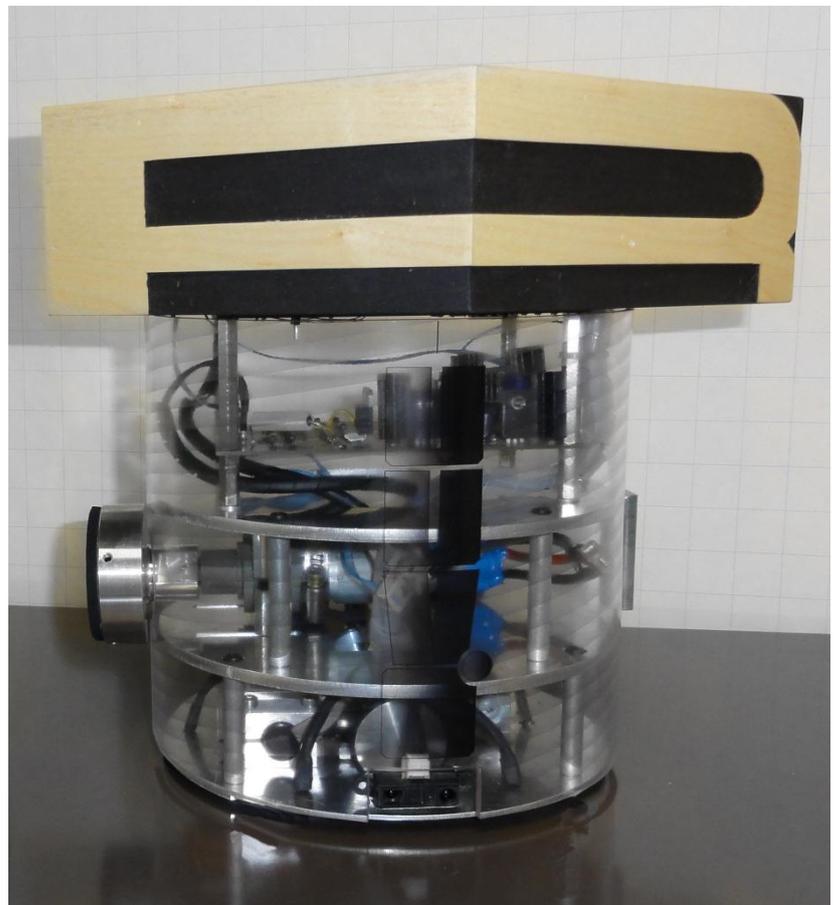


Team
RUUVI

Team Ruuvi

Systemtechnikprojekt 2011

Schlussbericht



Marcel Bischof
Remo Lombriser
Thomas Rupp
Alain Waldburger

Marc Gehrig
Janne Jusula
Mathias chlauri
Lukas Werz

Jan Gerig
Marius Meyer
Marco Studerus

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis.....	2
2. Einleitung.....	4
3. Kurzbeschreibung Roboter.....	5
4. Aufgabenstellung.....	6
Ausgangslage.....	6
Spielstart.....	6
Spielverlauf.....	6
Rahmenbedingungen.....	6
5. Das Konzept.....	7
5.1 Konstruktion (Mechanik).....	7
Antrieb.....	7
Fahrwerk.....	7
Chassis.....	7
Material.....	8
Greifen/Schrauben.....	8
5.2 Elektronik.....	9
Steuerungsprint.....	9
Leistungsprint.....	9
User-Interface (MMI).....	9
5.3 Software.....	10
5.4 Design.....	10

6.	Die Funktionen.....	11
6.1	Konstruktion	11
	Übersicht	11
	Fahrwerksebene.....	11
	Greiferebene	12
	Elektronikebene	13
6.2	Elektronik.....	14
	Allgemein.....	14
	Der Leistungssprint.....	14
	Der Steuerungssprint	15
6.3	Software	16
	Linien erkennen und folgen.....	16
	Sensoren zur Orientierung und Werkstückerkennung.....	17
	Kommunikation.....	17
	Programmstruktur	18
6.4	Design.....	19
	Hülle	19
	Schraubenkopf.....	19
7.	Rückblick	20
7.1	Erkenntnisse.....	20
7.2	Verbesserungsvorschläge für Ruuvi.....	20
	Mechanik	20
	Elektronik.....	21
	Informatik	22
	Design	22
8.	Organisation.....	23
9.	Produktepartner.....	24
10.	Abbildungsverzeichnis.....	25

2. Einleitung

Wie entsteht eigentlich ein Roboter?

Diese Frage stand unserem Team ins Gesicht geschrieben, als das Systemtechnikprojekt im Herbst 2010 gestartet wurde. Wir denken, es ist auch die Frage, die sich Besucher der Publikumspräsentation Ende Juni stellen werden.

Am besten stellen Sie sich das wie ein Zusammensetzspiel (Puzzle) vor. Wir erhielten von der Projektleitung ein „9000-Teile Puzzle“ in Form der Aufgabenstellung. Entlang der Meilensteine sortierten wir grob die „Teile“ an Hand der Anforderungsliste, der Lösungskonzepte und des Konzeptentscheids. Daraus erstellten wir die Ausführungsunterlagen.

Mit den gelegten „Ecken und Kanten des Puzzles“ zeichneten sich die Struktur und die Funktion des Roboters ab.

Mit den Ausführungsunterlagen und der Fertigung der mechanischen Teile und elektronischen Komponenten wurde der Roboter „Ruuvi“ in seiner Form das erste Mal sichtbar – die „Bildumrisse“ wurden deutlicher.

Mit dem groben Bild ausgelegt, ging es dann an den Zusammenbau des Roboters. Und plötzlich scheinen die noch verbleibenden Teile an ihren Ort zu fallen; Ruuvi ist physisch greifbar, die Software lässt Ruuvi das erste Mal der Linie folgen, die Kommunikation mit dem Partnerteam klappt.

Und zuletzt, fällt das letzte Teilchen an seinen Ort, Ruuvi erfüllt alle Funktionen und Anforderungen.

Nun, wie bauen Sie konkret einen Roboter?

Zerlegen Sie die Aufgabe(n) und die Anforderungen in all ihre Bestandteile, und suchen Sie dazu Lösungen für die einzelnen Probleme. Damit erhalten Sie alle Ihre Puzzleteile. Nach der Fertigung der einzelnen Teile, setzen Sie diese der Reihe nach zusammen, und fertig ist der Roboter!

In der konkreten Umsetzung ist es zwar etwas umfangreicher als hier angetönt; neue Teilchen „tauchen auf“, andere müssen geändert oder gar weggelassen werden. Dann braucht es noch viel Zeit zum Bereinigen der Schnittstellen und zum Erledigen der administrativen Arbeiten. Aber im Grunde ist Roboter bauen, „Zemäsetzli“ spielen.

Team Ruuvi

3. Kurzbeschreibung Roboter

Ruuvi ist ein Funktionsmodell eines Montageroboters. Er montiert gemeinsam mit einem Partnerroboter ein selbständig in einem Depot geholt Schraubelement am Montageblock.

Die Energieversorgung erfolgt ab einem Standard 14.8 V Lithium-Polymer-Modellbau Akku. Die Elektronik ist auf zwei Platinen verteilt: die Energieeinspeisung und alle Leistungsbauteile sind vom Regelungsbereich getrennt.

