

Universität Kassel  
Fachbereich 16 - Informatik und Elektrotechnik

# Teamarbeit

## Abschlussbericht

**Autoren:** Dennis Knitterscheidt 33360131  
Robert Meschkat 28227496  
Philipp Schenk 33309370  
Eric Wagner 32233447

**Betreuer:** M. Sc. Stephan Opfer

# **Inhaltsverzeichnis**

<b>1 Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2 Technische Arbeit</b>	<b>4</b>
2.1 Arbeitsauftrag . . . . .	4
2.2 Entwurf . . . . .	4
2.2.1 Erste Bestandsaufnahme . . . . .	4
2.2.2 Recherche . . . . .	4
2.2.3 Erster Entwurf . . . . .	5
2.2.4 Zweiter Entwurf . . . . .	6
2.3 Umsetzung . . . . .	7
2.3.1 UI . . . . .	8
2.3.2 Taster . . . . .	11
2.4 Ausblick . . . . .	13
<b>3 Teamarbeit</b>	<b>15</b>
3.1 Teamrollen . . . . .	15
3.1.1 Dennis . . . . .	16
3.1.2 Robert . . . . .	17
3.1.3 Philipp . . . . .	17
3.1.4 Eric . . . . .	18
3.2 Teamphasen . . . . .	18
3.2.1 Forming . . . . .	19
3.2.2 Storming . . . . .	19
3.2.3 Norming . . . . .	19
3.2.4 Performing . . . . .	20
3.3 Probleme und Lösungen . . . . .	20
<b>4 Fazit</b>	<b>21</b>
<b>5 Quellen</b>	<b>22</b>

# **1 Einleitung**

Mit diesem Bericht werden der Verlauf und die Ergebnisse unseres Projekts, das im Rahmen der Veranstaltung Teamarbeit des Fachgebiets Verteilte Systeme entstand, dokumentiert. Im Verlauf von diesem Projekt sollten die Methoden und Techniken der Teamarbeit, die im Auftakttreffen erläutert wurden, genutzt werden, um die Erweiterung der Turtlebots um die Funktion als als Transportsystem mit dessen Hilfe verschiedene Dinge von Punkt zu Punkt gebracht werden können, zu implementieren.

## 2 Technische Arbeit

### 2.1 Arbeitsauftrag

Im KickOff-Workshop zur Veranstaltung „Teamarbeit“ wurden mehrere Aufgaben vorge stellt. Das Team hat sich dann zusammen gefunden, um folgende Aufgabe zu bearbeiten: Für die vom Team bearbeitete Aufgabe sollten ein Turtlebot und die existierende Software so erweitert werden, dass der Turtlebot als Transportsystem im Fachgebiet eingesetzt werden kann. Der Turtlebot sollte über die Software an einen Ort im Fachgebiet geschickt werden können, an dem er einen Gegenstand entgegen nimmt. Der Gegenstand sollte dann an einen vorher in der Software definierten Zielort gebracht werden.

Für die Umsetzung sollte ein Behältnis für den Transport der Gegenstände auf dem Turtlebot befestigt werden. Der Behälter sollte mit entsprechender Sensorik ausgestattet werden, damit der Turtlebot erkennt, wenn ein Gegenstand auf ihm platziert wurde. Da der Turtlebot nur Daten verarbeiten kann, die sich in seinem Weltmodell befinden, mussten die Sensordaten außerdem in das bestehende Framework eingepflegt werden. Um dem Turtlebot den Transportauftrag zu erteilen, sollte eine graphische Benutzeroberfläche entwickelt werden, in der man den Start- und Zielpunkt, sowie den zu transportierenden Gegenstand festlegen können soll.

### 2.2 Entwurf

#### 2.2.1 Erste Bestandsaufnahme

Da kein Teammitglied zuvor mit den Turtlebots gearbeitet hat, musste sich das Team zunächst einen groben Überblick über die bestehende Hard- und Software verfassen, bevor mit der eigentlichen Planung begonnen werden konnte.

Für die Sensorik des Behälters war der Aufbau des Turtlebots ausschlaggebend: Ge steuert wird der Turtlebot von einem Notebook. Dieses ist über USB sowohl mit der Fahrbasis, als auch mit der Sensorik für die räumliche Erkennung verbunden. Damit wurde klar, dass auch der Gegenstandsdetektor über USB mit dem Notebook verbunden werden muss.

Die Software-Sammlung, die für den Betrieb des Turtlebots benötigt wird, basiert auf dem „Robot Operating System“, kurz ROS genannt, in der Version *Kinetic* und ist in C++ verfasst. Das User Interface musste als mit ROS kommunizieren können und im besten Fall in C++ geschrieben sein.

#### 2.2.2 Recherche

Nachdem die Rahmenbedingungen abgeklärt waren, begann das Team zunächst mit der Suche nach Lösungen für die Aufgabenstellung.

Bei der Sensorik für die Gegenstandserkennung hat sich das Team schnell auf einen Taster festgelegt, der ausgelöst werden soll, wenn ein Objekt in den Behälter gelegt wird.

Kurzzeitig war auch noch ein RFID-Leser im Gespräch, der zusätzlich oder anstelle des Taster angebracht werden sollte. Mit dem Lesegerät hätten zwar die zu transportierenden Gegenstände identifiziert werden können, allerdings hätten dann auch alle Objekte mit einem entsprechenden Marker versehen werden müssen. Daher entschied sich das Team für den Taster, der beim Transport den größeren Spielraum lässt und außerdem leichter umzusetzen war.

Für die mögliche Umsetzung des Tasters gab es verschiedene Lösungsansätze: Die einfachste Lösung wäre ein bereits fertiger Taster mit USB-Anschluss, der zum Beispiel eine Tastaturtaste simuliert. Die Recherche des Teams zeigte, dass entsprechende „Ein-Knopf-Tastaturen“ tatsächlich existieren, sich jedoch preislich in keinem realistischem Rahmen bewegen. Ein weiterer Vorschlag war die Modifikation eines Peripheriegerätes, wie Maus oder Tastatur. Auch diese Idee wurde verworfen, da sie vom Team als zu aufwändig und als mögliche Fehlerquelle angesehen wurde.

Für die Entwicklung des User Interfaces wurden zwei C++-Bibliotheken evaluiert: Zum einen der Quasi-Standard „Qt“ und zum anderen das „Chromium Embedded Framework“, kurz CEF. Bei der Evaluation stellte sich das CEF als interessante Lösung heraus, wurde aber vom Team aber abgelehnt, da es für dieses Projekt als zu aufwändig erschien.

Als Plattform für die Entwicklung wollte das Team sowohl das im Fachgebiet eingesetzte Ubuntu 16.04 LTS mit ROS Kinetic, als auch das zu diesem Zeitpunkt aktuelle Ubuntu 18.04 LTS mit ROS Melodic erproben.

### 2.2.3 Erster Entwurf

Nach der Recherche entschied sich das Team dazu, den Taster selbst zu bauen. Dafür sollte er mit einem Microcontroller verbunden werden, der die Signale über USB an das Notebook überträgt. Als Microcontroller wurde der „Digispark Rev. 3“ (Abb. 1) gewählt, da er mit seinen kleinen Abmessungen und seinem geringen Preis eine gute Lösung zu sein schien.

