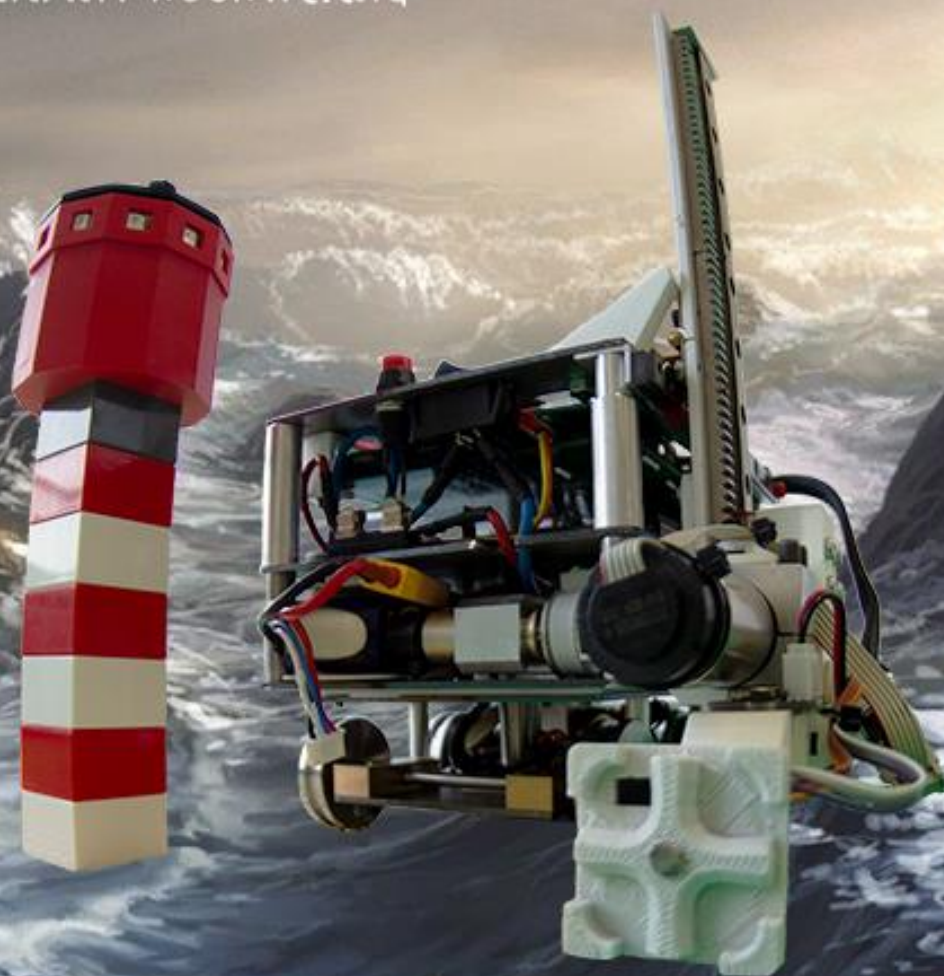


KLAUS DER LEUCHTTURMBAUER

AUF HOHER SEE

- INNOVATIV
- ZUVERLÄSSIG
- STABIL
- QUALITATIV HOCHWERTIG



TEAM 10

- | | |
|----------------|-----------------|
| - ALIG MICHAEL | - JÄGER ROMARIO |
| - MEYER ERICH | - STOFFEL MAURO |
| - WEBER LUZIAN | - ZWICK JEANNOT |

 **FAULHABER**

büchel
BLECH AG

 **NTB**
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FHO Fachhochschule Ostschweiz

Inhalt:

1	Kurzfassung	2
2	Einleitung	2
2.1	Teamvorstellung/Struktur	3
2.2	Entwicklungsverlauf des Konzepts.	3
3	Konzeptentscheid	4
4	Teilfunktionen	6
4.1	Übersicht	6
4.2	Mechanik	7
4.2.1	Fahrwerk	7
4.2.2	Oberteil	8
4.2.3	Vorgehen.....	8
4.2.4	Probleme und Lösungen	9
4.3	Elektronik.....	10
4.3.1	Printplatte	10
4.3.2	MPC	11
4.3.3	Sensorik.....	12
4.3.4	Encoder.....	12
4.3.5	WLAN.....	12
4.3.6	Probleme und Lösungen	13
4.4	Informatik	13
4.4.1	Programmablauf.....	13
4.4.2	Kommunikationskonzept	14
4.4.3	Programmaufbau	15
4.4.4	Probleme und Lösungen	16
5	Schlussfolgerung	17
5.1	Rückblick:	17
5.2	Erfahrungen:	18
5.3	Schlusswort.....	18
6	Bilderverzeichnis	18
7	Anhang	19
7.1	Inhalt Ordner auf Server:	19

1 Kurzfassung

Es wurde die einmalige Gelegenheit geboten, in den ersten beiden Semestern des Studiums einen Roboter zu bauen. An allen Standorten der NTB wurden Teams gebildet, deren Auftrag es war einen Roboter zu bauen, um dann mit einem Partnerroboter aus einem anderen Team einen Leuchtturm zu bauen.

Die Bausteine des Turms sind LEGO Duplo Steine, welche der Roboter aus den Spendern vorne auf dem Spielfeld entnimmt und dann aufeinanderstapelt, um die Basis eines Leuchtturms zu bilden. Details zur Aufgabenstellung finden sich im Handbuch zum Systemtechnik Projekt (siehe Anhang).

Der Roboter von Team 10 heisst Klaus nach Klaus dem Gabelstaplerfahrer und besteht aus unterschiedlichen Systemen, die miteinander interagieren (Video zur Namensgebung siehe Anhang).

2 Einleitung

Als Team 10 aus Chur haben wir im Rahmen des Systemtechnikprojektes 2017/2018 die Aufgabe, einen Roboter zu entwickeln und mit Hilfe dessen eine interdisziplinäre, technische Problemstellung zu lösen. Es soll ein Leuchtturm aufgebaut werden, wozu 2 kooperierende Roboter genutzt werden. Team 2 und Team 3 in Buchs entwickeln je einen Partnerroboter. Das Zeitlimit, bis der Turm eigenständig in der geforderten Höhe und mit Leuchtturmspitze steht, beträgt drei Minuten. Zu erkennen ist die Dauer der zur Verfügung gestellten Zeit daran, dass die Turmspitze zu Beginn kurz aufblinkt und am Ende zu leuchten beginnt. Es muss jeweils eine Kommunikation zwischen den beiden Partnerrobotern stattfinden, um die Arbeitsschritte der autonom arbeitenden Roboter aufeinander abzustimmen. Jedem Team steht ein Budget in der Höhe von CHF 800.- zur Verfügung. Es dürfen jedoch Materialsponsoren angefragt werden. Das Systemtechnikprojekt unterliegt einem festgelegten Zeitrahmen. Es müssen verschiedene Meilensteine eingehalten werden. Bis zum 26.06.2018 muss das Projekt endgültig abgeschlossen sein und einer Fachjury, sowie dem öffentlichen Publikum präsentiert werden. Um den Erfolg zu gewährleisten muss das Wort «Team» grossgeschrieben werden. Doch eine gute Zusammenarbeit gelingt nur, wenn jedes einzelne Teammitglied Eigenverantwortung und Eigeninitiative wahrnimmt.