Der Antrieb erfolgt über zwei Faulhaber 12V DC-Motoren, welche über ein Getriebe 1:141 untersetzt sind. Die 1024 s⁻¹ Encoder liefern der Software die Informationen zur Regelung der Bewegungen. Von den Motoren wird die Kraft mittels Zahnriemen auf die Aluminiumräder übertragen. Dieser Antriebsstrang sorgt für ein minimales Spiel. Der Schraubantrieb ist eine Standard Motor-Getriebekombination aus einem Bohrschrauber

Der Roboter orientiert sich mittels acht IR-Bodensensoren auf dem Spielfeld. Zwei IR-Sensoren für grosse Distanzen an den Seiten des Roboters ermöglichen die Erkennung des Montageblocks. Ein weiterer IR-Sensor ermöglicht die Unterscheidung zwischen den Befestigungsteilen (Schraube, Mutter).

Das Befestigungsteil wird mittels eines rotierenden Magnetgreifers gefasst und verschraubt. Die nötige Haftung wird durch die Kombination von Dauermagneten und Moosgummi erreicht. Die korrekte Verschraubung wird mittels Strommessung am Schraubmotor kontrolliert.

Die beiden Roboter kommunizieren über Bluetooth, das dafür nötige Bt-Modul ist zusammen mit dem Controllerboard auf dem Regelungsboard aufgesteckt.

Die Software ist in Eclipse mit dem Deep-Plugin in Java programmiert. Das Programm enthält eine Task. Die Methoden sind in einer Klasse zusammengefasst.

4. Aufgabenstellung

Je zwei Roboter montieren gemeinsam eine Schraubverbindung. Grundsätzlich kooperieren ein Roboter aus Buchs zusammen mit einem aus den Standorten St.Gallen oder Chur.

Ausgangslage

Der Roboter wird von der Spielleitung auf einer der beiden dünnen blauen Linien platziert. Das Team positioniert anschliessend den Roboter entlang den blauen Pfeilen und richtet ihn nach Wunsch aus. Nun setzt die Spielleitung in den Depots je eine Schraube und eine Mutter.

Spielstart

Das Spiel gilt als gestartet, wenn an einem der beiden Roboter der Startknopf betätigt wird. Danach müssen die beiden Roboter ohne weiteres Zutun von aussen die Aufgabe lösen.

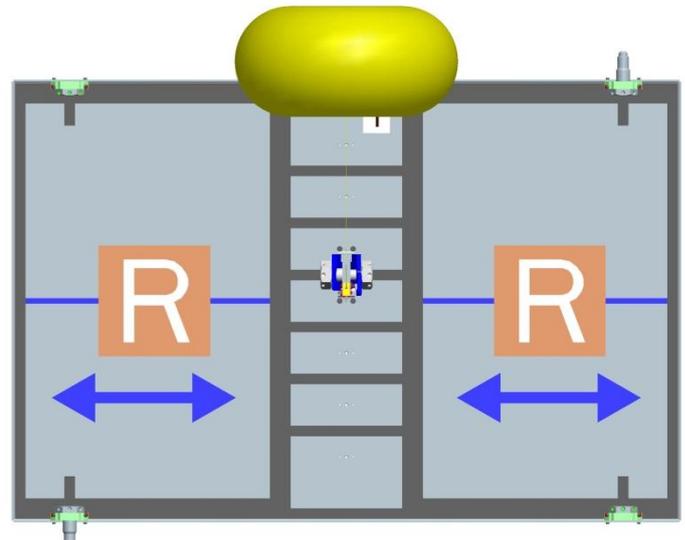


Abb. 1 Spielfeld

Spielverlauf

Die Roboter haben 180 Sekunden Zeit, je eine Schraube und eine Mutter im Depot zu holen, zum Montageblock zu bringen und dort diese gemeinsam zu montieren. Die Aufgabe gilt als erfüllt, wenn der Schlüssel innerhalb der gegebenen Zeit ausgelöst wird.



Abb. 2 Depot mit Schraube

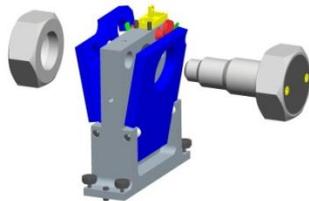


Abb. 3 Montageblock offen

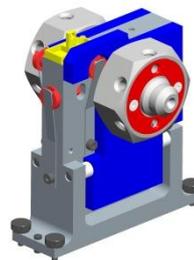


Abb. 4 Montageblock verschraubt

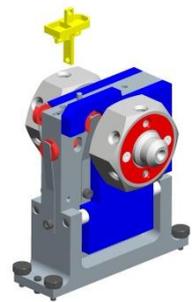


Abb. 5 Schlüssel ausgelöst

Rahmenbedingungen

Die Roboter müssen die vorgegebene Anforderungsliste erfüllen.

5. Das Konzept

5.1 Konstruktion (Mechanik)

Das Konstruktionsteam hat in der Ideenfindungsphase mit Hilfe von Brainstorming verschiedene Teillösungen für die Subsysteme Fahren/Lenken, Greifer/Schrauben und Chassis zusammengetragen.

Diese wurden anschliessend in der Gruppe bewertet. Die besten der Lösungen wurden ausgelesen und in einen morphologischen Kasten eingetragen. Daraus sind 3 Lösungsvarianten entstanden die nochmals detailliert analysiert und bewertet wurden.

Da wir während der Lösungsfindung von reinen Kunststoffschrauben ausgegangen sind, haben wir eine magnetische Lösung für das Greifen nicht weiter verfolgt. In der Spezialistenwoche jedoch ist das Thema auf Grund von verschiedenen Tests wieder aktuell geworden und hat die Kugelrasternuss als Favorit abgelöst. Nach weiteren Versuchen ist der Entscheid zu Gunsten der Magnete gefallen.

Das Siegerkonzept sieht folgendermassen aus:

Antrieb

Der Antrieb erfolgt über 2 Elektromotoren von Faulhaber, welche ihre Leistung über einen Riementrieb an die Räder weiterleiten. Die Kraftübertragung von Riemenscheibe zu den Rädern erfolgt über eine Antriebswelle, welche mit Gleitlagern in den Lagerböcken gelagert wird. Die Riemenscheiben sind für die Kraftübertragung mittels Klemmverbindung auf den Wellen befestigt. Die Zusammensetzung der Motoren (Encoder, Motor, Getriebe) wurde berechnet und konnte so bei Faulhaber bestellt werden. Die volleinstellbaren Riementriebe (Spannung der Riemen durch Langlöcher in der Grundplatte) wurden vom Konstruktionsteam entwickelt.

Fahrwerk

Aus den Varianten entschieden wir uns für 2 Räder und 4 Stützkugeln zwecks Flexibilität, Wendigkeit, Zuverlässigkeit und geringem Aufwand in der Konstruktion und Fertigung. Die Kugelrollen sind über ein Gewinde in der Grundplatte zur Nivellierung in der Höhe verstellbar.

Chassis

Wir haben uns für 3 Ebenen entschieden:

T Antriebsebene/Fahren

Durch die Einteilung auf unserer Grundplatte sind die einzelnen Elemente gut zugänglich, einstellbar und sehr kompakt in der Höhe angeordnet. Dies hält den Schwerpunkt tief und ermöglicht mehr Platz für die Prints und deren Kühlung.

T Greifen/Schrauben/Energieversorgung

Der Schraubmotor ist mit Langlöchern einstellbar auf der mittleren Ebene verschraubt. Die grosse Ausfräsung in der Mitte ermöglicht eine unproblematische und gut zugängliche Verkabelung aller Ebenen mit den Prints. Weiter ist auf der Ebene genug Platz für die Stromversorgung vorhanden.

T Printebene

Auf der obersten Ebene ist der Haltewinkel für den Schrauben/Mutter-Erkennungssensor verstellbar angebracht. Auch hier ermöglicht die grosse Ausfräsung in der Mitte eine unproblematische Verkabelung aller Ebenen mit den Prints.

Die Ebenen sind über Distanzstücke verbunden, was mögliche Anpassungen in der Höhe einfach macht und den Roboter zusätzlich versteift. Die einzelnen Höhen wurden aus den CAD-Daten des Spielfeldes ermittelt.

