



# Projektbeschreibung Autonomous N.U.T.S.

Eingereicht: 24.09.2023

## Inhalt

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>2</b>
<b>1 Projektplanung.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Projektziel .....</b>	<b>3</b>
<b>3 Projektumsetzung.....</b>	<b>4</b>
<b>4 Erreichter Projektstand.....</b>	<b>7</b>
4.1 System .....	7
4.2 Hardware .....	7
4.2.1 Mechanik.....	7
4.2.2 Elektrik.....	9
4.3 Software .....	9
<b>Referenzen .....</b>	<b>12</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>13</b>
Anhang A .....	13
Anhang B .....	14
Anhang C .....	15
Anhang D .....	16
Anhang E.....	17
Anhang F.....	18

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Gesamtübersicht initiale Planung des N.U.T.S. ....	4
Abb. 2: High-Level Architektur von Stufe 2.....	5
Abb. 3: Detailed-Level Architektur von Stufe 2.....	5
Abb. 4: High-Level Architektur von Stufe 3.....	6
Abb. 5: Detailed-Level Architektur von Stufe 3.....	6
Abb. 6: High-Level Architektur der Software.....	7
Abb. 7: Ansatz von Work Breakdown Structure, Requirements Specification und Test Concept.....	7
Abb. 8: CAD-Gesamtansicht der Mechanik von Stufe 2.....	8
Abb. 9: Gesamtansicht der Mechanik von Stufe 3.....	8
Abb. 10: Webseite auf Webserver zur Remote-Kontrolle beider Stufen.....	10
Abb. 11: Gesamtansicht des realisierten Teil des N.U.T.S. ....	11

# 1 Projektplanung

Die Mitglieder des Projekts und deren Hauptarbeitsgebiet waren nach alphabetischer Reihenfolge:

- Biemer, Felix (Mechanik)
- Knauf, Leon (Software)
- Kolb, Yannick (Mechanik)
- Müller, Marvin (Projektleitung)
- Siebel, Jonas (Elektrik)
- Zörb, Simon (Elektrik)

Das Team gab sich den Namen „Gorp“, was das englische Wort für „Studentenfutter“ ist. Im Folgenden ist mit „Gorp Gruppe“ das gesamte Projektteam gemeint. Der verfügbare Zeitraum für das Projekt war von 07.07.2023 – 24.09.2023. Das verfügbare Projektbudget beträgt 100 – 150 €.

# 2 Projektziel

Das Rahmenthema für das Robotik-Projekt im Studiengang Systems Engineering im Sommersemester 2023 war „Bewegliche autonome Roboter“. Von der Gorp Gruppe wurde dafür mit dem Projekt „Autonomous N.U.T.S.“ (Nut Utility Transportation System) der Fokus auf die beiden Aspekte gesetzt

- Nussknackermaschine mit Nusschalentrennung und kontrolliertem Auslassventil
- Autonomes Transport-Vehikel (ATV)

Der Gedanke dabei war, eine Studentenfuttermischmaschine zu erstellen, bei der man als Input Nüsse mit Schale hat und als Output sich sein eigenes Studentenfutter konfigurieren kann.

Für den Nussknackermaschinenteil des N.U.T.S. war der initiale Plan eine Einheit zu erstellen, bei der Haselnüsse mit Schale erst mittels eines motorbetriebenes Knackmechanismus geknackt werden und dann mittels Druckluft die Schalen von den Nüssen getrennt werden. Über einen Klappmechanismus sollten die Nüsse dann ausgegeben werden können.

Der Gedanke hinter der Verwendung eines ATVs war, dass die Hauptanwendung solcher ATVs im Bereich des autonomen Gütertransportes zu sehen ist [1]. Hierbei gibt zwei Arten von ATVs

- mit Fahrerkabine, wie z.B. von Torc Robotics [2] oder
- ohne Fahrerkabine, wie z.B. von Hyundai [3] oder Volvo [4]

Für das N.U.T.S. sollte ein ATV ohne Fahrerkabine entwickelt werden.

Für eine bessere Planbarkeit wurde das N.U.T.S. in 3 Stages bzw. Stufen unterteilt:

- Stufe 1: Knackmechanismus-Abschnitt der Nussknackermaschine
- Stufe 2: Schalenntrennungs- & Auslass-Abschnitt der Nussknackermaschine
- Stufe 3: ATV

Mit dem N.U.T.S. sollten dabei folgende Ideen des Rahmenthemas besonders fokussiert werden

- Bewegungsalgorithmik – durch die Navigation des ATV
- Selbstorganisation – zwischen der Nussknackermaschine und dem ATV
- Kommunikation zu Systemen untereinander – zwischen der Nussknackermaschine und dem ATV

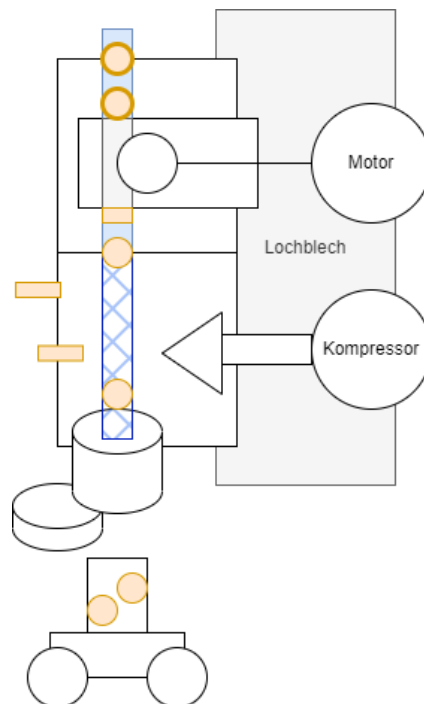


Abbildung 1: Gesamtübersicht initiale Planung des N.U.T.S.

### 3 Projektumsetzung

Aufgrund von Kostenbeschränkungen (z.B. weil Edelstahl für die Gewährleistung des Hygiene-Standards bei Lebensmitteln benötigt würde) wurde früh die Stufe 1 als nicht machbar eingeschätzt. Auch der Schalentrennungsabschnitt wurde aufgrund von Kosten- & Zeitbeschränkungen als nicht machbar eingeschätzt. Der Hauptfokus im Projekt war folglich auf

- Stufe 2: Auslass-Abschnitt der Nussknackermaschine
- Stufe 3: ATV

Die Haupt-Zielfunktionalitäten wurden dabei festgelegt auf

- Stufe 2
  - Kontrollierbarkeit des Klappmechanismus
  - Erkennung von und Kommunikation mit Stufe 3
- Stufe 3
  - Kontrollierbarkeit der Fahrfähigkeit
  - Autonome Follow-the-Line-fähigkeit
  - Selbstschuttfähigkeit
  - Entertainmentfähigkeit
  - Kommunikation mit Stufe 2

