mögliche Antworten

Antwort	Code	Parknummer	Code
QRCode found	0x0F	One	0xD2
QRCode not found	0xA2	Two	0xD5
Change Position	0xA5	Three	0xD8
Busy	0xA8	Four	0xDB
Idle	0xAB	Five	0xDE
Error	0xC3		
OK	0xC6		

Tabelle 7: Parknummer-Code Übersicht

Tabelle 6: Antwort-Code Übersicht

6.6 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 (vgl. Kapitel 9.4) 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.

Die Website, welche sich hinter dem QR-Code verbirgt, wird anschliessend mit cUrl abgerufen und ausgewertet. Die Parknummer wird schliesslich dem Arduino anhand der definierten Kommunikationsschnittstelle übergeben.

7 Konzept Elektronik

7.1 Blockschema

Das Blockschema (siehe Abbildung 26) zeigt den geplanten 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. Wie bereits erwähnt, erfolgt die Kommunikation über die IIC-Schnittstelle, wobei das Arduino die Masterrolle einnimmt.

Die Encoder und Ultraschallsensoren, welche gestrichelt eingezeichnet sind, werden voraussichtlich nicht verbaut. Es werden die dazu nötigen Anschlüsse freigehalten. Falls im Laufe der Entwicklung die zusätzlichen Sensoren sowie die Encoder benötigt werden, können diese nachgerüstet werden.

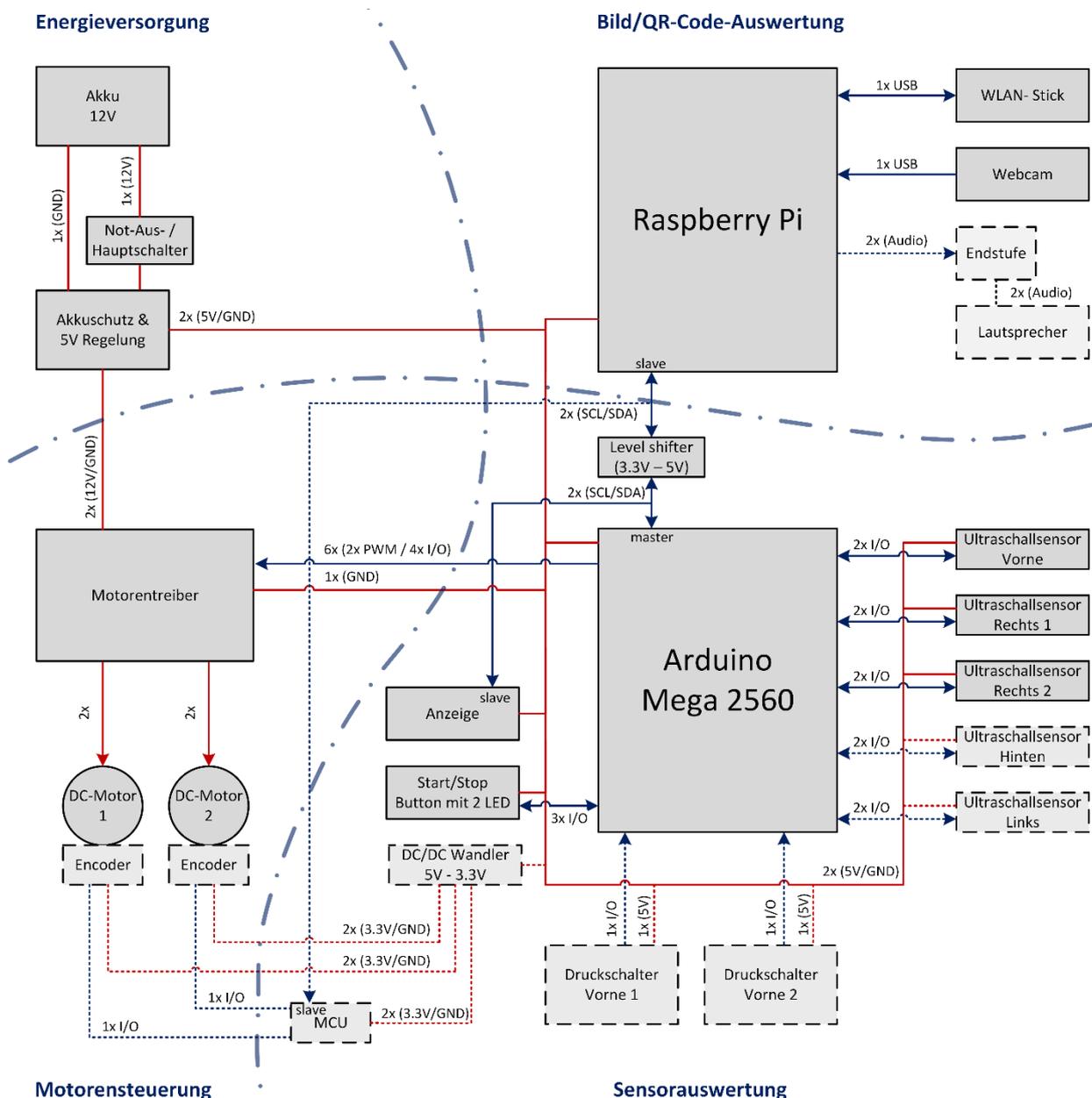


Abbildung 26: Elektronik Blockschema

7.2 Arduino Mega 2560

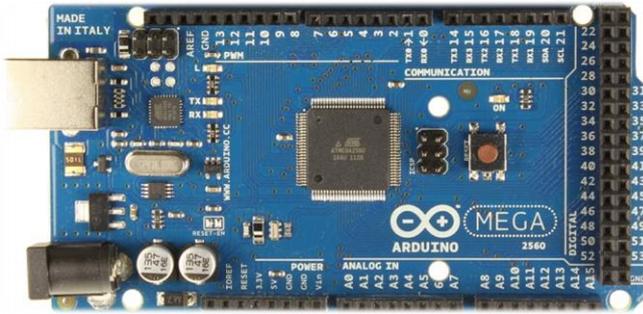


Abbildung 27: Arduino Mega 2560

Arduino ist eine Open-Source Entwicklungsplattform, in welcher das Ansteuern von Digitalen Ein- und Ausgängen einfach realisierbar ist. Das Arduino Mega 2560 (siehe Abbildung 27), welches im Roboter zum Einsatz kommt, besitzt 54 Digitale I/O Pins an, welchen die Sensoren angeschlossen werden.

Der gesamte Programmablauf wird gemäss Flussdiagramm (vgl. Kapitel 6.3) vom Arduino aus abgewickelt. Das Raspberry Pi wird über die IIC-Schnittstelle angesteuert. Die Befehle sowie Antwortcodes sind dem Bereich Informatik im Kapitel 6.5 zu entnehmen.

7.3 Raspberry Pi

Das Raspberry Pi (siehe Abbildung 28) 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 28: Raspberry Pi

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

7.4 Ultraschallsensor



Abbildung 29: Ultraschallsensor HC-SR04

Der Ultraschallsensor HC-SR04 (siehe Abbildung 29) 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 10µs 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 Fahrtroute verwendet. Ein dritter Sensor wird nach vorne ausgerichtet und für die Distanzmessung zur nächsten Wand verwendet. Durch diese X/Y-Messung kann jederzeit die Position des Roboters auf dem Parcours bestimmt werden.

7.5 Motorensteuerung

Die DC-Motoren werden mit dem Motorentreiber L6205 (STMicroelectronics, L6205, 2003) angesteuert. Das benötigte PWM-Signal wird vom Arduino erzeugt. Die Fortbewegungsrichtung wird ebenfalls über digitale Anschlüsse vom Arduino vorgegeben. Falls die Encoder zum Einsatz kommen, werden diese auf dem Arduino ausgewertet und das PWM-Signal über eine PID-Regelung angepasst.

Beim Print des Motorentreibers muss auf die EMV geachtet werden. Da die Motoren grössere Ströme benötigen, können diese einen Einfluss auf die Datenleitungen der umliegenden Bauteile haben und somit Störungen verursachen. Die Masse der Motorenversorgung (12V Netz) und die Masse der Steuerung (5V resp. 3.3V Netz) sollten möglichst lange getrennt geführt werden. Im aktuellen Layout werden dafür zwei separate Anschlüsse verwendet.

7.6 Drehzahlmesser

Ein Encoder wird für die Auswertung von Rotationsbewegungen verwendet. Eine Umdrehung teilt man in eine vordefinierte Anzahl Ticks. Jeder Tick inkrementiert eine auf einem Mikrocontroller gespeicherte Variable. Mit der verstrichenen Zeit und den gezählten Ticks kann auf die Geschwindigkeit des Motors zurückgeschlossen werden. Diese Auswertung der Umdrehungszahl der Motoren ist genauer, als die Distanzmessung mithilfe der Ultraschallsensoren. Falls sich in PREN 2 eine schnellere Auswertung als mithilfe von Ultraschall als notwendig erweist, wird der Encoder wie folgt aufgebaut.

Es wird ein schwarz/weiss gestricheltes Band auf der Achse befestigt und mit dem Infrarotsensor APDS-9103 eingelesen. Auf einem Mikrocontroller wird bei jeder Flankenänderung des Sensorsignals eine Variable inkrementiert. Da die Fahrtrichtung nicht erkannt werden muss, genügt ein Sensor pro Achse. Um das Arduino nicht mit unnötiger Zählerarbeit zu blockieren, kommt ein MC9S08QG4CPAE Mikrocontroller, welcher über die IIC Schnittstelle angesprochen wird, zum Einsatz.

7.7 Energieversorgung

Die Energieversorgung wird mit einem 12V Blei Akku bewerkstelligt. Der Tiefenentladungsschutz des Akkumulators ist mittels TL7712 (Texas Instruments, 2009) einfach umzusetzen. Der Überstrom- und Kurzschlusschutz wird mit einer Feinsicherung am Eingang der Schaltung sichergestellt. Die Ladeelektronik wird bei vorhandener Zeit ebenfalls umgesetzt. Dabei kommt der PB137 zum Einsatz.

Als Akku ist ein Occasion 4Ah-Blei-Akku vorgesehen. Falls sich dieser Akku als nicht verwendbar erweist, ist ein 1.2Ah-Blei-Akku eingeplant. Der verwendete Motorentyp benötigt bei 12V einen Strom von maximal 0.7A.

Für die Versorgung des Raspberry Pi, des Arduinos sowie der Sensoren wird eine Spannung von 5V benötigt. Da das Raspberry Pi mit angeschlossener Peripherie 1A bis 1.5A benötigt und das Arduino mit den Sensoren ebenfalls einige 100mA, wird der L78S05CV (STMicroelectronics, L78S05CV, 2012) eingesetzt, welcher einen maximalen Strom von 2A zulässt.

Falls der Encoder und der zusätzliche Mikrocontroller MC9S08QG4CPAE (Freescale Semiconductor, 2009) zum Einsatz kommen, wird die dafür benötigte Spannungsversorgung von 3.3V mit einem LD1117V33

(STMicroelectronics, LD1117xx, 2012) umgesetzt. Die Speisung der Infrarotsensoren wird ebenfalls darüber laufen. Der maximale Strom des MCU beträgt 120mA und die des Sensors 80mA. Die abgegebene Leistung des DC/DC Wandlers reicht somit aus.

Der gesamte Energieverbrauch des Roboters beträgt somit knapp 50W. Der Energieverbrauch fällt etwas höher aus, da die verwendeten DC/DC Wandler nicht sehr effizient sind, jedoch in der Umsetzung einfacher zu realisieren als step-up Wandler mit einem höheren Wirkungsgrad. Mit dem kleiner dimensionierten Akku (1.2Ah) ist somit eine Fahrzeit von 20min möglich.

7.8 Laborversuche

Aus den Messungen im Labor (siehe Anhang v) ist ersichtlich, dass der Motorentreiber L6205 funktioniert. Bei der Ansteuerung der Motoren über ein PWM-Signal muss darauf geachtet werden, dass der nutzbare Bereich des PWM-Signals zwischen 12% und 70% liegt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einer grösseren Belastung der Motoren die Abweichung grösser wird. Mit einem ersten Prototyp des Roboters soll dies in einem nächsten Schritt ermittelt werden.

Die Störung vom Motor sollte sicherheitshalber durch eine Filterschaltung verringert werden. Durch Parallelschalten eines Kondensators (47nF) und zweier Ferritringe mit jeweils vier Wicklungen in der Zuleitung des Motors, sollte der Einfluss auf die Spannungsquelle verschwinden.

Ein Kompasssensor ist für einen Roboter in dieser Grösse ungeeignet. Das Magnetfeld der laufenden Motoren beeinflusst die Messung zu stark.

8 Konzept Maschinentechnik

8.1 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 geordnet zu montieren, 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. Nachteile hat die Wanne beim Einsatz von Rädern, da die Lenkstangen durch die Seitenwände hindurchgeführt werden müssen. In den wannenartigen Aufbau lässt sich das beschlossene Antriebssystem mit Raupen sehr gut integrieren und stellt deshalb die beste Lösungsvariante dar.