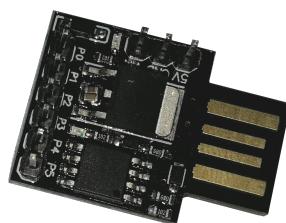


Abbildung 1: Digispark Rev. 3

Für die Software untersuchte das Team den existierenden Code in den verschiedenen Git-Repositories und entwickelte aus den Ergebnissen einen ersten Ansatz für die Software-Architektur (Abb. 2) des Projekts. Für den Client sollte es dabei ein Frontend

auf Basis von Qt geben, das die Benutzeroberfläche zur Verfügung stellt. Das Frontend schickt die Benutzereingaben an das Backend, welches die Daten verarbeitet und an ROS (bzw. die ROS-Kernanwendung) weiter reicht. Der existierende ROS-UDP-Proxy soll die Daten als ROS-MESSAGE über das WLAN an den Turtlebot schicken. Auf dem Turtlebot soll es eine ROS-Komponente geben, die die Daten zu Kommandos für den Turtlebot umwandelt.

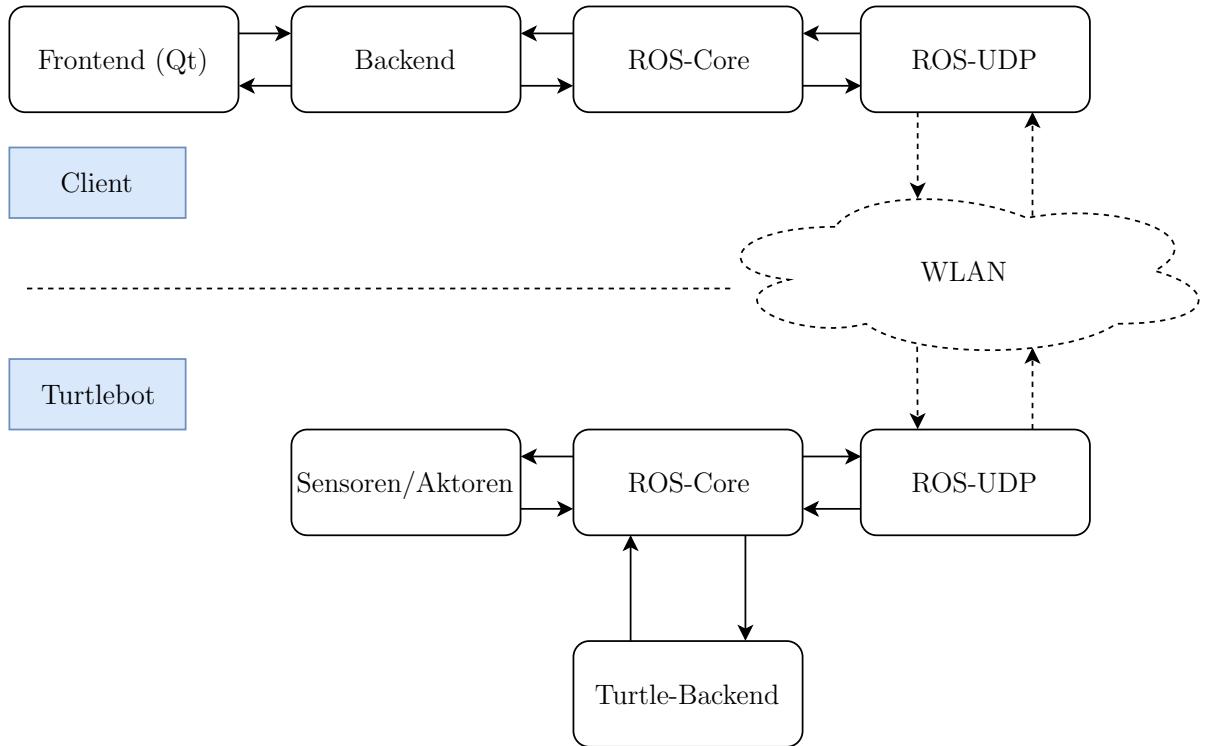


Abbildung 2: Erster Architektur-Entwurf

#### 2.2.4 Zweiter Entwurf

Nach Rücksprache mit dem Betreuer des Teams, Stephan Opfer, zeigte sich, dass die Software auf dem Turtlebot komplexer war, als zunächst angenommen: Wie in der Abbildung 3 zu erkennen ist, gibt es neben dem UDP-Proxy, Sensoren und Aktoren, auch noch ein Weltmodell und eine Komponente namens „Alica“. Im Weltmodell wird der von den Sensoren erfasste Zustand, sowie weitere Informationen, festgehalten. Alica kann sich den aktuellen Zustand aus dem Weltmodell holen, auf der Basis entsprechender Pläne das weitere Vorgehen ermitteln und das neue Verhalten an die Aktoren mitteilen. Für die Software auf dem Turtlebot musste das Team also keine eigene Komponente entwickeln, sondern den Taster in die Sensorik, das Weltmodell und die Pläne einpflegen. Außerdem musste eine Nachricht des Clients mit Start-, Endpunkt und Gegenstand ebenfalls in das Weltmodell eingetragen werden, damit diese Informationen ebenfalls in die Planung

mit einbezogen werden können.

Auf der Client-Seite erhielt das Team zusätzlich den Hinweis, dass es eine spezielle Version von Qt gibt, die direkt mit ROS kommunizieren kann, sodass die Aufteilung in Frontend und Backend nicht nötig ist.