Für das Erfüllen der Haupt-Zielfunktionalitäten für Stufe 2 wurde dabei folgende High-Level und Detailed-Level Architektur festgelegt:

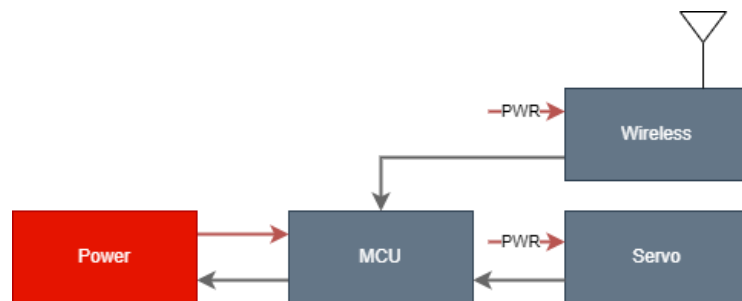


Abbildung 2: High-Level Architektur von Stufe 2

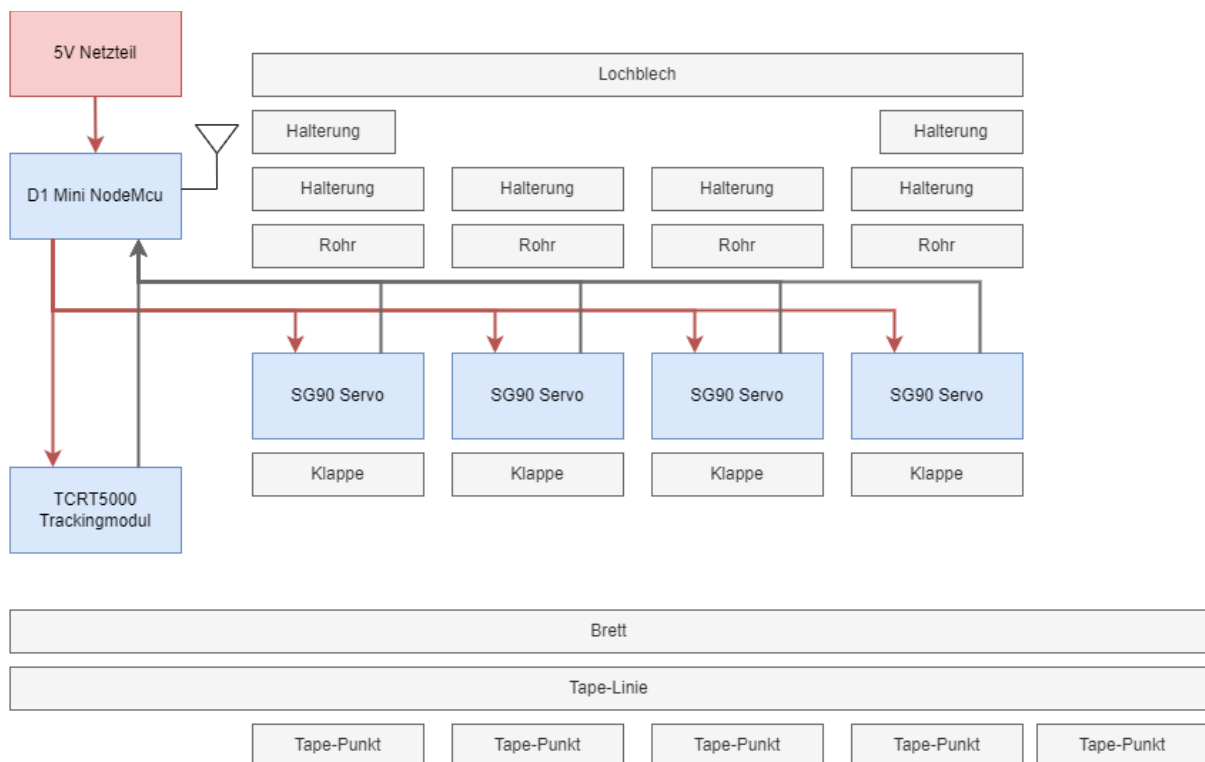


Abbildung 3: Detailed-Level Architektur von Stufe 2

Für das Erfüllen der Haupt-Zielfunktionalitäten für Stufe 3 wurde folgende High-Level und Detailed-Level Architektur festgelegt:

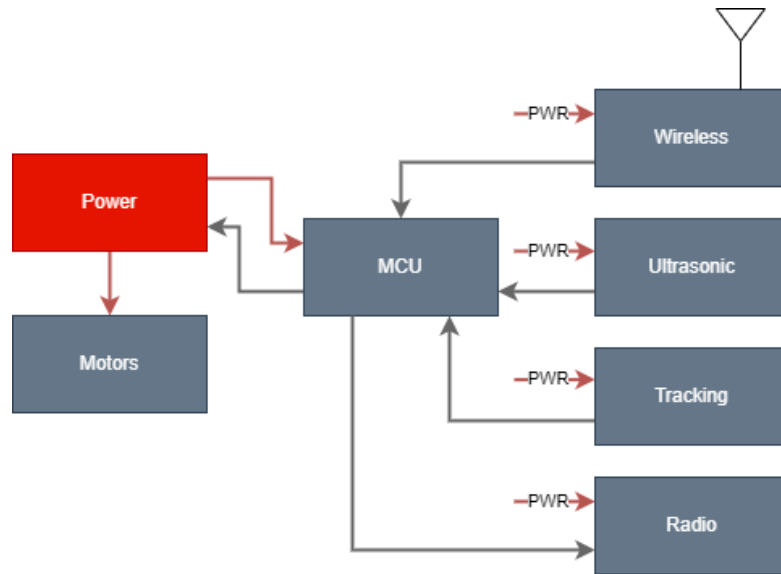


Abbildung 4: High-Level Architektur von Stufe 3

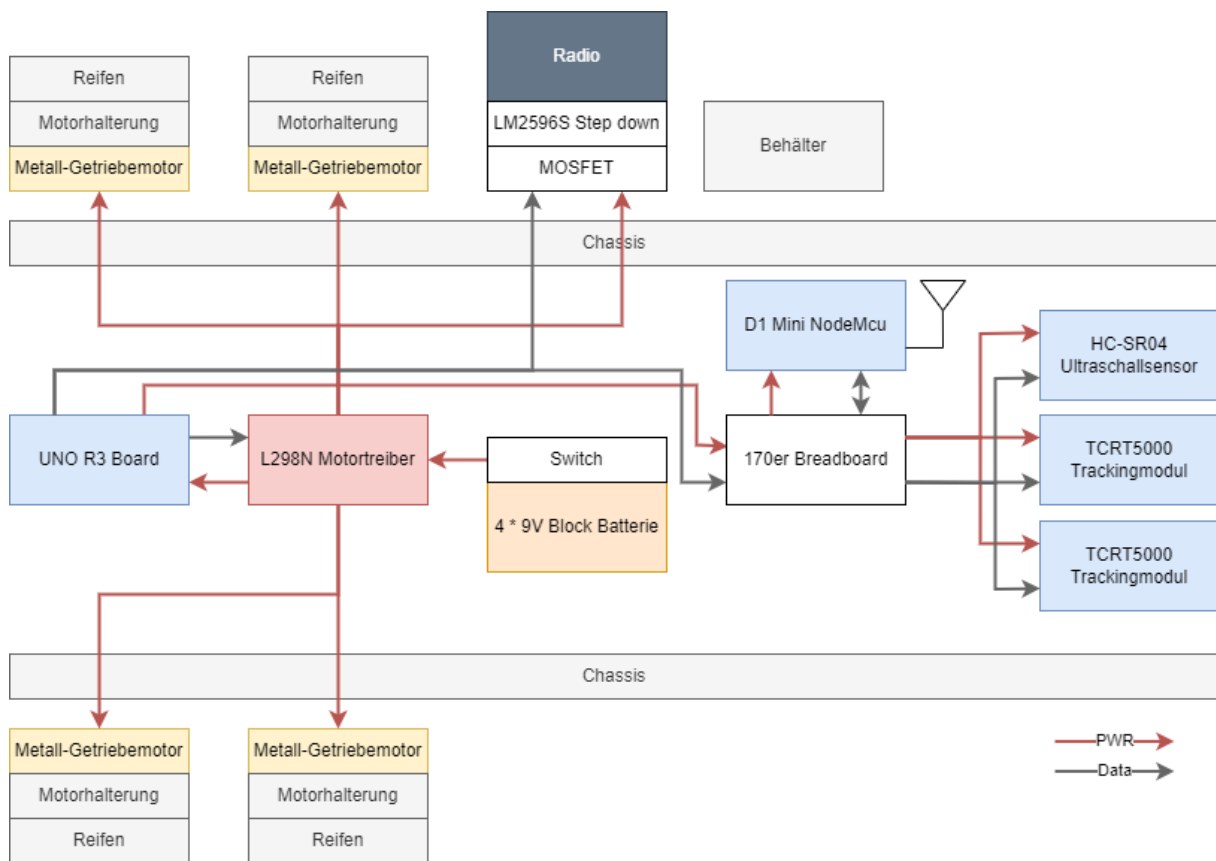


Abbildung 5: Detailed-Level Architektur von Stufe 3

Für die Software wurde folgende High-Level Architektur festgelegt:

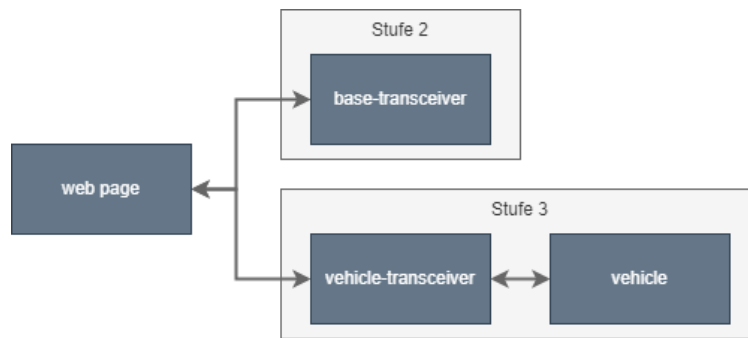


Abbildung 6: High-Level Architektur der Software

## 4 Erreichter Projektstand

### 4.1 System

Auf Systemebene, folgender Stand wurde zum Ende des Projekts erreicht:

- Erstellung von High-Level und Detailed-Level Architekturen.
- Erstellung im Ansatz einer Work Breakdown Structure, einer Requirements Specification und eines Test Concepts. Aufgrund von Zeitbeschränkungen konnten diese Dokumente nicht detaillierter ausgeführt werden.

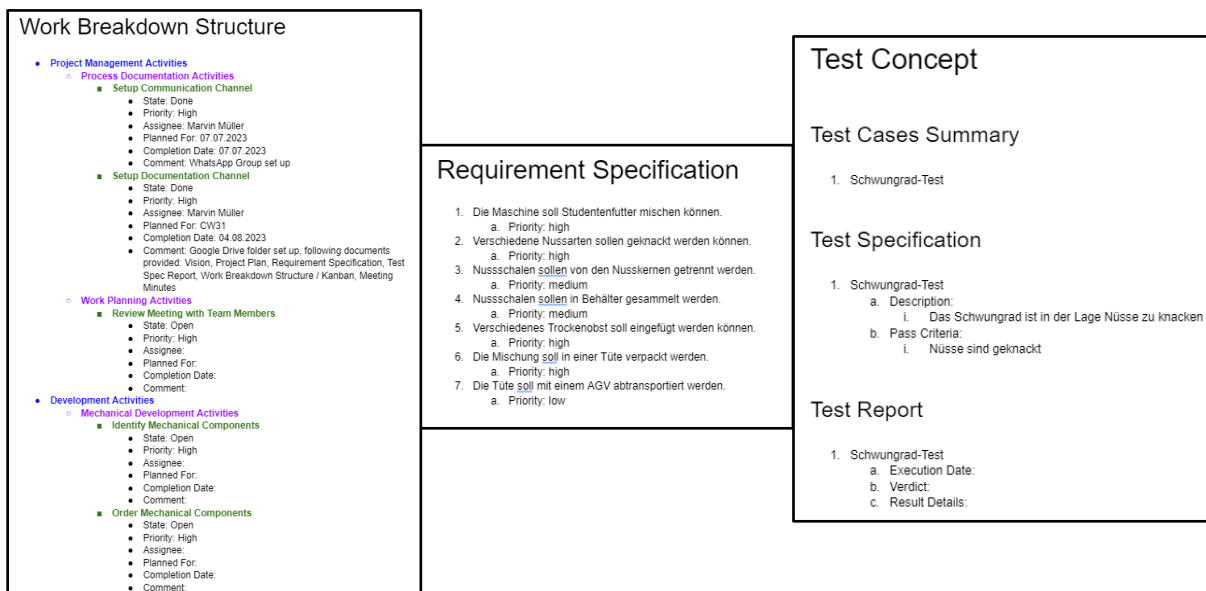


Abbildung 7: Ansatz von Work Breakdown Structure, Requirements Specification und Test Concept

### 4.2 Hardware

#### 4.2.1 Mechanik

Aus mechanischer Sicht wurden für Stufe 2 folgende Punkte realisiert (eine detaillierter Ansicht befindet sich in Anhang A):

- Erstellung einer Halterung für den Befestigungsmechanismus des Auslassmechanismus
- Erstellung eines Befestigungsmechanismus für den Auslassmechanismus
- 4-malige Erstellung eines Auslassmechanismus bestehend aus Trichter, Rohr und Klappe
- Halterung für den ATV-Erkennungssensor
- Rampen für das ATV