8.1.1 Design der Wannenkonstruktion

Anhand erster Design-Skizzen, wurde eine Wanne im CAD konstruiert (siehe Abbildung 30). Dabei wurde das Design der Funktionalität untergeordnet. Konkret sind abgewinkelte Flächen abgeändert worden, um Platz für Teilkomponenten zu schaffen. Die Höhe des Fahrzeugs wurde an die optimale Einbauhöhe der Sensoren angepasst, während die Breite der Wanne vom Platzbedarf des Akkumulators und der Antriebsmotoren abhing.

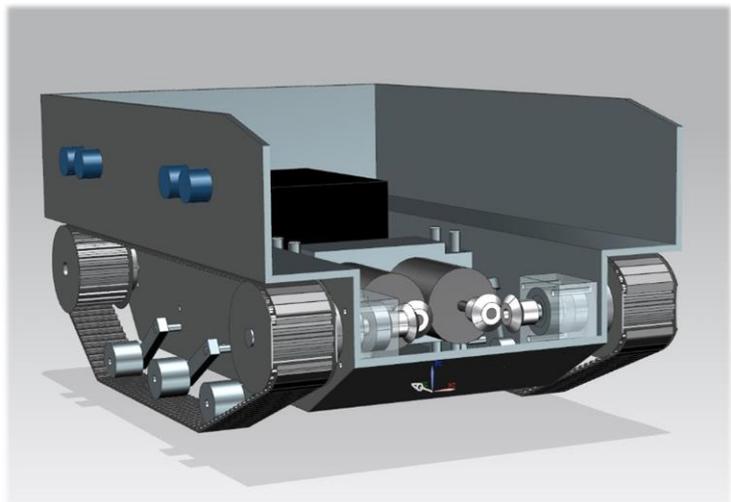


Abbildung 30: Abgeänderte Designstudie

Verglichen mit den ersten Designstudien wurden die Raupen unter das Fahrzeug verschoben und nicht mehr seitlich angefügt. Dadurch konnte die Gesamtbreite des Fahrzeuges beträchtlich minimiert werden. Der Umbau resultiert in einer grösseren seitlichen Einparktoleranz, also in einem verringerten Risiko die Garage beim Einparken zu verfehlen.

8.1.2 Aufbau Chassis

Die optimale Lösung für den Aufbau der Wanne besteht aus drei separaten Biegeteilen, welche entweder miteinander verschweisst sind, oder über die Lagerböcke verschraubt werden. Als Rohmaterial ist ein 3mm Aluminiumblech vorgesehen. Besondere Anforderungen an die Festigkeit werden nicht gestellt. Zur Befestigung der Radaufhängung werden an der Innenseite der Wanne Flachprofile angebracht. Diese tragen gleichzeitig lokal zu einer Versteifung der Seitenwände bei.

8.1.3 Aufnahme der Distanz Sensoren

Die Ultraschallsensoren werden in die Seitenwände integriert. Dafür werden in der Wanne vorne und rechts jeweils zwei Aufnahmebohrungen pro Sensor angebracht. Befestigt werden die Sensoren mit einer Schrauben-Mutterverbindung. Um ihre Funktion zu gewährleisten, werden die Ultraschallsensoren senkrecht zur Fahrbahn ausgerichtet. Dadurch trifft das Ultraschallsignal gerade auf die Seitenwand auf und verringert das Risiko eines Messfehlers.

8.2 Konzept Radaufhängung

Für ein ruhiges Fahrverhalten bei unebenem Grund benötigt das Raupenfahrzeug eine Federung. Auf beiden Seiten der Wanne hat es je ein Antriebsrad, ein Spannrad und drei Laufrollen. Da nur die Laufrollen für den Kontakt mit dem Boden zuständig sind, benötigen die anderen Räder keine Federung. Von Vorteil ist dabei, dass das angetriebene Rad nicht gefedert sein muss und sich die Konstruktion somit stark vereinfacht. Die Federung wird mit Zugfedern realisiert (vgl. Abbildung 31). Gründe dafür sind die geringen Anschaffungskosten, sowie die Möglichkeit der platzsparenden Montage.

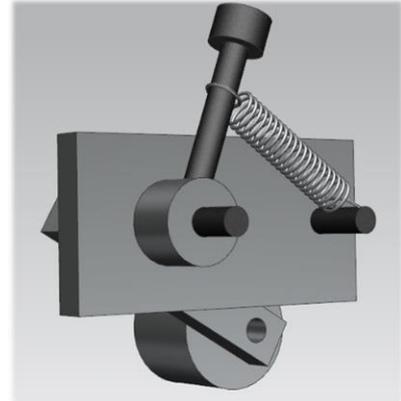


Abbildung 31: Konzept Spannrad

Die Laufrolle wird wie auf dem Bild an einer Aluminiumschwinge drehbar gelagert. Die Schwinge ist starr mit einem Bolzen verbunden, welche durch die Seitenwand der Wanne führt. Die auf der Innenseite mit dem Bolzen verbundene Schraube ist parallel zur Schwinge ausgerichtet. Die Zugfeder wird am Kopf der Schraube befestigt. Für die vordere und mittlere Laufrolle wird die Federung zur Seite hin abgelegt.

Fährt der Roboter über ein Hindernis, wird das Laufrad nach oben gedrückt. Durch die Trägheit des Fahrzeugs folgt dieser Bewegung zuerst nur die Radaufhängung und die Feder dehnt sich. Die durch die Dehnung resultierende Federkraft bringt die Konstruktion wieder in die Ausgangsstellung, sobald das Hindernis überquert ist.

8.3 Spannrad-Antriebskette

Neben einem Antriebsrad braucht es pro Seite zusätzlich ein Spannrad. Dieses garantiert eine optimale Spannung der Kette und somit die Funktionalität des Antriebs. Die Konstruktion wird im hinteren Fahrzeugteil montiert. Das Spannrad soll mit einer Zugfeder gegen die Kette vorgespannt sein. Die Feder ist wie bei den kleineren Führungsrädern im Inneren der Wanne angebracht.

Bei den benötigten Komponenten handelt es sich fast ausnahmslos um Normteile, welche alle bei einem Detailhändler, z.B. Conrad, erhältlich sind. Mit einer Längsnute im Chassis wird ein Verschieben der Konstruktion in Fahrtrichtung ermöglicht. Bei der Montage der Kette wird das Spannrad manuell vorgespannt. Die Vorspannkraft wird von der Kette aufrechterhalten.

8.4 Motorenauswahl

Die nötige Leistung für die Fortbewegung wird mit einem DC-Motor ermöglicht. Das vorhandene Modell Modelcraft RB350050-22723R hat eine Nennleistung von 9W und leistet ein Ausgangsdrehmoment von 0.0145Nm. Um die gewünschte Geschwindigkeit von 5km/h (1.33m/s) zu erreichen, ist ein Getriebe mit einer Übersetzung von Acht notwendig.

Der Motor wird mit einer Klemmhalterung im Chassis befestigt. Die Motoren sollen längs zur Fahrtrichtung eingebaut werden. Die Kraftübertragung vom Getriebe auf die Antriebsräder der Panzersteuerung wird mit Kegeln bewerkstelligt. Die Übersetzung soll an dieser Stufe nicht verändert werden.

8.5 Konzept Kamerahalterung

Als Antrieb, um die Kamera zu drehen, wird ein Servomotor verwendet. Für ein optimales Absuchen des Geländes soll die Kamera nach Möglichkeit um 360 Grad drehbar sein. Damit diese Flexibilität erreicht werden kann, muss der Motor um ein Getriebe erweitert werden. Der Grund dafür liegt bei den handelsüblichen Servomotoren, welche meist nur Drehungen um 180° zulassen. Konkret soll ein 2:1 Getriebe verbaut werden. Das Antriebsrad wird dabei direkt auf dem Servomotor befestigt und der Abtrieb wird mit einer drehbar gelagerten Plattform, welches die Kamera hält, verbunden.

Zur Erfüllung der Aufgabenstellung reicht beim Arcticos jedoch eine 90°-Drehung nach links aus, wodurch eine Übersetzung nicht nötig wird. Es reicht die Drehbewegung über ein Zahnradpaar 1:1 an die Drehplattform weiterzugeben.

9 Funktionsmuster

9.1 Raupen- / Rad-Federung

Um die Konstruktionsideen auf ihre Realisierbarkeit hin zu prüfen, wurden diverse Funktionsmuster aus Legobausätzen erstellt. Erste Varianten, bei denen die Federung ausserhalb der Wanne angebracht war, wurden aus Platzgründen verworfen. Die innenliegende Federung wie auf Abbildung 32 ersichtlich, konnte im Schlusskonzept übernommen werden.

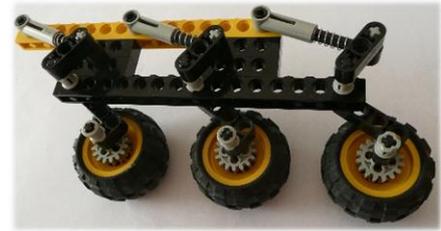


Abbildung 32: Prototyp Raupen- / Rad-Federung

Ausführungen mit Dämpfern anstelle der Federn verwarf man auf Grund der komplexen Einbauweise und der teuren Anschaffung der Einzelkomponenten.

9.2 Raupen-Prototyp

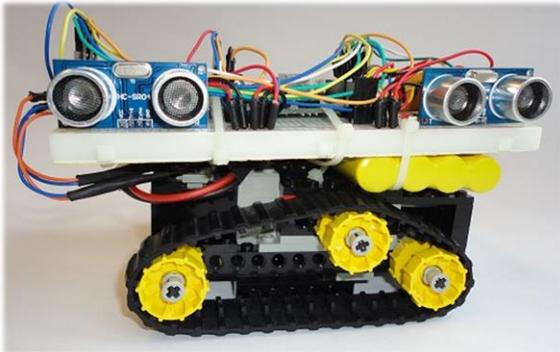


Abbildung 33: LEGO-Prototyp

Damit die Panzersteuerung, welche das Drehen an Ort und Stelle erlaubt, getestet werden konnte, wurde ebenfalls ein Lego-Prototyp erstellt.

In einem zweiten Schritt wurde der Prototyp mit Ultraschall-Sensoren und dem Arduino-Board erweitert (vgl. Abbildung 33). Dieses Model erlaubte bereits die Erstellung erster Code-Fragmente für die Ansteuerung der Sensoren und Motoren.

Ausserdem konnten damit bereits kleine Programme erstellt werden, damit der Roboter einer Wand folgen kann. Für die Steuerung ist aktuell noch kein PID-Regler notwendig. Durch die gewählte Übersetzung und durch die Lego DC-Motoren ist nur ein kleiner Geschwindigkeitsbereich möglich. Rückschlüsse in Bezug auf den eigentlichen Roboter in Bezug auf die Steuerung sind dadurch nicht möglich.

9.3 Styropor Wanne

Um die Grössenverhältnisse des gesamten Fahrzeugs besser abzuschätzen, wurde ein Prototyp der Wanne aus Styropor gefertigt. Durch die unterschiedliche Wandstärke wurden die Innenmasse so gewählt, dass damit die identischen Platzverhältnisse (siehe Abbildung 34) wie beim Roboter vorhanden sind. Mit diesem Prototyp konnte neben der Anordnung der Motoren und des Akkus, der Einparkvorgang simuliert werden.



Abbildung 34: Prototyp Wanne

9.4 QR-Code Erkennung

Um sicherzustellen, dass der QR-Code vom Raspberry Pi aus erkannt werden kann, wurde ein entsprechender Code direkt getestet. Dazu wurde in C eine Funktion geschrieben, welche aus einem Videostream einen QR-Code auslesen kann. Dazu wurde die Library ZBar (<http://zbar.sourceforge.net/>) verwendet. Die untenstehenden Codezeilen decodieren den Barcode aus den Kameraaufnahmen.

```
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 1: QR-Code Erkennung

9.5 Webseite abfragen, Parkplatznummer auslesen

Um die gültige URL für die Parknummer für unser Team zu erhalten, muss die aus dem QR Code ausgelesene URL noch „/team32“ angehängt werden. In der Abbildung 35 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.

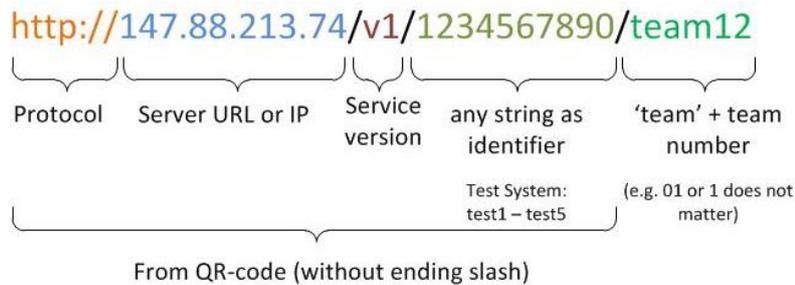


Abbildung 35: Aufbau URL (HSLU, 2012)

```
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 2: http get-Request Parkplatz Nummer

10 Ausnahmesituationen und Problembehandlung

Bei der Herstellung des Roboters können unerwartete Probleme entstehen. Daher ist es wichtig, bereits im Voraus ein Konzept über die Fehlersuche bzw. Testverfahren zu erstellen. Ziel ist es, in vorgegebenen Schritten mögliche Fehlerquellen einzugrenzen und zu eliminieren.