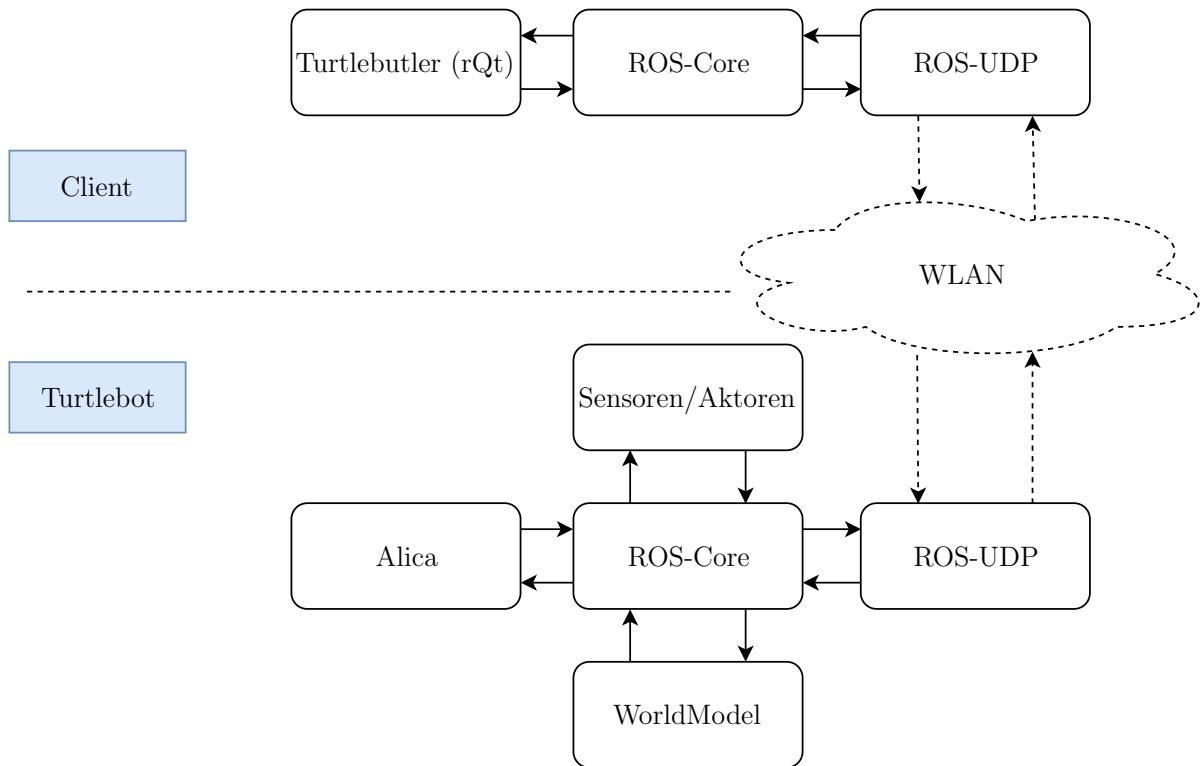


Abbildung 3: Zweiter Architektur-Entwurf

## 2.3 Umsetzung

Nach dem Kickoff-Meeting wurde vom Team beschlossen, sich einmal pro Woche im Labor des Fachgebiets zu treffen. Zu Beginn hat sich jedes Teammitglied mit Ubuntu und ROS beschäftigt und dieses auf seinem Rechner installiert. Als Betriebssystem wurde Ubuntu 16.04 verwendet, da die Turtlebots mit ROS Kinetic arbeiten. Da der Turtlebot-Code aus mehreren GitHub-Repositorien besteht, mussten diese zusätzlich heruntergeladen werden.

Zuerst wurde in den Treffen mit einem Laptop mit Ubuntu-Version 18.04 versucht, den Code der Repositories zu kompilieren und auszuführen. Hierbei stieß man auf das Problem, dass einige Bibliotheken fehlten oder Code zum Teil nicht mit der neuen ROS-Version Melodic kompatibel war. Aufgrund dieses Problems wurde nach mehreren Komplizierungsversuchen auf einen Rechner im Labor des Fachgebietes umgeschwenkt, auf dem gemeinsam weiter programmiert wurde. Da auf dem Rechner trotz der korrekten

Ubuntu-Version immer noch Dateien fehlten, wurde der Betreuer zu Rate gezogen. Neben einer Konkretisierung des Arbeitsauftrages (siehe Abschnitt 2.2.4) stellte sich heraus, dass die verschiedenen Repositories unterschiedliche Branches benötigen um richtig zu funktionieren und zusammenzuarbeiten. Dieses Problem betraf nicht den Laptop, der mit dem Turtlebot verbunden war, weswegen der Roboter bereits mit Hilfe eines rviz-Plugins fahren konnte.

Nachdem die Repositories auf die korrekten Branches umgestellt wurden, konnte der Code kompiliert werden und das Team ließ den Turtlebot mit Hilfe des rviz-Plugins vom Rechner aus über den UDP-Proxy fahren. Während und nach der Arbeit an dem Problem des nicht kompilierenden Codes wurde gleichzeitig an dem Interface auf dem Rechner und dem Taster für den Turtlebot gearbeitet.

### 2.3.1 UI

Das User Interface (UI) wurde mit Hilfe der Software QtCreator in Qt erstellt. In dieser kann der Nutzer leicht Bedienelemente in ein Fenster hereinziehen. Aus dem zusammengebauten Fenster wird von dem Programm eine „.ui“-Datei erstellt. Für diese UI-Datei wurde danach in C++ eine Header- und Implementations-Datei mit den Namen „rqt\_turtlebutler“ geschrieben.

Das Interface wurde zuerst von Eric zu Hause erstellt und danach gemeinsam in den Team-Treffen fertig gestellt. Die erste Version der UI enthielt noch Fehler im Programmcode, weswegen sie gebugfixt werden musste. Diese wurden zusammen behoben und die UI konnte zuerst am 9. Juli korrekt kompiliert werden.

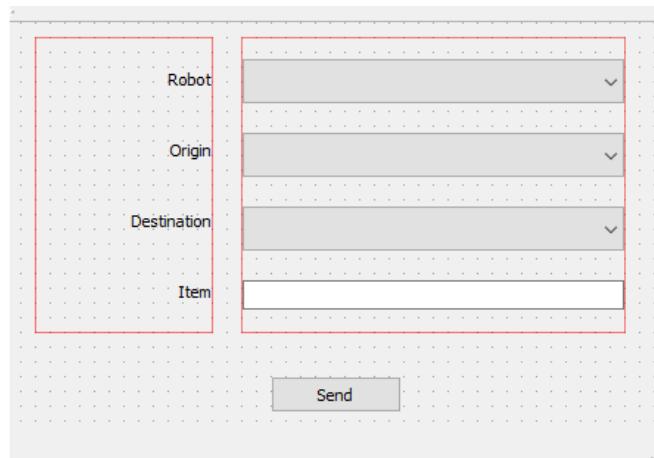


Abbildung 4: Alte Version des User-Interfaces in QTCreator

Wie auf Abb. 4 zu erkennen ist bestand die erste Version der UI aus einer Reihe an Dropdown-Menüs mit einem Knopf. Im ersten Dropdown-Menü kann der Nutzer zwischen einem der drei Roboter des Fachgebiets, Leonardo, Donatello und Raphael,

wählen. Die nächsten zwei Menüs dienen zur Auswahl des Abhol- und Zielpunktes. Zuletzt kann mit einer Texteingabe der gewünschte Gegenstand angegeben werden. Mit Hilfe des Drückens auf den Sendeknopf sollten diese Informationen nun in einer Nachricht verpackt werden, die an den gewählten Turtlebot geschickt wird.

In der ersten Version wurde zunächst eine Konfigurationsdatei namens „turtlebots.txt“ angelegt, die Informationen zu den Turtlebots und festgelegten Punkten auf der von einem Turtlebot aufgenommenen Karte des Fachgebiets enthält. Die Daten in der Datei wurden mit Hilfe von Semikolons und Zeilenumbrüchen getrennt. Zuerst wurden hier die Roboternamen mit ihren ROS-Topics gelesen und danach die Standortnamen mit deren X- und Y-Koordinaten. Die gelesenen Daten wurden danach in die jeweiligen Dropdown-Menüs geschrieben. Der Nutzer konnte hier nun die Namen von Turtlebots und Standorten sehen.

Da die Nachrichten ohne ein passendes Planungs- oder Behaviour-Skript auf der Roboter-Seite nicht funktionierten, wurde zuerst eine einfachere Nachricht verschickt. Hierfür wurde aus dem existierenden rviz-Plugin für den Turtlebot die jeweiligen ROS-Topics der Roboter und der Typ der Nachricht entnommen. Zuerst sollte dementsprechend eine „PoseStamped“-Nachricht basierend auf dem gewählten Abholpunkt verschickt werden. Erhält der Turtlebot mit den bereits existierenden Plänen die Nachricht, so fährt er zu der gegebenen Position auf der Karte.

