



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

Department Maschinenbau und Produktion

# Masterthesis

Entwicklung einer WLAN-gestützten Erweiterung für ein ferngesteuertes Modellauto



Verfasser:

Melanie Weber

Matr. -Nr.: 1856441

1. Betreuender Professor:

Prof. Dr.-Ing. Stefan Wiesemann

2. Betreuender Professor:

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schulz

10. Juli 2012



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Fakultät Technik und Informatik  
Department Maschinenbau und Produktion  
Studiengang Berechnung und Simulation  
Berliner Tor 21  
20099 Hamburg



## Erklärung

Hiermit versichere ich, Melanie Weber, dass ich diese Masterthesis zum Thema „Entwicklung einer WLAN-gestützten Erweiterung für ein ferngesteuertes Modellauto“ ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

\_\_\_\_\_

Ort

\_\_\_\_\_

Datum

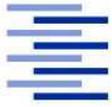
\_\_\_\_\_

Unterschrift



## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	VI
I. Formelzeichen .....	VII
II. Abkürzungen.....	VII
1 . Einleitung.....	1
1.1 Aufgabenstellung.....	2
1.2 Zielsetzung.....	3
1.3 Inhalt der Masterthesis .....	3
2 . Auswahl mechatronischer Komponenten .....	6
2.1 Auswahl des Modellautos .....	6
2.2 Eigenschaften des ausgewählten Modellautos.....	8
2.2.1 Technische Daten/Details des Modellautos FY5 .....	9
2.2.2 Steuerung des Motors/Antriebs.....	11
2.2.3 Funktionstest des Modellautos .....	16
2.3 Auswahl von Programm und Hardware zur Datenwandlung.....	17
2.3.1 Grundlagen zu dem Programm LabVIEW.....	17
2.3.2 Eigenschaften von den ausgewählten Chassis und Modulen .....	19
2.3.3 Hardware Installation und Steuerung in LabVIEW .....	21
2.4 Wireless Verknüpfung zu den Chassis.....	22
2.5 Auswahl geeigneter Sensorik .....	23
2.5.1 Sensoren allgemein .....	23
2.5.2 Auswahl der möglichen Sensoren .....	25
2.5.3 Vorhandene Sensoren .....	27
2.6 Auswahl geeigneter Aktorik .....	28
2.6.1 Aktoren allgemein .....	28
2.6.2 Auswahl der möglichen Aktoren .....	28
2.6.3 Vorhandene Aktoren.....	29
3 . Einbau der mechatronischen Komponenten.....	30
3.1 . Sensorik .....	30
3.1.1 Daten der einzubauenden Sensoren.....	30
3.1.2 Einbau des Kippsensors .....	31
3.1.3 Einbau des Abstandssensors .....	32
3.2 . Aktorik .....	34



3.2.1 Untersuchung der Aktoren.....	34
3.2.2 Einbau eines Kippschalters für die Signale der Aktoren.....	47
3.2.3 Anschließen der Aktorik an das WLAN-Chassis.....	49
3.3 Einbau und Spannungsversorgung der Chassis.....	52
3.3.1 Die Spannungsversorgung der WLAN-Chassis.....	52
3.3.2 Entwurf und Einbau einer Halterung für die Chassis.....	57
4 . Simulative Entwicklung des mechatronischen Systems (Auto).....	60
4.1 Erstellung der Programme zur Steuerung über die WLAN-Chassis.....	60
4.1.1 Das erstellte Programm für die Sensorik.....	60
4.1.2 Das erstellte Programm für die Aktorik.....	68
4.1.3 Das Zusammenfügen der Programme von Sensorik und Aktorik .....	78
4.2 Prüfung der neu hinzugefügten Regelungskreise und Hardware .....	80
4.3 Überprüfen des Zusammenspiels von Soft- und Hardware .....	81
4.3.1 Überprüfen des Zusammenspiels von Soft- und Hardware der Sensorik .....	81
4.3.2 Überprüfen des Zusammenspiels von Soft- und Hardware der Aktorik .....	81
4.3.3 Überprüfen des Zusammenspiels von Soft- und Hardware der Sensorik und Aktorik .....	82
5 . Validierung und Vorstellung des Prototypen .....	83
6 . Zusammenfassung und Ausblick .....	86
6.1 Zusammenfassung.....	86
6.2 Ausblick.....	87
7 . Quellen .....	89
Anhang .....	90
A1 Kurzanleitung zur Inbetriebnahme und Bedienung des Modellautos .....	90
A2 Vollständige Projektplanung .....	96
A3 Programm für die Aktorik .....	98



## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg im Department Maschinenbau und Produktion.

Prof. Dr.-Ing. Stefan Wiesemann, Professor für technische Mechanik mechatronischer Systeme an der HAW, verdanke ich diese spannende Aufgabenstellung, die Anschaffung des passenden Modellautos, der Chassis und Sensoren. Bei der praktischen Umsetzung waren seine zügigen Korrekturen und fundierten Anregungen mir eine große Hilfe. Seine konstruktive Kritik half mir über manche Schwierigkeiten hinweg.

Für seine Bereitschaft als Zweitprüfer zur Verfügung zu stehen danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schulz vom Institut für Antriebs- und Regelungstechnik der HAW.

Die Wissenschaftlichen Mitarbeiter des Instituts für Mechanik und Mechatronik, Herr Dipl.-Ing. Reinhard Breuer und Frau Dipl.-Ing. Carolina Bohnert, haben mir mit ihrem Praxiswissen in der Elektrotechnik zur Seite gestanden. Besonders Herr Dipl.-Ing. Reinhard Breuer hat mich geduldig mit den nötigen Techniken für die praktische Durchführung vertraut gemacht. In seinem Labor haben Herr Isa Mahalatazadeh und Frau Katrin Kunkel, beide Absolventen des Studiengangs Medientechnik, mit großem Einsatz Ideen zur Lösung praktischer Probleme beigesteuert.

Bei der Erstellung der Konstruktionszeichnung und bei der Realisierung der Konstruktion haben mir der Werkstattleiter Herr Andreas Hartmann und Herr H.-Peter Bensemann von der Zentralen Laborwerkstatt der HAW mit ihrem Fachwissen und der Ausstattung ihrer Werkstatt die Umsetzung meiner Ideen ermöglicht. Mit ihrer praktischen Erfahrung halfen sie mir, die theoretischen Überlegungen zu realisieren.

Aus dem departmentübergreifenden Studiengang Mechatronik steuerte der RobOtter-Club-Hamburg und da besonders Herr Christian Jacobsen (Studiengang Informations- und Elektrotechnik) viel Zeit und hilfreiche Anregungen zur Erstellung der nötigen Programme bei.

Bei allen hier genannten Personen möchte ich mich ganz herzlich für ihr Engagement in ihrem jeweiligen Fachgebiet bedanken, ohne das die Durchführung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

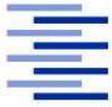


## I. Formelzeichen

Formelzeichen	Bedeutung	Einheit
A	Fläche	[mm <sup>2</sup> ]
f	Frequenz	[Hz]
I	Strom	[A]
R	Ohmscher Widerstand	[Ω]
T	Periodendauer	[s]
t	Signallänge	[s]
U	Spannung	[V]
$\hat{U}_A$	Signalamplitude	[V]
$U_{th}$	Theoretische Spannung	[V]
$U_{Eck}$	Signalniveau der Rechteckfunktion	[V]
$U_H$	Maximale Spannung	[V]
$U_N$	Signalniveau	[V]

## II. Abkürzungen

Abkürzung	Ausgeschriebener Begriff
Akku	Akkumulator
ESC	Electronic speed control
GPS	Global Positioning System
HIL	Hardware In the Loop
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench
LiPo Zelle	Lithium-Polymer Zelle
MAC	Media Access Control
Mac OS	Macintosh Operating System
MATLAB	Matrix Laboratory
MAX	Measurement and Automation Explorer
NI	National Instruments
PAN	Personal Area Network
PWM	Pulsweitenmodulation
Radar	Radio Detection and Ranging
RCP	Rapid Control Prototyping
SIL	Software In the Loop
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol
TTL	Transistor-Transistor-Logik
USB	Universal Serial Bus
V DC	Volts direct current (Gleichspannung)
VI	Virtual Instrument
WLAN	Wireless Local Area Network



## 1. Einleitung

Mechatronische Systeme entstehen durch das Zusammenwirken von den Fachdisziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik (Abbildung 1-1) [VDI], dadurch verbindet ein mechatronisches System interdisziplinär die wichtigsten Gebiete der heutigen Technik.