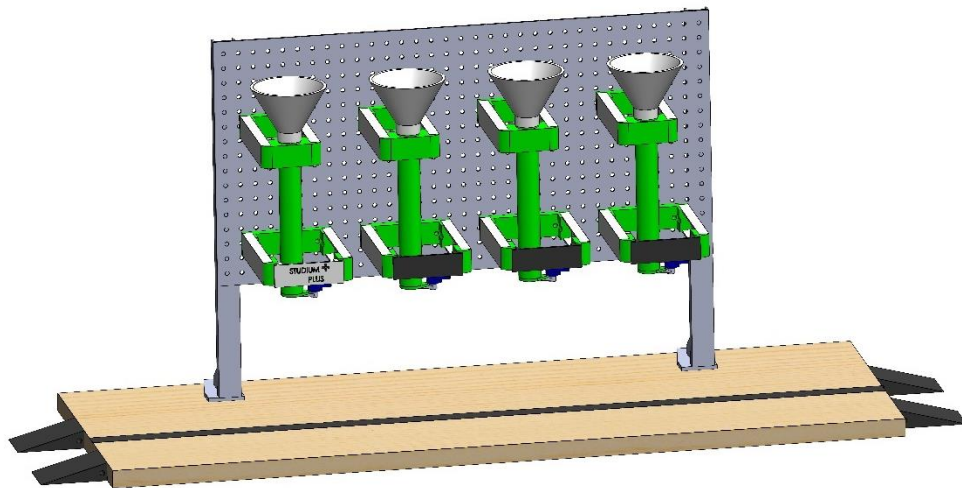


Abbildung 8: CAD-Gesamtansicht der Mechanik von Stufe 2

Für Stufe 3 wurden folgende Punkte realisiert:

- Aufbau des 4WD Smartcar Roboter-Bausatz [5]
- Auffangbehälter
- Front-Schiene für Linienerkennungssensoren

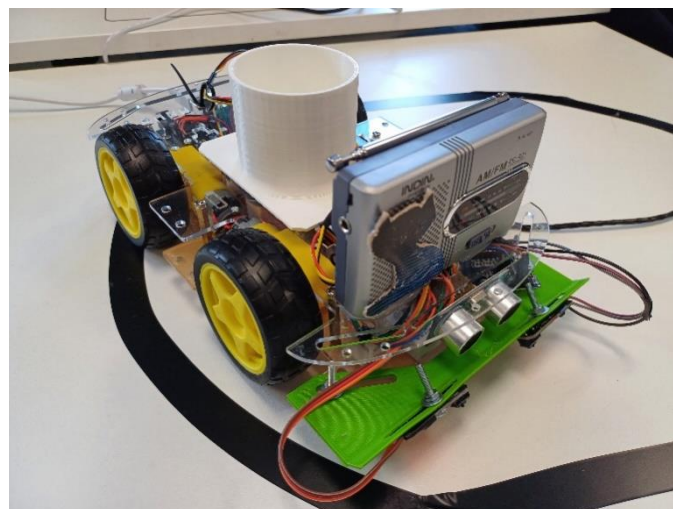


Abbildung 9: Gesamtansicht der Mechanik von Stufe 3



- Batterieblockhalterung
- Heck-Spoiler

#### 4.2.2 Elektrik

Aus elektrischer Sicht wurden für Stufe 2 folgende Punkte realisiert (eine detaillierter Ansicht befindet sich in Anhang B):

- 1x Servo SG90 pro Auslassmechanismus
- ATV-Erkennungssensor TCRT5000
- Microcontroller D1 Mini
- 5V Netzteil
- Kabelbaum

Für Stufe 3 wurden folgende Punkte realisiert (eine detaillierter Ansicht befindet sich in Anhang C):

- L298N Motortreiber für 4x Motoren
- Ultraschallsensor HC-SR04
- 2x Follow-the-Line-Sensor TCRT5000
- Microcontroller Arduino Uno
- Microcontroller D1 Mini
- 9V 4x Batterie-Parallelblock
- Radio INDIN BC-R21 Ansteuerung über IRF530NPBF MOSFET und Versorgung über LM2596S Step-Down Converter
- Kabelbaum

#### 4.3 Software

Aus Software Sicht wurden für Stufe 2 folgende Punkte realisiert:

- Kontrolle des Klappmechanismus über die Servos SG90
- Bei Auslösen des Sensor TCRT5000 Anweisung gesendet an das ATV in den autonomen Modus zu wechseln

Für Stufe 3 wurden folgende Punkte realisiert:

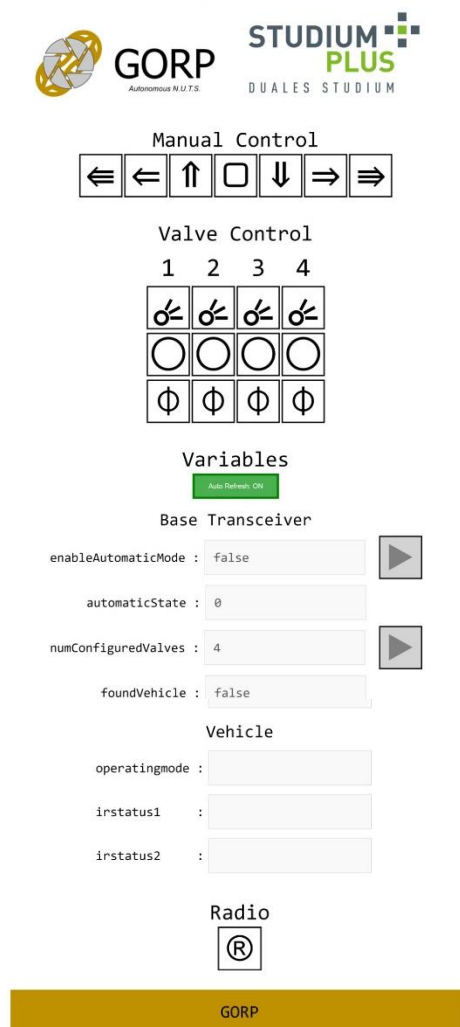
- Kontrolle der Richtung und Geschwindigkeit der Motoren
- Kontrolle an/aus des Radios
- Im autonomen Modus Follow-the-Line Fähigkeit mittels der Sensoren TCRT5000

- Im autonomen Modus bei gleichzeitigem Auslösen der Sensoren TCRT5000 Anweisung gesendet an den Klappmechanismus
- Erstellung eines Webserver mit Webseite zur Remote-Kontrolle und zur Datenübertragung zwischen den beiden Stufen

Aus Zeitbeschränkungen konnte eine Weiterverarbeitung der Ultraschalldaten nicht realisiert werden.

Detailliertere Sequenz-Diagramme der Detailed-Level Software-Architektur befinden sich in Anhang D bis F.