Material

Der Roboter ist praktisch ausschliesslich aus Aluminium gefertigt. Dies ist die beste Lösung um den Roboter steif und robust zu bauen, ohne dass er übermässig schwer wird. Der Greifer wurde zusätzlich mit einer Gummihautschicht versehen, was die nötige Reibkraft ermöglicht. Die Räder wurden zur benötigten Traktion auf dem Spielfeld mit O-Ringen ausgerüstet.

Greifen/Schrauben

Über den Metallring an der Schraube/Mutter können wir mit den Supermagneten genügend Kraft aufbringen um das Element aus der Halterung herauszuziehen und mit dem Gegenstück zu verschrauben. Die Kraft des Greifers ist über die Anzahl Magnete regulierbar. Aus den Versuchen hat sich die optimale Anzahl von 4 Magneten ergeben. Die Magneten werden mit Madenschrauben in den dafür vorgesehenen Senkungen gehalten. Für zusätzliche Haftung beim Verschrauben haben wir noch eine Elastomer-Schaummatte an der Frontfläche angebracht.

5.2 Elektronik

Nach genauem Ausarbeiten verschiedener Lösungsvorschläge hat man sich auf folgendes Konzept geeinigt: Die Elektronische Steuerung soll durch einen Steuerungs- und einen Leistungsprint realisiert werden.

Steuerungsprint

Der Steuerungsprint beinhaltet den Prozessor (MPC 555) sowie das Bluetooth-Modul (Stollmann BlueRS). Durch den Leistungsprint erhält dieser die benötigten Versorgungsspannungen 3.3V und 5V. Die IR-Sensoren (HLC 1395) werden am Steuerungsprint angeschlossen. Diese sollen unterhalb des Roboters für die Bandenerkennung angebracht werden. Für die Schrauben- / Muttererkennung sollen weitere IR-Sensoren (HLC1395) am Roboter montiert werden. Um die Position des Montageblocks festzustellen werden seitlich des Roboters analoge Sharp-Sensoren(GP2Y0A41SK0F) angeordnet. Ein weiterer Aufgabenbereich besteht darin, dem Leistungsprint die erforderlichen PWM-Signale zu liefern. Zusätzlich sollen auf dem Steuerungsprint auch Signale, wie die Lastabschaltung ausgewertet werden.

Leistungsprint

Hauptaufgabe des Leistungsprints ist es, die Spannungsversorgung des Steuerungsprints sicherzustellen und die Motoren anzusteuern. Der Leistungsprint wird durch einen wieder aufladbaren Lithium Polymer Akku mit 14.8V und 2500mA/h versorgt. Diese wird in 12V für die Faulhaber DC-Motoren umgewandelt. Die DC-Motoren geben ein Encoder-Signal zurück, welches zur Auswertung der gefahrenen Strecke dienen soll. Weiter werden die Spannungen 5V und 3.3V erzeugt, welche an den Steuerungsprint weitergegeben werden müssen. Für den Greifermotor wird eine 5 V Spannung zur Verfügung gestellt. Die durch die Spannungsregler erzeugte Wärme soll mit Hilfe von Kühlkörpern an die Umgebungsluft abgeführt werden. Weil das ganze Spielfeld aus einer ebenen Fläche besteht, hat man sich auf das Motorentriebssystem Sign-Magnitude festgelegt.

User-Interface (MMI)

Die Spannungsversorgung des Akkus soll mittels Kippschalter ein- und ausgeschaltet werden können. Um die Funktion des Roboters zu starten, muss ein Startknopf betätigt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit den Roboter durch einen Reset-Knopf neu zu starten. Ausserdem werden diverse Kontroll-LED's angebracht, die den momentanen Zustand des Roboters anzeigen.

5.3 Software

Nach Auswertung und Verfeinerung verschiedener Konzepte, auch mit Einbezug des Partnerteams, kristallisierte sich folgendes Konzept für unseren Roboter heraus:

Mit unserem Partner haben wir die Vereinbarung getroffen, dass wir die Schraube und sie die Mutter holen und montieren. Dies vereinfacht den Programmieraufwand, den Ablauf und die Kommunikation.

Mit den IR-Bodensensoren können wir uns sehr flexibel an den Markierungen auf dem Spielfeld orientieren. Mithilfe von einem weiteren IR-Sensor wird die Schraube bzw. die Mutter erkannt und die beiden Sharp-Distanzsensoren ermöglichen uns das Montagebauteil in der Spielfeldmitte zu finden.

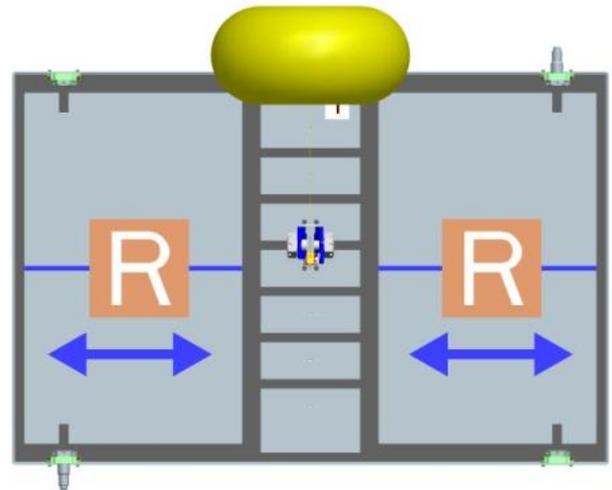


Abb. 6 Spielfeld

5.4 Design

Das Designkonzept basiert einerseits auf dem Verbau von Standardelementen und -formen und einer äusseren Hülle, die das Aussenbild repräsentiert. Ziel ist es, das Logo direkt am Funktionsmuster umzusetzen.

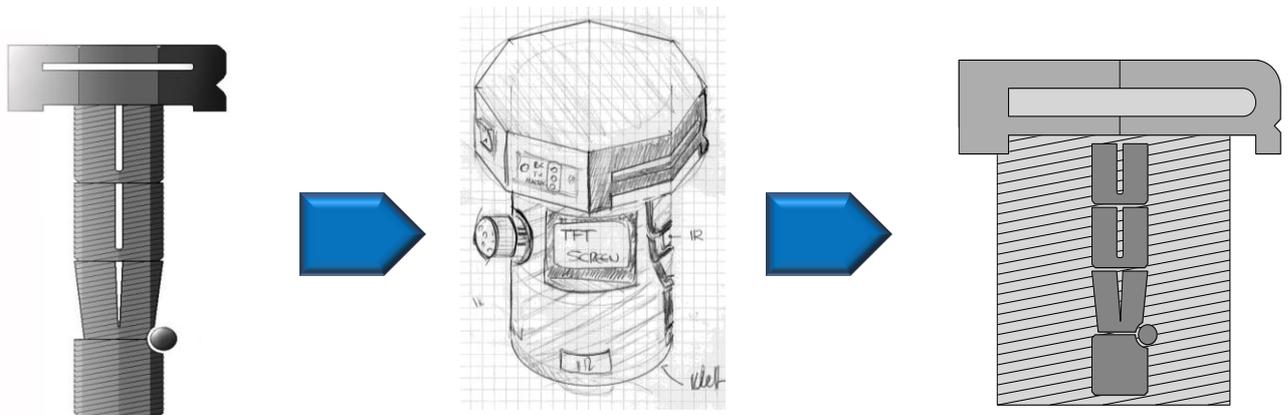


Abb. 7 Entwicklungsschritte Design

6. Die Funktionen

6.1 Konstruktion

Übersicht

Die technischen Anforderungen an den Roboter zu erfüllen, war Aufgabe der Mechanik. Ziel war es, den Roboter möglichst wendig und genau fahren zu lassen, sowie ein Greifersystem zu entwickeln, welches zuverlässig die Schraube/Mutter fassen und montieren kann. Des Weiteren muss die Befestigung der Elektronikkomponenten gewährleistet sein. Diese sind auf zwei Ebenen aufgeteilt worden