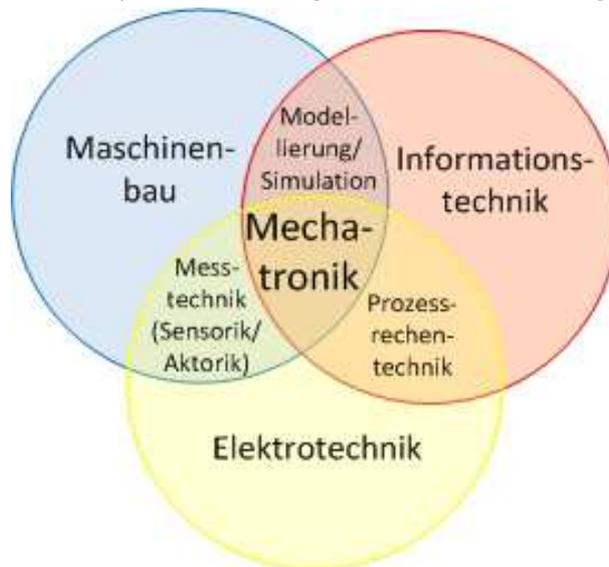


Abbildung 1-1: Aufbau der Mechatronik [Mtron]

Dieser Umstand macht mechatronische Systeme zu einem Bereich, in dem die Entwicklung mit großen und zukunftsweisenden Fortschritten voranschreitet. Die Überschneidung der drei Fachdisziplinen äußert sich in der Messtechnik, mit Sensorik und Aktorik, in der Modellierung/Simulation und in der Prozessrechen-technik/elektronische Datenverarbeitung (Abbildung 1-1) [Mtron]. Um das Zusammenarbeiten all dieser Komponenten zu ermöglichen, ist es vor allem notwendig, geeignete Schnittstellen zu haben oder zu erstellen. Mit Hilfe eines Computers und einer entsprechenden Simulationssoftware können zwei der drei nötigen Schnittstellen geliefert werden, die dritte Schnittstelle stellt die Verbindung der Sensorik oder Aktorik mit dem Computer bzw. der Simulationssoftware dar. Für diese Schnittstelle wird heute zumeist ein Analog-Digital-Wandler bzw. ein Digital-Analog-Wandler eingesetzt, abhängig davon, wie die Ein- oder Ausgangssignale beschaffen sind bzw. in welcher Form die Signale benötigt werden. An dieser Schnittstelle ist der Datentransport ebenfalls sehr wichtig, da häufig Sensoren und Aktoren frei beweglich sein sollen oder in größerer Zahl auftreten, so dass es schwierig ist, alle direkt mit der auswertenden Hardware, zum Beispiel einem Computer, zu verbinden. Für diesen Datentransfer wird heute meistens eine Funkverbindung eingesetzt. Es gibt verschiedene Arten von Funkverbindungen und damit einhergehend verschiedene Technologien, wie zum Beispiel Mobilfunktechnik, RDS-Technik oder UKW-Signal. Eine der möglichen Funkverbindungen ist das so genannte Wireless-LAN, kurz WLAN.

Die Datenübertragung mit Wireless-LAN wird in unserer Gesellschaft immer wichtiger. So gut wie alle neuen technischen Geräte müssen WLAN fähig sein, entweder um erlangte Informationen über ein Netzwerk bereit zu stellen oder um diese Informationen aus dem Netzwerk ortsunabhängig abfragen zu können.



In der Automobilindustrie ist die intelligente Verkehrsführung bzw. Steuerung der Automobile schon lange ein relevantes Thema. Es wird versucht, nicht nur ein Auto mit intelligenter Steuerung bzw. Fahrerunterstützung zu entwerfen, das Ziel ist es vielmehr, zukünftig in der Lage zu sein, den kompletten Verkehr zu steuern. Durch die Kommunikation der Automobile untereinander über ein Funknetzwerk und einer intelligenten Regelung könnte der gesamte Verkehrsfluss optimiert und die Unfallgefahr minimiert werden.

Diese Zukunftsvision stellt nicht nur eine hohe Anforderung an den Maschinenbau dar, sondern verlangt ein immenses Wissen im Bereich Elektro- und Regelungstechnik.

Aus diesem Grund soll an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg im Studiengang Elektrotechnik in Zukunft eine Laborveranstaltung eingerichtet werden, die sich mit dem Thema WLAN-Steuerung und -Kommunikation von Automobilen befasst. Um die Einrichtung dieser Laborveranstaltung möglich zu machen, sollen in dieser Thesis in ein ferngesteuertes Modellauto Sensoren und Aktoren ausgewählt und eingebaut, sowie über ein WLAN-Netzwerk eine entsprechende Kommunikation und Programmierung dieser Sensoren und Aktoren ermöglicht werden. So könnte in der Laborveranstaltung ein erster Eindruck über die Komplexität und die Schwierigkeiten einer intelligenten Verkehrsführung und über die Eignung eines WLAN-Netzwerkes für den Datentransfer vermittelt werden.

## 1.1 Aufgabenstellung

### **Entwicklung einer WLAN-gestützten Erweiterung für ein ferngesteuertes Modellauto:**

Mechatronische Systeme bestehen aus den vier Komponenten Sensorik, Aktorik, Mechanik und Informations- bzw. Elektrotechnik, wobei die Entwicklung solcher Systeme gemäß VDI-Richtlinie 2206 in der Regel in fünf Stufen stattfindet:

1. SIL-Simulation (**S**oftware **I**n the **L**oop),
2. HIL-Simulation (**H**ardware **I**n the **L**oop),
3. RCP-Simulation (**R**apid **C**ontrol **P**rototyping),
4. Prototypenentwicklung und
5. Serienfertigung.

Im Rahmen dieser Masterthesis ist eine WLAN-gestützte Erweiterung eines ferngesteuerten Modellautos bis zur vierten Stufe (Prototyp) zu entwickeln. Dabei sind neben dem Modellauto auch geeignete Sensoren bzw. Aktoren auszuwählen und mit der Soft- (LabVIEW) und Hardware (WLAN-Module) von „National Instruments“ möglichst optimal zu verknüpfen.

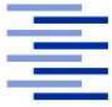
Die Schwerpunkte sind bei dieser Aufgabe auf folgende Aspekte zu legen:

Es muss sich mit der Simulationsumgebung, die Software LabVIEW, vertraut gemacht und eingearbeitet werden.

Verschiedene Erweiterungskonzepte müssen entwickelt werden und die Applikation der Sensorik bzw. Aktorik muss erfolgen.

Alle mechatronischen Elemente müssen einer Funktionsanalyse unterzogen werden (SIL-/HIL-Simulation), unterschiedliche Regelungskonzepte sind zu vergleichen (RCP-Simulation) und das mechatronische System ist zu verifizieren (Prototypenentwicklung).

Abschließend soll noch ein Handbuch zu den entwickelten VIs erstellt werden.



## 1.2 Zielsetzung

Ziel ist es, ein ferngesteuertes Modellauto mit einer WLAN-gestützten Erweiterung zu versehen. Es soll möglich sein, die Bewegungsdaten des Modellautos über die Sensorapplikationen abzufragen. Die Aktoren sollen über Programme bedient werden können. Außerdem sollen Sensor- und Aktorapplikationen miteinander verknüpft werden, so dass das Modellauto über WLAN gesteuert werden kann.

## 1.3 Inhalt der Masterthesis

In dieser Masterthesis soll nach der Einleitung mit der Auswahl mechatronischer Komponenten im 2. Kapitel fortgefahren werden. In diesem Kapitel wird das Modellauto für diese Thesis unter verschiedenen Gesichtspunkten ausgewählt. Die Eigenschaften des Modellautos werden dargestellt und dessen Funktionsfähigkeit geprüft. Auch die Auswahl des zu verwendenden Programms und der entsprechenden Hardware wird in diesem Kapitel dokumentiert. Es werden die Grundlagen zu dem Programm und die Eigenschaften der Hardware, sowie der Installation der Hardware und deren Implementierung in das Programm beschrieben. Im Anschluss wird die Wirelessverknüpfung dieser Hardware, welche für dieses Projekt aus zwei WLAN-Chassis besteht, genauer erläutert. Die letzten auszuwählenden Komponenten sind die Sensoren und Aktoren. Es wird mit den Sensoren begonnen. Um eine geeignete Auswahl treffen zu können, wird zunächst eine allgemeine Auflistung vorgenommen, aus welcher die möglichen Sensoren ausgewählt werden. Durch die vorhandenen Sensoren wird die Auswahl entschieden. Für die Aktoren ist im Anschluss entsprechend vorgegangen worden.

Das dritte Kapitel behandelt den Einbau dieser mechatronischen Komponenten. Es werden die Eigenschaften der Sensoren, sowie der jeweilige Einbau dokumentiert. Dazu gehört die Befestigung des Sensors am Modellauto, die Spannungsversorgung des Sensors und die eventuell nötigen zusätzlichen elektronischen Schaltkreise. Da für die Aktorik keine neuen Elektrobausteine eingebaut, sondern die bereits vorhandenen angesteuert werden sollen, muss hier etwas anders vorgegangen werden. Die Schalt- und Regelungskreise des Modellautos müssen im Hinblick auf die Aktoren untersucht werden. Hiernach muss eine Möglichkeit zum Umleiten der Signale gefunden und anschließend eingebaut werden, sowie der Anschluss der Signalkabel an das entsprechende Chassis ermöglicht werden. Die letzten Einbaumaßnahmen betreffen die Spannungsversorgung des Chassis bzw. die Optimierung und eine Haltevorrichtung für die zwei Chassis auf dem Modellauto.

Das vierte Kapitel heißt „Simulative Entwicklung des mechatronischen Systems (Auto)“ und beinhaltet die Entwicklung der Programme zum Auslesen der Sensordaten, zum Ansteuern der Aktorik und zur Kopplung dieser beiden Prozesse. Es werden die neu hinzugefügten Komponenten am Modellauto auf die Funktionsfähigkeit geprüft. Auch das Zusammenspiel von Soft- und Hardware in allen drei Fällen, also nur Sensorik, nur Aktorik und beide zusammen, werden getestet.

Der fertige Prototyp wird im 5. Kapitel validiert und vorgestellt. Dafür wird der neue Schaltplan, der neue Aufbau des Modellautos und die Funktionsfähigkeit des gesamten Prototypen dargestellt und erläutert.