Der Source-Code sowie die Rohdateien sämtlicher Blockdiagramme ist in folgendem GitHub-Repository zu finden: <https://github.com/leonknauf/robotik-projekt-master-se/tree/main>

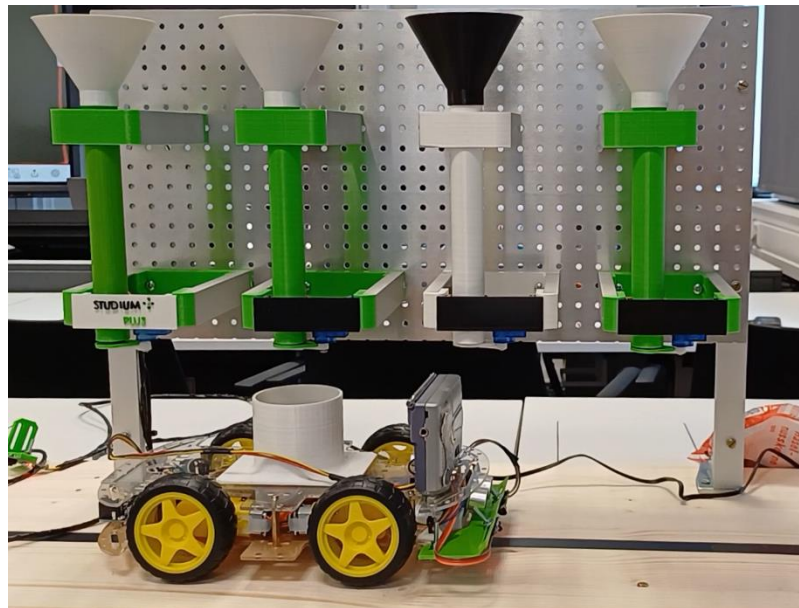


The screenshot shows a web interface for remote control. At the top, there are logos for GORP and STUDIUM PLUS. Below the logos, the interface is divided into several sections:

- Manual Control:** A row of eight directional buttons: left, up, down, right, and four corner buttons.
- Valve Control:** A 3x4 grid of buttons. The top row contains four valve symbols. The middle row contains four circles. The bottom row contains four circles with a diagonal line.
- Variables:** A green button labeled "Auto-Refresh-Off".
- Base Transceiver:** A section with four input fields and two play buttons:
  - enableAutomaticMode : false
  - automaticState : 0
  - numConfiguredValves : 4
  - foundVehicle : false
- Vehicle:** A section with three input fields:
  - operatingmode :
  - irstatus1 :
  - irstatus2 :
- Radio:** A section with a single input field containing a radio symbol.

At the bottom of the interface, there is a yellow bar with the text "GORP".

Abbildung 10: Webseite auf Webserver zur Remote-Kontrolle beider Stufen



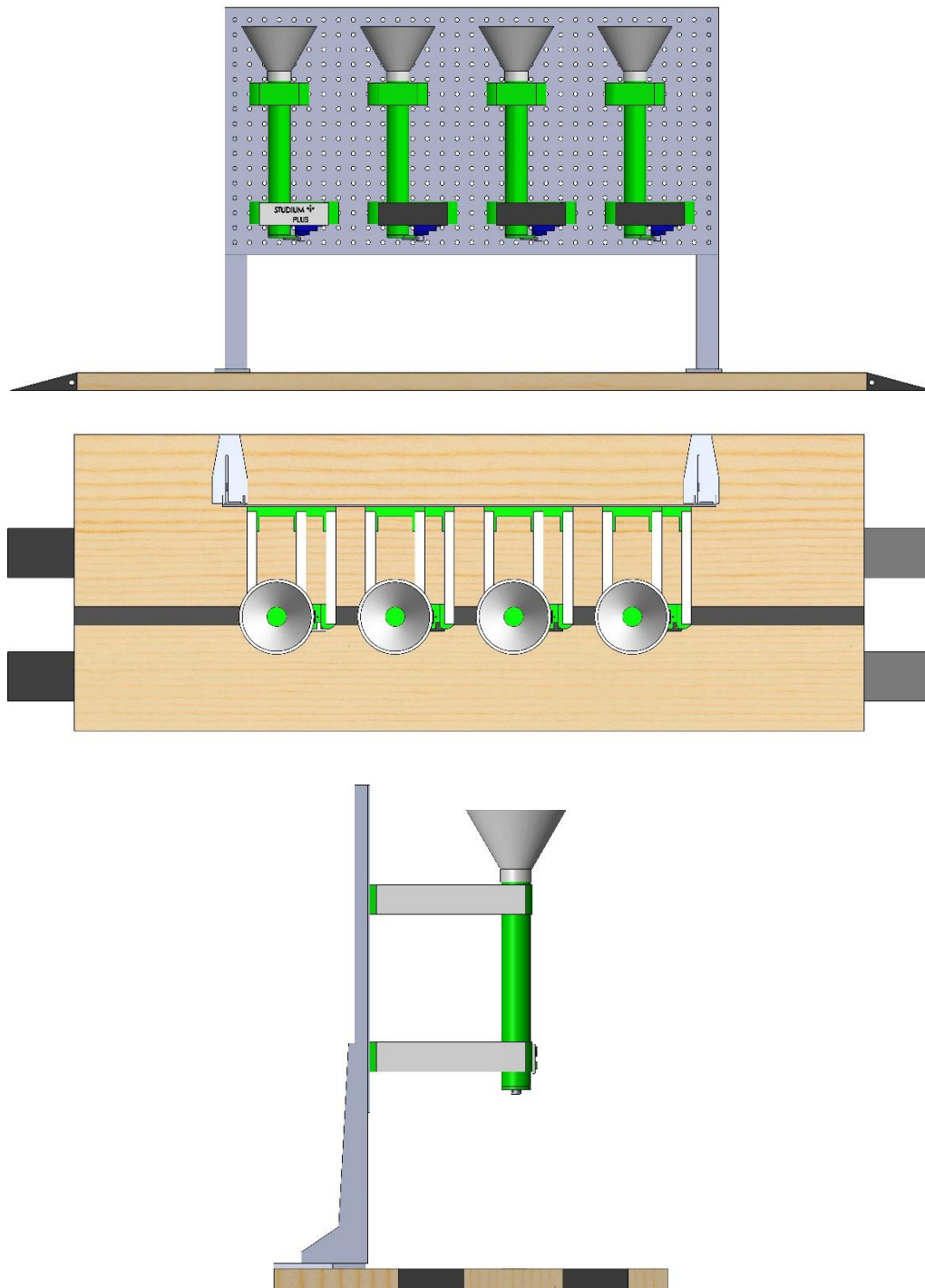
*Abbildung 11: Gesamtansicht des realisierten Teil des N.U.T.S.*