Das Bauteil, welches die höchste Wahrscheinlichkeit hat den Fehler zu verursachen, muss genauer untersucht werden. Zuerst werden die mechanischen Verbindungen geprüft. Führt dies zu keiner Verbesserung, werden alle Ein- und Ausgangssignale gemessen und mit den Sollwerten verglichen. Sind Abweichungen vorhanden, wird das entsprechende Bauteil entfernt und ohne weitere Peripherie ausgemessen. Falls weiterhin Fehlerauftreten und es sich dabei um einen Mikrokontroller handelt, wird die entsprechende Software überprüft.

Nachfolgend eine Auflistung möglicher Ausnahmesituationen. Die Liste wird in PREN 2 vorlaufend ergänzt und dem aktuellen Entwicklungsstand angepasst.

Ausnahmesituation	Behandlung	Fachbereich
Die Räder und somit auch die Raupen drehen nicht.	Überprüfen, ob die Elektromotoren funktionieren. Sicherstellen, dass kein Lager klemmt, sowie dass die Raupen nicht blockiert sind.	MT
Die Kamera kann nicht mit der Halterung gedreht werden.	Anschlüsse und Funktion vom Servomotor überprüfen. Gegenstände, die eine Drehung verhindern entfernen.	MT
Der Roboter reagiert nicht auf den Start- / Stoptaster. Keine LED leuchtet.	Versorgungsspannung überprüfen. Sicherung überprüfen. Sicherstellen, dass kein Kurzschluss auf den Prints vorhanden ist.	ET
Raspberry Pi kann den QR-Code nicht finden.	Kameraeinstellungen überprüfen (Helligkeit, Kontrast). Internetverbindung überprüfen.	IT
Der QR-Code kann nicht erfolgreich ausgelesen werden.	Nach mehrmaligen erfolglosen Auslesen wird eine vordefinierte Parknummer zurückgegeben.	IT
Eine Verbindung mit dem Internet kann nicht hergestellt werden.	Kann nach mehrmaligem Versuchen keine Verbindung zum Internet hergestellt werden, wird eine vordefinierte Parknummer zurückgegeben.	IT
Die Ultraschallsensoren liefern keinen plausiblen Wert.	Die Messung wird mehrmals durchgeführt und davon ein Mittelwert berechnet.	ET

Tabelle 8: Behandlung von Ausnahmesituationen

11 Grobkonzept Messestand

Im Sommer 2013 findet an der HSLU T&A eine Erfindermesse statt, an welcher die Teams ihre Roboter präsentieren. Diese Messe hat das Ziel, Kontakt zwischen den Studierenden und Unternehmen herzustellen. Des Weiteren sollen die Teams ihr entwickeltes Produkt attraktiv vermarkten. Das Interesse der Unternehmen soll mit Hilfe eines eigenen Messestandes geweckt werden.

Um sich von den anderen Produkten abzuheben, sollen die positiven Aspekte des Fahrzeuges hervorgehoben werden. Darunter fallen ein ansprechendes Design, der kraftvolle Antrieb und die gefederten Laufäder. Zudem soll Arcticos die maximale Zeit von drei Minuten für das Absolvieren des Parcours deutlich unterschreiten.

Um einen guten Eindruck bei den Unternehmen zu hinterlassen, wird der Messestand seriös geplant. Bei der Präsentation tritt das Team einheitlich auf. Die Farben der Kleidung werden auf das Logo angepasst. Damit soll die Corporate Identity unterstrichen werden.

Der Stand wird in zwei Bereiche unterteilt. Im ersten Bereich findet eine Präsentation statt, in welcher der Besucher Information über das Projekt erhält. Im speziellen wird die Entwicklung des Roboters dargestellt. Von den ersten Ideen im Morphologischen Kasten über die Funktionsmuster bis zum Endprodukt werden die Entwicklungsstufen präsentiert. Dabei soll sich der Inhalt auf das Wesentliche konzentrieren und gleichzeitig einen guten Gesamtüberblick verschaffen.

Der zweite Bereich wird für individuelle Gespräche mit den Kunden verwendet. Interessierte Besucher können so detaillierte Informationen über das Projekt erhalten. Im Sinne der Corporate Identity sollen alle Teammitglieder einheitlich gekleidet sein. Zusammen mit der Einrichtung des Standes sowie einem grossen Logo im Hintergrund soll der Besucher neugierig gemacht werden. Dokumentationen mit allen Informationen über das Gesamtprojekt liegen an den Stehtischen auf. Ein mögliches Standkonzept ist in der Abbildung 36 ersichtlich.

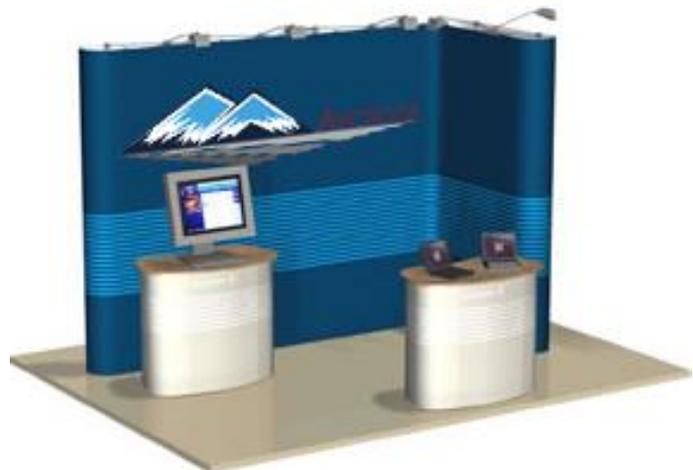


Abbildung 36: Mögliche Standpräsentation

12 Diskussion

12.1 Zeitaufwand

Bereich	Arbeit	Zeitaufwand [h]
Startphase	Technologierecherche	160
	Recherche Zielmarkt	10
	Ideenfindung-/Bewertung	35
	Total Startphase	205
Konstruktion	Chassis (Kunststoffkonstruktion, Biegen)	20
	Raupen	4
	Legomobil mit Sensoraufbau	20
	Komponenten Steuerung	8
	CAD-Modell erstellen	40
	Design Logo und Teambilder	35
	Design Fahrzeug	25
Total Konstruktion	152	
Testphase	Federtechnik	15
	Kompassensensor, Motoren und Motorentreiber	50
	Signalverarbeitung, QR-Code, Raspberry Pi	65
	Berechnungen Konstruktion	20
Total Testphase	150	
Dokumentation	Erstellen der Dokumentation	250
	Gegenlesen und Korrekturen	100
Total Dokumentation	350	
Allgemein	Input	50
	Projektmanagement (Zeitplan, Protokolle usw.)	70
	Homepage erstellen und aktualisieren	90
	Diskussionen im Team und mit Coach	135
Total Allgemein	345	
SUMME TOTAL		1'202

Tabelle 9: Zeitaufwand PREN 1

Das Modul Produktentwicklung 1 zählt 6 ECTS Kreditpunkte, das entspricht 180 Stunden. Bei sieben Teammitgliedern ergibt dies ein Total von 1260 Stunden. Mit einem Total von circa 1200 Stunden belief sich der Aufwand des Teams im Rahmen der Modulvorgabe. Für die Dokumentation und allgemeine Arbeiten wurden mehr als die Hälfte der Zeitbedarfes investiert. Die Diskussionen mit 135 Stunden konnten kurz und kompakt gehalten werden. Im PREN 2 ist der Austausch zwischen den einzelnen Gruppenmitgliedern noch wichtiger, darum wird im PREN 2 im Bereich Diskussion ein Anstieg erwartet.

12.2 Entwicklungskosten

In der Kostenkalkulation sind alle Positionen aufgelistet, in denen Kosten verursacht wurden. Die provisorischen Preise für die einzelnen Materialien wurden mit den aktuellen Preisen diverser Detailhändler abgeglichen. Damit das Budget in PREN 2 nicht überschritten wird, wurden Preisreserven bei den einzelnen Gütern einberechnet. Allfällige Zusatzkosten in Form von Versandkosten, Mindestbestellmengen und Währungsschwankungen sind bereits in den Preisen einkalkuliert.

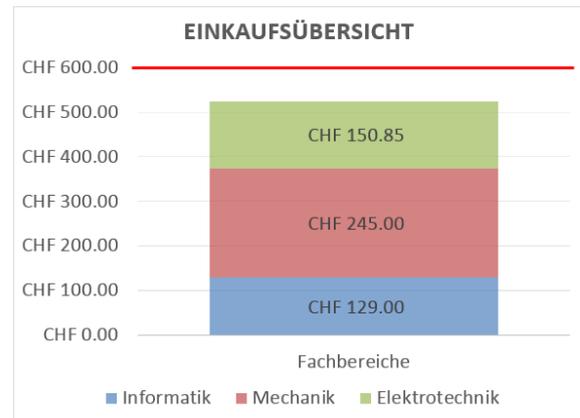


Abbildung 37: Geplante Ausgaben

Die voraussichtlichen Gesamtkosten für die beiden Module betragen 590.75 Franken (vgl. Abbildung 37) und liegen damit unter dem Entwicklungsbudget von 600 Franken. Tendenziell sinken die Ausgaben, da nicht alle Reserven benötigt werden. Die genaue Aufteilung der Kosten für die einzelnen Positionen ist Anhang vi aufgeführt. Für die ersten Prototypen und Versuche mussten im PREN 1 diverse Materialeinkäufe getätigt werden, welche in der Tabelle 10 aufgelistet sind.

Einkauf PREN 1	Kosten kalkuliert	Einkaufspreis
Arduino Mega 2560	CHF. 56.90	CHF 16.00
Distanzsensoren	CHF 37.50	CHF 12.50
Motorentreiber	CHF 15.50	CHF 15.50
Motoren	CHF 70.00	CHF 30.00
Raspberry Pi	CHF 59.00	CHF 59.00
Kamera	CHF 60.00	CHF 20.00
Kleinmaterial (Transistoren)	CHF 40.00	CHF 2.00
TOTAL		CHF 155.00

Tabelle 10: Einkauf PREN 1

Für das Arduino Mega 2560 und für die Distanzsensoren wurden in der Planung Preise von Schweizer Detailhändlern einberechnet. Dank günstigem Einkauf im Ausland konnten die Kosten massiv gesenkt werden. Die beiden Motoren, welche im PREN 1 eingesetzt wurden, stammen aus den Restbeständen der vorherigen Jahrgänge. Falls diese Motoren ersetzt werden müssen, können die Kosten rückerstattet und für einen Neueinkauf verwendet werden. Die Einkaufspreise von das Raspberry Pi und den Motorentreiber entsprachen der vorgängigen Kostenkalkulation. Für die QR-Code-Erkennung wurde bereits eine Kamera eingekauft. Falls die Produkteigenschaften nicht den Anforderungen entsprechen, muss diese wieder verkauft und mit der Kostenreserve durch eine bessere ersetzt werden. Bis zum Ende von PREN 1 kaufte das Team 32 Kleinmaterial in Form von Transistoren ein.

12.3 Lessons Learned

Die Planungsphase war für alle Teammitglieder eine lehrreiche und spannende Erfahrung. Die Arbeit in einer interdisziplinären Gruppe gehörte bis anhin nicht zu den alltäglichen Arbeitsformen. So war es interessant zu sehen, wie sich die Gruppendynamik und Zusammenarbeit entwickelte.

Trotz der interdisziplinären Zusammenstellung klappte die Kommunikation im Team von Anfang an recht gut. Die von Gruppenarbeiten bekannte Kennenlernphase mit wenig produktivem Output konnte optimal genutzt werden, um allfällige Synergien und Fachkompetenzen zu eruieren.

Diskussionen sind bei einem Projekt in fachbereichsübergreifenden Gruppen unausweichlich. Trotzdem geht von ihnen immer die Gefahr aus, im Ungewissen zu versanden, ohne verwertbare Resultate. Die Erfahrungen im Team haben gezeigt, dass es eine Leaderfigur braucht. Diese soll und muss reagieren resp. eingreifen, sobald Diskussionen aus dem Ruder laufen. Als vorteilhaft erwies sich, Diskussionen im Plenum voranzuplanen und zeitlich zu begrenzen.