Abschließend wird die Thesis zusammengefasst und ein Ausblick für weitere Arbeiten an dem Modellauto geliefert.



Hält man diese Vorgehensweise in einem Projektplan fest, stellt sich dieser, wie in Abbildung 1-2 zu sehen, dar.

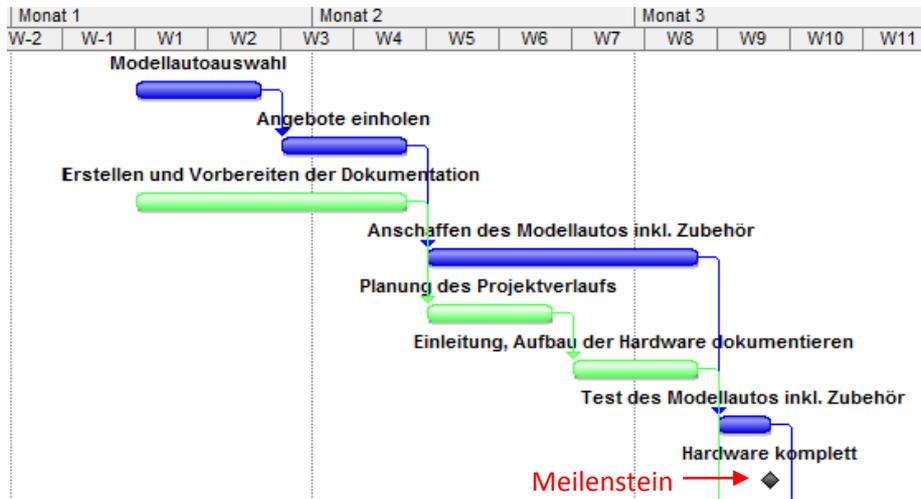


Abbildung 1-2: Projektplanung Woche 1 bis Woche 9 (Anhang A2)

In diesem Projektplan wurden die theoretischen Arbeiten mit einem hellen Grün markiert und die praktischen mit einem Blau. Mit Hilfe der Monats- und Wocheneinteilung kann eine grobe Übersicht gewonnen werden. Durch das Definieren der Meilensteine kann im Verlauf der Thesis abgeschätzt werden, wie viel Zeit noch verbleibt.

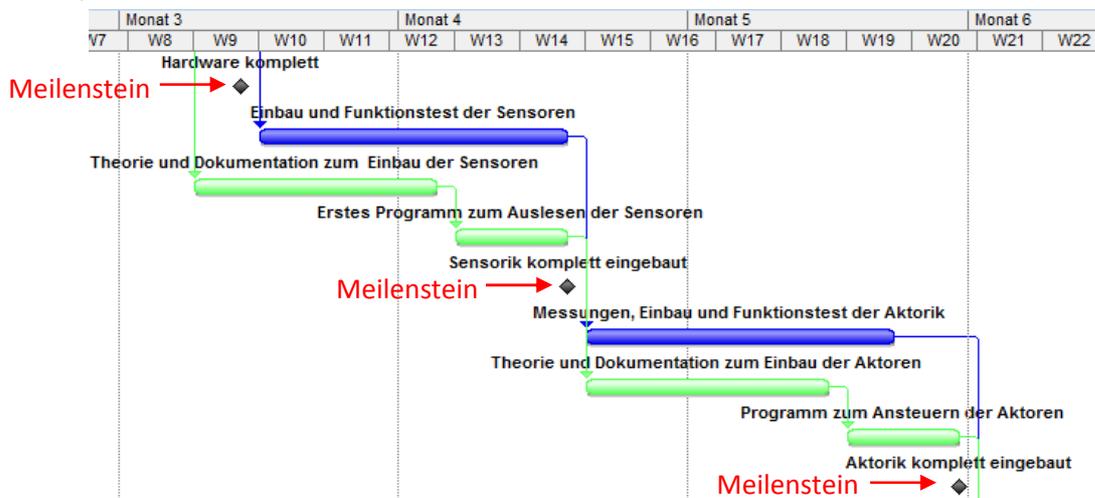


Abbildung 1-3: Terminplanung Woche 9 bis Woche 20 (Anhang A2)

So stellen die großen Meilensteine notwendige Zwischenabschlüsse in diesem Projekt dar. Der Abschluss „Hardware komplett“ (Abbildung 1-2) ist nach dem 2. Kapitel beendet, wenn alle notwendigen Komponenten ausgewählt und angeschafft sind. Die beiden Meilensteine „Sensorik komplett“ und „Aktorik komplett“ entsprechen den jeweiligen Kapitelabschnitten in drei und vier, wo erst die Sensorik eingebaut und abgeprüft wird und anschließend die Aktorik (Abbildung 1-3).





## 2. Auswahl mechatronischer Komponenten

Dieses Kapitel soll die bestehenden Möglichkeiten aufführen und die getroffenen Entscheidungen erläutern und darlegen, damit die Entwicklung des Projektes nachvollziehbar und begründbar bleibt. Außerdem werden so die Übersicht und das Einarbeiten erleichtert.

### 2.1 Auswahl des Modellautos

Für die Arbeit muss ein entsprechendes Modellauto ausgewählt werden. Große Modellautos werden entweder mit Benzinmotor oder mit Elektromotor, insbesondere mit der Variante „Brushless“, angetrieben. „Brushless“ oder auch „brushless direct current“ (BLDC) im englischen Sprachraum genannt, beschreibt einen bürstenlosen Drehstrommotor, der durch die dahinter geschaltete Elektronik wie ein Gleichstrommotor gesteuert werden kann. Der englische Name „brushless direct current“, bedeutet ins Deutsche übersetzt soviel wie „bürstenlose Gleichstrommaschine“. [Brush]

Da das Modellauto später sowohl draußen, als auch in geschlossenen Räumen zu benutzen sein soll, ist der Brushlessantrieb dem Benzinmotor vorzuziehen. Hinzu kommt, dass der Benzinmotor, wegen der geringen Größe, oft nur unzuverlässig funktioniert, was in der Funktionsweise eines Verbrennungsmotors begründet ist. Aus diesen beiden Gründen wird ein Modellauto mit einem Brushlessmotor gewählt.

Es muss darauf geachtet werden, dass die Fläche auf dem Fahrzeug unter der Verkleidung genügend Raum aufweist, um die beiden zur Verfügung stehenden WLAN-Chassis später darauf anbringen zu können. Hinzu kommt noch, dass das Auto genug Akkuleistung (Akku, kurz für Akkumulator) hat, um den Motor und das Chassis mit ausreichender Leistung über einen längeren Zeitraum zu versorgen.

Zur Auswahl stehen erstens der Truggy Leopard (Abbildung 2-1) und zweitens der Truggy Trophy Flux (Abbildung 2-2). Die beiden Conrad-Modelle sind in einem Maßstab von 1:8 verfügbar.

Zwischen den beiden Conradmodellen ist der Trophy Flux (Abbildung 2-2) zu favorisieren, da hier im Aufbau des Modellautos, also unter der Kunststoffabdeckung, etwas mehr Platz zum Montieren der beiden Chassis bleibt. Bei den beiden 1:8 Truggys bleibt das Problem der relativ geringen Größe und der leichten Bauweise. Es besteht die Gefahr, dass für die Montage und den Anschluss der Chassis mit den Sensoren und Aktoren nicht genug Platz vorhanden ist. Außerdem vervielfacht sich nicht nur das Gewicht und die mechanischen Bauteile werden auf die Dauer zu sehr beansprucht, sondern es wird auch die Akkuleistung nicht für längere Tests ausreichen.



REELY



Abbildung 2-1: Modellauto von Conrad, Truggy Leopard, Brushless, Maßstab 1:8 [ConLeo]

*hpi-racing*



Abbildung 2-2: Modellauto von Conrad, Truggy Trophy Flux, Brushless, Maßstab 1:8 [ConFlux]

Das dritte zur Auswahl stehende Modellauto ist von Carson-Modell Sport im Maßstab 1:5, Destroyer Line FY5 als Brushless Variante (Abbildung 2-3).



Abbildung 2-3: Modellauto von Carson-Modell Sport, Destroyer Line FY5, Brushless, Maßstab 1:5 [CarFY5]

Model	Truggy Leopard	Truggy Trophy Flux	Destroyer Line FY5
Maßstab	1:8	1:8	1:5
Länge des Models	565 mm	580 mm	680 mm
Breite des Models	401 mm	405 mm	415 mm
Höhe des Models	224 mm	180 mm	220 mm
Gewicht des Models	4339 g	3325 g	4650 g

2.1: Vergleich der Modellautos in der Größe und im Eigengewicht

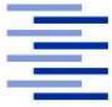
Wie der Tabelle 2.1 zu entnehmen ist, ist das als letztes beschriebene größere Modellauto von Carson-Modell-Sport FY5 (Abbildung 2-3) zwar ein Rennwagen, aber diesem Umstand verdankt es auch, dass eine relativ geringe Höhe und damit eine gute Bodenhaftung hat. Außerdem hat es unter der Verkleidung über den Akkus viel Platz verglichen mit den anderen Modellen, hier könnten die beiden Chassis am besten untergebracht werden. Durch den größeren Maßstab von 1:5 (Tabelle 2.1) sind auch die mechanischen Bauteile relativ groß und sollte das zusätzliche Gewicht der einzubauenden Elektronik am besten bewältigen können, ähnliches gilt auch für die elektronischen Bausteine, da diese von vornherein für ein größeres Modell ausgelegt sind.