Bei dem Erstellen der Konfigurationsdatei hat sich herausgestellt, dass für jede Position in der Datei von Hand eine Nachricht mit dem rviz-Plugin verschickt und deren Position notiert werden muss. Auf Grund dessen wurde nach einem Gespräch mit dem Betreuer entschieden, die bereits existierende Datei namens „TopologicalModel.conf“ zu verwenden. In dieser befindet sich eine Sammlung aus Points of Interest (POIs) der Räume des Fachgebiets basierend auf einer optimierten Karte.

Zum Einlesen der Datei konnte auf das existierende Paket „SystemConfig“ zurückgegriffen werden. Es liest die Datei ein und stellt die Daten geordnet über entsprechende Methoden zur Verfügung. Die eingelesenen Daten konnte dann in eine Map gespeichert werden, die jedem Raum eine Liste von Points of Interests zuordnet.

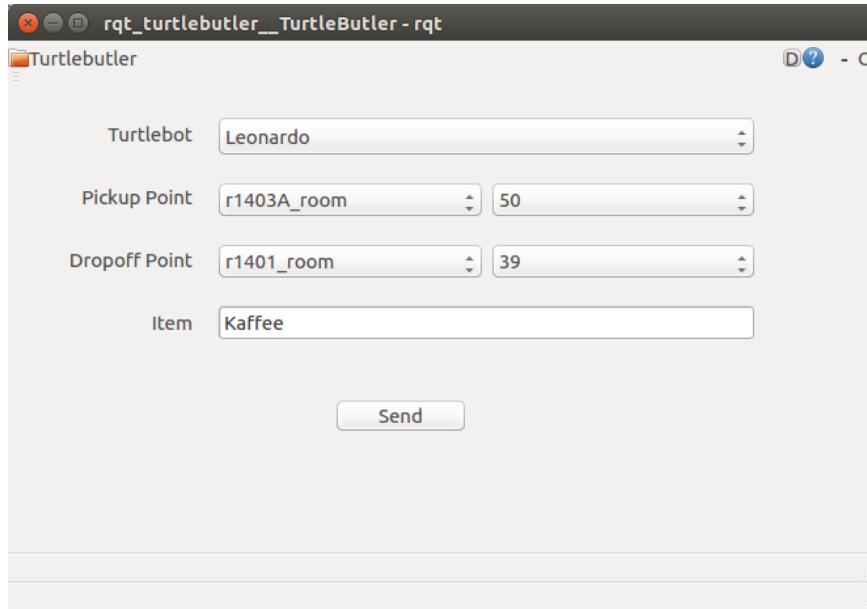


Abbildung 5: Aktuelle Version des User-Interfaces

Auf Grund der Datenstruktur der neuen POIs musste auch die UI verändert werden. Wie man an Abb. 5 und Abb. 6 sehen kann wurden die Dropdown-Menüs der Positionen in zwei Teile aufgeteilt. In dem linken Menü kann der Nutzer den Raum bestimmen und in dem rechten die Position im Raum. Wählt der Nutzer einen Raum, so ändert sich dadurch die Liste an verfügbaren Positionen. Für das Verschicken der Nachricht ist hierbei nur die Position relevant, da diese mit den X- und Y-Koordinaten verknüpft ist, die der Turtlebot benötigt. Da das Behaviour-Skript leider nicht fertig gestellt werden konnte, verschickt die neue UI weiterhin nur die Abholposition als „Pose\_Stamped“-Nachricht.

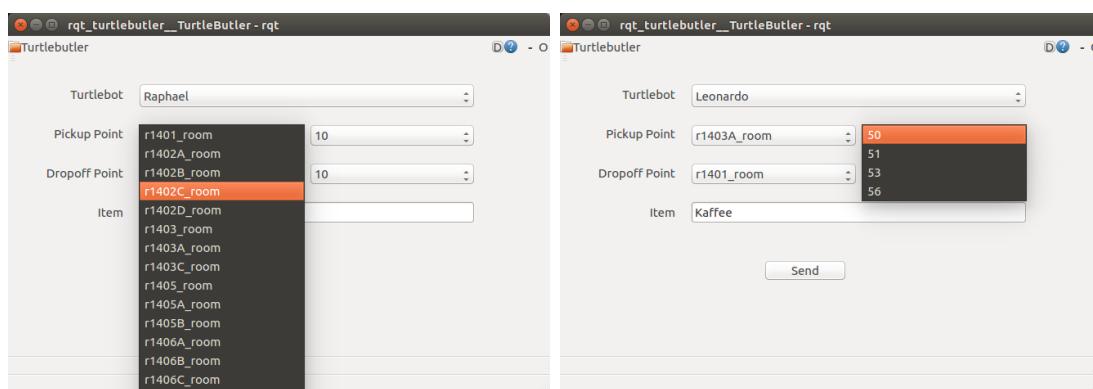


Abbildung 6: Dropdown-Menüs des neuen User-Interfaces

### 2.3.2 Taster

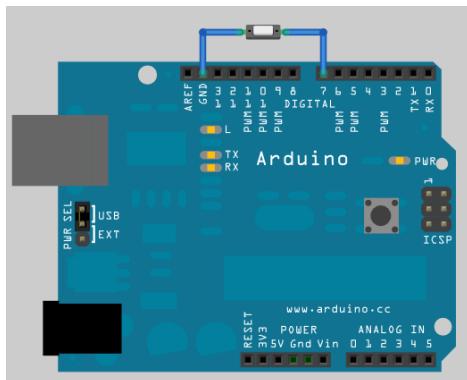


Abbildung 7: Der Arduino-Taster

Die Tastereingabe wurde durch einen zweipoligen Drucktaster und einem Arduino realisiert. Der Arduino wurde gewählt, da er das analoge Signal des Tasters entprellt, digitalisiert und in eine ROS-Message umwandelt. Ein Arduino Mega 2560 und ein Drucktaster waren schon vorhanden, daher bot sich die Realisierung damit an. Da keine weiteren Dinge erforderlich waren, war dies die kostengünstigste und schnellste Methode, die Tastereingabe zu realisieren. Durch den eingebauten Pull-up-Widerstand im Arduino konnte der Taster einfach über zwei Leitungen mit dem Arduino verbunden werden, wie in Abbildung 7 zu sehen ist. Beim Öffnen des Tasters bekommt der Arduino ein HIGH-Signal. Da allerdings ein schließender Taster verwendet wird, musste dieser im Arduino-Programm invertiert werden. Die Umwandlung des Taster-Signals in die benötigte ROS-Message erfolgt über eine speziell dafür entwickelten Arduino/ROS-Kommunikationsbibliothek namens „Ros.h“, welche nachträglich installiert werden musste. Beim Code für den Arduino wurde sich an dem folgenden Tutorial orientiert: [HIERDERLINK VON wiki.ros.org](#). Um nicht nahezu kontinuierlich ROS-Messages zu verwenden, wurde in das Arduino-Programm ein Delay zwischen jeder abgesendeten Message von 1s eingebaut. Zum testen der Kommunikation wurde der Taster an den Arduino angeschlossen und der Taster in zufälligen Abständen betätigt. Wie erwartet war die ROS-Message im Linux-Terminal zu sehen.