Als hilfreich erwies sich die Führung von Protokollen, mit welchen jedes Teammitglied schnell und effektiv auf denselben Wissenstand gebracht werden konnte. Ein permanenter Informationsaustausch zwischen den Fachbereichen lässt nur bedingt einen Fortschritt zu. Vorteilhafter ist eine kurze Standortbestimmung am Anfang einer Planungssession. Die neu gewonnenen Erkenntnisse können so in kurzer Zeit effektiv an alle weiter gegeben werden.

Die Planung hängt eng mit der Kommunikation im Team zusammen. Mit den oben erwähnten Inputs im Plenum kann die provisorische Planung gut abgeglichen und wenn nötig abgeändert werden. Nicht zuletzt diesen Umständen ist es zu verdanken, dass die Arbeit innert der gesetzten Fristen zu Stande kam.

Positive Erfahrungen konnten mit dem Morphologischen Kasten gesammelt werden. Die Erstellung direkt an der Wand der Teaminsel erlaubte es, die möglichen Alternativen gleichzeitig mit den bereits fixierten Punkten immer vor Augen zu haben. Diese Konstellation förderte eine speditive und konstruktive Arbeitsweise.

12.4 Risiken und offene Punkte

Während den Arbeiten in PREN 1 wurden periodisch die Risiken überprüft und falls notwendig entsprechende Gegenmassnahmen getroffen.

Bisherige Risiken	Getroffene Gegenmassnahmen
Budget Überschreitung	Budgetplan aufstellen und Kosten fortlaufend überwachen.
Nichteinhalten von Terminen	Im Projektplan wurden „Reservezeiten“ eingeplant sowie die Termine vom Projektleiter überwacht. Zusätzlich wurden eine Pendenzenliste und Aufgabenverteilung geführt.
Starke Fokussierung auf ein Produkt / Lösung	Es wurde immer versucht möglichst unvoreingenommen eine Analyse durchzuführen. Zusätzlich wurde ein alternatives Lösungskonzept erarbeitet und teilweise weiterverfolgt.
QR-Code nicht erkannt, nicht auswertbar	Verschiedene Kameras wurden getestet, ebenfalls wurden unterschiedliche Belichtungseinstellungen versucht.
Orientierungsverlust	Im Labor wie auch auf dem Parcours wurden verschiedene Versuche durchgeführt mit den Ultraschall-Sensoren. Soweit möglich wurde die optimale Position der Sensoren eruiert.
Akku Leistung reicht nicht	Die benötigte Leistung wurde von einzelnen Bauteile gemessen und von den noch nicht vorhandenen gemäss Datenblatt berechnet. Anhand dieser Berechnungen müsste der Akku genügend Leistung haben. Da es jedoch ein Occasion Modell ist, wird sich die „Langzeit-Leistung“ erst im PREN 2 zeigen. Im Budget wurden die Kosten für einen neuen Akku reserviert.
Schlupf zwischen Antrieb- und Raupen	Damit kein zu grosser Schlupf entsteht, wird die Vorspannung angepasst, sowie auf eine formschlüssige Kraftübertragung geachtet.
Schlupf zwischen Raupen und Fahrbahn	Möglicherweise besteht ein zu grosser Schlupf zwischen den Raupen und der Fahrbahn. Diesem kann mit mehr Gewicht oder einer anderen Gummimischung entgegen gewirkt werden. Das Anfahrverhalten wird ebenfalls entsprechend angepasst.

Tabelle 11: Risiken in PREN 1

In der Tabelle 11 wurden die grössten und noch offenen Risiken aus PREN 1 aufgeführt. Viele Risiken werden wir erst in PREN 2, sobald alle Komponenten vorhanden sind, testen und eliminieren können. Es ist davon auszugehen, dass in PREN 2 weitere, neue Risiken dazukommen werden.

12.5 Ausblick auf PREN 2

Die in PREN 1 gewonnenen Erkenntnisse in der Planung, sollen für den zweiten Teil übernommen werden. Ein kontinuierlicher Informationsaustausch zwischen den Fachbereichen soll gezielter in den dafür vorgesehenen Zeitfenstern stattfinden. Raum für den spontanen Wissensaustausch soll trotzdem weiterhin zur Verfügung stehen. In der Umsetzungsphase sollte vermehrt auf eine raschere Festlegung bei Lösungsansätzen geachtet werden. Hier wurde in PREN 1 oftmals zu viel Zeit verbraucht.

Die Planung läuft parallel zur Umsetzung weiter. Raum für Anpassungen soll es weiterhin geben, ist jedoch zu minimieren. Das Team 32 ist überzeugt, die vorherrschende Gruppendynamik weiter positiv zu nutzen. Ziel soll es sein, an der Erfindermesse dem Publikum einen einwandfrei funktionierenden Arcticos zu präsentieren und die Aufgabenstellung zu erfüllen.

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 ² C, serieller Datenbus
I/O	Input / Output, Eingang / Ausgang
LED	Light emitting diode; Leuchtdiode
MC	Mikrocontroller
PWM	Pulse width modulation; Pulsbreitenmodulation
PREN	Modul Produktentwicklung (HSLU T&A)
QR-Code	Quick Response-Code; zweidimensionaler Strich- resp. Punkte-Code
SCL	IIC-Bus Taktleitung
SDA	IIC-Bus Datenleitung
USB	Universal Serial Bus
WLan	Wireless Local Area Network; drahtloses lokales Netzwerk

Tabelle 12: Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Fachbereich
ET	Elektronik
IT	Informatik
MT	Maschinentechnik
WI	Wirtschaftsingenieur Innovation

Tabelle 13: 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: Organigramm Team 32	5
Abbildung 9: Projektplan.....	7
Abbildung 10: Parcours Übersicht.....	8
Abbildung 11: Mögliche Zielmärkte	11
Abbildung 12: REGA-Helikopter	12
Abbildung 13: Lawinenhelikopter der ETH Zürich.....	13
Abbildung 14: Roboter OFRO	15
Abbildung 15: Förderband Flughafen.....	17
Abbildung 16: Yobot Gepäckverwaltung.....	17
Abbildung 17: Handzeichnungen Logo.....	19
Abbildung 18: Logo Team 32, Arcticos.....	19
Abbildung 19: Erste Designüberlegungen	20
Abbildung 20: zielmarktorientiertes Design.....	21
Abbildung 21: zielmarktorientiertes Design 2.....	21
Abbildung 22: Schnittstellen Übersicht.....	22
Abbildung 23: Flussdiagramm Parcours	24
Abbildung 24: Routenplan.....	25
Abbildung 25: Ablaufdiagramm Kommunikation zwischen Arduino und Raspberry Pi.....	26
Abbildung 26: Elektronik Blockschema	28
Abbildung 27: Arduino Mega 2560	29
Abbildung 28: Raspberry Pi	29
Abbildung 29: Ultraschallsensor HC-SR04.....	29
Abbildung 30: Abgeänderte Designstudie.....	32
Abbildung 31: Konzept Spannrad.....	33
Abbildung 32: Prototyp Raupen- / Rad-Federung.....	35
Abbildung 33: LEGO-Prototyp	35
Abbildung 34: Prototyp Wanne.....	35
Abbildung 35: Aufbau URL (HSLU, 2012).....	37
Abbildung 36: Mögliche Standpräsentation.....	39
Abbildung 37: Geplante Ausgaben.....	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertungsmatrix	11
Tabelle 2: Marktpotenzial Lawinenrettung-Roboter	14
Tabelle 3: Marktpotenzial Überwachungsroboter	15
Tabelle 4: Marktpotenzial Gepäckserviceroboter	17
Tabelle 5: Befehls-Code Übersicht und mögliche Antworten	27
Tabelle 6: Antwort-Code Übersicht	27
Tabelle 7: Parknummer-Code Übersicht	27
Tabelle 8: Behandlung von Ausnahmesituationen.....	38
Tabelle 9: Zeitaufwand PREN 1	40
Tabelle 10: Einkauf PREN 1.....	41
Tabelle 11: Risiken in PREN 1	43
Tabelle 12: Abkürzungsverzeichnis	45
Tabelle 13: Abkürzungen Fachbereiche	45

Quellcodeverzeichnis

Quellcode 1: QR-Code Erkennung.....	36
Quellcode 2: http get-Request Parkplatz Nummer	37

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
- Baumann, R. (29. 05 2010). *Studenten bauen Mini-Helikopter für Lawinenopfer*. Abgerufen am 29. 11 2012 von Tages Anzeiger: <http://www.tagesanzeiger.ch/wissen/technik/Studenten-bauen-MiniHelikopter-fuer-Lawinenopfer/story/22710938>
- Blum, G. (04. 01 2011). *Lawinenunglück jährt sich zum ersten Mal*. Abgerufen am 29. 11 2012 von BZ Berner Zeitung: <http://www.bernerzeitung.ch/region/thun/Lawinenunglueck-jaehrt-sich-zum-ersten-Mal/story/26520401>
- Freescale Semiconductor. (2009). *MC9S08QG4*. Abgerufen am 22. 12 2012 von 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>
- Götte, S. (2007). *Marketing Einführung mit Fallbeispielen und Übungsaufgaben*. München: Franz Vahlen.
- HSLU. (2012). *PREN QR code Homepage*. Abgerufen am 12. 12 2012 von <http://147.88.213.74/>
- Hsyndicate. (19. 05 2011). *Yobot | Robot Luggage Handler Highlights Futuristic Hotel*. Abgerufen am 07. 12 2012 von Hsyndicate: <http://www.hsyndicate.org/news/4051443.html>
- HTL PERG. (06. 06 2011). *Flugdrohne zur Lawinensuche*. Abgerufen am 29. 11 2012 von Factory Education: http://www.factorynet.at/home/artikel/HTLBLA_Perg/Flugdrohne/aid/6947
- 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
- Kotler, P., & Bliemel, F. (2005). *Marketing-Management. Analyse, Planung und Verwirklichung* (10. Ausg.). München: Pearson Studium.
- Portes du Soleil. (2012). *Das Skigebiet*. Abgerufen am 29. 11 2012 von <http://de.portesdusoleil.com/skigebiet.html>
- 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
- Rega. (2011). *Die Rega in Kürze*. Abgerufen am 29. 11 2012 von <http://www.rega.ch/de/ueber-uns/in-kuerze.aspx>
- Robowatch.de. (2012). *Robowatch*. Abgerufen am 29. 11 2012 von <http://www.robowatch.de/>
- Skiresort.de. (2012). *Skigebiete Schweiz*. Abgerufen am 29. 11 2012 von <http://www.skiresort.de/skigebiete/europa/schweiz/>
- Spykeeworld.com. (2012). *SPYKEE the Spy robot*. Abgerufen am 29. 11 2012 von <http://www.spykeeworld.com/spykee/US/index.html>

- STMicroelectronics. (2003). *L6205*. Abgerufen am 07. 12 2012 von
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
- STMicroelectronics. (2012). *L78S05CV*. Abgerufen am 07. 12 2012 von
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
- Texas Instruments. (2009). *TL7712A*. Abgerufen am 07. 12 2012 von
<http://www.ti.com/lit/ds/slvs028i/slvs028i.pdf>
- WowWee. (2012). *Rovio Mobile Webcam*. Abgerufen am 29. 11 2012 von WowWee:
<http://www.wowwee.com/en/products/tech/telepresence/rovio/rovio>

Anhang

i.	Aufgabenstellung (Original)	52
ii.	Recherche.....	59
a.	Elektrotechnik	59
b.	Antrieb.....	60
c.	Mikrokontroller	61
d.	Datenübertragung.....	62
e.	QR-Code	62
iii.	Produktanforderungen	64
a.	Allgemeine Anforderungen	64
b.	Allgemeine Parcoursbedingungen	64
c.	Dimension des Parcours	65
d.	Randbedingungen Unterstand	65
e.	Tafel mit QR-Code	66
f.	Randbedingungen Fahrzeug.....	66
iv.	Logo Entwürfe und Design Skizzen	68
a.	Logo Entwürfe	68
b.	Design Skizzen	69
v.	Elektrotechnik Laborversuche	70
a.	Motorentreiber	70
b.	Kompassensensor.....	72
c.	Laborversuche Fazit.....	72
vi.	Berechnungen	73
a.	Motorberechnung	73
b.	Fazit Motorberechnung.....	74
vii.	Kostenübersicht	75
viii.	Meilensteinberichte.....	76
a.	Meilenstein 1.....	76
b.	Meilenstein 2.....	77
c.	Meilenstein 3.....	78

Anhang – Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Logo Design Entwürfe	68
Abb. 2: Design Skizze 1	69
Abb. 3: Design Skizze 2	69
Abb. 4: Design Skizze 3	69
Abb. 5: Schaltung Motoren Treiber L6205 (STMicroelectronics, L6205, 2003)	70
Abb. 6: Laboraufbau Motorentreiber.....	70
Abb. 7: Messung Motorentreiber 1.....	71
Abb. 8: Messung Motorentreiber 2.....	71
Abb. 9: Kräfte diagram	73

Anhang – Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Recherche Elektrotechnik.....	60
Tab. 2: Recherche Antrieb.....	61
Tab. 3: Recherche Mikrokontroller	61
Tab. 4: Recherche Datenübertragung	62
Tab. 5: Recherche QR-Code.....	63
Tab. 6: Allgemeine Anforderungen	64
Tab. 7: Allgemeine Parcoursbedingungen.....	64
Tab. 8: Dimension des Parcours	65
Tab. 9: Randbedingungen Unterstand	65
Tab. 10: Randbedingungen Tafel mit QR-Code	66
Tab. 11: Randbedingungen Fahrzeug.....	67
Tab. 12: Kostenübersicht PREN 1 und PREN 2	75

i. Aufgabenstellung (Original)

Projektmodul Produktentwicklung PREN 12 / 13

Aufgabenstellung PREN1 Herbstsemester 201219. September 2012
Adrian Omlin

Autonomes Erkundungsgerät

1	Einleitung	2
2	Aufgabe	2
2.1	Ausblick auf PREN 2	3
3	Randbedingungen	3
3.1	Parcours, Position QR-Code und Lage der Unterstände	3
3.2	Unterstand	4
3.3	Zu realisierendes System	4
3.4	Material und Beschaffung	5
3.5	Kosten.....	5
4	Ausführung und Bewertung PREN1	6

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

Die aktuellen Herausforderungen in der Produktentwicklung lassen sich meist nicht mehr von einer einzelnen Disziplin lösen. Deshalb erarbeiten an der Hochschule Luzern - Technik & Architektur Teams aus Studierenden der Studiengänge Elektrotechnik, Informatik, Maschinentechnik und Wirtschaftsingenieurwesen Lösungen zu einer interdisziplinären, exemplarischen Aufgabenstellung.