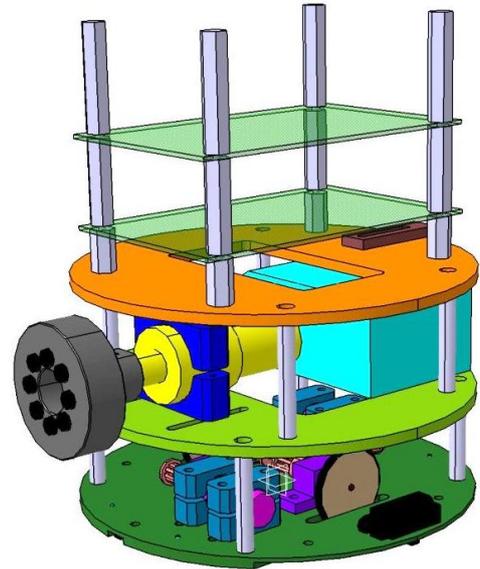


Abb. 8 Struktur Ruuvi

Fahrwerksebene

┆ Grundplatte

Auf der Grundplatte werden alle Fahrwerksteile angeschraubt. Zusätzlich bietet sie Einfräsungen für die Sensoren und Aussparungen für die Kabelführung.

Die Befestigung der Motorenhalterungen ist zur Spannung des Zahnriemens mittels Langlöcher verstellbar.

┆ Fahrwerk

Das Fahrwerk besteht aus zwei Faulhaber-Motoren und zwei Rädern, welche über einen Riementrieb angetrieben werden und in zwei Lagerböcken mittels Welle gelagert sind. Des Weiteren haben wir vier Stützkugeln verbaut, welche zur Ausnivellierung des Roboters in der Höhe verstellbar sind.

Motoren / Motorhalterung

Es handelt sich um Faulhaber DC-Motoren des Typs 1524 012 SR kombiniert mit Getriebe des Typs 15/8 (Untersetzung 141:1) und Encoder der Serie IE2-1024. Die Motoren sind mittels Motorhalterungen (2 Halbschalen) auf der Grundplatte befestigt.

Stützkugeln

Die Stützkugeln sind sehr klein und daher platzsparend beim Einbau. Trotz ihrer Größe sind sie ausreichend belastbar (2.5kg/Kugel).

Lagerböcke / Antriebswelle

Durch die Lagerböcke führt die Antriebswelle, welche mit Igus Folienlagern reibarm gelagert sind.

Riementrieb

Die Zahnriemenscheiben sowie der Zahnriemen der Serie 3MR (Uiker) bieten eine schlupffreie Übertragung der Antriebsmomente.

Räder

Die Räder sind aus Aluminium. Sie werden mittels Madenschraube auf die Antriebswelle fixiert. Für eine gute Haftung sind sie mit passenden O-Ringen als „Reifen“ bestückt.

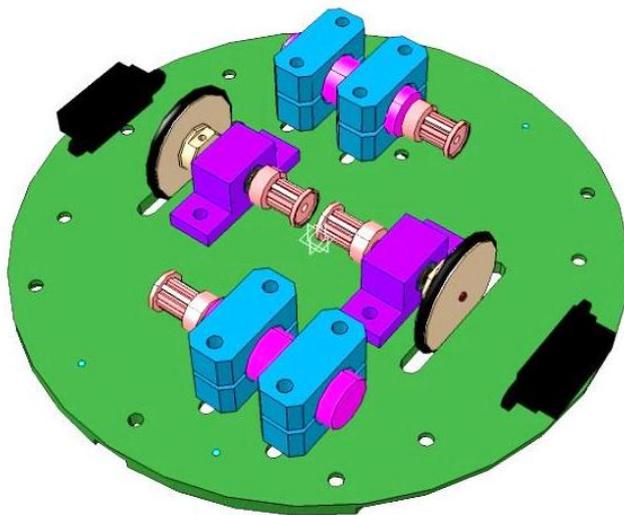


Abb. 9 Fahrwerksebene Oberseite

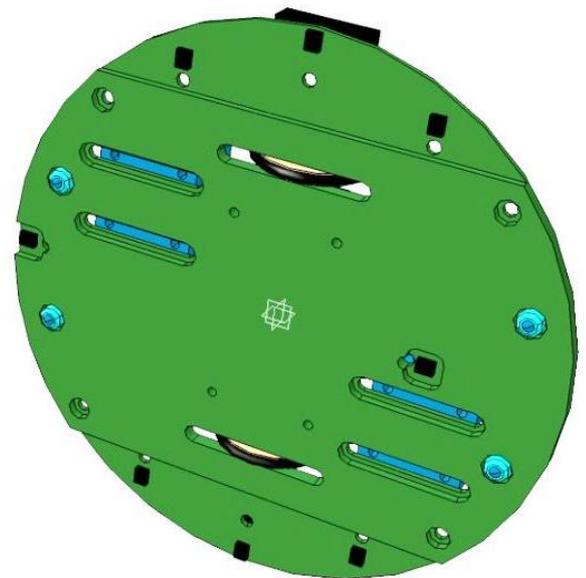


Abb. 10 Fahrwerksebene Unterseite

Greiferebene

Auf der Greiferebene sind die Stromversorgung sowie der Greifmechanismus untergebracht.

Deckplatte

Die Deckplatte bietet alle Befestigungsmöglichkeiten für die Stromversorgung sowie Langlöcher für das Greifsystem. In der Mitte der Platte ist zudem eine grosse Ausfräsung für die Kabeldurchführung vorhanden.

Greifsystem

Das Greifsystem besteht aus einem Motor, einer Motorhalterung sowie dem Greifer. Der Greifer ist mit Magneten sowie einer Moosgummimatte bestückt. Zudem ist er in der Länge durch die Langlöcher verstellbar.

Greifmotor

Der Greifmotor ist aus einer Bohrmaschine der Marke Toolcraft und wurde uns zur Verfügung gestellt.

Motorhalterung

Der Motor ist mittels Motorhalterung aus 2 Halbschalen auf der Deckplatte befestigt.

Stromversorgung

Die Akkupacks sind mit 3M Klettverschlüssen auf der Deckplatte befestigt. Dies ist günstig und somit leicht zu montieren/demontieren.

Elektronikebene

Auf der Elektronikebene sind der Sensor für die Schrauben/Mutter-Erkennung sowie die Prints befestigt.

Deckplatte oben

Die oberste Deckplatte bietet Befestigungsmöglichkeiten für die Prints sowie dem Sensor für die Schraube/Mutter-Erkennung. Für die Kabelführung ist eine grosse Ausfräsung in der Mitte vorhanden.

Sensorhalterung

Der Sensor für die Schrauben/Mutter-Erkennung ist mit einem Haltewinkel auf der obersten Deckplatte befestigt. Mittels Langloch ist dieser in der Länge verstellbar.

Printbefestigung

Die Prints sind mit M4 6-kt.-Distanzstangen auf der obersten Deckplatte befestigt. Durch dieses System kann der Roboter mit beliebig vielen Prints erweitert werden.