Abb. 2-1 Spielfeld

2.1 Teamvorstellung/Struktur

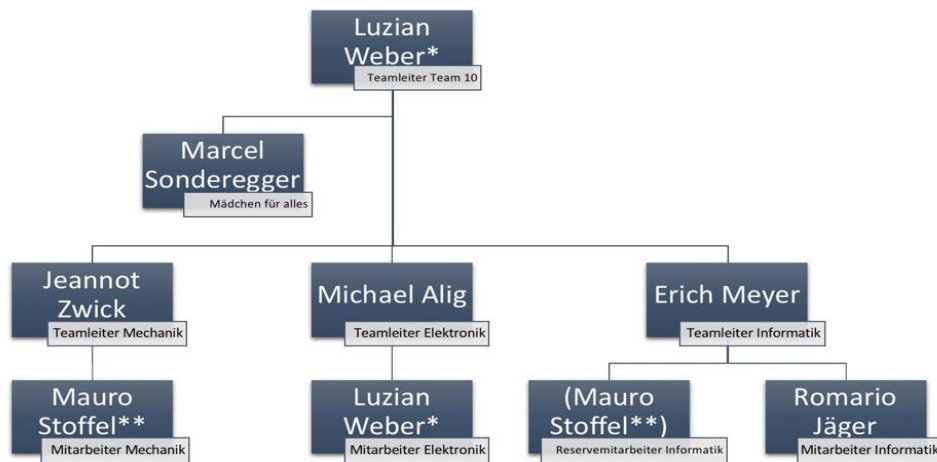


Abb. 2-2 Organigramm

Zu ergänzen ist, dass Marcel das Studium während des zweiten Semesters abgebrochen hat. Ebenfalls hatte Laura Stirnimann, die im Team Mechanik vorgesehen wäre, das Studium schon nach dem ersten Semester abgebrochen.

Eine genauere Teamvorstellung kann auf der Webseite ([Team 10](#)) entnommen werden.

2.2 Entwicklungsverlauf des Konzepts.

Der Ablauf bis zum Konzeptentscheid wurde in mehrere Teilschritte unterteilt:

- Ideensammelungsphase
- Skizzenphase (siehe Bilder)
- Aufteilen der Teilaufgaben
- Beginn der Ideenanalyse auf Möglichkeiten und Durchführung
- Überarbeiten der Ideen
- Endgültige Prüfung der Kompatibilität mit Partnerteam
- Konzeptentscheid

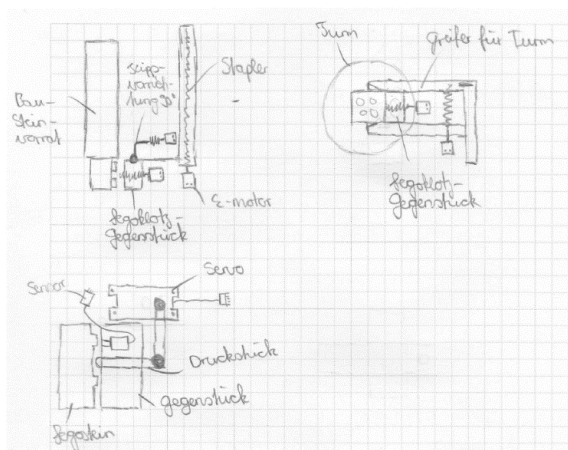


Abb. 2-4 Skizze Greifer 2

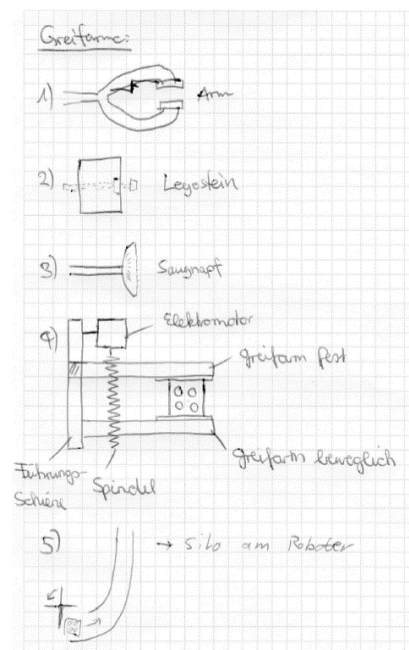


Abb. 2-3 Skizze Greifen 1

3 Konzeptentscheid

Für die Konzeptfindung wurde im Vorfeld ein Brainstorming durchgeführt und daraus ein morphologischer Kasten erstellt:

Teilsystem	Lösungsvarianten									
	Energieversorgung	Kommunikation	Fortbewegung	Antrieb	Greifmechanismus	Turm bauen	Orientierung			
	Lithium-Polymer-Akkumulator (LiPo-Akku)	Wireless Local Area Network (WLAN)	3 Räder	permanent erregter Gleichstrommotor	Zange betätigt durch eine Spindel	faltbarer Arm	Kamera			
	Nickel-Cadmium-Akkumulator (NiCd-Akku)	Bluetooth	4 Räder	bürstenloser Gleichstrommotor (Brushless-Motor)	hydraulisch betätigte Zange	ausfahrbarer Arm	Global Positioning System (GPS)			
	Blei-Akkumulator	Infrarot	Diagonal-Räder (Omniräder)	Schrittmotor	pneumatisch betätigte Zange	Seilsystem (Krahn mit Greifer)	Infrarot-Sensor			
	Druckluftspeicher	Akustisch	Schienen	Verbrennungsmotor	Zange betätigt durch ein Servo	Hub-Gabelstapler	Farbsensor			
	photovoltaische Zelle (Solarzelle)		Raupen	Digital-Metallgetriebeservo	Gegenstück eines Lego-Duplo-Stein als Gegenstück		Reflektions-Lichtschranke			
	potenzielle Energie durch Spannen einer Feder		2 Beine	Dampfmaschine	Sekundenkleber		Tastsensor			
			Octopod		Magnet					
			Quadroptopter		Kombo: Lego als Gegenstück + Greifarm mit Spindel					
			Helikopter		Saugnapf					

Abb. 3-1 Morphologischer Kasten

Nach genauer Abschätzung aller Varianten und Gewichtung von deren Vor- und Nachteilen wurde ein Konzept festgelegt.

Energieversorgung	Lithium-Polymer-Akkumulator
Kommunikation	WLAN
Fortbewegung	4 Räder, die zwischen den Noppen der Legoplatte fahren
Antrieb	Gleichstrommotoren mit Encoder und ein Servomotor
Greifmechanismus	Greifer mit Magnet
Turm bauen	«Gabelstapler», ausfahrbarer Arm
Orientierung	IR-Sensoren und Encoder

Für die Entscheidung des Konzeptes war die Zusammenarbeit mit den beiden Partnerteams von Buchs, Team 2 und 3, von grosser Bedeutung. Nach intensiven Diskussionen wurde eine endgültige Entscheidung gefällt, die folgenden Inhaltspunkte behält:

- Team 10 operiert auf der linken Spielfeldhälfte, Team 2 /3 auf der rechten (Blick Richtung Legospender).
- Team 10 legt den ersten Legostein.
- Danach werden abwechselnd Steine gelegt, bis die erforderte Höhe erreicht ist (Turm ist modular aufgebaut mit abwechselnden Legosteinen).
- Team 2/3 setzt die Turmspitze.
- Die Hilfssteine werden wie folgt eingesetzt:
 - Legostein in der Mitte für Anschlag des ersten Steines
 - Legosteine auf den Seiten für Anschlag / Orientierung des Partnerteams

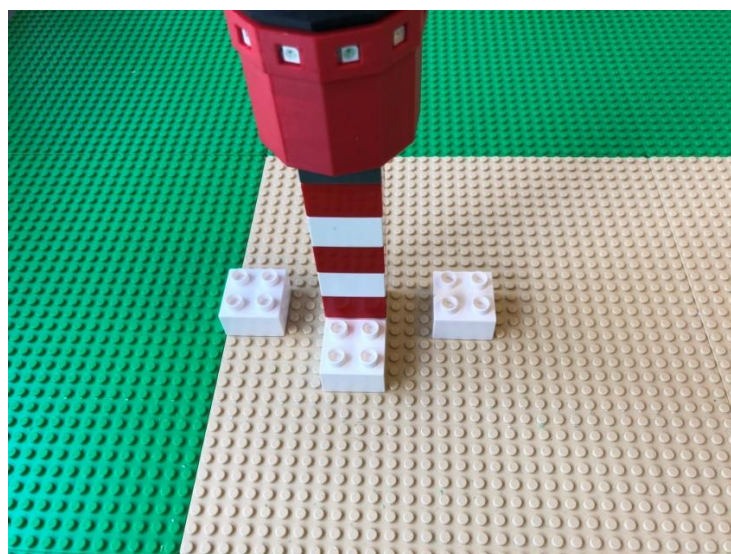


Abb. 3-2 Hilfssteine: Die drei weissen Legosteine neben und vor dem Leuchtturm

4 Teilfunktionen

4.1 Übersicht

Startposition

Je ein Roboter startet auf einer Seite des Spielfeldes. Die Entfernung zum Legosteine-Spender ist willkürlich. Jedoch darf die Platzierung in der Breite von den Teams frei gewählt werden. Die drei frei verwendbaren Legosteine werden als Anschläge beim Leuchtturmstandort und als Distanzhilfe beim Rückwärtsfahren verwendet.