In PREN 1 im Herbstsemester erarbeitet jedes Teams ein Lösungskonzept. In PREN 2 im folgenden Frühjahrssemester bauen die Teams basierend auf ihrem Lösungskonzept ein Funktionsmuster, um die Tauglichkeit des Konzepts zu beweisen. Parallel dazu werden während beiden Semestern wirtschaftliche und gestalterische Aspekte untersucht.

Zentral in PREN ist die strukturierte, professionelle Projektabwicklung unter Anwendung des in Kontext 1 und 2 sowie in den fachspezifischen Modulen Gelemtten. Die Arbeit soll in späteren Projektaufgaben als Beispiel für die Vorgehensweise und die Projektdokumentation dienen.

2 Aufgabe

Im HS12 und FS13 realisieren Sie ein System, das aus einem mobilen Gerät (fahrend, fliegend, schreitend,) und – falls als notwendig erachtet – aus einer stationären Steuerung besteht. Das Gerät soll in möglichst kurzer Zeit folgende Aufgaben erfüllen:

- selbstständige Bewegung aus dem Startraum heraus
- einlesen eines vom Startraum aus nicht sichtbaren QR-Codes mittels einer auf dem Gerät befindlicher Sensorik
- parkieren in oder auf einem Unterstand. Die Nummer des Unterstandes, in welchem parkiert werden muss, ist online mithilfe des QR-Codes abzuholen.

Zusätzlich kann ein stationärer Rechner (PC / Laptop / Tablet / Smartphone...) eingesetzt werden. Der QR-Code muss aber vom bewegten Gerät aus eingelesen werden. Dem Publikum, das Ihr Gerät beim Absolvieren des Parcours beobachtet, muss sobald als möglich die auf der Webseite gefundene Nummer des Unterstandes bekannt gegeben werden. Das kann optisch, akustisch, auf dem Gerät, auf einem stationären Bildschirm etc. erfolgen.

Der Parcours, seine Beschaffenheit, die Platzierung des QR-Codes sowie die Lage der Unterstände ist in Kapitel 3.1 genauer beschrieben.

Die Hauptaufgabe in PREN 1 ist das Erarbeiten eines Konzeptes. Aus diesem Gesamtkonzept soll auch im Detail ersichtlich sein, wie das System, das Sie in PREN 2 realisieren werden, aufgebaut sein wird.

Der Lösungsansatz für einzelne kritische Teilprobleme muss in PREN 1 durch den Aufbau von Teilfunktionsmustern verifiziert werden.

Im Sommer 2013 findet an der HSLU T&A eine Erfindermesse statt. Sie werden Ihr System dort präsentieren. An dieser Erfindermesse wird auch ein Wettbewerb ausgetragen, an der Ihr Gerät die oben beschriebenen Aufgaben in möglichst kurzer Zeit demonstrieren soll.

Ziel ist es letztendlich, einen Unternehmer so von Ihrer Entwicklung zu überzeugen, dass er Ihnen diese nach dem Wettbewerb abkaufen und zu einem Produkt weiterentwickeln möchte. Um ihn zu überzeugen, dass sich das resultierende Produkt erfolgreich am Markt platzieren lässt, müssen Sie eine Zielsegment- und Bedürfnisanalyse erstellen.

Selbstverständlich ist auch das Design Ihres Gerätes ein wichtiger Motivationsfaktor und daher Bestandteil des Gesamtkonzepts.

Machen Sie für Ihr Team einen Internetauftritt, auf dem über Ihr Projekt informiert wird und auf dem ab Semesterwoche 8 wöchentlich der aktuelle Entwicklungsstand dargestellt ist.

2.1 Ausblick auf PREN 2

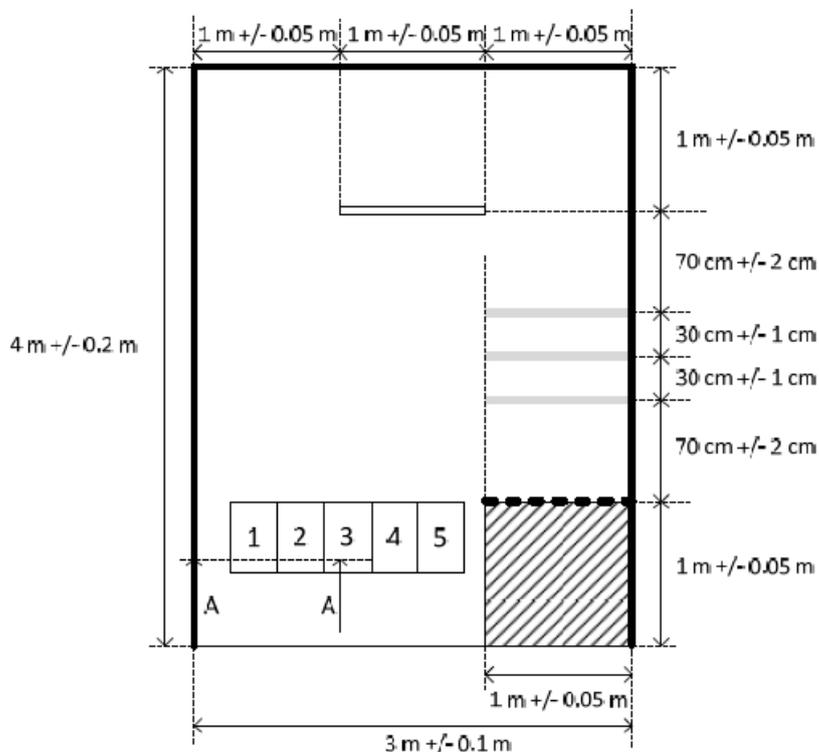
In PREN 2 wird das System basierend auf dem in PREN 1 erarbeiteten Lösungskonzept aufgebaut und ausgetestet. Höhepunkt bildet die in den Kompetenznachweis integrierte Erfindermesse mit dem Wettbewerb.

Nebst der Realisierung des Systems werden Sie sich in PREN 2 auch intensiv mit der Marketingkonzeption und der Gestaltung Ihres Messeauftritts beschäftigen.

3 Randbedingungen

3.1 Parcours, Position QR-Code und Lage der Unterstände

Der Parcours, auf dem oder über den sich Ihr Gerät bewegen wird, ist in folgender, nicht massstäblicher Abbildung dargestellt. Ebenfalls eingezeichnet sind die Lage des Brettes, auf dem der QR-Code angeschlagen ist, und die Garagen.



-  Bande, Höhe 10 cm (+/- 5 mm), Innenseite rot
-  Halbrundhölzer, Höhe 1 cm (+/- 1 mm)
-  Tafel mit QR-Code
-  Startlinie
-  Startfläche
-  Unterstand

Abbildung 1: Fahrbahn, Ansicht von oben, nicht massstäblich

Die Fahrbahn besteht aus Spanplatten. An den auf der Abbildung 1 vorgegebenen Positionen sind Halbrundhölzer montiert. Die Halbrundhölzer haben eine Höhe von ca. 1 cm (Toleranz +/- 1 mm) sind 1 m +/- 1 cm breit und mit Nägeln auf den Spanplatten angebracht. Die Spanplatten sind ebenfalls mit Nägeln auf dem Grundrahmen befestigt. Es ist mit kleinen Fugen zu rechnen.

Die äussere Begrenzung der Fahrbahn erfolgt mit einer 10 cm hohen, innen rot eingefärbten Bande. Die Startlinie wird mit Klebeband (weisses Abdeckband) markiert.

Die Fahrbahn darf nicht verändert werden. D.h. es dürfen keine Führungsschienen oder zusätzliche Navigationsmittel angebracht werden. Einzig innerhalb der Startfläche darf ein Stativ für eine Kamera aufgestellt werden.

Der QR-Code ist auf einer senkrecht stehenden Tafel auf der der Startlinie abgewandten Seite angeschlagen. Die Grösse des QR-Codes ist ca. 5 x 5 cm. Der Mittelpunkt ist ca. 13 cm über der Fahrbahn. Die Tafel hat eine Breite von 100 cm (+/- 5 cm), eine Höhe von 30 cm (+/- 5 cm) und eine Dicke von 1 cm +/- 1 cm. Die Stabilisierung auf der Fahrbahn erfolgt mit Leisten.

Das Startsignal erfolgt akustisch durch Zählen („Drei, Zwei, Eins, Start!“).

Die Endzeit wird mit einer Stoppuhr gemessen, sobald das Gerät im Unterstand parkiert ist.

3.2 Unterstand

Die Unterstände sind 40 cm +/- 2 cm tief sowie vorne und hinten offen. Folgendes Bild zeigt den in Abbildung 1 markierten Querschnitt AA:

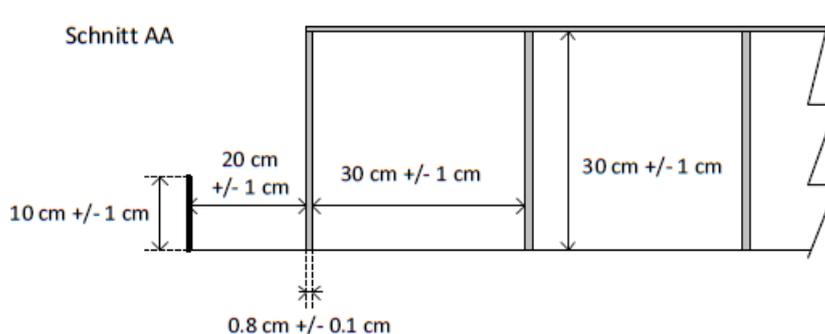


Abbildung 2: Querschnitt AA durch die Unterstände 1 und 2, nicht massstäblich

Die Seitenwände und das Dach des Unterstandes sind aus Plexiglas. Die Front (grau in Abbildung 2) wird blau eingefärbt.

3.3 Zu realisierendes System

Wie gross oder klein Ihr Gerät wird, ist Ihnen überlassen. Es muss natürlich in der Lage sein, den QR-Code auf der Rückseite des Brettes zu erkennen und es muss komplett im Unterstand Platz finden.

Das System (Gerät, Steuerung, Kommunikation...) muss eine Eigenkonstruktion sein. Einzelne Systemkomponenten wie z.B. das Lenkgetriebe eines Modellautos oder ein Sendemodul dürfen zugekauft und eingesetzt werden.

Jede Disziplin muss einen nachweisbaren Beitrag zum Erfolg leisten.

Das Gerät muss den Rundkurs autonom absolvieren. Nach dem Startbefehl dürfen keine Eingriffe mehr vorgenommen werden. Zum Starten darf das Gerät berührt werden (z.B. Startknopf auf dem Gerät). Ein automatischer Start oder ein Start über Funk ist natürlich eleganter.

Es ist erlaubt, das Gerät mittels Fernsteuerung von einem stationären Rechner (PC / Laptop / Tablet / Smartphone..) aus zu steuern. Auch hier sind natürlich nach dem Start keine Eingriffe mehr erlaubt.

Der QR-Code muss mit einer auf dem Gerät angebrachten Sensorik erkannt werden.

Zur Navigation des Gerätes darf eine Kamera eingesetzt werden. Die Kamera darf auf dem Gerät selbst oder auf einem Stativ im Startraum montiert sein.

Am Wettbewerb anlässlich des Kompetenznachweises in PREN2 haben Sie vor dem Start maximal 5 Minuten Zeit, um das System startklar zu machen und die Situation zu analysieren.