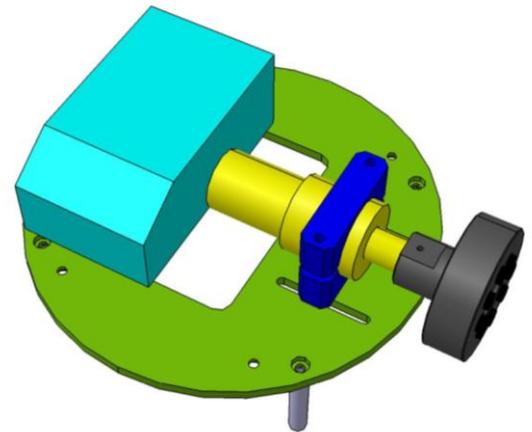


Abb. 11 Akku auf Greiferebene montiert

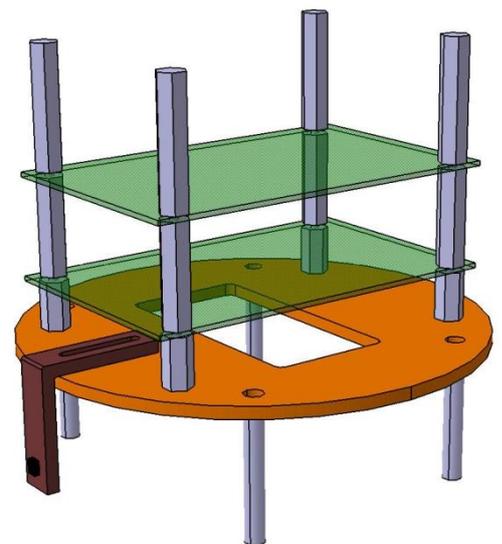


Abb. 12 Sensorhalterung und Printbefestigung

6.2 Elektronik

Allgemein

Hauptaufgabe der Elektronik ist es die Schnittstelle zwischen der Informatik und der Mechanik zu bilden. Um diese Aufgabe zu meistern, wurden zwei Prints entwickelt. Der Steuerungsprint steht etwas näher der Informatik, dient zur Kommunikation und der Steuerung diverser Programmabläufe. Im Gegensatz steht der Leistungsprint eher näher zur Mechanik, denn hier werden die Signale vom Steuerungsprint verarbeitet und direkt zu den Antriebsmotoren weitergeleitet.

Der Leistungsprint

Hauptaufgaben des Leistungsprints bestehen darin, die Spannungsversorgung zu gewährleisten, sowie die Antriebsmotoren anzusteuern.

┆ Spannungsversorgung

Durch einen wieder aufladbaren Lithium Polymer Akku (2.5Ah) wird der Leistungsprint konstant mit 14.8V versorgt. Gleich nach dem Stromanschluss wurde eine Schottky-Diode angebracht, welche dem Print als Verpolungsschutz dient. Anschliessend wird die 14.8V Spannung mit Hilfe von Spannungsreglern (LM 2940 und LM 1086) herunter geregelt. Es werden 12V, 5V und 3.3V Spannungen erzeugt. Um auch bei erhöhten Strömen die Stromversorgung dauerhaft zu gewährleisten, ist ein Stützkondensator parallel zur Schaltung hinzu geschaltet worden. Die 12 V Spannung dient zur Stromversorgung der Antriebsmotoren. Der Greifermotor wird mit 5 V betrieben und die Steuerplatine schliesslich mit 5 und 3.3V.

┆ Motoransteuerung

Die Motoren werden mit Hilfe des Motorentreiber-Bauteil (L 298) angesteuert. Der Motorentreiber erhält über den MPC 555 die entsprechenden Antriebssignale. Das Antriebssystem beruht auf Sign-Magnitude. An den Antriebsmotoren ist je ein Encoder angebracht, der die Bewegungen des Roboters ausmisst und die entsprechenden PWM-Signale zurück an den MPC 555 liefert. So kann jede Bewegung des Roboters vom Programm beobachtet und ausgemessen werden. Des Weiteren verfügt der Roboter über eine Lastabschaltung, welche der Sicherheit dient, falls der Roboter gegen eine Bande auffährt.

┆ Greifer- Motoransteuerung

Der Greifermotor wird durch einen weiteren Motorentreiber (Bauteil L 298) angesteuert. Auch dieser erhält das PWM-Steuersignal vom Steuerprint, durch den Prozessor (MPC 555). Der Motor wurde nur in Uhrzeigersinn-Drehrichtung angeschlossen. Die Geschwindigkeit des Motors kann mittels Zugriff auf die Software verändert werden. Sobald die Schraube angezogen ist, wird ein Lastabschaltsignal an den Steuerprint zurückgesendet, wodurch der Motor schlussendlich abgeschaltet wird.

Der Steuerungsprint

Die Hauptaufgabe des Steuerungsprint ist es, die Signale der Motoren und Sensoren zu interpretieren und gemäss dem Programm darauf zu reagieren. Das „Gehirn“ des Steuerungsprints bildet das Controllerboard auf dem sich der MPC555 befindet. Auf diesem ist auch das Programm initialisiert. Ausserdem befinden sich auf dem Steuerungsprint Anschlüsse für Sensoren, Motoren, LEDs, Bluetooth-Modul und Userinterface.

T Die Sensoren

Die verwendeten Sensoren sind ausschliesslich Infrarotsensoren. Dabei ist zwischen zwei Typen zu unterscheiden. Für die kurze Distanz bis 0.5 cm verwenden wir den Honeywell HLC 1395. Von diesem können 10 Stück an den Steuerungsprint angeschlossen werden, wobei nur 9 gebraucht werden und ein Anschluss als Reserve vorgesehen ist. Die Sensoren werden über 4 Adressleitungen mithilfe des Demultiplexer HEF4514BT angesteuert. Weiter werden sie über den Timerbaustein ICM7555 getaktet, wodurch sich der IR-Impuls und dadurch die Messdistanz erhöht.

Für die längere Distanz von 4 bis 10 cm verwenden wir Sharp Sensoren des Typen GP2Y0A41SK0F. Bei diesem ist bereits eine elektronische Schaltung eingebaut und kann deshalb direkt an den MPC555 angeschlossen werden.

T Userinterface

Das Userinterface ist die Schnittstelle zwischen Roboter und dem User, also die Person die ihn bedient. Es besteht aus einer Anzeige mit drei Zustands-LEDs, zwei Bedientastern und einem ON/OFF Schalter. Die LED's zeigen unter anderem an, ob der Roboter eingeschaltet ist, ob gerade über Bluetooth kommuniziert wird oder ob eine Fehlermeldung vorliegt. Der ON/OFF Schalter trennt die Batterie vom Rest des Roboters. Über die Bedientaster kann man zum einen das Programm starten und zum anderen den Roboter bei Bedarf zurück zu setzen. Die LED's und die Taster sind (teilweise über 10k Ω -pulldown's) direkt an das MPC555 Controllerboard angeschlossen.

T Motoren

Der Motorenprint erhält die Antriebssignale vom Controllerboard. Im Gegenzug erhält der MPC555 die Encodersignale der Motoren. Genaueres unter 1.2 und 1.3.

T Bluetooth-Modul

Über das Bluetooth-Modul findet die Kommunikation mit dem Roboter des Partnerteams statt. Es wird auf die Steuerplatine gesteckt und ist mit dem MPC555 verbunden.

T Zusätzliche Anschlüsse

Wie bereits oben erwähnt besteht die Möglichkeit zum Anschluss eines weiteren IR-Sensors. Zudem sind auf dem Steuerungsprint Anschlüsse für zwei weitere LEDs vorhanden. Diese bleiben aber im Moment ungenutzt.