Um unseren Taster nun in das Weltmodell des Turtlebots einzufügen musste dort als erstes die passende Version von rosserial installiert werden, sodass man den dazugehörigen ROS-Node starten und diesem die serielle Schnittstelle unseres Arduinos übergeben kann. Mit diesen Vorbereitungen kann unser Arduino nun einfach ROS-Nachrichten verschicken mit denen der Turtlebot weiterarbeiten kann. Damit die Daten des Tasters auch vom Turtlebot registriert werden, werden dort als erstes in der Datei Communication.h ein Subscriber als auch eine Funktion, die bei einer empfangenen Nachricht ausgeführt wird, deklariert. In der Datei Communication.cpp wird dann der Subscriber mit dem

passenden Topic unseres Arduinos initialisiert, welches in der Konfigurationsdatei hinterlegt ist, und der Funktion wird als Inhalt hinzugefügt, dass diese die Daten an den Programmteil weitergibt der sich um die rohen Sensordaten kümmert. Für diesen Zweck wurden in der Datei RawSensorData.h die Funktion processTransportSystemState an die die neuen Daten zur Verarbeitung gegeben werden können, ein Buffer in dem diese gespeichert werden können, als auch ein Getter mit Hilfe dessen man auf den Buffer zugreifen kann und die Zeitspanne der Validität unserer Daten deklariert. Der Buffer werden in der Implementierung, die in der Datei RawSensorData.cpp stattfindet, mit den entsprechenden Konfigurationsdaten initialisiert, genauso die Zeitspanne der Validität. Auch wird hier dem Getter des Buffers die genante Funktionalität gegeben und die Funktion processTransportSystemState fügt nun neue Daten in unseren Buffer ein. Als letztes mussten nun nur noch unsere Konfigurationsdaten, die Zeitspanne für die Validität unserer Daten, unser Topic und die gewollte Länge unseres Buffer, in der Datei TTBWorldModel.conf hinzugefügt werden.

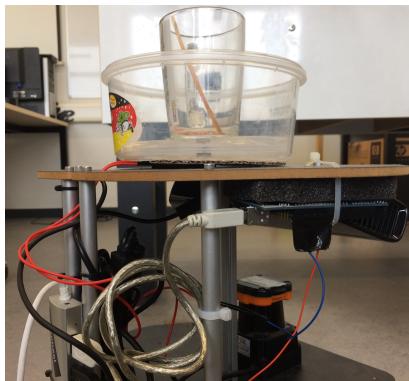


Abbildung 8: Korb, befestigt auf dem Turtlebot

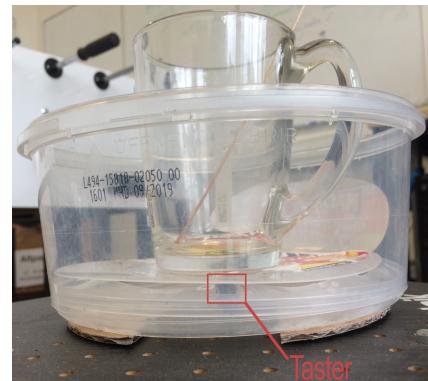


Abbildung 9: Korb mit erkennbarem Taster

Kick-off Termin wurde darüber gesprochen, was der Roboter als Eingabequelle für den Taster entgegennehmen soll. Es wurde sich zum Schluss auf eine Kaffeetasse geeinigt, welche den Taster aktivieren soll. Handelsübliche Drucktaster sind in günstigen Ausführungen recht klein und nicht dafür geeignet, dass direkt ein Objekt in der Größe einer Tasse auf sie gestellt werden. Um dieses Problem zu beheben, musste eine Vorrichtung gebaut werden, welche ein definiertes Druckverhalten einer großen Fläche an den Drucktaster weitergibt. Von unserem Betreuer wurde empfohlen, diese Vorrichtung aus einem Plastikkorb mit darunterliegendem Taster zu realisieren. Dies stellte sich aber als recht schwierig heraus, da die Böden solcher Plastikkörbe recht dick sind und das Gewicht einer Tasse meist nicht ausreicht, um den Taster zu aktivieren. Außerdem ist es schwierig, einen definierten Druck auf der gesamten Fläche des Korbes zu realisieren. Dennis hat zuhause versucht, diese beiden Probleme in den Griff zu bekommen und trotzdem

kostengünstig zu bleiben. Als Lösung ist dabei eine große, verbaute Haribo-Box zustande gekommen, wie in Abbildung 8 zu sehen ist. Der Taster ist ein THT-Drucktaster mit zwei langen Beinen. Diese wurde durch den Boden der Haribo-Box gestochen und mit etwas Kleber fixiert. Damit die Haribo-Box auf den Boden gestellt werden kann, musste noch eine Höhendifferenz aus Pappe unter den Boden geklebt werden, damit die Beinchen des Tasters nicht das darunter liegende Objekt berühren. Zwischen den Beiden Pappen am Boden entstand dadurch ein dünner Kanal, in dem zwei Anschlussleitungen verlegt werden konnten, welche anschließend an die beiden Beinchen des Tasters gelötet wurden. Der Rand des Deckels wurde abgeschnitten und an beiden Enden überlappt an den inneren Boden der Box geklebt, um einen Abstand zu realisieren. Der Rest des Deckels, eine kreisrunde Scheibe, wurde anschließend in die Box auf den Taster gelegt. Durch den Rand am inneren Boden wird garantiert, dass die Scheibe nicht viel herumwackeln kann und bei Belastung nicht den inneren Boden berührt. Getestet und genauer spezifiziert wurde die Box dann mit einem Digital-Multimeter und einer Haushaltswaage. Die beiden Anschlussleitungen wurden an dem Messgerät angeschlossen und das Messgerät auf Durchgang gestellt. Mehrere Objekte mit unterschiedlichen Gewicht zwischen 100g und 1kg wurden gewogen und anschließend in die Box auf unterschiedliche Stellen der Scheibe gestellt. Resultat des Versuchs war, dass die Box Gegenstände an allen Stellen auf der Scheibe ab einem Gewicht von etwa 200g erkennt. Eine normale Kaffeetasse ohne Inhalt wiegt etwa 300g. Damit sind die Anforderungen an die Box erfüllt. Der Arduino und die Taster-Box wurden dann beim Teamworktermin am 09.08.2018 am Turtlebot mit Kabelbindern und Schaumstoff befestigt und anschließend nochmal kurz zur Demonstration getestet.

## 2.4 Ausblick

Leider konnte der ursprüngliche Arbeitsauftrag aufgrund von technischen Komplikationen am Anfang und fehlender Zeit nicht zu Ende geführt werden. Das User Interface zum Verschicken der Nachrichten und der Taster zum Überprüfen von Gegenständen konnten zu einem Großteil fertiggestellt werden.