## Referenzen

- [1] Flämig, Heike, Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransportes, in: Maurer, Markus, Gerdes, J. Christian, Lenz, Barbara, Winner, Hermann (Hrsg.), Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer Verlag, S.377-398, 2015
- [2] Torc Robotics, Inc., Technology, <https://torc.ai/technology/>, Abrufdatum 24.09.2023
- [3] Hyundai Motor Deutschland GmbH, Hyundai Motor Group stellt Wasserstoff-Vision 2040 vor, <https://www.hyundai.news/de/articles/press-releases/hyundai-motor-group-stellt-wasserstoff-vision-2040-vor.html>, Abrufdatum 24.09.2023
- [4] AB Volvo, Vera – Die Zukunft des autonomen Transports, <https://www.volvotrucks.de/de-de/trucks/alternative-antriebe/autonome-lkw/vera.html>, Abrufdatum 24.09.2023
- [5] anzado GmbH, 4WD Smartcar Roboter-Bausatz, <https://www.roboter-bausatz.de/p/4wd-smartcar-roboter-bausatz>, Abrufdatum 24.09.2023

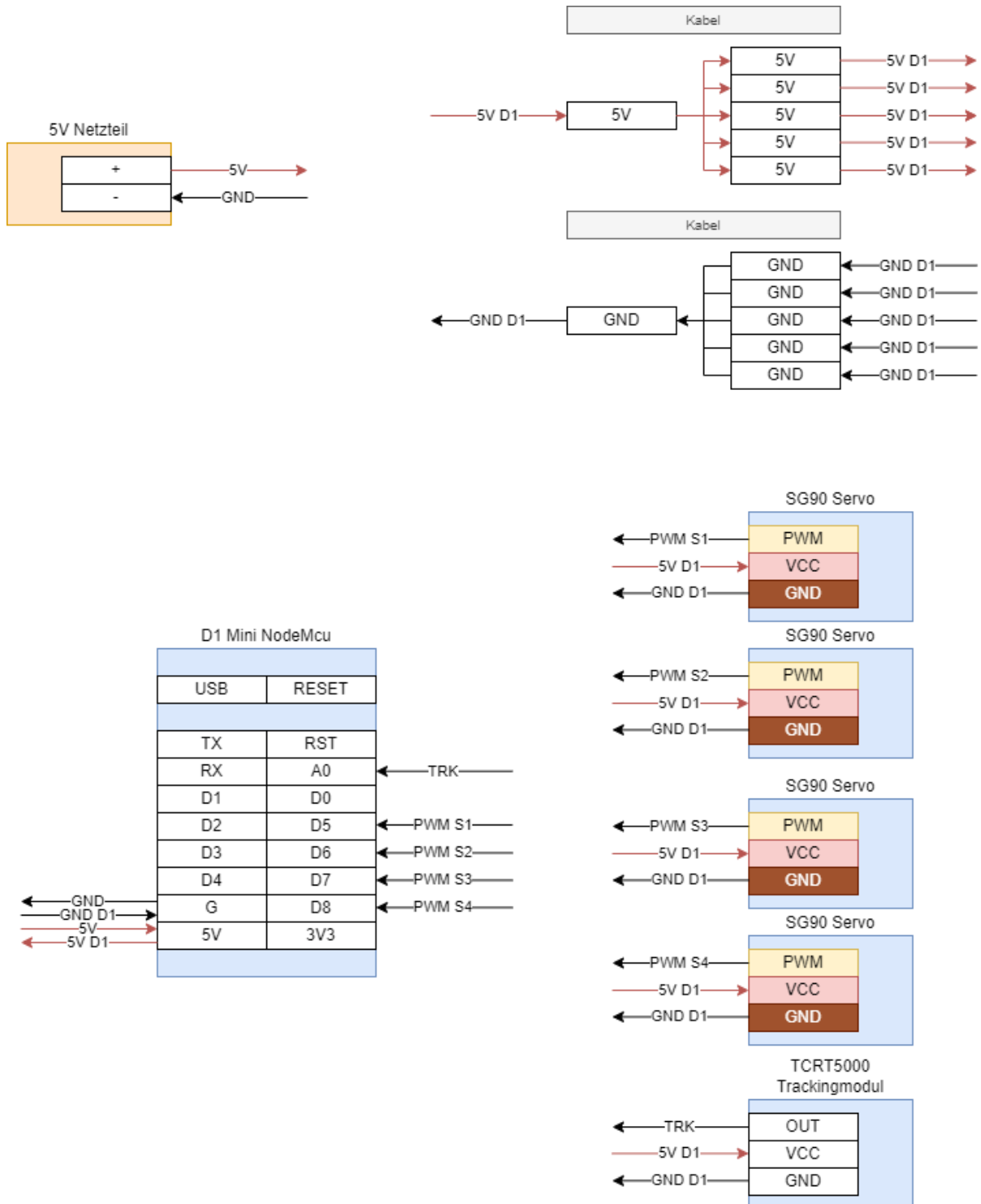
## Anhang

### Anhang A



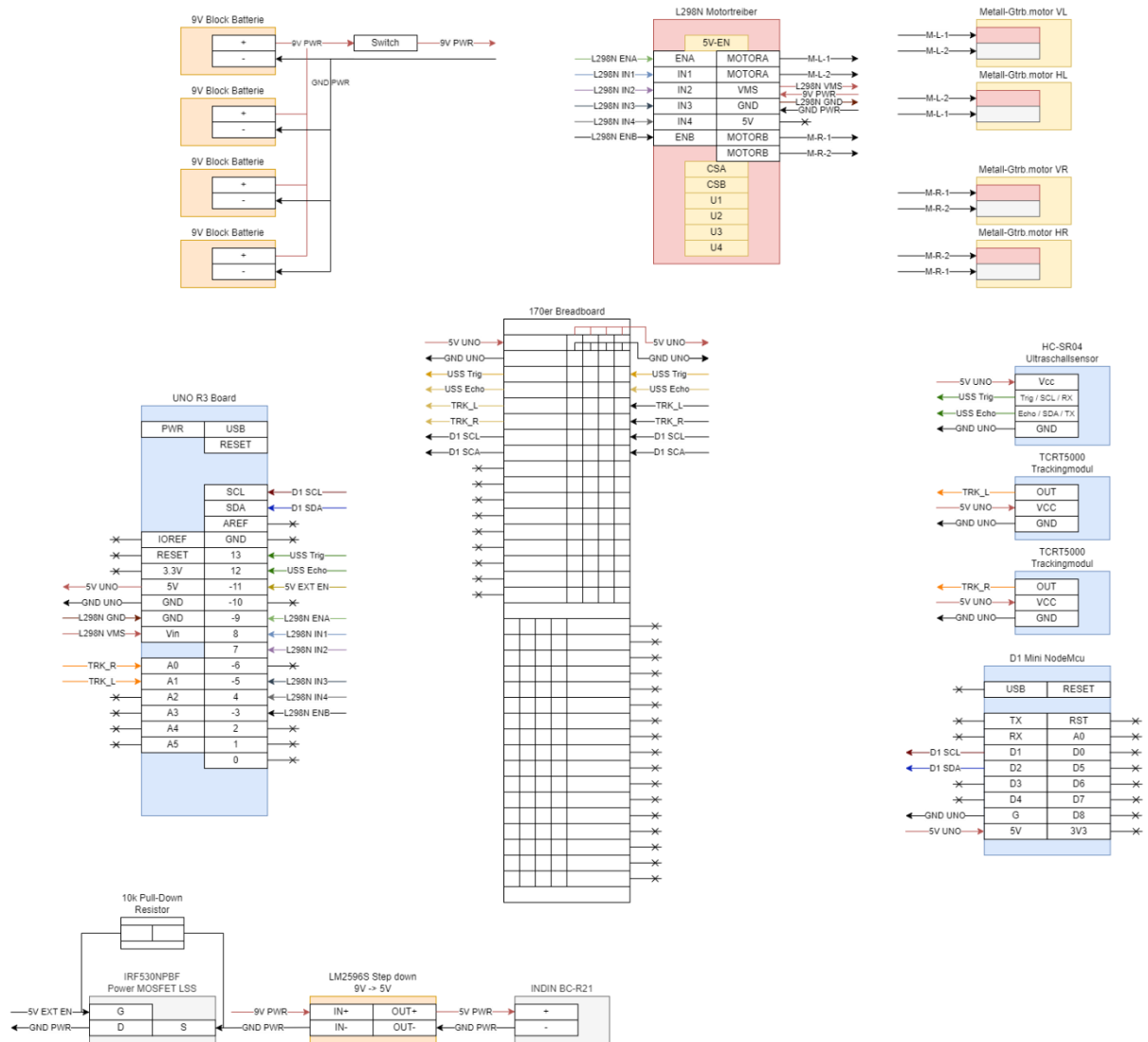
*Anhang A: Front-, Top- & Side-Ansichten der Mechanik von Stufe 2*