6.3 Software

Linien erkennen und folgen

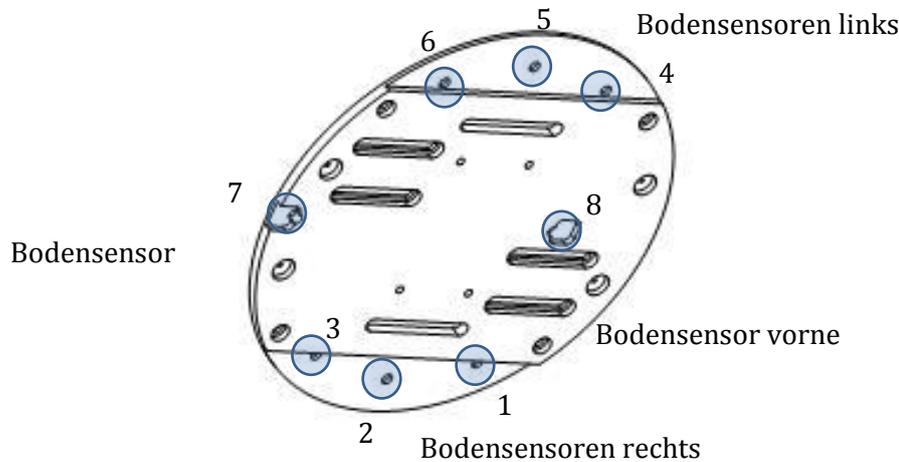


Abb. 13 Grundplatte

Die Bodensensoren links und rechts ermöglichen es einer Linie zu Folgen. Sie sind in einer Dreiecksform auf beiden Seiten angebracht um beim Fahren seitenunabhängig zu sein. Durch diese Anordnung erfasst ein Sensor (2 oder 5) die nicht reflektierende schwarze Linie und die anderen zwei (1 & 3 oder 4 & 6) das reflektierende Metall neben der Markierung. Somit können alle möglichen Lagepositionen zur Linie erkannt und falls notwendig korrigiert werden. Wir verwenden diese Sensoren zudem um der Linie am Spielfeldrand sowie der Mittellinie vor dem Montageblock zu folgen. Die Sensoren 2 oder 5 dienen mit den Sharp-Distanzsensoren zusammen ebenfalls dazu, den Montageblock zu lokalisieren.

Der Sensor vorne (8) signalisiert das Erreichen des Magazins mit der Schraube bzw. Mutter. Er ist nach innen versetzt um die Markierung vor dem Magazin genau dann zu erkennen, wenn der Abstand zur Werkstückbestimmung optimal und die Abbruchbedingung des Fahrens erfüllt ist. Zudem wird dieser Sensor für die Erkennung der Mittellinie verwendet und signalisiert den Ort, an dem der Roboter sich in der Ecke um 90° drehen muss. Nach der Drehung übernehmen die seitlichen Bodensensoren wieder die Erkennung der Linie zur Weiterfahrt.

Der Bodensensor hinten (7) dient der Abbruchbedingung beim Erfassen des Werkstücks. Er ist so positioniert, dass der Magnetgreifer die Schraube erfasst und der Roboter gleichzeitig seine Vorwärtsbewegung stoppt, um nicht mit dem Magazin zu kollidieren, wenn dieser Sensor die Markierung vor dem Magazin erreicht. Im Weiteren wird dieser Sensor zur Überprüfung der Fahrt während dem Einfädeln der Schraube in den Montageblock verwendet.

Durch die Mehrfachnutzung der Bodensensoren reduzieren wir deren Anzahl, die Kosten und den Programmieraufwand.

Sensoren zur Orientierung und Werkstückerkennung

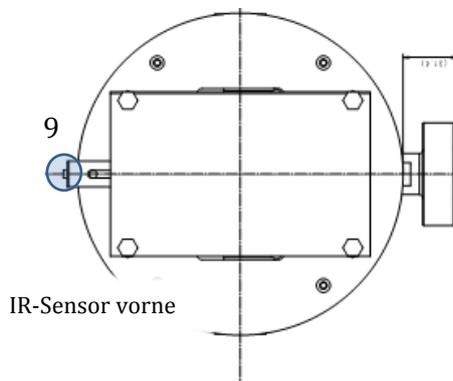


Abb. 14 Draufsicht Schraubensensor

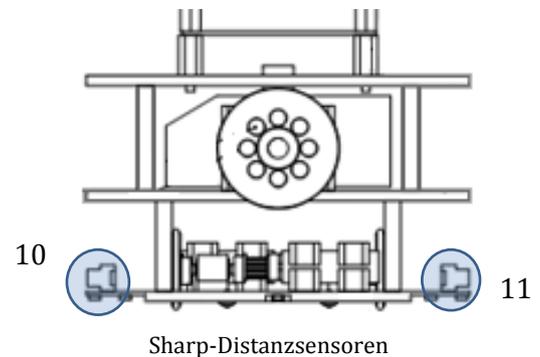


Abb. 15 Platzierung Distanzsensoren

Der IR-Sensor vorne (9) dient zur Erkennung der Schraube bzw. Mutter. Er ist so angelegt, dass er beim Anfahren des Magazins mittig auf das Werkstück trifft und überprüft, ob ein Loch in der Mitte vorhanden ist oder nicht. In unserem Fall ist für Ruuvi das Signal „kein Loch“ relevant.

Die Sharp-Distanzsensoren (10 und 11) sind links und rechts auf der Grundplatte befestigt. Sobald Ruuvi der Mittellinie folgt, prüfen diese während dem Fahren, ob sich der Montageblock auf gleicher Höhe wie die Mitte des Roboters befindet. Dies ermöglicht ein einfaches Erkennen der Position des Montageblocks.

Kommunikation

Für eine erfolgreiche Kommunikation mit dem Partnerroboter haben wir die benötigten Befehle vordefiniert. Wir verwenden 2-stellige Zahlen um einen Zustand oder eine Bereitschaft an einem vereinbarten Ort während dem Spiel unserem Partner zu übermitteln oder zu erhalten. Dieser Code wird zur Kontrolle mit 10 addiert und als Empfangsbestätigung zurückgegeben. Diese wird wiederum mit „richtig“ oder „falsch“ bestätigt. Dies soll mögliche Fehler im Informationsaustausch eliminieren. Die vordefinierten Befehle sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Code	Bedeutung
15	Initialisierung abgeschlossen
16	Start des Spiels
17	Bereit für Montage
18	Ende des Spiels
+10	Kontrollsignal (wird zum Befehl addiert)
30	Befehl richtig verstanden
40	Befehl falsch verstanden

Tab. 1 Bluetooth Kommunikationscode

Programmstruktur

Für unsere Software haben wir 6 verschiedene Klassen programmiert:

class Ruuvi.java

class Encoder.java

class Kommunikation.java

class MotorFahren.java

class MotorSchrauben.java

class Sensor.java

Speziell für Testzwecke wurde eine Klasse TestComands.java geschrieben, indem unsere Teilprogramme einzeln und gezielt auf Fehler untersucht und verbessert werden ohne vom Gesamtablauf abhängig zu sein.

Die Klasse „Ruuvi“ ist die Main-Klasse und beinhaltet alle Variablen und Methoden für den Roboter. Sie ruft alle anderen Klassen auf und wird mit einer Taskgeschwindigkeit von 100 Millisekunden geregelt. Die Klasse „Encoder“ dient zur Ansteuerung der beiden Encoder in unseren Fahrmotoren und „MotorFahren“ wird zur Regelung derselben Motoren verwendet. Die Klasse „MotorSchrauben“ ist zur Steuerung des Schraubmotors bestimmt. Die Klasse „Sensor“ liefert uns die Messwerte der IR-Sensoren und der beiden Sharp-Distanzsensoren zur Weiterverarbeitung. Mithilfe der Klasse „Kommunikation“ wird die Bluetooth-Übertragungen zur Zusammenarbeit mit unserem Partnerroboter ermöglicht.