Wenn das Startsignal gesendet wurde, fahren beide Roboter nach vorne um sich den ersten Legosteine zu holen.

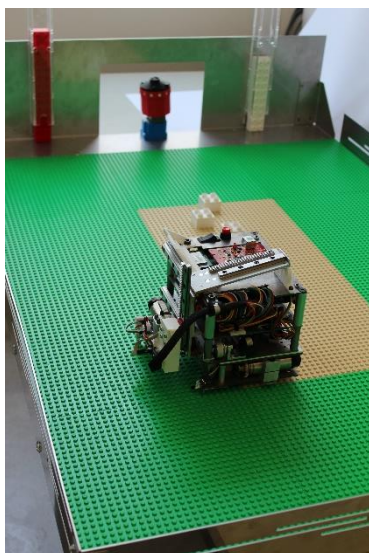


Abb. 4-1 Startposition

Position Vorne

Durch einen Distanzsensoren merkt Klaus, wenn er vorne ist. Wenn er den Stein mit dem Magnetgreifer hat, fährt er zurück auf die Höhe der Leuchtturm Baustelle.

Beim Zurückfahren erkennt ein weiterer Distanzsensoren den frei platzierten Legosteine und Klaus hält an. Wenn der Partnerroboter das Signal schickt, dass die Baustelle frei ist, dreht sich Klaus.

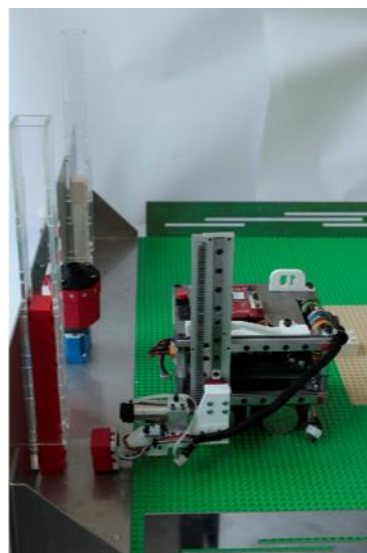


Abb. 4-2 Position Lego greifen

Bau-Position

Nach der 90 Grad Drehung setzt Klaus den transportierten Stein auf der Baustelle fest.

Anschließend hebt er seinen Arm wieder, dreht zurück und sendet dem Partnerroboter ein Signal, dass die Baustelle bereit ist.

Der ganze Ablauf wird nun so lange wiederholt, bis Klaus den neunten Legosteine gesetzt hat. Danach setzt unser Partnerroboter noch die Leuchtturmspitze auf und die Aufgabe ist erledigt.

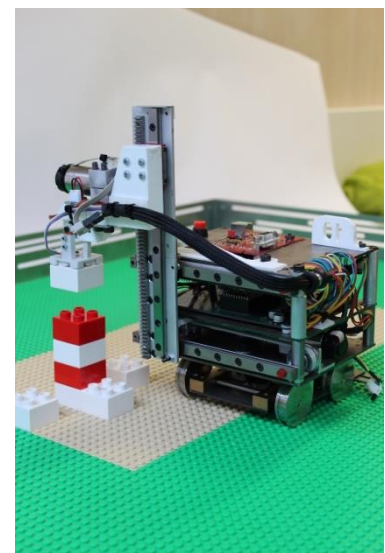


Abb. 4-3 Bauposition

4.2 Mechanik

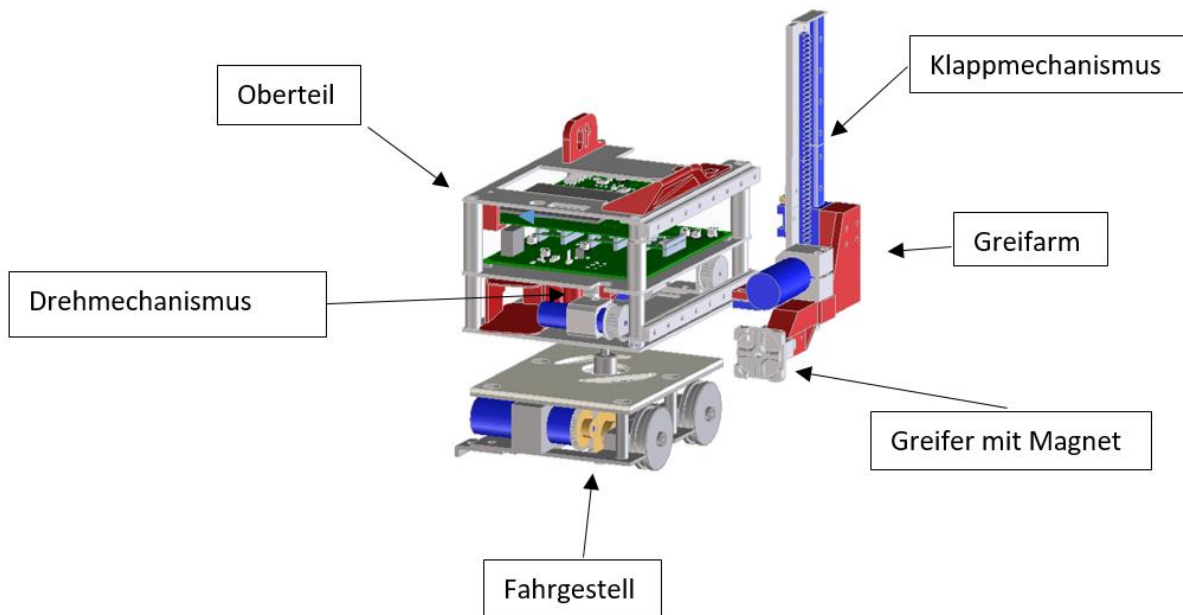


Abb. 4-4 Explosionszeichnung

4.2.1 Fahrwerk

4.2.1.1 Bodenplatte

Auf der Bodenplatte des Fahrwerks wurde der Motor für die Fortbewegung, die Achsenlager für die Räder, sowie der Drehstützen für die Verbindung zwischen Fahrwerk und Oberteil befestigt. Ausserdem wurde an der Bodenplatte ein Lichtsensor befestigt, welcher sicherstellt, dass der Roboter vor dem Ablegen des Steines am richtigen Ort ist.

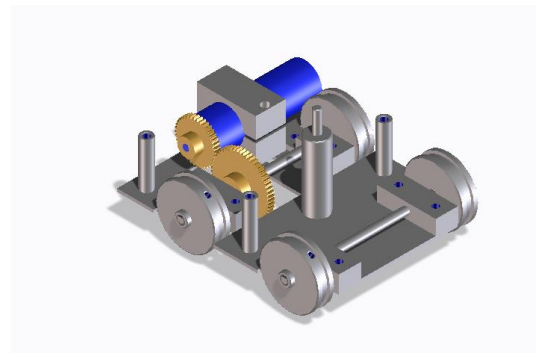


Abb. 4-5 Fahrwerk

4.2.1.2 Deckplatte

Auf der Deckplatte des Fahrwerks wurde eine gut gleitende Platte aufgebracht, um eine reibungsarme und ebene Oberfläche für die Drehung des Oberteils zu schaffen.

4.2.2 Oberteil

4.2.2.1 Drehplatte

Auf der Drehplatte des Oberteils befindet sich der Antriebsmotor für die Drehbewegung, der Antriebsmotor für die horizontale Bewegung des Armes, welche über einen Keilriemen auf den Arm übertragen wird, sowie das Gegenstück zur Drehstütze.