Beim Vergleich dieser drei Modelle miteinander zeigt sich, dass der größere Maßstab des Modellautos FY5 von Carson-Modell Sport den entscheidenden Vorteil bietet. Um für die geplanten Veränderungen und Einbauten am Auto genügend Platz zur Verfügung zu haben, ist es nötig, das Modell mit dem meisten Raum in der Konstruktion zu wählen. Entfernt man die Abdeckungen aller Autos ist erkennbar, dass im Metallrahmen des großen 1:5 Modellautos FY5 der meiste Platz zur Verfügung steht.

Daher wird für dieses Projekt das Modellauto von Carson-Modell Sport, Destroyer Line FY5 ausgewählt (Abbildung 2-3).

## 2.2 Eigenschaften des ausgewählten Modellautos

In diesem Abschnitt sollen die Eigenschaften des ausgewählten Modellautos FY5 dokumentiert, sowie festgestellt und dargestellt werden. Insbesondere soll auf die Funktionsweise der Steuerung



vom Motor, im Hinblick auf die Möglichkeiten für die Aktorik und Sensorik (siehe Kapitel 2.5 und 2.6), eingegangen werden.

### 2.2.1 Technische Daten/Details des Modellautos FY5

Das Modellauto von Carson-Modell-Sport aus der Destroyer Line, DriveFastForYoungsters 5, kurz FY5, welches in Kapitel 2.1 Ausgewählt wurde, hat folgende Abmessungen/Dimensionen:

<b>Länge</b>	680 mm
<b>Breite</b>	415 mm
<b>Höhe</b>	220 mm
<b>Radstand</b>	480 mm
<b>Bodenfreiheit</b>	65 mm
<b>Gewicht</b>	4650 g

Tabelle 2.2: Abmessungen und Gewicht des Modellautos [CarFY5]

Das Modellauto FY5 stellt sich mit diesen Abmessungen (Tabelle 2.2) von der Außenansicht auf diese Art dar (Abbildung 2-4):



Abbildung 2-4: Foto des Modellautos Destroyer Line FY5 von schräg vorn

Die technischen Details stellen lauten wie folgt [CarFY5]:

- 4S Brushless-Antrieb
- 4S 11T-Brushlessmotor 1500 kV
- Regler 80A (T-Plug)
- Allradantrieb (4WD)
- Reflex-X LCD 2,4 GHz (Fernsteuerung)



- 9 kg Servolenkung mit Metallgetriebe
- komplett fahrfertig eingestellt
- komplett kugelgelagert
- einstellbares Fahrwerk
- Öldruckstoßdämpfer
- 3 Differenziale
- bedruckte Karosserie mit Dekorbogen
- LiPo-Akku 7,4 V/3200 mAh mit T-Plug Steckersystem

Die ausführlicheren technischen Daten für Motor und Regler:

<b>Technische Daten Motor:</b>	Brushless
<b>Motor</b>	Sensorlos
<b>U/min</b>	1500 UpV
<b>U/min @ 14,8 V</b>	22 200
<b>Kurzzeitig</b>	Kurzzeitig 80 A
<b>Abmessung (A-<math>\phi</math> x L)</b>	35,8 x 73 mm
<b>Technische Daten Regler:</b>	Brushless
<b>Vorwärts</b>	Ja
<b>Rückwärts</b>	Ja
<b>Eingangsspannung</b>	2-4 LiPo Zellen/ 6-12 NimH Zellen

Tabelle 2.3: Technische Daten von Motor und Regler [Carson]

Die Fernsteuerung hat folgende Eigenschaften:

<b>Sender</b>	Frequenz 2,4 GHz Stromversorgung DC 9,6 - 12 V= Gewicht 371 g
<b>Empfänger</b>	Stromversorgung DC 4,8~6,0 V (Batteriebox bzw. BEC vom Fahr-Akku) Abmessungen MM 35 x 26 x 14 mm Gewicht 10 g

Tabelle 2.4: Technische Daten der Fernsteuerung [Reflex]

Aus der oben aufgeführten Tabelle 2.3 wird ersichtlich, dass das Modellauto FY5 einen sensorlosen Brushlessmotor besitzt, der mit mindestens 1 500 Umdrehungen pro Volt arbeitet. Dies bedeutet, für eine Eingangsspannung von 14,8 Volt ergibt das mindestens 22 200 Umdrehungen. Kurzzeitig kann der Motor mit bis zu 80 Ampere belastet werden. Der Motor hat einen Außendurchmesser von 35,8 mm und eine Länge von 73 mm. Mit dem Elektronikbauteil, das in der Tabelle 2.3 als Regler bezeichnet wird, ist hier die ESC gemeint, die vor den Motor geschaltet ist (siehe Kapitel 2.2.2). Dieser Regler ist brushlessfähig, also in der Lage, Signale für Gleichstrommotoren in Signale für bürstenlose Drehstrommotoren umzuwandeln. Dieser Regler kann sowohl Vorwärts-, als auch Rückwärtsfahren veranlassen. Der Regler kann mit verschiedenen Arten und Anzahlen von Akkus betrieben werden, hier werden 2 Lithium-Polymer-Zellen eingesetzt, um den Regler bzw. das komplette Modellauto zu versorgen (genauere Beschreibung siehe Kapitel 2.2.2).

In Tabelle 2.4 sind die Eigenschaften der Fernsteuerung aufgeführt. Der Sender arbeitet auf einer Frequenz von 2,4 Gigahertz und benötigt eine Gleichstromversorgung, die in unserem Fall von 8 AA Akkus mit jeweils 1,2 Volt Spannung, also exakt 9,6 Volt, bereitgestellt wird. Die Stromversorgung des



Empfängers wird in unserem Fall über den Kanal CH.2 geregelt, an dem 6 Volt (ausgehend von der ESC, siehe Kapitel 3.2.1.4) anliegen. Der Empfänger ist ein kleiner Elektronikbaustein, er misst nur 35 mm x 26 mm x 14 mm. Es sind drei Kanäle angeschlossen, der BEC-, CH.1- und CH.2-Kanal (siehe Kapitel 2.2.2).

### 2.2.2 Steuerung des Motors/Antriebs

Das Modellauto der Destroyer Line, DriveFastForYoungsters 5, kurz FY 5 stellt sich von außen, wie in Abbildung 2-4 ersichtlich, eher abgedeckt dar, die mechanischen und elektronischen Teile werden durch die Karosserie verdeckt bzw. geschützt, damit dieses Modellauto auch für Geländefahrten geeignet ist. Wenn man die Karosserie entfernt, ist das Innenleben des Modellautos, also die mechanischen und die elektronischen Teile, zu sehen (Abbildung 2-5). Die beiden großen LiPo (Lithium-Polymer) Zellen, die hier als wieder aufladbare Akkus (kurz für Akkumulator) verwendet werden, stellen jeweils eine Spannung von 7,4 Volt und einen Stromfluss von 3200 mAh relativ gleichmäßig zur Verfügung (siehe Abbildung 2-5).

Zwischen den beiden Akkus sitzt im vorderen Bereich unter einer schwarzen Abdeckung der Empfänger für die Fernbedienung (siehe Abbildung 2-5). Dieser Empfänger ist, ebenso wie der Rest der Fernbedienung, von Carson-Model-Sport und heißt Reflex Wheel LCD 2,4 GHz FHSS.

Außerdem befinden sich in dieser schwarzen mittig angeordneten Konsole noch die Antenne und das Getriebe (Abbildung 2-5).

Davor, auf der gleichen Seite wie die Servolenkung, befindet sich die ESC (Electronic speed control), also der Geschwindigkeitsregler dieses Modellautos (Abbildung 2-5). Die ESC ist von der Firma Hobbywing aus der Xerun Serie (Xerun 80 A-R).

Gegenüber der ESC befindet sich der Brushlessmotor, der bereits in Tabelle 2.2 (Kapitel 2.2.1) beschrieben ist (Abbildung 2-5).

Ganz vorn sitzt die Servolenkung, B7018 9kg Servo von Redcat Racing [Red], die mit einem Metallgetriebe ausgestattet ist (siehe Abbildung 2-5).

Auf der Mittelkonsole neben der Servolenkung befindet sich der Schalter, um das Modellauto FY5 anzubzw. auszuschalten (Abbildung 2-5).