3.4 Material und Beschaffung

Wird bereits in PREN 1 für Tests oder für den Aufbau von Funktionsmustern Material benötigt, so kann der Kauf beim betreuenden Dozierenden beantragt werden. Der Entscheid zur Beschaffung obliegt dem betreuenden Dozenten oder dem Dozententeam.

Damit Sammelbestellungen getätigt werden können, soll das beschaffte Material vorzugsweise von folgenden Lieferanten kommen:

- Conrad Electronic
- Distrelec
- Mädler
- Famell

Wenn nötig, kann Material auch bei andern Lieferanten bestellt werden.

Wird Material vom Team selber eingekauft, können die Kosten zurückgefordert werden. Das ist nur bei Vorhandensein des Originals des Kaufbeleges möglich.

Es wird dringend abgeraten, Material im Ausland zu bestellen, da die Lieferkosten und die Zollgebühren sehr hoch sind und oft beträchtliche Lieferzeiten bestehen.

Die Hochschule hat aus ehemaligen PREN-Durchführungen einiges an Material an Lager wie Servoantriebe, DC- und Schrittmotoren (detaillierte Liste siehe ILIAS). Dieses Material kann ausgeliehen werden.

3.5 Kosten

Für den Bau der Teilfunktionsmuster in PREN 1 und für die Realisierung des Systems in PREN2 stehen Ihnen als Team insgesamt CHF 600.- zur Verfügung. Davon dürfen maximal CHF 200.- in PREN 1 ausgegeben werden.

Aus diesem Betrag müssen sämtliche Kaufteile sowie allfällige Hardware bezahlt werden. Die Kosten für Normteile wie Schrauben, Lager, Rohmaterial, Widerstände, Kondensatoren usw. werden nicht verrechnet, sofern die Teile gemäss Lagerliste in den Werkstätten der HSLU - T&A am Lager sind. (Detaillierte Liste siehe ILIAS).

Die Verwendung von „gesponserten“ Komponenten ist möglich. Um kein Team zu benachteiligen, werden diese Komponenten, auch wenn der HSLU keine Auslagen entstehen, mit einem realistischen Preis in die Kostenrechnung einbezogen.

Private Laptops fallen nicht in die Kostenrechnung. Verwendete Netz- und Ladegeräte fallen ebenfalls nicht in die Kostenrechnung, ausser wenn Sie extra für diese Anwendung beschafft und von der Hochschule Luzern bezahlt werden.

Das von der HSLU zum Bau der Teilfunktionsmuster ausgeliehene Material wird ebenfalls verrechnet, und zwar zum halben Listenpreis. Sobald Sie das Material in einwandfreiem Zustand

zurückgeben, wird Ihnen der entsprechende Betrag wieder gutgeschrieben. Wenn Sie das Material in PREN 2 verwenden möchten, wird es Ihnen ebenfalls zum halben Kaufpreis verrechnet.

Die Nutzung von freien Softwarekomponenten oder -services (z.B. Auswertung des QR-Codes) ist zulässig und belastet die Kostenrechnung nicht.

Ein von der HSLU ausgeliehenes HCS08 µP-Starterkit wird mit CHF 50.- in der Kostenrechnung aufgeführt. Das Depot beträgt CHF 100.-.

Es können Bauteile im Rapid Prototyping Verfahren mit dem 3-D Drucker der HSLU - T&A hergestellt werden. Im Fablab lässt sich mit einem Lasergerät Plexiglas zuschneiden.

Die Kosten für die Arbeitszeit von Mitarbeitenden der HSLU - T&A zur Herstellung von Teilen sind in den oben erwähnten CHF 600.- nicht miteingerechnet.

Jedem Team stehen für PREN1 und PREN2 zusammen folgende Hilfen zur Verfügung:

- maximal 25 h Maschinenlaufzeit des 3D-Druckers
- maximal 10 Arbeitsstunden des Werkstattpersonals Elektrotechnik
- maximal 10 Arbeitsstunden des Werkstattpersonals Maschinentechnik

4 Ausführung und Bewertung PREN1

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

- Kontinuierliche Projektplanung mit Vergleich von Planung und Realität
- Definition der Produkthanforderungen in einer Anforderungsliste
- Dokumentation der Technologierecherche
- Risikomanagement
- Erarbeiten von Lösungsvarianten und systematische Lösungsfindung
- Vollständige, verständliche und nachvollziehbare Dokumentation des Gesamtkonzepts inkl. Designüberlegungen
- Professionelle Zielsegment- und Bedürfnisanalyse mit begründeter, nachvollziehbarer Segmentwahl
- Ein Grobkonzept, wie die Messebesucher angesprochen werden

Die Arbeit muss in einem Projektbericht dokumentiert werden. Der Aufbau der Dokumentation basiert auf den Inputs aus dem Kontextmodul 1.

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

- Technologierecherche und Produkthanforderungen (Anforderungsliste) (Testat 1 in SW4)
- Evaluation der Lösungsprinzipien und Auswahl der optimalen Lösungskombination(en); Internetauftritt aktiv (Testat 2 in SW9)
- Freigabe des Gesamtkonzepts sowie akzeptierte Zielsegment- und Bedürfnisanalyse. Dokumentation zu 80% fertig gestellt (Testat 3 in SW13)

Für den Kompetenznachweis werden die folgenden Kriterien mit der entsprechenden Gewichtung bewertet (PREN 1):

Kriterien	Gewichtung
Teamarbeit und Arbeitsweise Arbeitsplanung / Problemerkennung / Konfliktbewältigung / Systematik / Informationsbeschaffung / Interdisziplinarität / Projektmanagement persönlicher Einsatz / Initiative / Effizienz / Arbeitsmenge	20 %
Resultate und Ergebnisse Innovationsgehalt / technische Machbarkeit / technische Richtigkeit / Vollständigkeit / Systemaspekte / Zusammenspiel über die Grenzen der Disziplinen / Wirtschaftlichkeit / Nachvollziehbarkeit / Ausführung / Technologierecherche / Produktanforderung Bewertung Marktbezug: Zielsegment- und Bedürfnisanalyse, Wahl der Zielgruppe, Glaubwürdigkeit Bewertung Technik: Konzept, Funktionalität, Einfachheit, Herstellbarkeit, Wartbarkeit, sinnvoller Einsatz von Technologien (Sensoren, Aktoren wie Antriebe mit Ansteuerung, Energieversorgung, Systemsteuerung), Layout, Zuverlässigkeit, Wärmeentwicklung Softwarearchitektur, Softwarestruktur, Schnittstellen, Bedienbarkeit, Reaktionszeiten (Teil-)Funktionsmodelle	50 %
Dokumentation Formales / Aufbau / Integration der Disziplinen / Sprache / Vollständigkeit / Verständlichkeit / Kohärenz / Abbildungen / Tabellen / Quellenangaben	20 %
Präsentation Beginn / Schluss / Sprache / Inhalt / Verständlichkeit / Vorgehen / nonverbale Aspekte / Einsatz visueller Hilfsmittel	10 %

Wir erwarten eine Zusammenarbeit über die Grenzen der Disziplinen hinweg. Innerhalb der Disziplinen bzw. der technischen Vertiefungsrichtungen der angehenden Wirtschaftsingenieure steht die Anwendung des Ingenieurwissens im Vordergrund. Die Auswahl und Bewertung der durch die Nutzbarmachung ermöglichten Einsatzszenarien ist nicht nur Sache der angehenden Wirtschaftsingenieure.

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. Recherche
a. Elektrotechnik

Themengebiete Stichworte	Wertung (1 – 10)	Quelle	Beschreibung
Antrieb			
Schrittmotor	6	http://www.deltron.ch/pdf/produkte/motoren/Schrittmotor_kurz_erklaert_d.pdf	Funktionsbeschreibung von Schrittmotoren
DC-Motor	8	http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/motdc.html7	Funktionsbeschreibung von DC-Motoren / Getriebemotoren.
Ansteuerung			
Schrittmotor	7	http://www.rn-wissen.de/index.php/Schrittmotoren	Motorenansteuerung für Schrittmotoren.
DC-Motor	9	http://www.skilltronics.de/versuch/elektronik_pc/l293.html	Motorentreiber für Ansteuerung von DC-Motoren mittels PWM.
Berechnung			
Drehmoment	10	http://www.roboter-netz.de/phpBB2/motordrehmoment.php	Motorenberechnung
Sensoren / Navigation			
Sensoren	10	http://www.rn-wissen.de/index.php/Sensorarten	Übersicht über die gängigsten Sensorenarten.
Ultraschall	8	http://www.rn-wissen.de/index.php/Ultraschall-sensor_SRF02_am_RN-Board	Funktionsweise und Ansteuerung von Ultraschallsensoren.
Infrarot	7	http://www.erkennnshorizont.de/robotik/sensoren/ir-module.c.php?screen=800	Funktionsweise eines Infrarotsensors.
Kompass	4	http://www.classic.nxp.com/acrobat_download2/various/SC17_GENERAL_MAG_98_1.pdf	Angaben zu Kompass, Magnetfeldsensor.
Bildererkennung	3	http://opencv.org/	Plattform unabhängige Navigation durch Bildererkennung.
Kinect	6	http://www.hardware-infos.com/news.php?news=3766	Aufbau und grundlegende Funktion des Kinectsensors / 3D Kamera
Spannungsversorgung			
Brennstoffzelle	1	http://www.nonmet.mat.ethz.ch/education/courses/Ceramic_Laboratory_Practice/9_Brennstoffzelle.pdf	Funktionsweise einer Brennstoffzelle. -> bringen zu wenig Leistung oder sonst zu teuer.
Akku	7	http://www.lipomonitor.ch/umgang_mit_lipo_akkus.php	LiPo-Akkus schalten, laden,...

Verschiedene Akku Typen	8	http://www2.ife.ee.ethz.ch/~rolfz/batak/index.html	Sehr gute Übersicht von Batterien und Akku, inkl. Tests und Technische Angaben
Spannungsregler	8	http://letsmakerobots.com/node/3880	Stabile Spannungsversorgung erstellen

Anzeige

Siebensegment	8	http://www.strippenstrolch.de/1-2-16-die-7-segment-anzeige.html	Funktionsweise und Ansteuerung einer Siebensegment Anzeige.
LCD-Anzeige	8	http://www.stefan-buchgeher.info/elektronik/lcd/lcd.html	Aufbau und Ansteuerungsmöglichkeiten eines LCD-Display

Tab. 1: Recherche Elektrotechnik

b. Antrieb

Themengebiete Stichworte	Wertung (1 – 10)	Quelle	Beschreibung
Kettenantrieb	7	http://de.wikipedia.org/wiki/Kettenfahrzeug	Grosse Fahrzeuge wie Panzen und Pistenfahrzeug
RC- Modelbau, Panzerbau	8	http://www.rc-panzerketten-forum.com/wbb2/jgs_portal.php?sid=	Bauanleitungen und Diskussionen zum RC Panzerbau
RC-Pistenfahrzeug	10	http://www.pistenraupenforum.net/	Bauanleitungen und Diskussionen zum RC Pistenfahrzeugbau
Conrad	6	http://www.conrad.ch/ce/de/overview/1210058/Raupenketten-Zubehoer	Händler von Modellbau-Raupen und Zubehör
RC- Tank	9	http://www.rctank.de/	Händler von Modellbau- Panzer und Zubehör
Lego-Ketten	6	http://www.lego.ch	Legoketten
Raupenantrieb	3	http://www.tjd.ca/shoppingtjd/prodcat.php?c=Ng=&lang=fr	Hersteller von Raupenausätzen für ATV, wenig technische Infos
Designinput	4	http://w3-o.cs.hm.edu/~nischwit/diplom/Alt_vortrag.pdf	PDF-File über tEODor (Aufklärungsroboter), als Designanreiz
Differential-ge- triebe RC	4	http://www.rc-news.de/01/2009/3racing-ax10-dig-system/	RC-Differential
Entwicklung Fahr- werk RoboCu- pRescue	10	http://blog.fh-kaernten.at/robocuprescue-robotteam/files/2012/09/Fahrwerksentwicklung_Quendler.pdf	Bachelorarbeit zum Thema Roboter-aufbau, sehr viele gute Infos
Radaufhängung	8	Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik	Alles rund ums Automobil

Mobile Roboter	10	http://www.ulrichc.de/	Spezialisiert auf Roboterplattformen für mobile Roboter
Radaufhängung	5	http://www.christiani.de/pdf/74995_probe.pdf	Informationen zu Radaufhängungen
Div. Räder	6	http://www.haertle.de/rc+modellbau/rc+car+zubehoer/reifen+felgen+rader/rc+massstab/offroad+1+10/	Katalog für RC-Räder, gute Übersicht für diverse Räder

Tab. 2: Recherche Antrieb

c. Mikrokontroller

Themengebiete Stichworte	Wertung (1 – 10)	Quelle	Beschreibung
IOIO für Android	5	https://github.com/ytai/ioio/wiki https://www.sparkfun.com/products/10748	Auf der Platine befinden sich insgesamt 48 I/O-Pins, die jeweils als digitaler In- oder Output fungieren können. Des Weiteren bietet sie bis zu 16 analoge Eingänge, bis zu neun PWM-Ausgänge, bis zu vier UART-Kanäle und bis zu drei SPI-Kanäle sowie drei TWI-Kanäle.
Raspberry Pi	5	http://www.RaspberryPi.org/	Ein-Chip System mit 700MHz Hauptprozessor. Ethernet und USB-Anschluss.
Hackberry	8	https://www.miniand.com/products/Hackberry%20A10%20Developer%20Board	Allwinner A10 Prozessor, 1.2Ghz, Ethernet, WiFi 802.11n, Mali400-GPU, USB, Audio
Arduino	7	http://www.arduino.cc/	Atmel AVR-Mikrocontroller mit I/O-Board, USB. C / C++ (IDE:Java)
Netduino	8	http://www.netduino.com/	Das Netduino ist ein Open-Source Mikrocontrollerboard welches über das .NET Micro Framework programmiert werden kann. Je nach Version 20GPIOs mit SPI, I2C, UARTS, PWM und ADC Kanäle.