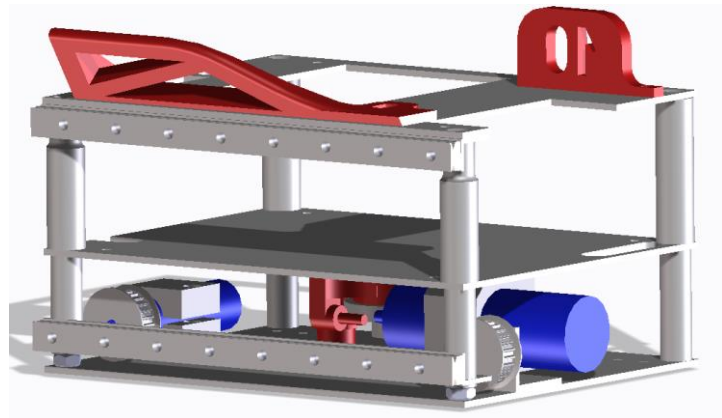


Abb. 4-6 Oberteil

Auf der Zwischenplatte werden die Elektronik-Platinen befestigt.

4.2.2.2 Zwischenplatte

Auf der Deckplatte des Oberteils wird die Rampe befestigt, welche für das Aufrichten des Klapparms zuständig ist. Ausserdem ermöglichen Aussparungen in der Deckplatte einen erleichterten Zugang auf die darunterliegende Elektronik.

4.2.2.3 Deckplatte

Der Arm wird an einer vertikalen Gleitschiene befestigt, welche wiederum an zwei horizontalen Gleitschienen befestigt wird. Die beiden horizontalen Gleitschienen werden an der Boden- und Deckplatte des Oberteils angebracht. Er besteht aus dem Arm und dem Greifer. Der Arm ist das Verbindungsstück zwischen Schiene und einem Servomotor. Dieser erlaubt es, den an ihm angebrachten Greifer um 90° zu drehen.

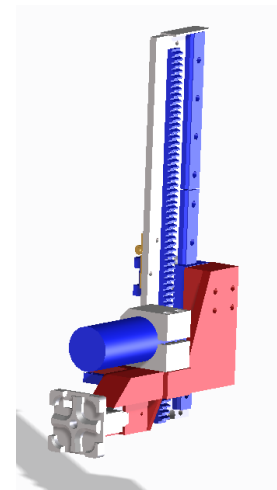


Abb. 4-7 Greifarm

4.2.3 Vorgehen

Wir wussten seit der Spezialisten Woche, dass der Roboter eine Kraft von ungefähr 45 Newton überwinden muss, um den ersten Legostein auf das Spielfeld zu drücken. Daher war es wichtig, dass der Roboter genug schwer ist, so dass er nicht wegkippt, wenn er den Stein andrückt. Darum wurden bei allen fünf Platten Stahl verwendet, um das nötige Gewicht zu erreichen.

Bei der Dimensionierung der Fortbewegungsmotoren kamen folgende Berechnungen zustande:

$$\begin{aligned}
 - \text{Zeit pro Stein} &= \frac{\text{Gesamtzeit}}{\text{Anzahl zu setzende Steine}} = \frac{180s}{9} = 20s \\
 - \frac{\text{Umdrehungen}}{\text{Minuten}} &= \frac{60 \cdot \text{Strecke}}{2 \cdot \pi \cdot \text{Radradius} \cdot \text{Zeit pro Stein}} = \frac{60s \cdot 2 \cdot 40cm}{\text{min} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 2cm \cdot 20s} \approx 19 \frac{U}{\text{min}}
 \end{aligned}$$

Bei der Dimensionierung der anderen Motoren haben wir uns mit dem Informatikteam und dem Elektronikteam besprochen und ausserdem Rat von einem Mitarbeiter von Faulhaber eingeholt.

Dies ergab die folgenden Motoren und Getriebe von Faulhaber:

Anwendung	Motor	Drehmoment	U/min	Getriebe
Antrieb	2232R012SR	10 mNm	5510 min ⁻¹	173:1
Drehung	2232R012SR	10 mNm	5510 min ⁻¹	173:1
Horizontale Verschiebung	1524T012SR	2.9 mNm	4130 min ⁻¹	485:1
Vertikale Verschiebung	2232R012SR	10 mNm	5510 min ⁻¹	173:1

4.2.4 Probleme und Lösungen

Da zu Beginn des Projekts, keiner von uns viele Erfahrungen mit einem CAD-Programm hatte, mussten wir uns zuerst noch in das Programm Creo einarbeiten, was sehr zeitaufwendig war. Diesen Zeitverlust machten wir wieder gut, da wir auf einen eigenen 3D-Drucker zurückgreifen konnten, welcher uns ermöglichte schnelle und relativ präzise Teile auszudrucken. Mit diesem wurde dann auch der erste Prototyp gedruckt, wobei offensichtlich wurde, dass die Verwendung von Kunststoffteilen nur bedingt empfehlenswert ist, da sie eine zu geringe Stabilität aufweisen. Ausserdem bieten Metallteile noch den offensichtlichen Vorteil, dass sie eine viel höhere Festigkeit bieten und somit wesentlich seltener versagen und die Möglichkeit bieten Gewinde zu schneiden. Nach dem Meilenstein M3 wurde uns bewusst, wie sehr wir mit der Mechanik im Rückstand waren und mussten daher handeln. Wir überarbeiteten unsere Problemstellen nochmals und vereinfachten sie so weit wie möglich. Neu versuchten wir möglichst viele Teile zu bestellen, anstatt selbst zu konstruieren, zudem wurde klar, dass die Getriebe für unsere Zwecke nicht optimal waren. Unglücklicherweise waren diese länger als die vorherigen Getriebe, was uns vor Platzproblemen stellte. Glücklicherweise konnten wir auf die Werkstatt von einem unserer Teammitglieder zugreifen und konnten so die Wartezeiten minimieren.

Im Nachhinein haben wir gelernt, dass die CAD Zeichnung so präzise wie nur möglich angefertigt werden sollte, (Schrauben, Muttern, Motoren etc. bereits mit Einfügen) damit eventuelle Konflikte bereits früh erkannt und behoben werden können. Zudem sollten extern gefertigte Teile möglichst früh bestellt werden aufgrund von langen Wartezeiten.

4.3 Elektronik

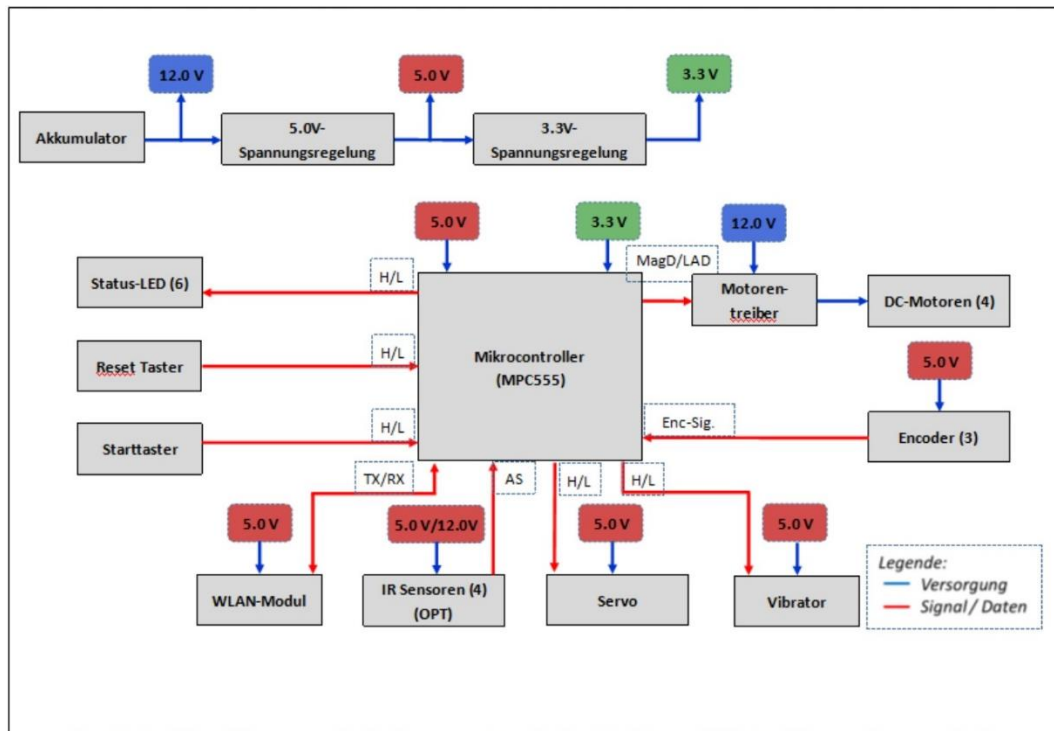


Abb. 4-8 Blockschaltbild

Das Blockschaltbild ist eine übersichtliche Darstellung für die Aufteilung der Elektronik. In Realität wurden zwei separate Printplatten erstellt.