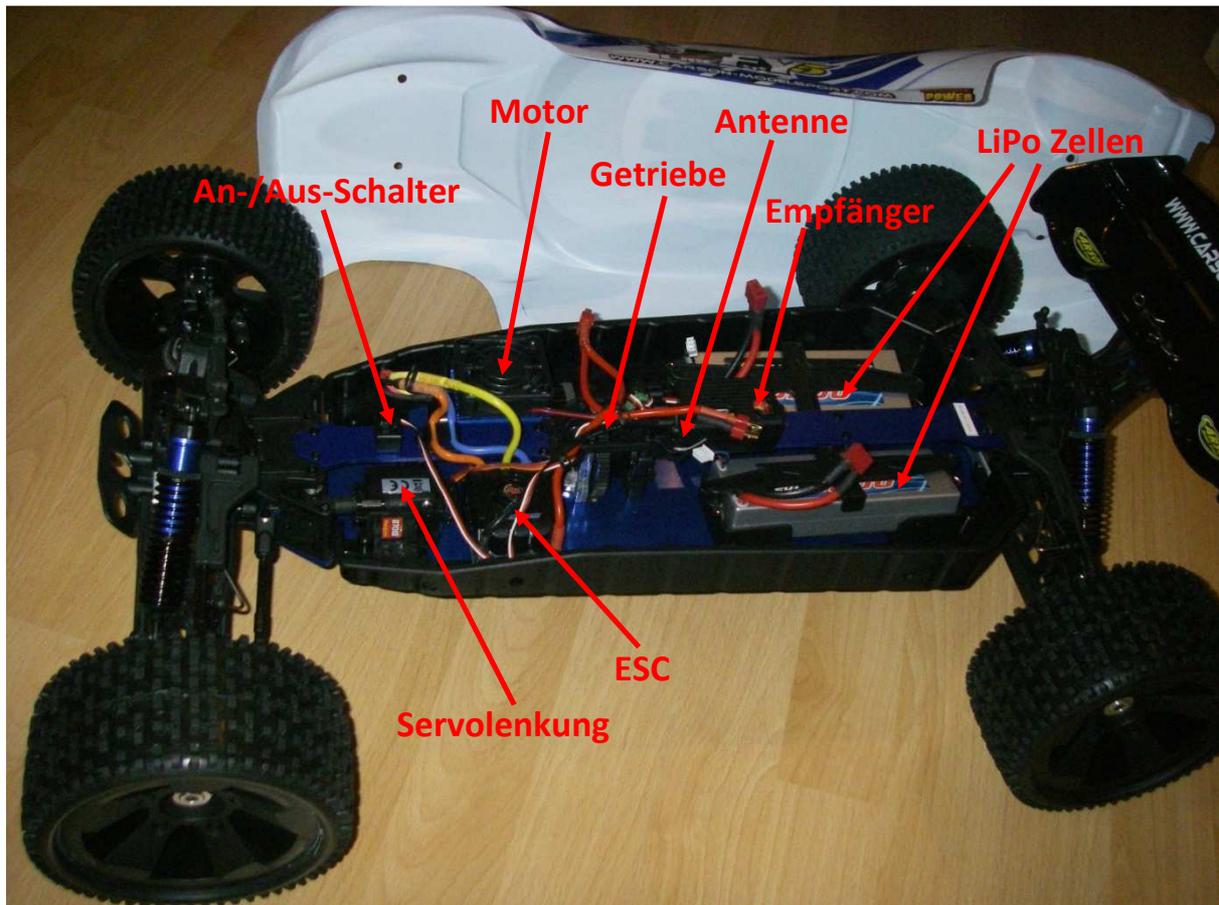


Abbildung 2-5: Innenansicht des Modellautos FY 5

Es wird ersichtlich, dass die großen dicken roten bzw. schwarzen von den LiPo-Akkus ausgehenden Kabel für die Energieversorgung verantwortlich sind.

Das Herzstück der Elektronik bildet der Empfänger „Reflex“, der mit den ersten drei Kanälen -BEC, CH.1, CH.2- an die restliche Elektronik angeschlossen ist. Das einzelne graue Kabel führt zur Antenne. Das Kabel im BEC-Kanal ist schwarz-rot; das Kabel im CH.1-Kanal ist braun-rot-gelb; und das Kabel im CH.2-Kanal besteht aus schwarz-rot-weißen Strängen (siehe Abbildung 2-6).

Keines der dicken Stromkabel führt von den Akkus direkt zum Empfänger und es ist keine weitere Stromquelle im Modellauto vorhanden. Das bedeutet, der Empfänger muss über die ESC mit dem Stromkreis der Akkus verbunden sein und über diesen Elektronikbaustein mit Strom versorgt werden.

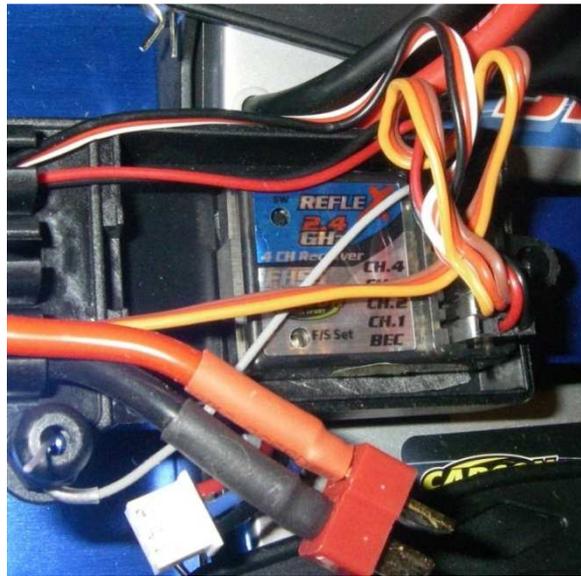


Abbildung 2-6: Empfänger mit den verschiedenen Anschlüssen

In Abbildung 2-7 ist zu erkennen, dass die dicken roten und schwarzen Kabel der Akkus zur ESC führen, somit dort der Ausgangspunkt der Stromversorgung des gesamten Systems ist. Die anderen dicken Kabel, die die ESC verlassen, sind blau, rot und orange und führen zum Elektromotor (siehe Abbildung 2-5, 2-7 und 2-8). Keines dieser Kabel ist im dem Empfänger oder -ebenfalls notwendig- mit dem Ein-/Aus-Schalter verbunden.

Die Verbindung mit dem Ein-/Aus-Schalter (Abbildung 2-5) stellt das dünne schwarz-rot-weiße Kabel her. Es verbindet den Ein-/Aus-Schalter mit der ESC (Abbildung 2-7) und führt anschließend zum Empfänger (Abbildung 2-6) in den Kanal CH.2. Aus diesen Kabelverbindungen lässt sich schließen, dass die ESC den Strom für alle Elektroteile des Modellautos liefert. Somit unterbricht der Ein-/Aus-Schalter, der mit der ESC verbunden ist, die Stromzufuhr aller elektronischen Bausteine, sobald er auf „Aus“ steht. Das dreigliedrige schwarz-rot-weiße Kabel, das von der ESC zum Empfänger führt, versorgt diesen demnach ebenfalls mit Strom, sobald der Schalter auf „Ein“ steht. Die beiden anderen elektronischen Bausteine -Servolenkung und Motorlüfter- sind ausschließlich mit dem Empfänger über Kabel verbunden. Aus dieser Schaltung ist zu schließen, dass die notwendige Stromzufuhr sowohl für die Servolenkung, als auch für den Motorlüfter, über den Empfänger geleitet wird.

Das drei Leitungen starke braun-rot-gelbe Kabel, das auf dem CH.1 Kanal des Empfängers steckt (Abbildung 2-6), führt direkt zur Servolenkung und wird dort nicht nur die Stromversorgung bereitstellen, sondern auch die Richtungseinstellung der Räder vom Empfänger aus übertragen (Abbildung 2-7).

Der BEC-Kanal ist nur mit zwei Leitungen an den Lüfter des Brushlessmotors angeschlossen, dieser wird über diesen Anschluss betrieben, da die vorhandenen Metallrippen als Kühlung des Motors für diesen Betrieb nicht ausreichen (Abbildung 2-5 und 2-6).

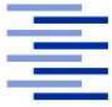


Abbildung 2-7: ESC und Servo mit den Anschlüssen von den Akkus und dem Empfänger



Abbildung 2-8: Brushlessmotor mit Lüfter und Anschlüssen vom ESC und Übergang zum Getriebe

Anhand dieser Informationen kann ein erster einfacher Schaltplan skizziert werden (Abbildung 2-9), um die Übersicht über die elektronischen Elemente etwas zu vereinfachen. Da die einzelnen Schaltelemente im Moment noch weitestgehend unbekannt sind, werden diese fürs erste einfach als beschriftete Quader dargestellt. Die Schaltelemente sowie die im Schaltkreis vorhandenen Spannungen werden im Kapitel 3.2.1 untersucht und dort entsprechend im Schaltplan ergänzt.

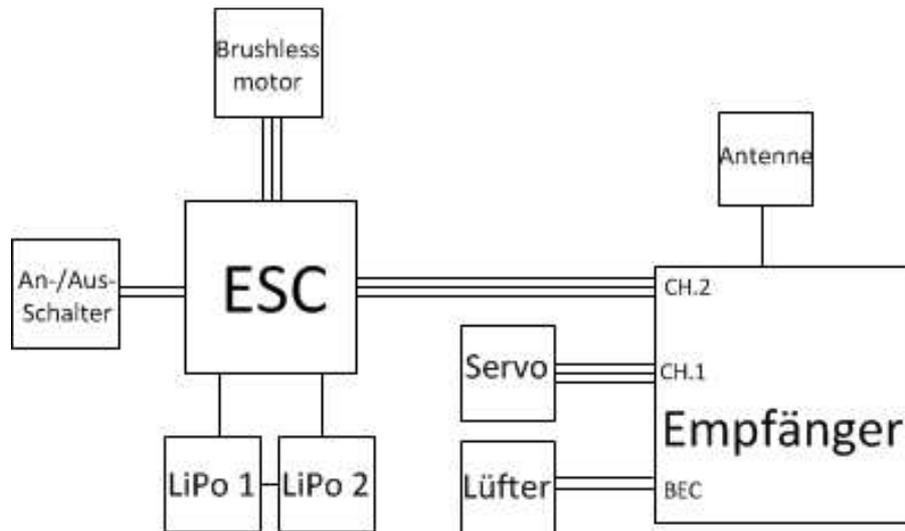
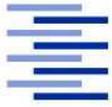


Abbildung 2-9: Vereinfachter Schaltplan des FY 5

Auffällig bei der Mechanik des Modellautos FY 5 ist die Art des Antriebes der Räder. Der FY 5 besitzt einen Allradantrieb. Wie dieser bei dem Modell funktioniert, lässt sich in Abbildung 2-8 und 2-10 nachvollziehen. Vom Motor aus wird die entstandene mechanische Kraft über die beiden Zahnräder, das Getriebe, in einer, durch die Übersetzung verlangsamte, Rotation an zwei Antriebswellen, eine die zu den vorderen beiden Rädern führt und eine, die die hinteren beiden Räder antreibt, gleichermaßen übertragen (Abbildung 2-10). Dies bedeutet, dass alle vier Räder gleichmäßig angetrieben werden. Somit sind die Räder nicht gesondert ansteuerbar oder in ihrer Drehgeschwindigkeit zu beeinflussen. Bei unterschiedlichem Widerstand an den Rädern wird sich diese Eigenschaft bemerkbar machen.