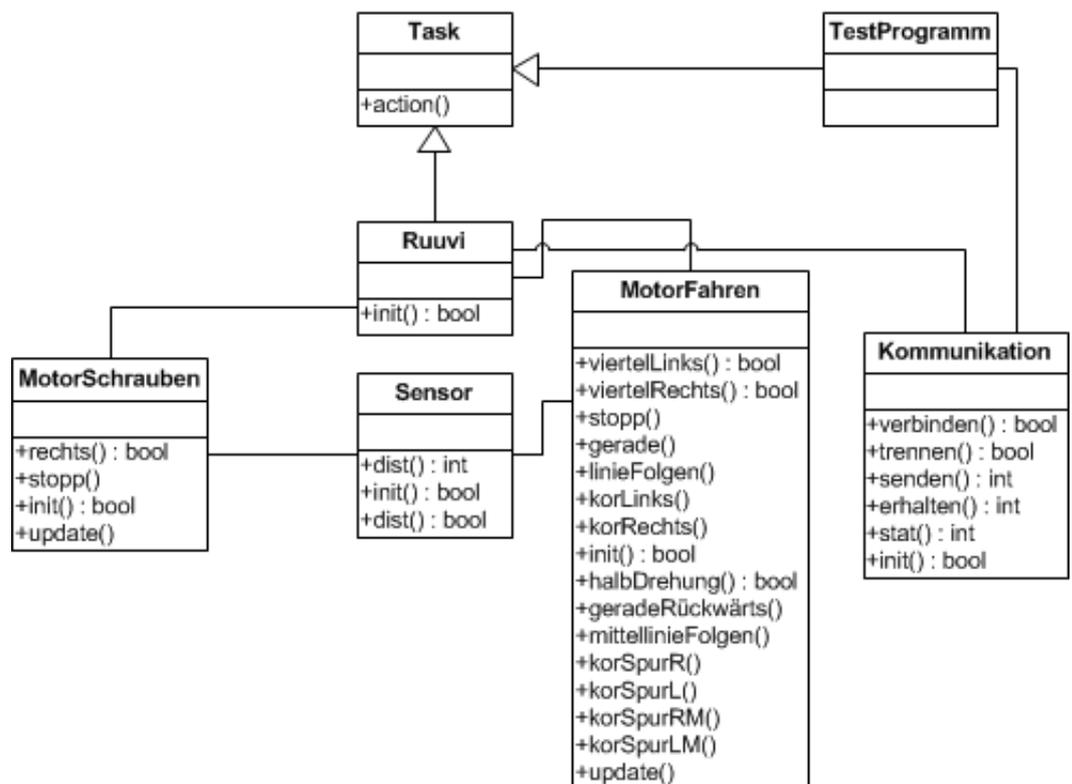


Abb. 16 Klassendiagramm Ruuvi

6.4 Design

Hülle

Die Hülle besteht aus zwei Halbschalen aus einer 3mm dicken PMMA-Platte, die mit Ausschnitten versehen, gebogen und mit einer Folie mit Logo und „Gewindemuster“ von Innen beklebt wurde. Die beiden Schalen werden mit Magneten am Roboter befestigt. Die Hülle bietet eine Kombination aus Abdeckung mit gleichzeitiger Einsicht in die Struktur des Roboters.



Abb. 17 Halbschalen aus PMMA

Schraubenkopf

Der Schraubenkopf erfüllt vier Aufgaben: Abschluss des Roboters nach oben, Montageort für die Bedienelemente, Halterung für den Fotoframe und Integration des „Ruuvii-R“.

Der Schraubenkopf ist aus eingefärbter 10mm MDF-Platte „anthrazit“ gefertigt. Die Herstellung bot einem Schreiner-Lernenden eine anspruchsvolle „Stiftenbüetz“. Die Gehrungsschnitte wurden manuell erstellt, und die Aussparungen und die 3D-Gravur mittels CNC gefräst.

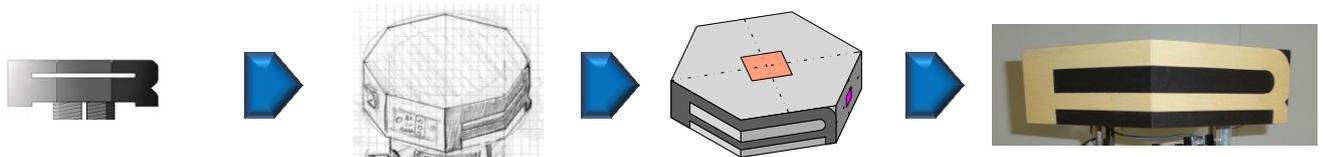


Abb. 18 Gestaltungsprozess Roboterkopf

7. Rückblick

7.1 Erkenntnisse

Wie beschrieben, lernten wir im Projekt, wie eine komplexe Aufgabe in Teilaufgaben zerlegt wird, die Anforderung daraus beschrieben werden und wie dafür eine passende Lösung gefunden wird.

Wir lernten die Klippen von fach- und bereichsübergreifender Arbeit kennen, und sammelten Erfahrungen mit dem Erfüllen eines vorgegebenen Zeitplans.

Im organisatorischen Bereich meisterten wir den Aufbau des Teams bei gleichzeitiger Arbeit, ohne die grundsätzlichen Teambildungsprozesse zu vernachlässigen.

Die Terminplanung erwies sich als anspruchsvoll. Da alle ein solches Projekt zum ersten Mal bearbeiteten, waren die einzelnen Tätigkeiten im Voraus nicht immer klar zu erkennen. Wir sind gut damit gefahren, Aufgaben frühzeitig zu thematisieren, so dass sie in der hektischen Schlussphase nicht untergingen.

Die konzeptionelle Arbeit erwies sich für uns am Anspruchsvollsten, da vieles zu Beginn noch wenig greifbar und in verschiedenen Varianten umsetzbar war. Trotzdem lohnt es sich in einem Projekt wie dem Vorliegenden, sich der Konzeptbildung seriös anzunehmen, denn die technischen Probleme liessen sich deutlich einfacher lösen, als die konzeptionellen.

7.2 Verbesserungsvorschläge für Ruuvi

Mechanik

Nach den ersten Testläufen verformten sich die Radachsen aus Aluminium, sie wurden darauf mit Chromstahlachsen derselben Dimensionen ersetzt. Die Spannung der Zahnriemen sowie die Parallelität der Motoren- und Radachse hatten einen erheblichen Einfluss auf den Gleichlauf der Motoren. Die Konstruktion der Montageschellen für die Motoren müsste in einem weiteren Prototyp dahin überarbeitet werden, dass die Spannung einfach (z.B. mit Stellschraube) verändert werden kann, ohne dass die Parallelität verloren geht. Dies kann beispielsweise mit Nocken an den Motoren-Montageschellen, die in die Führungsschlitze greifen, gelöst werden.

Es erscheint im Weiteren auch sinnvoll, dass die Achsen der Motoren und der Räder auf der anderen Seite der Riemenscheiben abgestützt werden, um die Lager der Motoren und Achsen zu entlasten.

Elektronik

Im Grossen und Ganzen hat das Herstellen der Elektronikprints gut geklappt. Trotzdem ist man bei dieser an einige Stolpersteine geraten, die im Folgenden näher erläutert werden sollen.

Beim Leistungsprint wurden für alle Spannungsregler die gleichen Footprints ausgewählt. Für den 3.3 V Spannungsregler wäre aber eine andere Pin-Anordnung nötig gewesen. Das wurde erst nach dem Bestücken der Printplatte festgestellt und konnte dann nur durch "fliegende" Verbindungsdrähte gelöst werden.

Ein weiteres Problem war der Greifermotorentrieb, der anfangs nicht funktionieren wollte. Der verwendete Greifermotor wurde aus einem Akkuschauber ausgebaut. Als Motorentreiber-Bauteil wurde auch hier der L298 verwendet. Anscheinend konnte dieser Motorentreiber nicht mit einem Antriebsmotor von der verwendeten Grösse arbeiten. Darum musste eine Leitung kurzgeschlossen werden, damit der Motor zu drehen begann.