4.3.1 Printplatte

Die untere Printplatte beinhaltet:

- Spannungsversorgung 12V
- Spannungswandler von 12V zu 5V
- Spannungswandler von 5V zu 3.3V
- 2 Motorentreiber Locked Antiphase
- 1 Motorentreiber Sign/Magnitude Drive
- Signalisations-LED für Spannungsversorgung

Die Aufgabe der unteren Printplatte besteht darin, die gesamte Elektronik mit Energie zu versorgen sowie die verbauten Motoren anzusteuern.

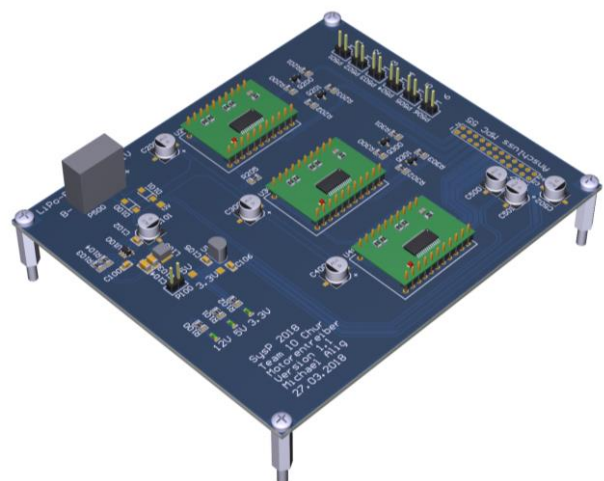


Abb. 4-9 3D Ansicht untere Printplatte

Als Energiespeicher dient ein Lithium-Polymer-Akkumulator (11.1 V / 1300 mAh). Dieser weist bei geringer Baugröße eine hohe Kapazität auf. Auf dem Print wurden diverse Stützkondensatoren positioniert, um allfällige Spannungsschwankungen zu eliminieren. Somit kann gewährleistet werden, dass die Elektronik, auch bei hoher Stromaufnahme, mit einer konstanten Spannung versorgt wird.

Der Drehmechanismus wird über einen Schneckenantrieb angetrieben. Dieses Antriebskonzept weist eine hohe Selbsthemmung auf. Aufgrund dessen benötigt dieser Motor, wie auch der des Vibrationsmotors, kein Haltemoment und wird deshalb mit dem Sign Magnitude-Signal betrieben. Alle anderen Motoren werden mit einer entsprechenden Zahnradpaarung mit der anzutreibenden Komponente verbunden. Diese Motoren benötigen ein Haltemoment und werden deshalb mit dem Locked Antiphase-Signal angesteuert.

Somit kann gewährleistet werden, dass sich diese Motoren, im Stillstand die vorgegebene Position halten.

Die obere Printplatte ist mit folgenden Bauteilen bestückt:

- IR-Sensoren
- Starttaster
- Vibrator Anschluss
- Wifi-Modul
- Encoder Anschlüsse
- Signalisations-LED
- Anschlussplatte MPC 555
- Resettaster

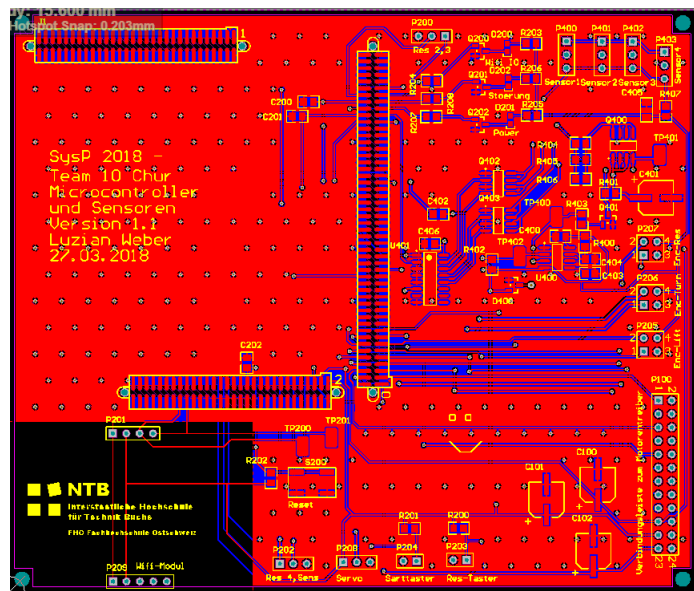


Abb. 4-10 PCB obere Printplatte, schwarzer Bereich: WLAN Modul

Der Vibrator dient als Hilfe den Stein zu setzen. (Reduzierung des Anpressdruckes)

4.3.2 MPC

Der MPC 555 ist das Herzstück und das Gehirn des Roboters. Von ihm aus werden sämtliche Ansteuerungen für Motoren, Sensoren, LEDs, etc. getätigt. Der Mikrocontroller beinhaltet 201 Anschlüssen, die verteilt sind über 3 Steckverbindungen (Siehe Abb. 5-6 oben links). Es ist dieser im Einsatz, weil die Hochschule das ganze Board mit dem MPC und dem aufgesteckten Debugging-Board sponsert. Das Board benötigt eine Speisung von 5.0 V / 111 mA, sowie eine Spannung von 3.3 V und hat einem Stromverbrauch von circa 275 mA. Genauer wird im Kapitel «5.5 Informatik» darauf eingegangen.

4.3.3 Sensorik

Für die Orientierung des Roboters wurden IR-Sensoren eingesetzt. Der IR-Emitter sendet IR Licht aus, das an einem Objekt reflektiert. Anhand der Intensität des IR Lichtes, welches beim IR Empfänger (Receiver) ankommt, kann auf die Distanz zwischen dem reflektierenden Objekt und IR Sensor geschlossen werden.

Verwendet wurden die HLC 1395 Sensoren, welche ideal für kurze Distanzen eingesetzt werden können. Eine genauere Beschreibung kann dem Datenblatt im Anhang entnommen werden. In der Spezialistenwoche wurden schon diese Sensoren mit Erfolg verwendet.

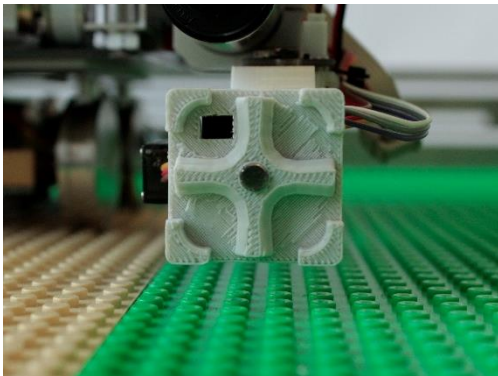


Abb. 4-11 Sensor vorne (im Greifer)

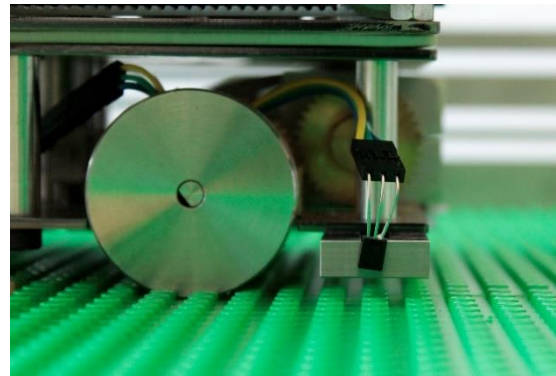


Abb. 4-12 Sensor hinten

Positionierung der Sensoren:

- In Greifer für die Vorwärtsfahrt, detektiert ein Legostein im Spender
- Unten am Roboter für die Rückfahrt, detektiert den Hilfsstein

4.3.4 Encoder

Für die genaue Positionsmessung wurden Encoder eingesetzt. Die Encoder der Serie IEH2-4096 wurden direkt von Faulhaber mit den Motoren mitgeliefert. Eine genauere Beschreibung kann dem Datenblatt im Anhang entnommen werden.