Die Lenkung des Fahrzeuges wird damit ausschließlich über die Servolenkung an der Vorderachse durchgeführt.



Abbildung 2-10: Nahaufnahme des Getriebes mit der Antriebswelle für alle Räder



### 2.2.3 Funktionstest des Modellautos

Um die Funktion des Modellautos FY 5 zu überprüfen, wurde dieses einmal im Gelände über die Fernbedienung gefahren. Bei dieser Testfahrt konnte gezeigt werden, dass das Modellauto funktionstüchtig ist. Das Verhalten beim Anfahren und Beschleunigen kann als sportlich bezeichnet werden. Sportlich heißt in diesem Fall, dass das Auto extrem schnell, schon fast unkontrolliert beschleunigt bzw. anfährt. Die Räder neigen dazu, auf lockerem Boden, wie zum Beispiel Sand oder Kies, nach hinten weg „spritzen“ zu lassen. Mit etwas Übung und einem ruhigen Finger an der Fernsteuerung lässt sich dieses Verhalten einigermaßen beherrschen. Das Abbremsen erfolgt durch den Motor und ist genauso ungestüm und abrupt wie das Beschleunigen, nur dass man beim Bremsen keine Möglichkeit hat, es kontrolliert zu tun. Dem niedrigen Schwerpunkt des Autos ist es zu verdanken, dass es nicht die Tendenz aufweist, sich zu überschlagen. Weder bei harter Beschleunigung oder Bremsung noch bei gewagten Fahrmanövern lief der FY 5 Gefahr, sich zu überschlagen.

Die Lenkung des Wagens erscheint zwar im ersten Moment sehr einfach durch das Rad an der Fernbedienung (Abbildung 2-3), doch auch hier besteht die Gefahr von zu heftigen Lenkbewegungen. Außerdem ist es schwierig, jedesmal, wenn das Fahrzeug die relative Ausrichtung zu der lenkenden Person verändert, also an dieser vorbei fährt oder zum Zurückfahren gewendet wird, umzudenken, da nun die Lenkbewegung nach rechts an der Fernsteuerung entsprechend spiegelverkehrt zum Fahrzeug durchgeführt wird. Das Fahrzeug bewegt sich zwar ebenfalls nach rechts, aber für den Lenkenden macht es einen relativen Unterschied, ob er vor oder hinter dem Fahrzeug postiert ist. Die Geschwindigkeit, die das Fahrzeug insgesamt erreichen kann, ist, gemessen an der Stabilität der Hardware und dem nötigen Sichtkontakt des Lenkenden, zu hoch.



Abbildung 2-11: Modellauto nach dem Praxistest

Da die Stoßstange an der vorderen Seite hinter der Kunststoffblende liegt, zersplittert die Blende schon bei Kollisionen mit niedrigeren Geschwindigkeiten (Abbildung 2-11). Bei diesen Kollisionen weist das Auto auch die Tendenz auf, mit den hinteren Rädern durch den verbleibenden Schwung abzuheben und womöglich sogar mit der kompletten sensiblen Oberseite an das Hindernis zu schlagen. Diese Eigenschaft muss unbedingt bedacht werden, wenn die Sensoren und Aktoren auf



das Modellauto montiert werden. Daher sollte in das Programm unbedingt ein Geschwindigkeitslimit eingebaut werden, um diese Art von Kollisionen zu vermeiden.

## 2.3 Auswahl von Programm und Hardware zur Datenwandlung

Das Programm bzw. die Simulationsumgebung, die für dieses Projekt eingesetzt werden soll, heißt LabVIEW. Zur Bewältigung dieser Art der Aufgabenstellung eignen sich theoretisch durchaus auch andere Programme, MABTLAB/Simulink sei hier als Beispiel genannt.

Das Programm MATLAB/Simulink ist eine Zusatzsoftware von dem Programm MATLAB, der Hersteller ist die Firma The MathWorks. MATLAB ist ein Programm zur Lösung mathematischer Probleme, primär für numerische Berechnungen unter zu Hilfenahme von Matrizen. Der Name setzt sich aus den ersten Buchstaben von „MATrix LABoratory“ zusammen. Simulink ist eine Zusatzsoftware für MATLAB, in der grafisch programmiert wird. Es gibt einige zur Verfügung stehende Schaltblöcke, die untereinander verbunden werden können und es können MATLAB-Programme integriert werden. MATLAB sowie auch das Softwarepaket Simulink können in einen C-Code umgewandelt werden, was diese Software bzw. die darin geschriebenen Programme sehr flexibel einsetzbar macht. Ein Nachteil ist jedoch, dass der Hersteller nur Software herstellt. So ist es zwar möglich, Hardware mit dieser Software anzusteuern, aber große Teile dieser Schnittstellen müssen in Eigenleistung programmiert werden, da es keine Hardware direkt vom Hersteller mit dazugehörigem Programm gibt [MAT].

Für dieses Projekt, kann dieses Problem der Kompatibilität umgangen werden, da sowohl die Hardware, die beiden Chassis und die beiden Module, sowie die Software, das Programm LabVIEW, von der Firma National Instruments stammen.

### 2.3.1 Grundlagen zu dem Programm LabVIEW

Das Programm LabVIEW, ein Akronym für „Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench“, gehört der Firma National Instruments, kurz NI, und ist ursprünglich für das Betriebssystem Macintosh Operating System, kurz Mac OS, von Apple programmiert worden [Mac]. Inzwischen ist LabVIEW aber auch für Windows-Betriebssysteme verfügbar. Ein Vorteil dieses Programms ist es, dass es auf mehreren Cores/Prozessoren auf einmal arbeiten kann, da es möglich ist, alle Rechenprozesse unabhängig voneinander auf die vorhandenen Prozessoren zu verteilen. LabVIEW kann in den üblichen Programmierarten bedient werden, für dieses Projekt wird das grafische Programmieren, also Datenflussprogrammierung, eingesetzt.

Das sogenannte „Frontpanel“ (Abbildung 2-12) entspricht bei dieser Art zu programmieren der Benutzeroberfläche, die später zur Bedienung des Programms gedacht ist.

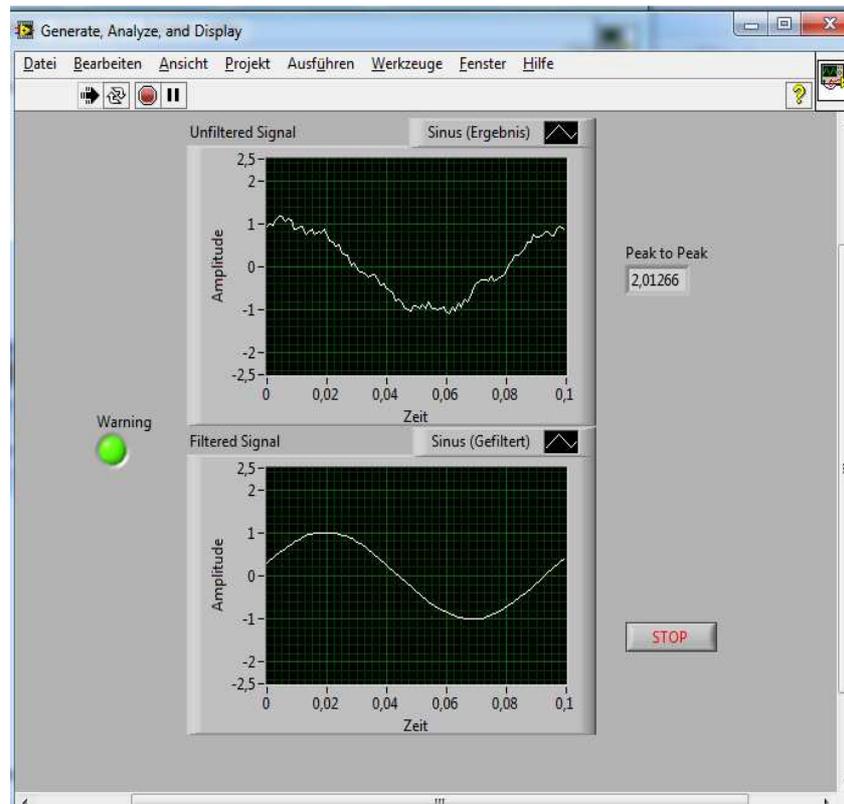


Abbildung 2-12: Beispiel eines Frontpanels in LabVIEW

Das „Blockdiagramm“ (Abbildung 2-13) ist der Quellcode, in dem das eigentliche Programm enthalten ist.