Das Interface lädt im Moment Kartendaten einer idealen Karte, die nicht den Schlupf der Räder des Turtlebots mit einbeziehen. Dadurch kann es sein, dass der Roboter bei längeren Fahrten seine Position verliert oder nicht an seinem Ziel ankommt. Deswegen müssen die momentan verwendeten Points of Interest mit Hilfe von Roboter-Informationen angepasst werden. Neben den idealisierten Positionen schickt die UI nur für den Abholpunkt eine „Pose\_Stamped“-Nachricht. Diese sollte durch ein anderes Nachrichtenformat ersetzt werden, das beide Zielorte und den aufzunehmenden Gegenstand zusammen mit dem Absender enthält.

Der Taster wurde bereits in das Weltmodell eingebaut und aktualisiert seinen Wert jede Sekunde. Diese Daten müssen noch in einem Behaviour verarbeitet werden. Das fehlende Planungsbehaviour soll die Nachricht mit dem neuen Format verarbeiten und den Turtlebot zuerst zu dem Abholpunkt fahren lassen. Wird der Taster gedrückt, so soll

sich der Roboter kurz danach zu dem Zielpunkt bewegen. Ist ein Turtlebot unterwegs zu einem Abhol- oder Zielpunkt, so soll dieser nicht verfügbar sein, und dem Rechner eine entsprechende Antwort schicken.

Während der Entwicklungszeit gab es zusätzliche Ideen, mit denen das Transportsystem erweitert werden kann. Zum einen könnte man auf dem Laptop ein Text-to-Speech-Programm verwenden, dass den in der Nachricht beschriebenen Gegenstand über die Lautsprecher ausgibt. Somit wüssten auch Unbeteiligte, was der Turtlebot abholen soll. Neben einer Sprachausgabe könnte man auch einen RFID-Leser in den Tragekorb einbauen, der beispielsweise auf RFID-Tags in Büchern oder Tassen reagiert. Dadurch kann der Turtlebot nicht nur überprüfen, dass etwas in dem Korb liegt, sondern auch welcher Gegenstand genau sich dort befindet.

## 3 Teamarbeit

### 3.1 Teamrollen

In dem Kickoff-Meeting wurden zwei Aufteilungen von Teamrollen vorgestellt: Basadur und Belbin.



Abbildung 10: Teamrollen nach Basadur

Auf Abb. 10 sind die Teamrollen nach Basadur zu sehen. Diese wurden in Generator, Conceptualizer, Optimizer und Implementer aufgeteilt. Der **Generator** ist jemand, der Dinge ins Rollen bringt und viele Ideen zur Problemlösung sucht. Hierbei ist es schwer, ihn auf eine Idee festzunageln. Der **Conceptualizer** nimmt die Ideen vom Generator und versucht diese zusammen mit eigenen zu verwenden, um nach Lösungen zu suchen. Er möchte dabei das Problem vollständig begreifen. Der **Optimizer** nutzt die abstrakten Ideen von Generator und Conceptualizer zur Umsetzung. Meist fokussiert er sich auf ein Problem und vertraut auf seine eigenen Fähigkeiten bei der Suche nach Lösungen. Der **Implementer** probiert Dinge lieber praktisch aus und verwirft Theorien, die nicht zu dieser Praxis passen. Er ist enthusiastisch und kann gut mit Menschen arbeiten. Dadurch wirkt er manchmal ungeduldig und aufdringlich.



Abbildung 11: Persönlichkeiten im Team nach Belbin

Auf Abb. 11 kann man die Team-Persönlichkeiten nach Belbin sehen, diese sind in drei Kategorien unterteilt, sodass ein Teammitglied meist mehr als einen Typ aufweist. Im Folgenden werden die Rollen mit jeweils einem Satz beschrieben.

Der **Weichensteller** kommuniziert innerhalb und außerhalb des Teams.

Der **Teamarbeiter** ist anpassungsfähig und arbeitet flexibel mit den anderen zusammen.

Der **Koordinator** versucht, alle zum gemeinsamen Ziel zu bewegen.

Der **Spezialist** hat besondere Fähigkeiten, die er zum Lösen der Aufgabe gebrauchen kann.

Der **Erfinder** findet Ideen, die als Grundlage für die Arbeit verwendet werden können.

Der **Beobachter** überdenkt Aufgaben kritisch und sucht nach Lösungen.

Der **Perfektionist** achtet auf Details und verfolgt Dinge bis zum Ende.

Der **Macher** arbeitet hochmotiviert und möchte etwas erreichen.

Der **Umsetzer** hat einen Sinn fürs Praktische und geht systematisch vor.

In den folgenden Abschnitten haben sich die Teammitglieder selber und gegenseitig in den Teamrollen nach Basadur und Belbin eingeschätzt.

### 3.1.1 Dennis

Im Kick-Off-Workshop hatte sich Dennis im Teamrollen-Modell von Basadur als eine Mischung aus **Conceptualizer** und **Implementer** eingeordnet, da er versucht, ein Problem zuerst oberflächlich aber vollständig zu begreifen und dann erste Lösungsansätze meist praktisch zu realisieren. Im Laufe der Zeit verschob sich seine Rolle als **Conceptualizer** eher zum **Optimizer**. Dadurch, dass das Projekt sehr programmierlastig war, hat Dennis versucht, die Ideen der anderen mit seinen Kenntnissen so gut es ging zu realisieren. Im Modell von Belbin sah sich Dennis als eine Mischung aus **Weichensteller**

und **Umsetzer**, da er durch seine extrovertierte Art keine Hemmungen hat, mit Menschen innerhalb und außerhalb des Teams zu kommunizieren und weil er einen Sinn für das Praktische hat. Dies bestätigte sich im Laufe der Zeit. Außerdem übernahm er noch die Rolle als **Spezialist**, da er sich als einziger Elektrotechniker um den Hardware-Teil des Projekts kümmern konnte. Seine Rollen liegen in allen drei Orientierungsbereichen des Modells. Dadurch, dass das Projekt sehr programmierlastig war, fühlte sich Dennis zeitweise unbrauchbar für die Lösung mancher Probleme. Andererseits konnte er durch aufmerksames Zuschauen und Zwischenfragen auch das ein oder andere für die Zukunft dazulernen.

### **3.1.2 Robert**

Im KickOff-Workshop hatte sich Robert im Teamrollen-Modell von Basadur als **Conceptualizer** eingeordnet, da er für Probleme gerne erst einen Lösungsansatz entwickelt, bevor er diese angeht. Diese Einschätzung hat sich gerade zu Beginn des Projekts bestätigt, da er zum Beispiel die ersten Grafiken für eine mögliche Architektur entwickelt hat. Im Laufe des Projekts zeigte sich jedoch auch eine Tendenz zum **Implementer**, da nach Roberts Empfinden je nach Problem durch Ausprobieren und Testen schneller Erfolge erzielt wurden. Weniger sieht sich Robert als **Optimizer**. Ideen in Lösungen umzusetzen fällt ihm ohne weiteren Input schwer. Das trifft vor allem zu, wenn die Ideen oder Konzepte nicht von ihm selbst stammen.

Bei Belbin sah sich Robert vor dem Projekt hauptsächlich in der der Rolle des **Perfektionisten**, da er sich für nachhaltige Problemlösungen einsetzt und sich gerne auch mal in kleine Teilprobleme verbeißt. Auch diese Einordnung lässt sich nach dem Projekt bestätigen, da er zum Beispiel bei einigen Problemen auf sauberere Lösungen bestanden hat, die jedoch mehr Zeit in Anspruch genommen haben. Außerdem passt in diesem Projekt die Rolle des **Spezialisten** gut zu Robert, da er im Team am meisten mit Linux gearbeitet hat.