Einsatzbereich der Encoder:

- Positionsmessung des Armes horizontal
- Positionsmessung des Armes vertikal
- Drehmotor

4.3.5 WLAN

Für die Kommunikation wurde auf die empfohlene Variante der NTB gesetzt, das WLAN Modul. Das Wifi Modul RN-131GXS ist ein fertig bestücktes Bauteil, das von der NTB zur Verfügung gestellt wird. Für eine optimale Kommunikationsverbindung mit dem Partnerteam wurde das Modul frei von metallischen Abschirmungen platziert. Auch das Polygon auf unserer Printplatte wurde unter dem Modul ausgeschlossen. (Siehe Abb. 5-6 unten links)

4.3.6 Probleme und Lösungen

Anfänglich waren wir stark gefordert mit dem in der Spezialistenwoche erlernten Programm Altium Design. Weder Michael noch Luzian hatten Erfahrungen mit Computerprogrammen für Leiterplatten. Da im Standort Chur keine Experten mit Erfahrung in Altium Design vorhanden waren, musste das Team Elektronik jeweils mit Buchs korrespondieren, um Hilfe einzuholen.

Nach der Bestellung der PCBs erfuhren wir, dass ein Spannungsregler nicht mehr lieferbar war und wir mussten eine Alternative suchen. Der Ersatzregler hatte leider nicht mehr den gleichen Footprint und wir mussten beim Bestücken die Verbindungen patchen.

Dass die Vorwiderstände der IR-Sensoren falsche Werte hatten, bemerkten wir beim Austesten und wechselten diese aus.

4.4 Informatik

4.4.1 Programmablauf

Der Ablauf des Roboters wird über einen Zustandsautomaten realisiert. Dieser kennt insgesamt 10 verschiedene Zustände.

Im Ersten wird die Kommunikation mit dem Partnerroboter aufgebaut und alle Motorentreiber unter Strom gesetzt. Anschliessend wird das Startsignal gesendet und der nächste Zustand wird aktiviert.

Hier fährt Klaus das erste Mal nach vorne und fährt seinen Greifarm aus. Wenn der Sensor im Greifer das Steinmagazin erkennt, stoppt er.

Jetzt fährt er zurück und sobald er einen gewissen Abstand vom Steinmagazin hat, fährt auch der Greifarm nach oben.

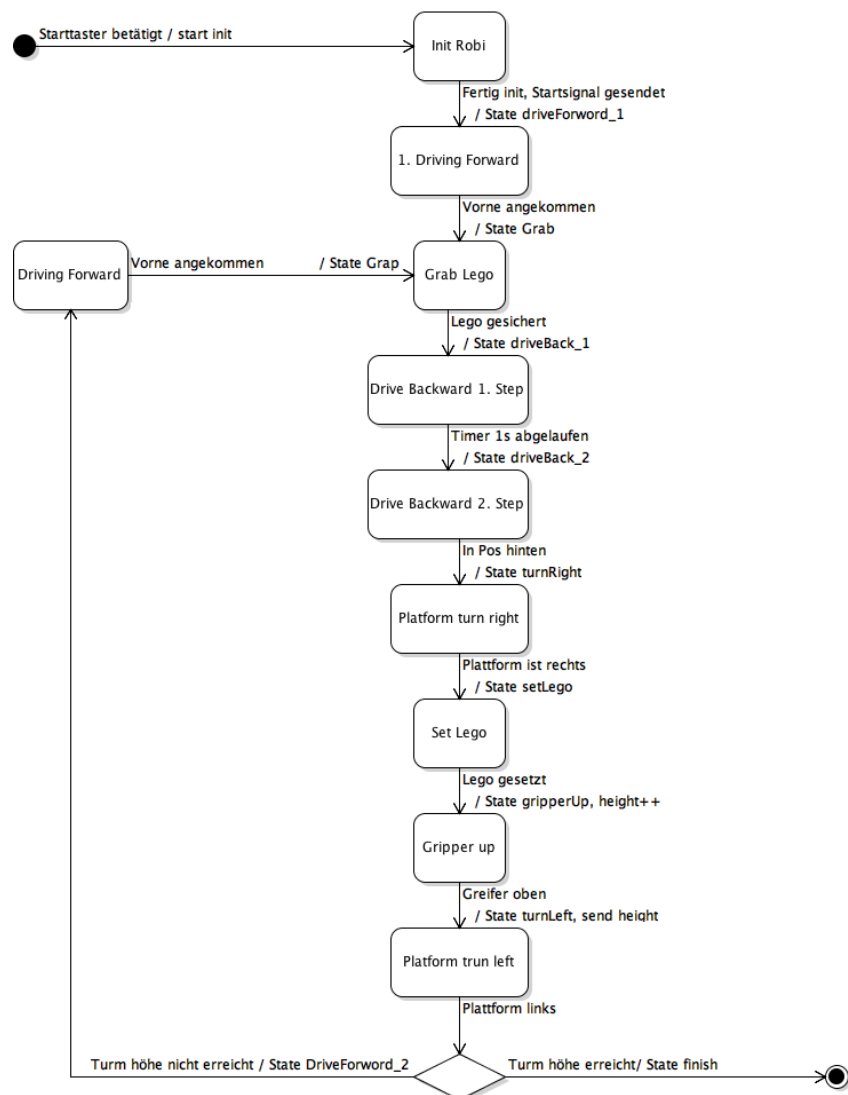


Abb. 4-13 Zustandsdiagramm

Wenn nun der hintere Sensor den Legostein auf der linken Seite erkennt (welchen wir vor dem Start dort setzen dürfen), hält der Roboter an und wartet bis das Signal vom Partnerroboter kommt, dass die Baustelle frei ist. Weil wir den ersten Stein setzten, wird beim ersten Mal nicht darauf gewartet und Klaus dreht direkt ab.

Ist der Legostein nun richtig positioniert, fährt der Arm nach unten und drückt den Stein auf das Spielfeld resp. auf den vorherigen Stein. Anschliessend fährt der Arm wieder nach oben und Klaus dreht sich wieder Richtung Steinmagazin. Gleichzeitig sendet Klaus dem Partnerroboter ein Signal mit der Anzahl gesetzter Legosteine, was gleichzeitig bedeutet, dass nun dieser seinen Stein setzten kann.

Ist nun die gewünschte Höhe von neun Legosteinen erreicht. Stoppen wir und senden das erste Stoppsignal. Wenn dies nicht der Fall ist, fährt der Roboter wieder nach vorne und holt den nächsten Stein, bis die erforderliche Höhe erreicht ist.

4.4.2 Kommunikationskonzept

Die Kommunikation wird über Fire&Forget-System gemacht, das heisst, es wird keine Bestätigung für das Erhalten einer Nachricht verschickt. Die einzige Ausnahme dazu ist das Signal 222, das zu Beginn verschickt wird, um zu überprüfen, ob der Partnerroboter bereit ist und die Kommunikation steht. Falls dies nicht der Fall ist, wird das Signal nach kurzer Zeit wiederholt. Sobald die Bestätigung kommt, wird das Startsignal an den Leuchtturm und den Partnerroboter geschickt.

Während des Bauens wird jeweils das Setzen eines Steins mit einer Nachricht an den Partnerroboter bestätigt, um Komplikationen mit der Nummer 10, die beim Testen Probleme verursachte, zu vermeiden, wird jeweils die Höhe in Steinen+100 gesendet. Sobald unser Roboter den letzten Stein gesetzt hat, schickt er das Schlussignal an den Leuchtturm.