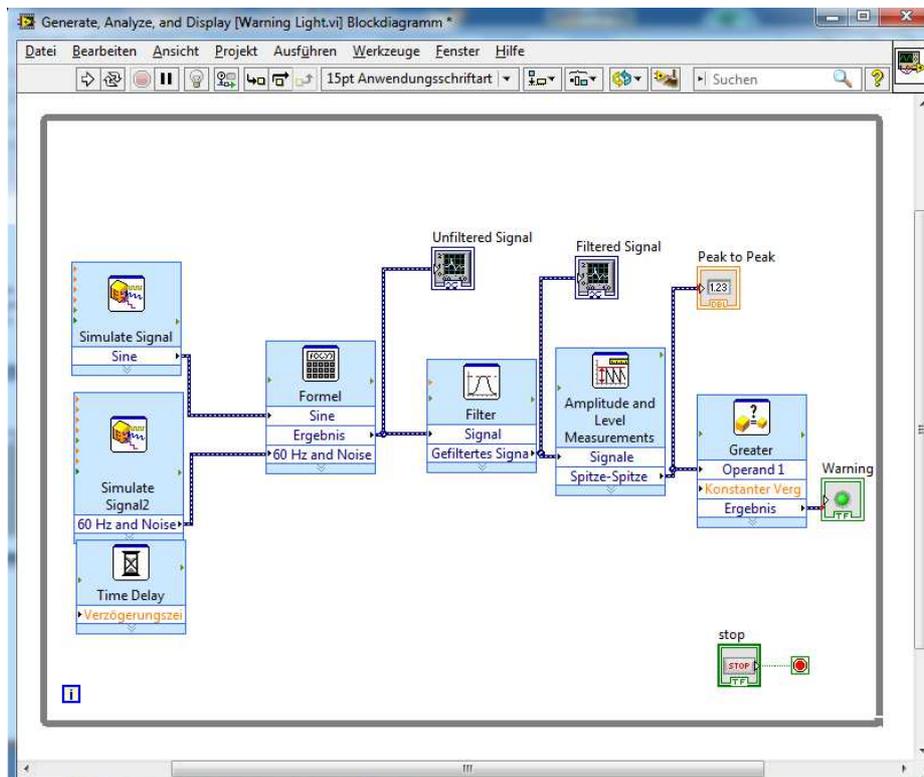


Abbildung 2-13: Beispiel eines Blockdiagramms in LabVIEW



Eine weitere Eigenheit von LabVIEW sind die „Express-VIs“, wobei „VI“ für „Virtual Instrument“ steht. „VI“ bezeichnet immer ein Programm bzw. Unterprogramm/ Subprogramm in LabVIEW, ein „Express-VI“ (Abbildung 2-14) ist ein vorgefertigtes Unterprogramm, in welches nur noch die entsprechenden Daten eingefügt werden müssen.



Abbildung 2-14: Beispiel für ein „Express-VI“ zum Simulieren eines Sinus-Signals in LabVIEW

So können übliche Anwendungen, wie zum Beispiel das Erstellen von Signalen (Abbildung 2-14) oder das Darstellen von eingehenden Signalen, schon bereitgestellt und damit die Bedienung des Programms vereinfacht werden. Die üblichen Programmierstrukturen, wie Schleifen oder Debugging-Werkzeuge, sind ebenfalls vorhanden und graphisch mit eingearbeitet worden [LabHan].

### 2.3.2 Eigenschaften von den ausgewählten Chassis und Modulen

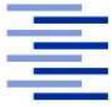
Um das anfangs beschriebene Risiko mit der Kompatibilität herunter zu setzen, soll die Hardware für den Datentransfer und gegebenenfalls die Datenumwandlung ebenfalls von National Instruments kommen. National Instruments bietet im Hardwarebereich einen Chassistyp an, der fähig ist, über eine Wirelessverbindung zu arbeiten.

Für dieses Projekt wird das Wireless-Chassis „cDAQ-9191“ in zweifacher Ausführung zur Verfügung gestellt (Abbildung 2-15). Die zweifache Ausführung soll dazu dienen, auf jeden Fall genug Kanäle für Input und Output bereit stellen zu können. Hinzu kommt, dass so zwei verschiedene Arten, zum Beispiel einmal digitale Daten und einmal analoge Daten, übertragen werden können.



Abbildung 2-15: verwendetes WLAN Chassis „cDAQ 9191“ [cDAQ]

Dieses Wireless-Chassis hat eine Größe von 20,27 cm x 8,87 cm x 3,36 cm und ein Gewicht von 0,491 kg. Es benötigt eine Versorgungsspannung zwischen 9 und 30 V. Der zur Verfügung stehende Funknetzstandard ist der IEEE 802.11b und g Standard, die Wirelessverbindung kann sowohl über ein Netzwerk als auch über eine ad-hoc-Verbindung hergestellt werden (beides typische WLAN-



Standards, siehe Kapitel 2.4). Das Nutzen des sogenannten TCP/IP-Protokolls, eine Abkürzung für „Transmission Control Protocol/ Internet Protocol“, ist zwingend, da diese Netzwerkprotokolle heute in allen netzwerkfähigen Geräten firmen- und softwareübergreifend eingesetzt werden [tcp].

Das Chassis besitzt vier interne Counter/Timer und kann auf einem Kanal Frequenzen von 10 Mhz, 20 MHz und 100 kHz generieren [cDAQ].

<b>Dimensionen (ohne Modul)</b>	202,7 mm x 88,7 mm x 33,6 mm
<b>Gewicht (ohne Modul)</b>	491 g
<b>Versorgungsspannung</b>	9 - 30 V
<b>Funknetzmode</b>	IEEE 802.11b und 802.11g
<b>Wirelessmode</b>	Netzwerk und Ad-Hoc
<b>Netzwerkprotokolle</b>	TCP/IP, UDP
<b>Anzahl der Counter/Timer</b>	4
<b>Kanäle zur Frequenzgenerierung</b>	1
<b>Generierbare Frequenzen</b>	10 MHz, 20 MHz, 100 kHz

Tabelle 2.5: Einige Daten zu dem Wireless-Chassis „cDAQ-9191“ [cDAQ]

Auf Grund der im Kapitel 2.5.3 ausgewählten und im Kapitel 3.1.1 vorgestellten Sensoren kann ein passendes Modul ausgewählt werden. Die Ausgabe von sich verändernden Spannungen kann nur mit einem analogen Input-Modul aufgenommen werden. National Instruments bietet dafür das Modul mit der Bezeichnung „NI 9201“ an. Es ist ein analoger Input, kurz AI, mit 8 Kanälen (Abbildung 2-16).



Abbildung 2-16: Verwendeter analoger Input „NI 9201“ [NI9201]

Dieses Modul mit 8 Kanälen kann eine Auflösung der Daten mit 12 bit zur Verfügung stellen. Die maximale Sample Rate erhält man, wenn nur ein Kanal benutzt wird, dann beträgt sie 800 kS/s. Die mögliche Abtastrate beträgt 500 kS/s in einem Spannungsbereich des Inputs von  $\pm 10$  V [NI9201].

<b>Anzahl von Kanälen</b>	8
<b>Auflösung</b>	12 bit
<b>Max. Sample Rate (1 Kanal)</b>	800 kS/s
<b>Abtastrate</b>	500 kS/s
<b>Input Bereich</b>	$\pm 10$ V

Tabelle 2.6: Einige Daten zum Modul AI „NI 9201“ [NI9201]

Für die Aktorik wurde im Kapitel 2.6.3 auch eine Auswahl getroffen und in Kapitel 3.2.1 die Art der benötigten Ausgangssignale bestimmt. Es werden digitale Signale benötigt. Außerdem ist noch zu berücksichtigen, dass das Umschalten der Signale im ms-Bereich möglich sein muss, was einige



Module, die mit Relais geschaltet werden, ausschließt. Für diese Anwendung bietet sich ein digitaler In-/Output mit 32 Kanälen an. Dieses Modul heißt „NI 9403“ und wird mit DIO abgekürzt (Abbildung 2-17).

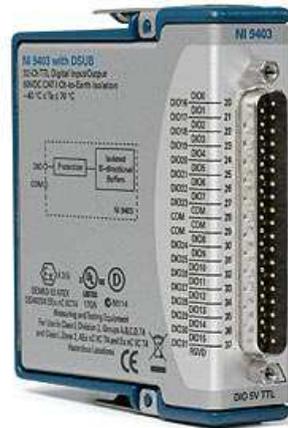


Abbildung 2-17: Verwendeter digitaler In- und Output „NI 9403“ [NI9403]

Das DIO Modul „NI 9403“ soll in diesem Projekt nur als Output eingesetzt werden. Die wichtigste Eigenschaft der 32 Kanäle ist der Output-Typ, also die Schaltungstechnik TTL. TTL ist eine Abkürzung für „Transistor-Transistor-Logik“. Dies bedeutet, dass die digitalen Signale des Output über Transistoren elektronisch erzeugt werden. Transistoren arbeiten meistens mit einer Ausgangsspannung von 5 V, so auch in diesem Fall, die Spannung der Ausgangssignale beträgt maximal 5,2 V. Die Übertragungsverzögerung zum Output beträgt 330 ns.