## Anhang B



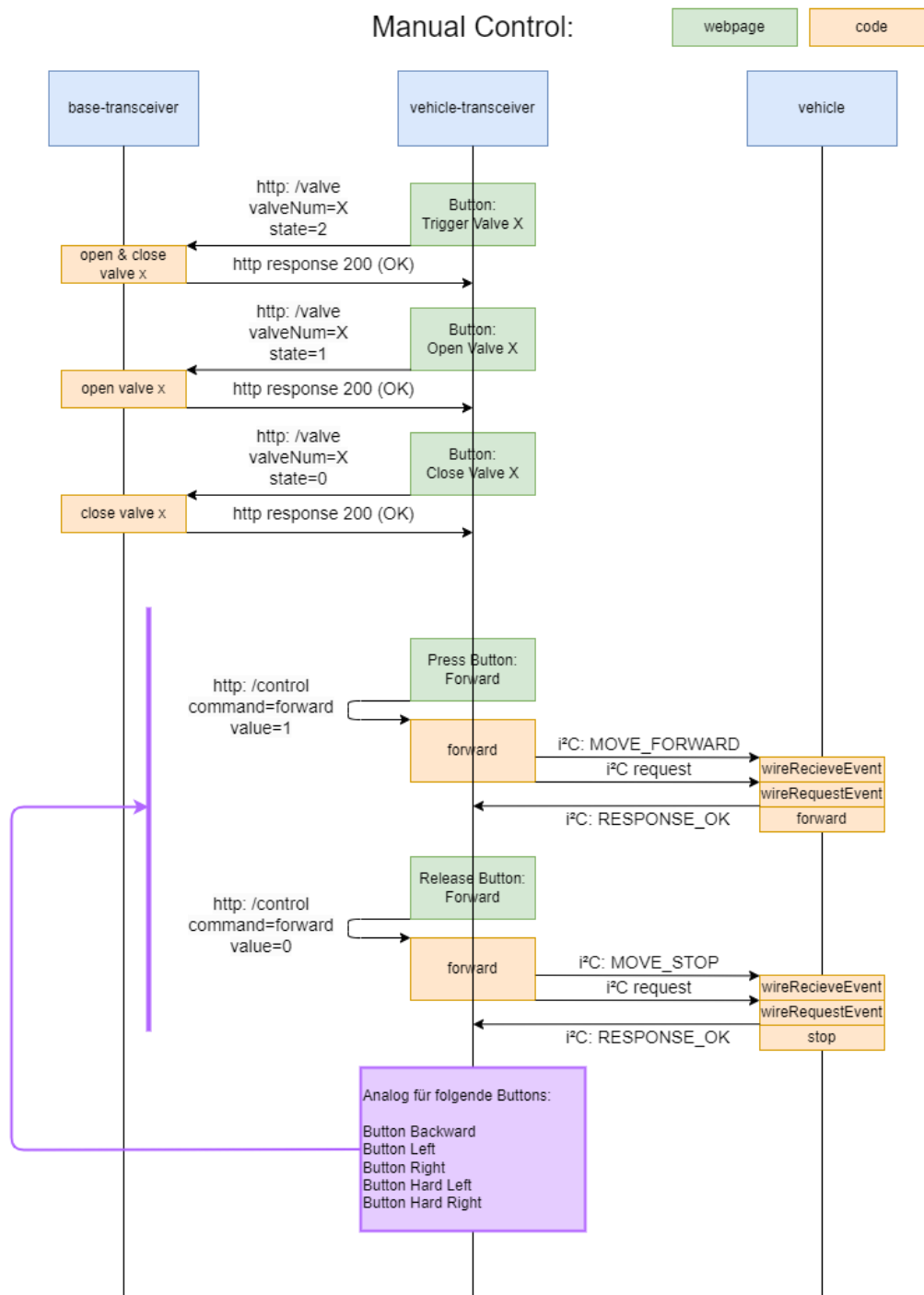
Anhang B: Elektrischer Schaltplan von Stufe 2