Tab. 3: Recherche Mikrokontroller

d. Datenübertragung

Themengebiete Stichworte	Wertung (1 – 10)	Quelle	Beschreibung
Bluetooth	7	http://de.wikipedia.org/wiki/Bluetooth http://www.mikrocontroller.net/articles/Bluetooth	Datenübertragung über kurze Distanz. Es sind verbindungslose sowie verbindungsbehaftete Übertragungen von Punkt zu Punkt und sogenannte Ad-hoc- oder Piconetze möglich.
ZigBee	5	http://de.wikipedia.org/wiki/ZigBee http://www.mikrocontroller.net/articles/ZigBeeModule	Funknetz-Standard für Kurzstrecken. Es ist für den Einsatz wartungsfreier Funkschalter und Funksensoren mit beschränkter Energieversorgung vorgesehen.
WLAN	8	http://de.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11 http://de.wikipedia.org/wiki/WLAN	WLAN ist ein lokales Funknetz, wobei meistens ein Standard der IEEE-802.11-Familie gemeint ist. WLANs bieten grössere Sendeleistungen und Reichweiten und bieten im Allgemeinen höhere Datenübertragungsraten.
ISM-Band / 433Mhz, 2.4GHz	3	http://de.wikipedia.org/wiki/ISM-Band	Frequenzbereich für Funkanwendungen, Datenübertragen / Videoübertragungen. Durch die gemeinsame Nutzung mit anderen Geräte kann es leicht zu Störungen kommen.

Tab. 4: Recherche Datenübertragung

e. QR-Code

Themengebiete Stichworte	Wertung (1 – 10)	Quelle	Beschreibung
QR-Code Erkennung			
Per Kamera (Beweglich)	9		Auf dem Fahrzeug wird eine bewegliche Kamera montiert, welche ein Foto schießt und einer Bildbearbeitungssoftware übergibt.
Per Smartphone (Beweglich)	9		Auf dem Fahrzeug wird ein bewegliches Smartphone montiert, welches das Foto schießt und gleich selbst verarbeitet.

Per Kamera (Fix)	10		Auf dem Fahrzeug wird eine fixe Kamera montiert, welche ein Foto schießt und einer Bildbearbeitungssoftware übergibt.
Per Smartphone (Fix)	10		Auf dem Fahrzeug wird ein fixes Smartphone montiert, welches das Foto schießt und gleich selbst verarbeitet.
QR-Code Verarbeitung			
Auslesen auf Mikrocontroller	8	http://fukuchi.org/works/qrencode/index.html.en	Mit einer C-Library den QR-Code direkt auf dem Mikrocontroller auslesen.
Auslesen auf Android Phone	9	http://code.google.com/p/zxing/	Mit einer Android Library den QR-Code auf einem Smartphone auslesen
Auslesen auf einem Laptop	10	http://www.codeproject.com/Articles/20574/Open-Source-QRCode-Library	Den QR Code über einen Laptop auslesen lassen.

Tab. 5: Recherche QR-Code

iii. 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 Vonarbug

a. Allgemeine Anforderungen

Nr.	¹ F M W	Bezeichnung	Werte / Daten Erläuterung Änderungen	Verant- wortlich
1.1	F	Projektanforderung	Dezember 2012	Team
1.2	F	Projektbudget PREN	600 Fr (200Fr PREN 1)	Team
1.3	M	Anzahl Fahrzeuge	1 Stück	Team
1.4	F	Internetauftritt	Ab Semesterwoche 8	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. 6: 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. 7: 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. 8: 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. 9: 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. 10: Randbedingungen Tafel mit QR-Code

f. Randbedingungen Fahrzeug

Nr.	¹ 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 7kg	Team
6.17	M	Vibration in allen drei Achsen	Keine Beeinträchtigungen bis 2g	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. 11: Randbedingungen Fahrzeug

iv. Logo Entwürfe und Design Skizzen

a. Logo Entwürfe



Abb. 1: Logo Design Entwürfe

b. Design Skizzen

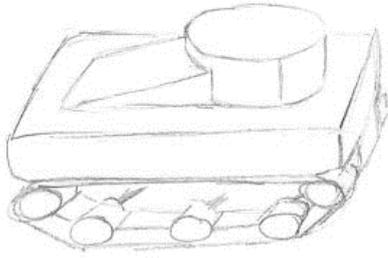


Abb. 2: Design Skizze 1

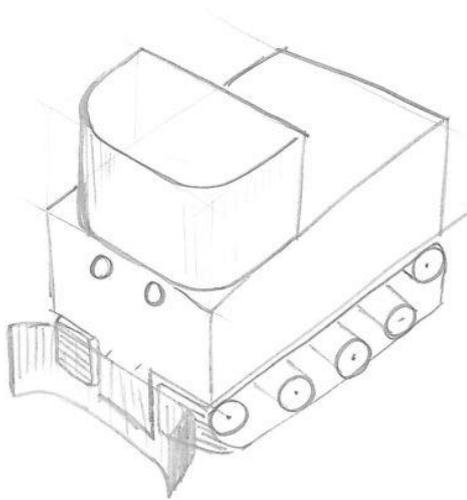


Abb. 3: Design Skizze 2

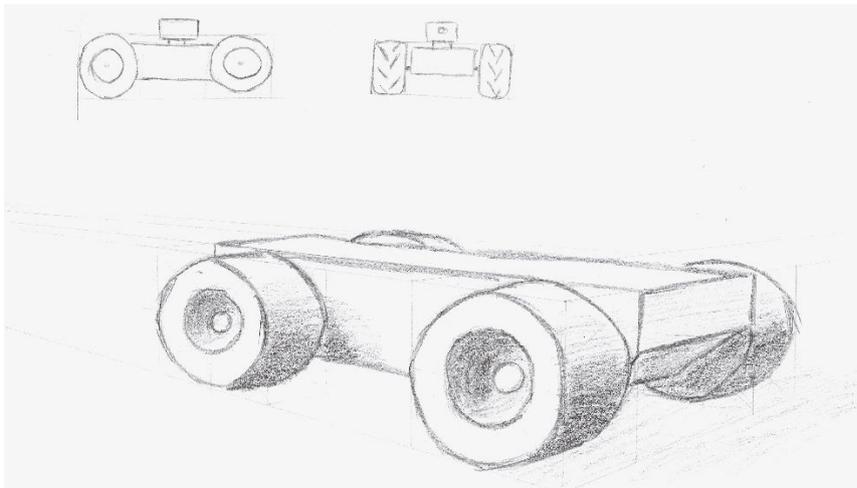


Abb. 4: Design Skizze 3

v. Elektrotechnik Laborversuche

a. Motorentreiber

Ziel

Das Ziel dieses Messversuches ist es, den Motorentreiber zu testen sowie das Verhalten der Motoren festzustellen. Allfällige Abweichungen bei der Ansteuerung und Störungen auf die Spannungsquelle sollen evaluiert werden.

Aufbau

Table 2. Component Values for Typical Application

C ₁	100µF	D ₁	1N4148
C ₂	100nF	D ₂	1N4148
C _{BOOT}	220nF	R _{ENA}	100kΩ
C _P	10nF	R _{ENB}	100kΩ
C _{ENA}	5.6nF	R _P	100Ω
C _{ENB}	5.6nF		

Figure 11. Typical Application

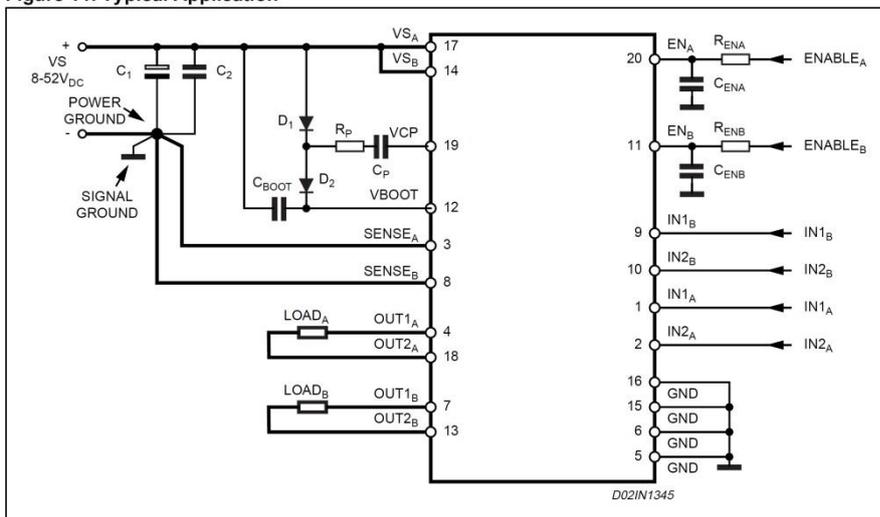


Abb. 5: Schaltung Motoren Treiber L6205 (STMicroelectronics, L6205, 2003)

Die Schaltung des Motorentreibers wurde auf einem Breadboard umgesetzt und die Ansteuerung erfolgte mit einem Arduino. In einem ersten Schritt wurde das PWM-Signal am Eingang des Motorentreibers und das Ausgangssignal auf dem Motor gemessen. Zusätzlich wurde zur Überwachung und Schutz der Bauteile der Strom in der Speisung des Motorentreibers gemessen. In einem zweiten Schritt wurde die Eingangsspannung des Motorentreibers in unterschiedlichen Betriebsituationen gemessen. Mit dieser Messung konnten die Auswirkungen der Motoren auf die Energiequelle festgestellt werden.

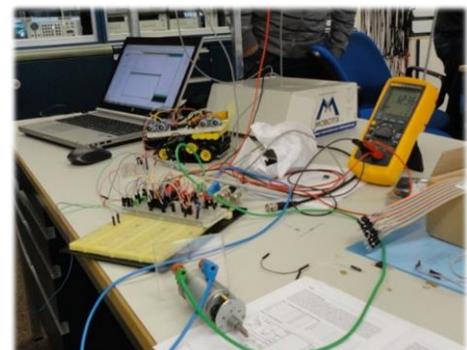


Abb. 6: Laboraufbau Motorentreiber

Ergebnis

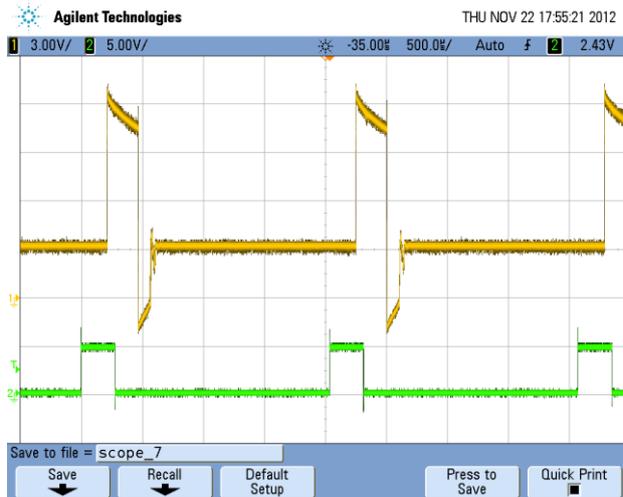


Abb. 7: Messung Motorentreiber 1
PWM Eingang (grün, unten), Motoren Ausgang (gelb, oben)