### **3.1.3 Philipp**

Philipp hatte sich während des Auftakttreffens zu keiner Rolle des Basadur-Modells besonders eingeordnet, sondern meinte, dass er sich in jeder Teamrolle wiederfinden könnte und sich die tatsächliche Zuordnung erst im Verlauf des Projekts zeigen werde. Es zeigte sich, dass er sich in diesem Projekt am ehesten in den Rollen des **Generators** und **Conceptualizers** gefunden hat. Häufig hat er neue Ideen und Ansätze geliefert als auch positive und negative Aspekte von bestehenden Ideen hervorgebracht.

Im Modell von Belbin haben sich seine Tätigkeiten vor allem in den Rollen des **Erfinters** und des **Beobachters** abgespielt. Er hat, wie bereits gesagt, häufig neue Ansätze geliefert und hat versucht damit verschiedene Möglichkeiten zu eröffnen. Er hat immer versucht die aktive Arbeit möglichst weit und detailreich zu durchdenken und stand dabei immer mit Kritik und Kommentaren bei. Somit würde er sich auch teils als **Per-**

fektionist einordnen lassen.

### 3.1.4 Eric

In den Teamrollen nach Basadur schätzt sich Eric als **Conceptualizer** und **Optimizer** ein. Als Conceptualizer hat er zu Beginn des Projektes Ideen gesammelt und das Problem in Unterprobleme aufgeteilt. Er versuchte die gesammelten Ideen umzusetzen und zu überdenken. Beim Umsetzen und Problemlösen hat er sich mit den anderen Teammitgliedern zusammengefunden und gemeinsam nach Lösungen und Lösungswegen zu suchen. Als Generator schätzt sich Eric weniger ein, da er sich meist auf eine Idee festlegt und selber selten zu Ideen kommt. Zusätzlich sieht er sich nicht als Implementer, da er meist eher theoretisch über Ideen nachdenkt und Theorien aufstellt. Trotzdem kann er, wie beim Implementer beschrieben, gut mit Menschen arbeiten.

Bei den Teamtypen nach Belbin sieht sich Eric als **Weichensteller** und **Koordinator**. Im Laufe der Teamarbeit hat er sich als Teamleiter etabliert, indem er die Arbeit bei den wöchentlichen Team-Treffen protokolliert hat. Dazu koordinierte er die Teammitglieder und versuchte bei Besprechungen jeden mit einzubeziehen. War ein Teammitglied nicht anwesend bei den Treffen, so wurde dieses von Eric entweder direkt danach durch die WhatsApp-Chatgruppe oder im nachfolgenden Treffen informiert, was es verpasst hatte. Eric lässt sich außerdem noch als **Spezialist** bezeichnen, da er vor dem Projekt bereits mit ROS, Arduino und UIs gearbeitet hat.

## 3.2 Teamphasen

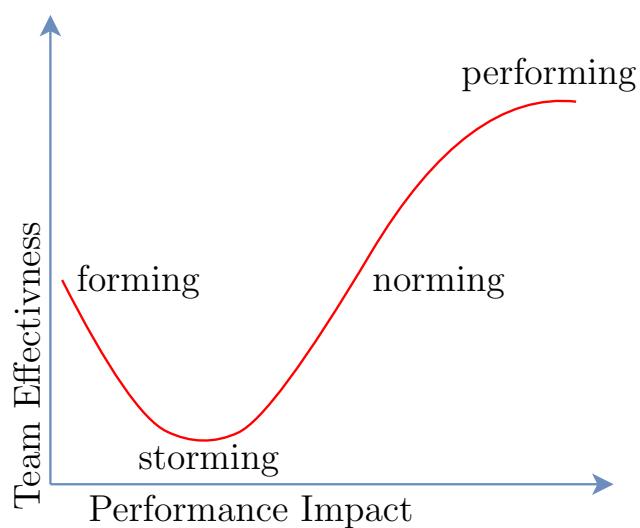


Abbildung 12: Teamphasen

Die Grafik der Teamphasen sagt aus, dass bei einem anfänglichen Level von Team-Effektivität (forming) bei steigendem Leistungseinfluss die Team-Effektivität bis zu einem Punkt (storming) sinkt. Danach steigt die Team-Effektivität annähernd linear (norming) und nähert sich dann asymptotisch dem Punkt Ende (performing).

### **3.2.1 Forming**

Bis wohin wurde nix geschafft? Teamfindung. In der Orientierungsphase Forming steht das Zusammenfinden der Teammitglieder im Vordergrund. Das Team versucht sich auf eine höfliche und eher unpersönliche Art und Weise besser kennenzulernen. In dieser Phase wurde das Problem des Projekts versucht zu verstehen und stärker konkretisiert. Eine Lösung für bekannte Probleme konnte wegen Unwissenheit noch nicht entwickelt werden. Zu Anfang hat sich jeder der Teammitglieder zuhause mit der ROS-Plattform auseinander gesetzt. Anschließend wurden die Probleme und Lösungsansätze für die Software und Hardware genau festgelegt und zum Schluss eine Aufteilung der Teilprojekte an die Teammitglieder durchgeführt. Trotz steigendem Leistungseinfluss des Teams ist bis dahin noch keinerlei Effekt am Ergebnis zustande gekommen. Nach ersten Versuchen, die als gegeben vorrausgesetzten Komponenten des Projekts zu benutzen, stieß das Team auf weitere Komplikationen, da viele Komponenten, wie zum Beispiel die Kommunikation mit dem Turtlebot nicht funktionierten. Die Zeitspanne dieser Phase ging vom 23.04.2018 bis zum 04.06.2018.

### **3.2.2 Storming**

In der zweiten Teamphase Storming kommen sich die Teammitglieder auf positive und negative Art und Weise allmählich näher. Es können Konflikte wie Aufgabenkonflikte und Rollenkonflikte entstehen. Durch das durch Zufall entstandene, ruhige und recht vielseitige Team konnte diese Phase gut überstanden werden. Dadurch, dass hinter dem Projekt wenig Druck stand, waren Konflikte auch nicht nötig. Aufgabenkonflikte wurden dadurch vermieden werden, dass alle Aufgaben direkt einem dafür kompetenten Teammitglied zugeordnet werden konnten. Rollenkonflikte entstanden auch wenig, vielleicht auch desswegen, dass bei dem Projekt Beförderungs- oder Spezialisierungsanstrengungen wie im späteren Job ausgeschlossen sind. Trotzdem merkte man, dass die Stimmung im Team durch die sinkende Effektivität am Tiefpunkt des Projekts war. Das Team arbeitete weiter und die ersten Erfolge, wie das Fahren lassen des Roboters, das Testen des Tasters mit Rosserial oder der ersten Kommunikation mit dem Turtlebot über das Internet mit einem Laborrechner, wurden erreicht. Die Zeitspanne dieser Phase ging vom 11.06.2018 bis zum 02.07.2018.