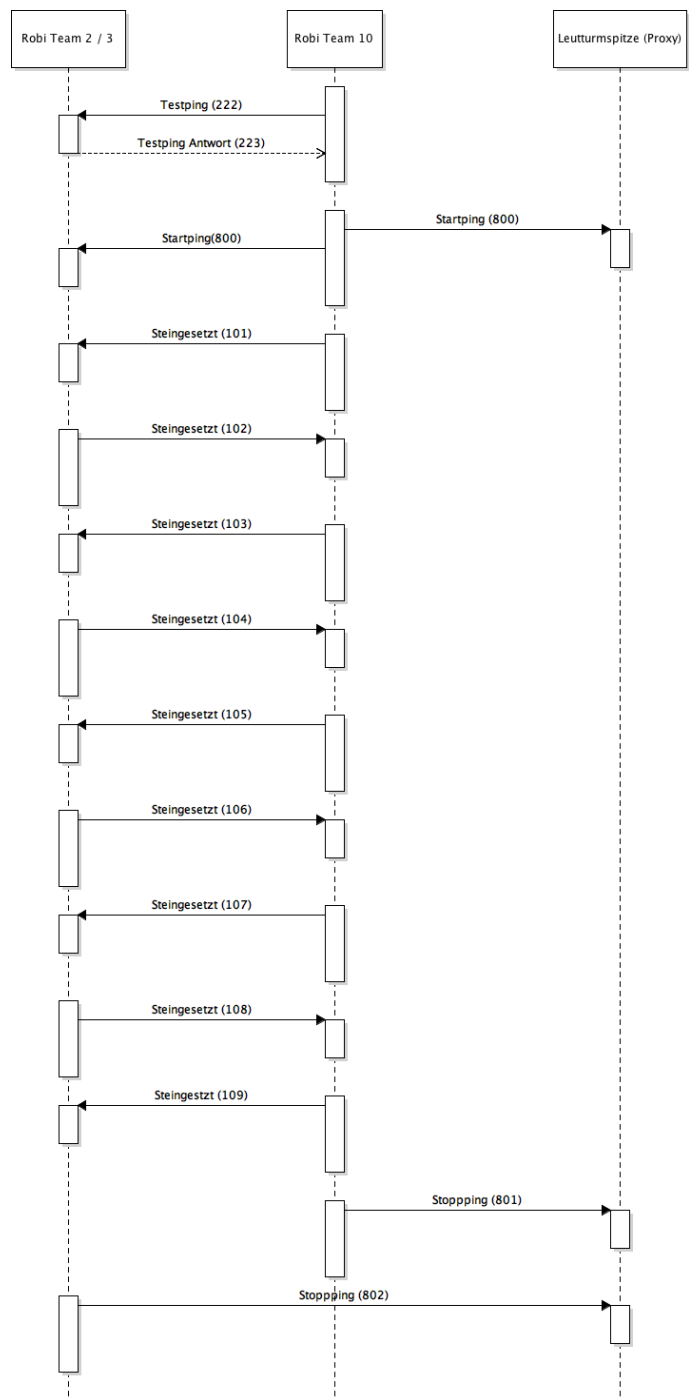


Abb. 4-14 Sequenzdiagramm

4.4.3 Programmaufbau

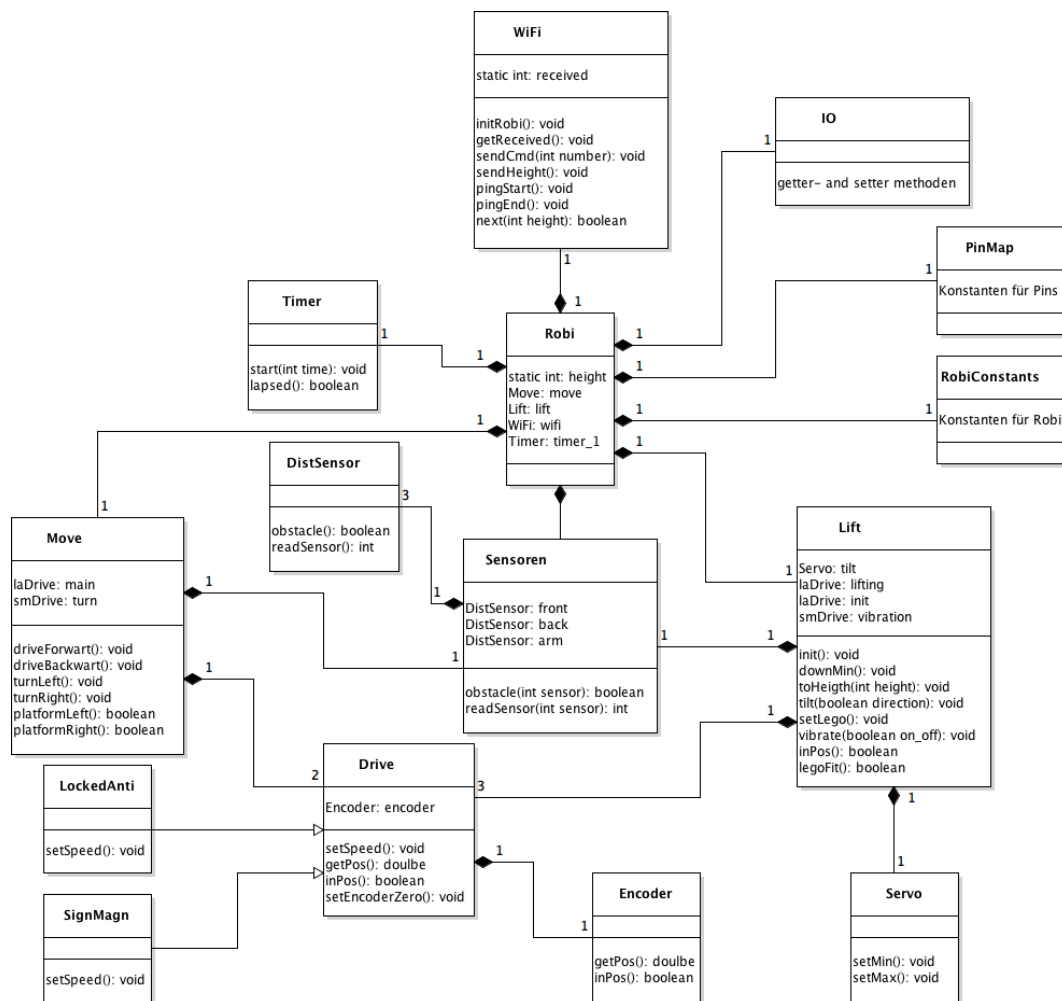


Abb. 4-15 Klassendiagramm

4.4.3.1 Robi

Die Klasse Robi ist die Klasse, von der aus der Ablauf gesteuert wird. Alle Funktionen anderer Klassen werden von dieser Klasse aus gesteuert. Die verschiedenen Zustände sind im Abschnitt Zustandsdiagramm genauer erläutert.

4.4.3.2 Timer

Die Klasse Timer beinhaltet eine Stoppuhr, durch welche man Zeitabstände, die nicht durch Tasks gesteuert werden, messen kann.

4.4.3.3 Kommunikation/ Wifi

Die Kommunikation wird durch die Klasse Wifi gesteuert. Der genaue Ablauf der Kommunikation ist im Abschnitt Kommunikationsdiagramm erklärt.

4.4.3.4 Hilfsklassen

Die Klasse IO instanziiert Ein- und Ausgänge, in der Klasse PinMap sind alle benutzten Pins aufgeführt. Diese Klassen helfen, Ordnung zu halten, da man immer weiss, wo ein Pin zu finden ist und man mit einem Klick den Wert für alle Aufrufe dieses Pins verändern kann. In RobiConstants werden Konstanten gespeichert, um diese mit einem Klick verändern zu können.

4.4.3.5 Sensoren

Sensoren beinhaltet eine Liste der DistSensoren, diese beiden Klassen verwalten die Distanzsensoren und beinhalten Methoden um Hindernisse zu erkennen oder zu testen, ob ein bestimmter Grenzwert erreicht wurde.

4.4.3.6 Servo

Servo steuert den Servomotor, für dieses Projekt wurden nur die Maximal- und Minimalposition gebraucht.