Einer der beiden Encoder kam durch Verpolung zu Schaden. Weil die Zeit einen neuen Encoder anzufordern nicht mehr ausreichte, musste der Roboter ohne diesen Encoder programmiert werden.

Die Sharp Sensoren und die Überspannungsüberwachung wurden auf digitale anstatt analoge Eingänge angeschlossen. Dies wurde ebenfalls durch "fliegende" Leiterdrähte korrigiert.

I Verbesserungsvorschläge

Die Platzierungen für die Steckanschlüsse könnte man noch etwas geschickter wählen, damit die Steckverbindungen noch kürzer werden.

Bei den Steckverbindungen wurden Markierungen angebracht, besser wären aber Stecker die verpolungssicher sind.

Es könnten zwei 7.4V Akkus in Serie eingebaut werden. Für den 5 V und 3.3V Spannungsregler könnte dann ein Abgriff bei 7.4V angebracht werden. So könnte die hohe Wärmebelastung an den Spannungsreglern gesenkt werden.

Die Steuerplatine könnte noch durch einen Tiefentladeschutz ergänzt werden, um den Akku vor Entladeschäden zu bewahren.

Informatik

┆ Sensorik

Die Sensoren für die Seitenlinie wären fürs Informatikteam einfacher zu handhaben gewesen, wenn die Anordnung „invertiert“ würde, d.h.

dass zwei Sensoren auf der Linie zu liegen kommen (grün).

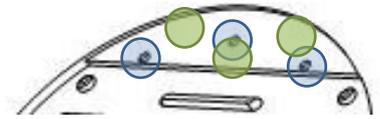


Abb. 19 Anordnungsvorschlag Sensoren

┆ Motorenregler

Durch den Ausfall des Encoders war es uns nicht möglich einen Regler einzusetzen. Für einen weiteren Durchgang müsste von Beginn weg ohne Encoder geplant werden, oder für den Ausfall mindestens parallel geplant werden.

┆ Zustandsdiagramm

Unser Zustandsdiagramm war zu Beginn ungenau und unvollständig. Die Zeit für die Überarbeitung wäre besser zu Beginn investiert worden.

Design

Anstelle des Holzkopfes könnte eine Fertigung in PMMA, in Betracht gezogen werden. Allerdings ginge damit die „Wärme“ und der einzigartige „Griff“ des Holzes verloren.

Der Schraubenkopf ist sehr gross geraten. Dies geschah auf Grund vom Proportionsverhältnis „Schraubenkopf“ – „Schraubenschaft“. Im Falle einer Umarbeitung müsste der Durchmesser kleiner gewählt werden, beispielsweise 250 anstelle der 300mm.

8. Organisation

Unser Team strukturierten wir einerseits auf der Fach- und andererseits auf der Funktionsebene. Zwischen den Ebenen konnte je nach Bedarf gewechselt werden. Im Januar erarbeiteten wir uns in der Spezialistenwoche das nötige Fachwissen zur Bewältigung der Aufgabe

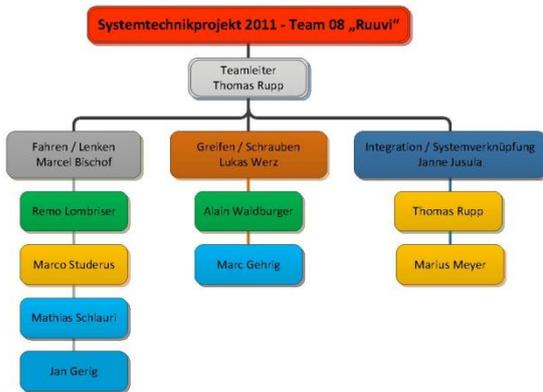


Abb. 20 Struktur Baugruppen



Abb. 21 Struktur Fachgruppen

Die einzelnen Gruppen wurden über die Gruppenleiter geführt, diese standen im wöchentlichen Austausch mit dem Teamleiter. Während der Ausführungsphase im Frühjahr, traf sich das gesamte Team einmal wöchentlich zur Information über den Arbeitsstand. Im ersten Teil des Frühjahrssemesters brach ein Teammitglied das Studium ab, die Arbeiten konnten aber trotzdem ohne Verzögerungen oder Einbussen abgeschlossen werden.

Mit der Konkretisierung des Roboters stieg die Motivation des Teams.

Trotzdem stellte das Projekt an alle Mitglieder im fachlichen wie auch organisatorischen Bereich hohe Anforderungen. Der reguläre Unterricht, Prüfungsvorbereitungen, Projekt und Privatleben mussten unter einen Hut gebracht werden.

Wir haben die Phasen der Teambuilding thematisiert und die nötige Beachtung geschenkt. Zusammen mit dem angebotenen Coaching optimierten wir unsere Performance vor der Ausführungsphase.



Abb. 22 Phasen der Teambuilding

9. Produktpartner

Verschiedene Hersteller und Produktionsbetriebe haben unsere Arbeit mit Bauteilen oder Dienstleistungen unterstützt. Dafür sind wir ihnen sehr dankbar!

Partner	Bauteil / Dienstleistung	Kontakt
 CONRAD Voller Ideen	Sharp Distanz IR-Sensoren	www.conrad.ch
 Distrelec	Elektronische Komponenten	www.distrelec.ch
 FAULHABER	DC-Getriebemotoren	www.minimotor
 FTA	Stützkugelrollen	www.fta.ch
 GRAFITEC visuelle kommunikation	Produktion und Druck Halbschalen der Roboterhülle	www.grafitec.ch
 igus	Gleitlager Radachsen	www.igus.ch
 TÜRMLIHUUS natürliches voller Leben	Roboterkopf in MDF mit Ahornfurnier	www.tuermlihuus.ch
 OZ THURZELG	Druck Schlussbericht	www.thurzelg.ch
 PCP.CH	Fotoframe	www.pcp.ch
 Schützengarten Das vortreffliche Bier.	Ein Schützengarten ist wirklich überall	www.schuetzengarten.ch
 supermagnete	Scheibenmagnete für den Greifer	www.supermagnete.ch
 UIKER UND DIE UNTERNEHMEN DER UIKER-GRUPPE	Zahnriemen und -scheiben	www.uiker.ch
 YMATRON AG	IR Sensoren	www.ymatron.ch
 ZUND AG Zünd-Service Tel. +41 22 711 22 00 Fax +41 22 711 22 01 www.zund.ch	Laserschnitt der Aluminium- Ebenen	www.zuendag.ch

10. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Spielfeld	6
Abb. 2 Depot mit Schraube	6
Abb. 3 Montageblock offen	6
Abb. 4 Montageblock verschraubt.....	6
Abb. 5 Schlüssel ausgelöst	6
Abb. 6 Spielfeld	10
Abb. 7 Entwicklungsschritte Design	10
Abb. 8 Struktur Ruuvi	11
Abb. 9 Fahrwerksebene Oberseite	12
Abb. 10 Fahrwerksebene Unterseite	12
Abb. 11 Akku auf Greiferebene montiert.....	13
Abb. 12 Sensorhalterung und Printbefestigung.....	13
Abb. 13 Grundplatte	16
Abb. 14 Draufsicht Schraubensensor	17
Abb. 15 Platzierung Distanzsensoren	17
Abb. 16 Klassendiagramm Ruuvi.....	18
Abb. 17 Halbschalen aus PMMA	19
Abb. 18 Gestaltungsprozess Roboterkopf	19
Abb. 19 Anordnungsvorschlag Sensoren.....	22
Abb. 20 Struktur Baugruppen	23
Abb. 21 Struktur Fachgruppen	23
Abb. 22 Phasen der Teambildung.....	23