### **3.2.3 Norming**

In der dritten Phase Norming haben alle Teammitglieder ihre Aufgaben und die Rollenverteilung ist auch klar. Bei einem Kickoff-Meeting am 06.07.2018 mit dem Betreuer

wurden weitere Probleme geklärt und danach die Aufgaben weiter bearbeitet. Dazu zählen unter anderem das Einbinden des Tasters in das Worldmodel, das Programmieren der UI und das korrekte Einbinden der Punkte aus der Karte des Fachgebietes in die UI. Die Zeitspanne dieser Phase ging vom 06.07.2018 bis zum 09.08.2018.

### 3.2.4 Performing

Die Hochleistungsphase Performing zeichnet sich dadurch aus, dass durch die steigende Erfahrung der Teammitglieder Probleme in Zusammenarbeit mit geringerem Aufwand gelöst werden können. Auf Probleme ist das Team in dieser Zeit sehr wenig gestoßen. Stattdessen konnten fast alle anfangs definierten Probleme gelöst werden. Die Tasterhardware wurde komplett fertig gestellt, die UI wurde programmiert und der Roboter konnte darüber von Punkt A nach Punkt B gesendet werden. Aus Zeitmangel wurde der Taster allerdings nur in das Worldmodel eingebunden. Verwendet wird er von der UI noch nicht. Gegen Ende wurde die Dokumentation des Projekts auf alle Teammitglieder aufgeteilt. Zum Schluss haben sich alle Teammitglieder nochmal zusammengefunden, um die Finale Version der Dokumentation gemeinsam abzusegnen. Die Zeitspanne dieser Phase ging vom 16.08.2018 bis zum 28.09.2018.

## 3.3 Probleme und Lösungen

Der Aufgabenstellung nach war das über allemstehende Problem dem Turtlebot die Funktionalität eines Transportsystems hinzuzufügen. Dieses haben wir als erstes in die Teilprobleme der Clientseite und der Roboterseite unterteilt.

Auf der Clientseite, welche die graphische Nutzeroberfläche (UI) bezeichnet, war die erste Frage welche Technik wir zur Entwicklung der UI benutzen sollten. Zur Wahl standen hier für uns einerseits das Chromium Embedded Framework und andererseits Qt. Unsere Wahl fiel schließlich auf Qt beziehungsweise das rqt-Framework, welches auf Qt basiert. Die nächste Problematik die sich uns gestellt hat war die Frage wie wir mit dem Turtlebot kommunizieren sollten. Gelöst haben wir dies mit ROS im Zusammenspiel mit dem ROS-UDP-Proxy der uns zur Verfügung gestellt wurde. Eine weitere wichtige Frage war, wie wir unserer UI die Karten- und Roboterdaten zugänglich machen. Zunächst haben wir dies so gelöst, dass wir diese Daten in eine eigene Konfigurationsdatei eintragen. Wir haben allerdings die Information bekommen dass die relevanten Daten bereits in lesbarer Dateiform vorhanden sind, also haben wir dies entsprechend angepasst.

Auf der Roboterseite musste als erstes eine Entscheidung getroffen werden wie wir die transportierten Gegenstände registrieren sollten. Ein erster Lösungsansatz hier war die Möglichkeit einen RFID-Leser zusammen mit passenden Tags zu verwenden. Diesen haben wir jedoch verworfen und stattdessen für einen Taster mit einem selbstgebauten Transportbehältnis entschieden. Ein weiteres Problem hier war die Nutzung der Daten des Tasters. Ein erster Aspekt der geklärt werden musste ist wie wir die Daten des Tasters an den Roboter übermitteln können. Hier haben wir uns für ein Arduino ent-

schieden welcher die Daten an den Roboter weiterleitet. Der andere Aspekt bezüglich der Tasterdaten war die Nutzung von Diesen und um dies möglich zu machen haben wir die Daten in das Weltmodell des Roboters eingefügt. Das letzte wichtige Problem auf Seiten des Roboters war sein Verhalten je nach Daten anzupassen, wobei wir dafür keine Lösung mehr gefunden haben.

Vonab den Problemen die sich in Form von Entscheidungen in der Entwicklung gestellt haben, sind uns auch einige Probleme anderen Ursprungs begegnet.

Das Erste von diesen war das Bauen der benötigten Bibliotheken, sowohl die des Clients als auch die des zum Testen verwendeten Turtlebots. Anfangs haben wir versucht unseren Client auf einem unserer eigenen Laptops zu bauen und zu entwickeln, dies hat jedoch nicht funktioniert aufgrund der Inkompatibilität der Version des Betriebssystems und den benötigten Bibliotheken. Deshalb sind wir dazu übergegangen unsere Versuche stattdessen auf einem der Rechner des Labors fortzusetzen. Auch hier hatten wir das Problem dass wir die Bibliotheken nicht bauen konnten, doch mit der Hilfe unseres Betreuers konnte dies durch die Nutzung der korrekten Versionen aller benötigten Bestandteile gelöst werden. Ein weiteres Problem war ein Defekt von einem der Bauteile des Turtlebots den wir zum Testen benutzt haben. Das defekte Bauteil war der Akku der Fahrplattform des Roboters. Dieser war zuerst nicht vollkommen ersichtlich jedoch nach Rückfrage bei unserem Betreuer stellte dieser fest dass es in der Tat ein Defekt war und hat diesen für uns behoben. Beim Testen der Kommunikation unseres Clients mit dem Turtlebot kamen wir zu dem Punkt, dass trotz der korrekten programmatischen Umsetzung keinerlei Nachricht ankam. Dieses Problem entstand dadurch, dass unsere Nachrichten über das Falsche der beiden Netzwerke in denen sich der Laborrechner befand versandt wurden. Dies wurde dank einem Hinweis unseres Betreuers erkannt und behoben. Weiterhin haben wir die Information bekommen dass die Kartendaten die wir nutzen nicht komplett akkurat sind, und zwar insofern, dass die physischen Maße und die Daten auf der digitalen Karte nicht perfekt übereinstimmen. Um diese Daten also korrekt zu nutzen müssten wir diese erst passend transformieren, dieses Problem haben wir jedoch in der gegebenen Zeit nicht mehr lösen können.

## 4 Fazit

In einer Gruppe bestehend aus zwei Informatik-Masterstudenten, einem Informatik-Bachelorstudenten und einem Elektrotechnik-Bachelorstudenten wurde gemeinsam ein Nutzer-Interface und ein Korb mit Taster gebaut.

(Gemeinsam, jeder ein Absatz?) Wie hat die Arbeit im Team funktioniert? Anwendung der Workshop-Sachen auf reale Teamarbeit.

## 5 Quellen

- ROS - <http://www.ros.org/>
- Turtlebot - <https://www.turtlebot.com/>
- QT und QTCreator - <https://www.qt.io/>
- RQT (ROS-QT) - <http://wiki.ros.org/rqt>
- rosserial - [http://wiki.ros.org/rosserial\\_arduino/Tutorials/Push%20Button](http://wiki.ros.org/rosserial_arduino/Tutorials/Push%20Button)
- Abbildung 7 - [http://wiki.ros.org/rosserial\\_arduino/Tutorials/Push%20Button?action=AttachFile&do=get&target=button.hardware.png](http://wiki.ros.org/rosserial_arduino/Tutorials/Push%20Button?action=AttachFile&do=get&target=button.hardware.png)