4.4.3.7 Encoder

Die Klasse Encoder speichert die Position eines Motors. Ein Encoder kann mit einem Faktor initialisiert werden, damit alle Übersetzungen unterstützt werden.

4.4.3.8 Drive/ Motoren

Drive ist eine abstrakte Klasse, die entweder vom Typ LockedAnti (=Locked Antiphase) oder SignMagn (=Sign Magnitude) ist. Die verschiedenen Ausprägungen müssen die Methode setSpeed überschreiben, damit man beide Arten von Motoren gleich ansteuern kann. Ausserdem wird beim Instanziiieren eines Motors festgelegt, ob dieser über einen Encoder oder über Sensoren gesteuert wird.

4.4.3.9 Move/ Lift

Die Klasse Move verwaltet die Bewegung des Roboters und steuert zwei Sensoren sowie ein Locked-Antiphase-Motor ohne Encoder für die Bewegung auf dem Spielfeld und ein Sign-Magnitude-Motor mit Encoder für die Drehung des Roboters.

Die Klasse Lift ist ähnlich wie die Klasse Move, steuert aber den Greifmechanismus.

Beide Klassen stellen Methoden für die Klasse Robi zur Verfügung, um diese Klasse möglichst übersichtlich zu halten.

4.4.4 Probleme und Lösungen

Die erste Version des Programmes hatte nur wenige Klassen, was das Testen und die Fehlersuche sehr schwer gestalten würde. Ausserdem sind die einzelnen Klassen so sehr unübersichtlich. Auf einen Ratschlag des damaligen Betreuers, Ulrich Hauser, wurde das Programm neu strukturiert. Die oben genannten Diagramme basieren auf diesem Stand.

Von den Studenten, die das Projekt bereits abgeschlossen hatten, wurde geraten, Klassen wie PinMap einzubauen, um Konstanten an einem Ort zu zentrieren, was Änderungen vereinfacht.

Während des Testens gab es ein Problem mit den Locked Antiphase Motoren. Das Problem war, dass die Initialisierung an der falschen Stelle im Programm stattfand.

Zu Beginn gab es Probleme mit dem Wifi-Modul. Diese sind auf Konflikte mit der Task-Superklasse zurückzuführen. Als diese Probleme gelöst waren, funktionierte es immer noch nicht, auf dem Testboard funktionierte es aber, was auf ein Hardwareproblem schliessen liess. Somit wurde das WLAN-Modul ausgetauscht, mit dem Neuen funktioniert es.

5 Schlussfolgerung

5.1 Rückblick:

Vor gut 10 Monaten starteten wir das Studium Systemtechnik. Berühmt, berüchtigt war uns schon im Voraus das Systemtechnikprojekt mit dem Bau eines Roboters von älteren Studenten bekannt. Uns wurde aber auch mitgeteilt, dass es kein anderes Projekt während des ganzen Studiums gibt, wo der Lerneffekt grösser sei, das Team mehr zusammenschweisst und die fächerübergreifenden Disziplinen besser zusammenspielen. Dementsprechend stiegen wir motiviert in das Projekt ein.

Nach der Konzeptfindung im Meilenstein 1 ging es darum die Ideen umzusetzen. Mit viel Fleiss und Einsatz probierten wir unsere nicht immer optimalen beruflichen Vorbildungen zu erweitern, was uns meistens recht gut gelang.

Dank der guten Betreuung in der Elektronik von Experten aus Chur konnte der gelernte Stromer Luzian und der Automech Michael zwei funktionierende Leiterplatten herstellen. Einzig ein Widerstand musste ausgewechselt und der Anschluss der Spannungsversorgung überarbeitet werden.

Im Team Mechanik gelang es dem gelernten Schlosser, so gut es ging mit dem neu erlernten Programm Creo CAD Zeichnungen erstellen. Nachdem Laura das Studium nach dem ersten Semester abgebrochen hatte, wechselte der Maturand Mauro zum Team Mechanik um Jeannot zu unterstützen. Jedoch hatte auch er keine Creo Erfahrungen. Dank seinem privaten 3D Drucker konnte er unzählige Teile für den Roboter drucken und leistete somit einen wichtigen Beitrag zur Realisierung des Projekts. Einige mechanische Teile, die fehlerhaft waren konnten in Michaels Werkstatt auf der Drehbank angepasst werden.

Das Informatikteam, dass nach Mauros Wechsel nur noch aus einem Automatisierer und einem Matura Absolvent bestand, war ebenfalls fachlich herausgefordert. Da beide jedoch auch in der Freizeit begeisterte Programmierer sind, konnten sie alle Probleme mit Bravour meistern.

Wir sind stolz darauf, dass wir aus allen Situationen immer eine Lösung fanden und mit grosser Teamarbeit und gegenseitiger Unterstützung bestehend aus nur sechs Studenten einen funktionierenden Roboter bauten.

5.2 Erfahrungen:

Mit diesem Projekt konnten wir viele Erfahrungen sammeln, einerseits in technischen Bereichen wie der Vorgehensweise bei der Konzeptfindung und der Fehlerbehandlung, aber auch im Umgang mit Mitmenschen, beispielsweise dem Einbeziehen von externen Personen und im Umgang mit Kritik.

Das Bauen eines Roboters ist die eine Sache, das Präsentieren der Ideen und Meilensteine dem «Kunden» oder wie in diesem Projekt den Experten eine andere Sache. Somit konnten wir auch viel in Sachen Präsentationstechnik für unsere Berufslaufbahn mitnehmen.

Sich Hilfe zu suchen und die richtigen Experten beizuholen war ein wichtiger Eckpfeiler für die erfolgreiche Umsetzung. Wir haben gelernt, dass man in einer überforderten Situation immer jemand finden kann, der helfen kann, Lösungen zu finden.

5.3 Schlusswort

Das Systemtechnikprojekt hatte es definitiv in sich und alle Erwartungen erfüllt. Es war eine sehr intensive Zeit, die wir lange nicht mehr vergessen werden. Wir haben viel gelernt, geflucht, getüftelt, nach Lösungen gesucht und können dennoch mit einem lachenden Auge zurückschauen. Wir könnten sehr viel für unsere beruflichen Laufbahnen mitnehmen und das ist doch das was zählt im Studium.

Wir wollen ein grosses Dankeschön aussprechen an unsere Sponsoren Faulhaber, Büchel Blech und die NTB die die Realisierung erst ermöglichten.

6 Bilderverzeichnis

Abb. 2-1 Spielfeld	2
Abb. 2-2 Organigramm	3
Abb. 2-3 Skizze Greifen 1	3
Abb. 2-4 Skizze Greifer 2	3
Abb. 3-1 Morphologischer Kasten	4
Abb. 3-2 Hilfssteine: Die drei weissen Legosteine neben und vor dem Leuchtturm	5
Abb. 4-1 Startposition	6
Abb. 4-2 Position Lego greifen	6
Abb. 4-3 Bauposition	6
Abb. 4-4 Explosionszeichnung	7
Abb. 4-5 Fahrwerk	7
Abb. 4-6 Oberteil	8
Abb. 4-7 Greifarm	8
Abb. 4-8 Blockschaltbild	10

Abb. 4-9 3D Ansicht untere Printplatte	10
Abb. 4-10 PCB obere Printplatte, schwarzer Bereich: WLAN Modul	11
Abb. 4-11 Sensor vorne (im Greifer)	12
Abb. 4-12 Sensor hinten.....	12
Abb. 4-13 Zustandsdiagramm	13
Abb. 4-14 Sequenzdiagramm	14
Abb. 4-15 Klassendiagramm	15

7 Anhang

7.1 Inhalt Ordner auf Server:

\\\\fs003\\systemtechnik\\systemtechnik1\\SysP18_Anhaenge\\Team10\\

- Jeweils als PDF und in editierbarer Form:
 - Projektbericht
 - Bedienungs- und Wartungsanleitung
 - Zusammenfassung/Flyer
- CAD-Zeichnung als PDF und als Creo-Files
- Elektronikschemas als PDF und als PcbDoc-Files
- Sourcecode, Softwarestruktur
- Handbuch
- Zeitplan
- Datenblätter
- Video zur Namensgebung von Klaus