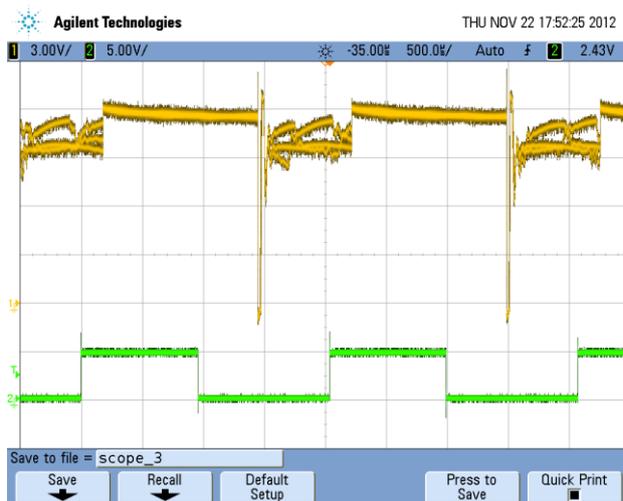


Abb. 8: Messung Motorentreiber 2
PWM Eingang (grün, unten), Motoren Ausgang (gelb, oben)

Das erzeugte PWM-Signal vom Arduino hat einen Bereich von 0 bis 255 Einheiten. In einem ersten Versuch wurde festgestellt, dass eine Pulsweite von 50% nicht der Geschwindigkeit von 50% entspricht. Die Messungen zeigten, dass erst ab einer Pulsweite von circa 12% der Motor zu rotieren beginnt. Dies ist auf Abweichungen der Logik im Motorentreiber zurückzuführen. In der Abb. 7 vom Oszilloskop sind die Spannungen am PWM Eingang (grün) und am Motorenausgang (gelb) kurz nach dem Einschalten des Motors ersichtlich. Bei einer Pulsweite unter 12% liegt der Ausgang konstant auf Null. Zudem ist eine kleine Phasenverschiebung zwischen Eingang und Ausgang ersichtlich, was auf die Ansteuerung der Motoren allerdings keinen Einfluss hat. Ein mögliches Problem ist bei der negativen Flanke am Motorenausgang ersichtlich. Diese könnte sich auf die Spannungsquelle des Motorentreibers auswirken, was im nächsten Versuch evaluiert wurde. Ein ähnliches Phänomen ist beim Erreichen der Maximalen Leistung ersichtlich. Beträgt die Pulsweite am Eingang circa 70% ist das Ausgangssignal auf den Motor bei 100%. Somit haben wir eine neu definierte Range für das PWM Signal an den Motorentreiber von 30 bis 180 bzw. 12% - 70% Pulsweite.

In der zweiten Messung (vgl. Abb. 8) wurde das Speisungssignal des Motorentreibers in unterschiedlichen Betriebszuständen gemessen. Auf diesem ist ein sehr kleiner Peak mit derselben Frequenz wie das PWM-Signal ersichtlich. Dies könnte durch die negative Flanke am Motor hervorgerufen werden. Da die Speisung der Elektronik vom selben Akku bewerkstelligt wird, wurde eine zweite Messung durchgeführt. Parallel zum Motorentreiber wurde ein L7805 geschaltet, welcher eine konstante Spannung von 5 Volt für die Elektronik liefert. Aus der Messung wurde ersichtlich, dass der zuvor gemessene Peak nahezu verschwand.

b. Kompassensor

Ziel

Elektrische Wicklungen in Motoren erzeugen ein eigenes Elektromagnetisches Feld und beeinflussen damit die Umgebung. In der folgenden Versuchsreihe soll dieser Einfluss auf einen Kompassensor gemessen werden. Falls der Einfluss bei einer zu kleinen Distanz zu gross ist, soll evaluiert werden, ab welchem Abstand keine signifikanten Störungen mehr auftreten.

Aufbau

Der Aufbau der Motorensteuerung wird vom vorherigen Versuch übernommen. Zusätzlich erfolgt die Einbindung eines Kompassensors am Arduino. Der Sensor wird auf ein zusätzliches Breadboard gesteckt und über die IIC-Schnittstelle mit dem Arduino verbunden. Um die Messung und deren Auswertung zu vereinfachen, werden die aktuellen Werte des Kompassensors über die Konsole am PC angezeigt.

Ergebnis

Die ersten Messungen des Kompassensors ohne angeschlossene Motoren ergaben das sich die Messwerte ohne Störungen nach dem Erdmagnetfeld richtet. Bei Näherung von Metall ergab sich eine konstante Abweichung der Messwerte. Dies ist allerdings kein Problem, da dies Softwaremässig auskorrigiert werden kann.

Durch die Inbetriebnahme der Motoren erhält man nur noch einen konstanten Messwert, welcher von der Ausrichtung des Kompassensors unabhängig ist. Eine Entfernung von circa 30cm reichte nicht aus um eine genug grosse Distanz zwischen Kompassensor und Motoren herzustellen, damit das elektromagnetische Feld keinen signifikanten Einfluss mehr auf die Messergebnisse des Sensors hat. Aus diesem Grund muss auf die Orientierung nach dem Erdmagnetfeld verzichtet werden.

c. Laborversuche Fazit

Aus den Messungen im Labor ist ersichtlich dass der Motorentreiber funktioniert. Bei der Ansteuerung der Motoren über ein PWM-Signal muss darauf geachtet werden, dass die mögliche Range des PWM-Signals aus 12% bis 70% verkleinert wird. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einer grösseren Belastung der Motoren die Abweichung grösser wird. Mit einem ersten Prototyp des Roboters soll dies in einem nächsten Schritt ermittelt werden.

Die Störung vom Motor sollte sicherheitshalber durch eine Filterschaltung verringert werden. Durch Parallel schalten eines Kondensator (47nF) und zwei Ferritringen mit jeweils vier Wicklungen in der Zuleitung des Motor sollte den Einfluss auf die Spannungsquelle verschwinden.

Den Kompassensor ist für einen Roboter in dieser Grösse ungeeignet. Das Magnetfeld der laufenden Motoren beeinflusst die Messung zu stark. Für eine einfachere und schnellere Orientierung sollen weitere Varianten geprüft werden, welche als Zusatz für die Ultraschallsensoren eingesetzt werden können.

vi. 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 des Roboters wurde auf 4kg geschätzt
- Geschwindigkeit des Roboters: 5 km.h⁻¹
- 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 → Gewichtskraft und Normalkraft sind identisch $F_G = F_N$.
- Die erforderliche Beschleunigung darf nicht höher sein als die maximal mögliche Beschleunigung

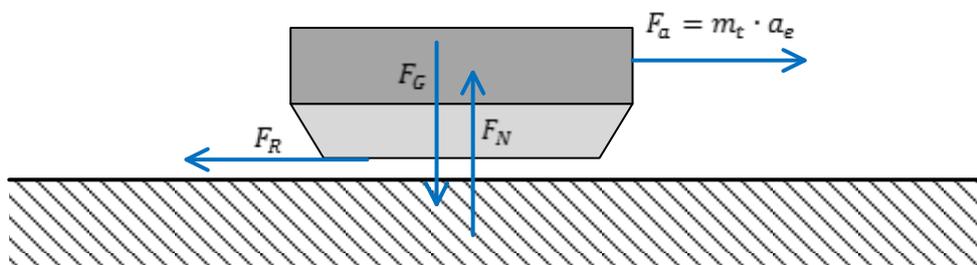


Abb. 9: Kräfte diagram

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

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

b. Fazit Motorberechnung

Die Berechnungen ergeben, dass der Ausgewählte Motor RB350050-22723R mit einer Ausgangsleistung von 9W den Anforderungen entspricht und voraussichtlich für die Realisierungsphase in PREN 2 übernommen werden kann.

vii. Kostenübersicht

		KOSTENÜBERSICHT PREN 1 und PREN 2			
		Soll		Ist	Δ
		Total	Ausstehend	Einkauf	Abweichung
Teile					
Elektrotechnik	Arduino MEGA 2560	CHF 56.90	CHF 0.00	CHF 16.00	CHF 40.90
	Distanzsensoren	CHF 37.50	CHF 0.00	CHF 12.50	CHF 25.00
	Motorentreiber	CHF 15.50	CHF 0.00	CHF 15.50	
	Display	CHF 36.90	CHF 36.90		
	Kleinmaterial	CHF 40.00	CHF 38.00	CHF 2.00	
	Akku	CHF 29.95	CHF 29.95		
Mechanik	Motoren	CHF 70.00	CHF 40.00	CHF 30.00	
	Raupen	CHF 30.00	CHF 30.00		
	Wanne	CHF 50.00	CHF 50.00		
	Federung	CHF 15.00	CHF 15.00		
	Räder	CHF 30.00	CHF 30.00		
	Kamerahalterung	CHF 20.00	CHF 20.00		
	Design	CHF 40.00	CHF 40.00		
Informatik	Raspberry Pi	CHF 59.00	CHF 0.00	CHF 59.00	
	Webcam	CHF 60.00	CHF 20.00	CHF 20.00	
Total		CHF 590.75	CHF 369.85	CHF 155.00	CHF 435.75

Tab. 12: Kostenübersicht PREN 1 und PREN 2

viii. Meilensteinberichte
a. Meilenstein 1

Meilensteinbericht 1	
Projekt	Produktentwicklung 1 – «Project SAFRO»
Gruppe	Team 32
Teilnehmer, Teilnehmerin	Chiara Mauro, Murer Silvan, Rohrer Felix, Schaller David, Vonarburg Matthias, Yunes Sherwan, Zimmermann Daniel
Datum	12.10.2012
Meilenstein	1

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

Kurzbeschreibung der Gesamtsituation	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> - Anforderungsliste erstellen - Technologierecherchen durchführen - Organisation der Gruppe definieren - Namensfindung (Projektname) - Morphologischer Kasten für Lösungsfindung
Aufwände, Ressourcen	Es wurden keine externen Ressourcen benötigt.
Termine	25. Oktober 2012 09:20 Team-Coaching 16. November 2012 12:00 Meilenstein 2

Risikoanalyse	
Risiken	Versteifung in eine Richtung, dadurch werden ggf. mögliche Optionen ausgeschlossen.
Massnahmen	Teamleiter und Querdenker greifen ein, falls es notwendig wird. Sie stellen sicher, dass erst in einem späteren Schritt die Ideen ausgefiltert werden.
Notwendige Entscheide	-

b. Meilenstein 2

Meilensteinbericht 2	
Projekt	Produktentwicklung 1 – «Project SAFRO»
Gruppe	Team 32
Teilnehmer, Teilnehmerin	Chiara Mauro, Murer Silvan, Rohrer Felix, Schaller David, Vonarburg Matthias, Yunes Sherwan, Zimmermann Daniel
Datum	16.11.2012
Meilenstein	2

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

Kurzbeschreibung der Gesamtsituation	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> - Risikoanalysen - Technologierecherchen weitergeführt - Lösungskonzepte erarbeitet (Morphologischer Kasten) - Namensfindung (Projektname) - Morphologischer Kasten für Lösungsfindung - Vorbereitung Teamcoaching - Internetauftritt organisiert - Erste Prototypenbauten (MT und I)
Aufwände, Ressourcen	Es wurden keine externen Ressourcen benötigt.
Termine	25. Oktober 2012 09:20 Team-Coaching 16. November 2012 12:00 Meilenstein 2

Risikoanalyse	
Risiken	<ul style="list-style-type: none"> • Starke Fokussierung auf eine Lösungsvariante • nicht Einhalten von Terminen • Kommunikationsstörungen (v.A. ET&IT)
Massnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Teamleiter und Querdenker greifen ein, Lösungsfestlegung zu späterem Zeitpunkt • Konsultieren der Protokolle, in diesen Ziele definieren und klar formulieren • Aktive Gesprächsrunden starten, Raum für Diskussionen lassen
Notwendige Entscheide	-

offene Fragen	
	<ul style="list-style-type: none"> • Was soll die Dokumentation genau enthalten? • Aufbau: Schwerpunkt auf Lösungen oder auf Lösungsfindung? • Marktanalyse für drei potenzielle Produkte oder nur für Lösungsfindung

c. Meilenstein 3

Meilensteinbericht 3	
Projekt	Produktentwicklung 1 – «Project SAFRO»
Gruppe	Team 32
Teilnehmer, Teilnehmerin	Chiara Mauro, Murer Silvan, Rohrer Felix, Schaller David, Vonarburg Matthias, Yunes Sherwan, Zimmermann Daniel
Datum	11.12.2012
Meilenstein	2

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

Kurzbeschreibung der Gesamtsituation	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> - Markt- und Zielanalyse erstellt - Konzept Elektrotechnik erstellt - Konzept Informatik erstellt - Konzept Maschinenteknik erstellt - Verschiedene Prototypen erstellt und dokumentiert - Namensfindung Produkt und Logo erstellt - Projektbeschreibung und Projektmanagement erstellt <p>Noch offenen Punkte: (müssen für die Enddokumentation erstellt werden)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konzept Messestand - Überarbeiten der Gesamtdokumentation - Designkonzept
Aufwände, Ressourcen	Es wurden keine externen Ressourcen benötigt.
Termine	14. Dezember 2012: Meilenstein 3 11. Januar 2013: Abgabe Dokumentation 31. Januar 2013: Vortrag / Abschlusspräsentation

Risikoanalyse	
Risiken	1. Termine einhalten
Massnahmen	1. Kontrolle der Arbeiten durch Teamleiter/Dokumentationsverantwortlichen
Notwendige Entscheide	-