## Anhang C



Anhang C: Elektrischer Schaltplan von Stufe 3

## Anhang D

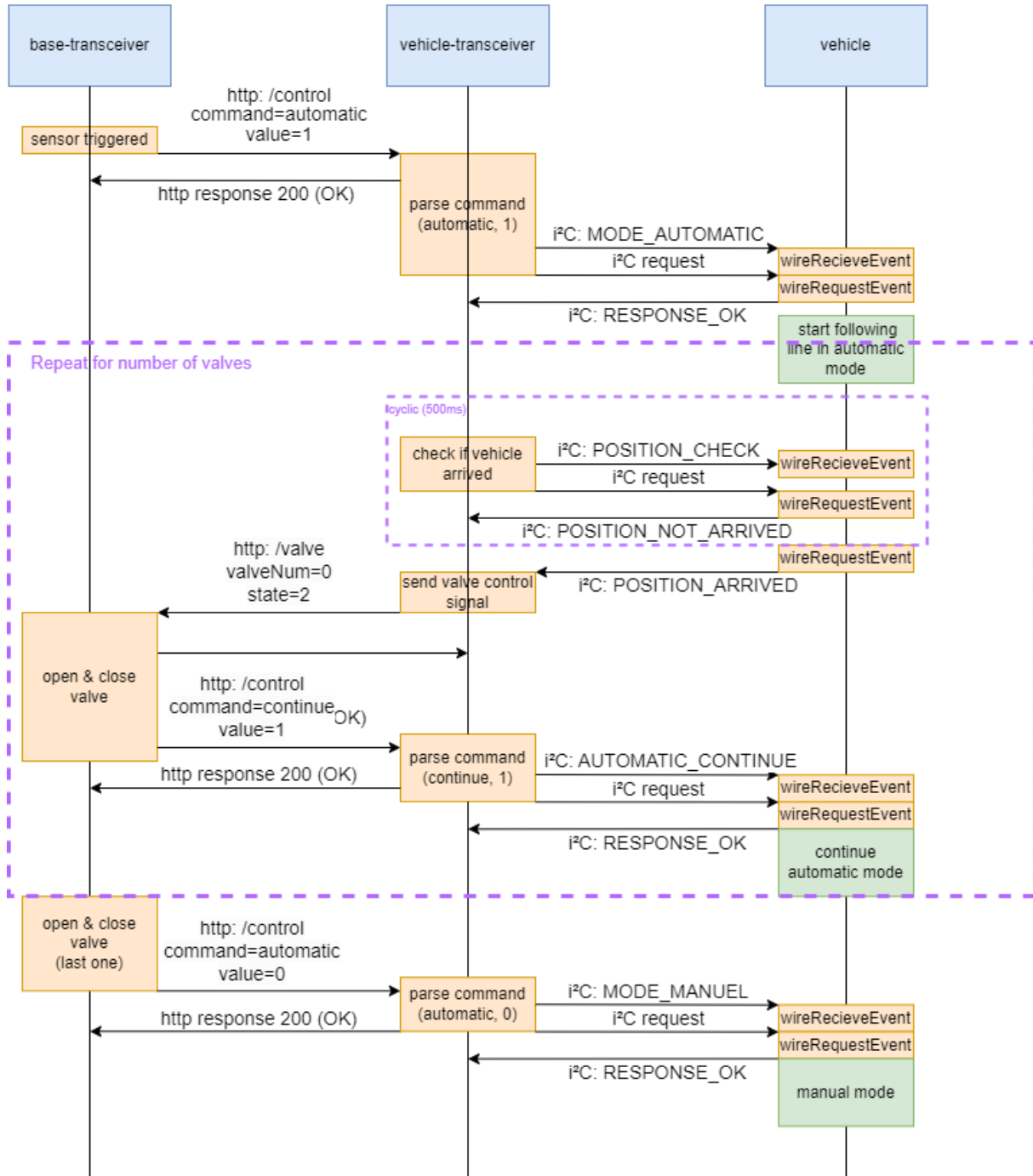


Anhang D: Sequenzdiagramm von Manual Control



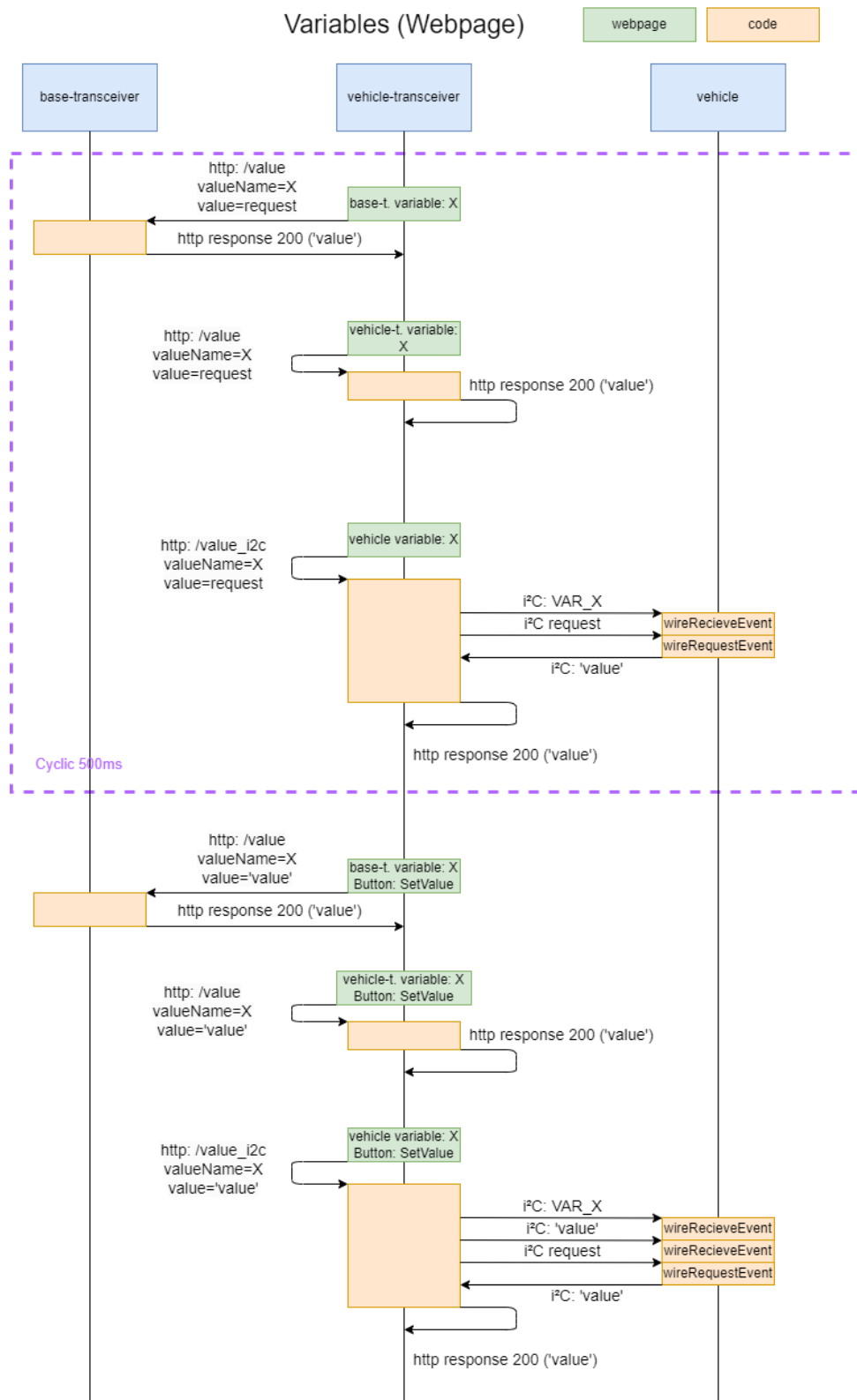
## Anhang E

### Automatic Mode:



Anhang E: Sequenzdiagramm von Automatic Mode

## Anhang F



Anhang F: Sequenzdiagramm von Variables (Webpage)