<b>Anzahl von Kanälen</b>	32
<b>Input/ Output Typ</b>	TTL, single-ended
<b>Output-Spannung</b>	5,2 V (max.)
<b>Übertragungsverzögerung Output</b>	330 ns

Tabelle 2.7: Einige Daten zum Modul DIO „NI 9403“ [NI9403]

### 2.3.3 Hardware Installation und Steuerung in LabVIEW

Die beiden Chassis und die dazu passenden Module können über verschiedene Schnittstellen mit dem Computer bzw. letztendlich LabVIEW verbunden werden. Es gibt die Möglichkeit der seriellen Schnittstelle oder zum Beispiel auch der Verbindung über USB, kurz für Universal Serial Bus. Da es in diesem Projekt allerdings explizit um eine WLAN Verbindung geht, wurden dementsprechend Chassis ausgewählt, die WLAN-fähig sind. Zur ersten Installation dieser Hardware ist außerdem ein Ethernetkabel nötig. Der Ethernetanschluss ist die Standardverbindung zum Internet bzw. auch zu anderen Netzwerken, wenn ein Kabel die Verbindung herstellen soll. Daher ist dieser Anschluss heute standardmäßig in allen Laptops und Desktop-Computern vorhanden. Die Erkennung, Installation und Verwaltung der angeschlossenen bzw. zu installierenden Geräte übernimmt eine gesonderte Software von National Instruments. Der sogenannte MAX, kurz für „Measurement and Automation Explorer“, ist dafür vorgesehen, die Geräte zu erkennen, die Installation zu vereinfachen, die Geräte im Anschluss zu konfigurieren und deren Funktion zu testen.



Um die anschließende Benutzung bzw. Einbindung in einem LabVIEW Programm zu vereinfachen, kann das entsprechende „Express-VI“ direkt mit dem Treiber des Geräts von der beiliegenden CD oder von der Homepage von National Instruments heruntergeladen und installiert werden [NIHP].

## 2.4 Wireless Verknüpfung zu den Chassis

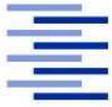
Wie in der Einleitung bereits beschrieben (Kapitel 1), ist die Wirelessverknüpfung, also kabellose Verbindung, von elektronischen Geräten in unserer Gesellschaft wichtig und zukunftsweisend geworden. Zu diesem Zweck gibt es inzwischen mehrere Verbindungsarten/ Standards, die vom „Institute of Electrical and Electronics Engineers“, kurz IEEE, festgelegt werden [IEEE]. Das so genannte Wireless Local Area Network, kurz WLAN, bezeichnet in der Regel den Standard IEEE 802.11 eines lokalen Funknetzes. Diese Art der Netzwerkbildung ist ursprünglich örtlich gebunden, also lokal, hat aber eine große Sendeleistung und Reichweite, sowie eine hohe Datenübertragung. Bei der Wirelessverwendung werden typischerweise Router oder Access Points benutzt, über die der Zugriff auf das Funknetzwerk geregelt wird [WLAN].

Diese Art der kabellosen Verknüpfung ist nur eine Möglichkeit, es gibt zum Beispiel Wireless Personal Area Network, kurz WPAN, Verbindungen. Damit ist unter anderem der IEEE 802.15.4 Standard gemeint, der meist mit ZigBee in Verbindung gebracht wird. ZigBee arbeitet, wie auch IEEE 802.15.1, IEEE 802.15.2 und IEEE 802.15.3, auf Basis des Netzwerkprotokolls MAC (Media Access Control) [ZigBee]. Ein anderes Wireless Personal Area Network ist Bluetooth, ein Industriestandard nach IEEE 802.15.1 zur Funkübertragung von Daten zwischen Geräten auf kurzer Distanz [Blue].

Diese WPAN Funknetzwerke sind für kurze ortsunabhängige Distanzen, also den persönlichen Bereich, gedacht. Ursprünglich wurde diese Art von Netzwerk benutzt, um transportable Geräte, wie zum Beispiel Mobiltelefone, untereinander schnell und in unmittelbarer Nähe zueinander zu verbinden. Diese Funknetzwerke haben eine geringere Sendeleistung und Reichweite als WLAN, auch ist die Datenübertragung geringer.

Inzwischen wurden aber sowohl WLAN, als auch WPAN Netzwerke weiterentwickelt, um diese Funknetzwerke konkurrenzfähig zu halten, neue Möglichkeiten auszuschöpfen und den Ansprüchen besser gerecht zu werden. So besitzen WLAN Funknetzwerke seit längerem alle einen ad-hoc-Modus, der eine direkte und ortsunabhängige Verbindung zu anderen Geräten ermöglicht und somit den Nachteil gegenüber den WPAN Netzwerken ausgleicht. Viele WPAN Netzwerke haben die Reichweite und Datenübertragungsraten inzwischen sehr verbessert, die neuesten Verbindungen, zum Beispiel über Bluetooth, benutzen so genannte High-Speed-Kanäle, die auf WLAN basieren und die gleiche Reichweite und Datenübertragung ermöglichen. Diese WPAN Standards sind allerdings noch sehr neu, daher weder ganz ausgereift noch in allen technischen Geräten vorhanden.

Für diese Arbeit ist eine möglichst große Reichweite und möglichst hohe Datenübertragung sehr wichtig, dies spricht also für WLAN, die nötige Ortsunabhängigkeit hingegen für WPAN Netzwerke. Wie bereits beschrieben, gibt es für WLAN inzwischen einen funktionierenden ad-hoc-Modus, der die Verwendung von WLAN für dieses Einsatzgebiet attraktiv macht. Hinzu kommt noch, dass inzwischen WLAN der wohl verbreitetste Standard ist, somit sind alle erhältlichen kabellosen Geräte grundsätzlich mit WLAN ausgestattet. Wohingegen Geräte mit speziellen WPAN Netzwerken wie Bluetooth oder ZigBee schwieriger zu finden sind.



Die wirelessfähigen Chassis von National Instruments, die für dieses Projekt zur Verfügung stehen, arbeiten mit dem WLAN IEEE 802.11g Standard. Auf Grund dieses Umstandes wird für diese Arbeit WLAN benutzt, mit dem im ad-hoc-Modus das entsprechende Netzwerk erstellt wird.

Die Installation dieser Chassis, wie in Kapitel 2.3.3 beschrieben, ist verhältnismäßig einfach, um im Anschluss die WLAN-Verbindung mit den Chassis bzw. das WLAN-Netzwerk wiederherstellen zu können, müssen allerdings einige Dinge beachtet werden. Zum einen muss das Chassis im MAX „reserviert“ werden, sonst ist das Herstellen einer Verbindung über WLAN extrem schwierig. Etwas einfacher macht es auch das Vergabe von festen IP-Adressen für beide Chassis und den entsprechenden Computer als Host. Für dieses Projekt wurden folgende IP-Adressen fest vergeben:

DIO-Modul: 169.254.13.44

AI-Modul : 169.254.13.34

Host/PC :169.254.13.1

Trotz dieser Maßnahmen ist das Herstellen der Verbindung nicht immer möglich. Als Hilfe kann hier der Reset-Knopf des Chassis dienen, vor allem wenn dieses angeschaltet wurde, bevor der Host-PC mit dem Netzwerk verbunden ist. Auch das Bedienen des „Aktualisieren“-Icons im MAX oder das Neuverbinden des PCs mit dem Netzwerk können beim Aufbau des Netzwerkes helfen. Als letzte Möglichkeit kann wieder ein Ethernetkabel eingesetzt werden, um die Verbindung herzustellen, wenn dies gelungen ist und kontrolliert wurde, dass die Netzwerkeinstellungen noch stimmen und das Chassis für diese Verbindung „reserviert“ ist, kann das Ethernetkabel wieder entfernt werden und das Chassis über WLAN angesprochen.

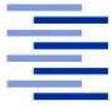
## 2.5 Auswahl geeigneter Sensorik

Durch die bereits zusammengetragenen Fakten (Kapitel 2.2.2) soll hier eine Auswahl der zu verwendenden Sensoren getroffen werden. Es muss berücksichtigt werden, welche Art von Sensoren zur Verfügung stehen, ob diese mit den vorhandenen Chassis und Modulen sowie der Software kompatibel sind und ob die Verwendung sinnvolle Informationen liefert.

### 2.5.1 Sensoren allgemein

Ein Sensor kann als Gerät beschrieben werden, das auf einen Impuls mit einem elektronischen Signal antwortet. Generell können Sensoren aus drei verschiedenen Blickwinkeln heraus in Kategorien unterteilt werden. [Sensor]

1. Sensoren können in zwei Arten unterteilt werden, aktive und passive Sensoren, wobei passive Sensoren keine zusätzliche Energieversorgung benötigen, da diese, als Antwort auf den externen Impuls, ein elektronisches Signal generieren.
2. Abhängig von der Bezugsgröße können Sensoren auch als relative oder absolute Sensoren klassifiziert werden. Absolute Sensoren können, unabhängig von den Messbedingungen, Impulse in Bezug auf eine feste physikalische Größe messen, wohingegen relative Sensoren immer Signale im Bezug auf einen bestimmten Spezialfall messen.
3. Eine dritte Art Sensoren zu unterscheiden ist es, sie nach einigen speziellen Eigenschaften von besonderem Interesse oder dem Verwendungszweck einzuordnen.



Um Sensoren auszuwählen, die für die Montage auf dem Modellauto geeignet sind, ist es angebracht, die Sensorarten nach der dritten Möglichkeit grob zu unterscheiden. So kann man anhand einer Unterscheidung der messbaren Impulse eine erste Auswahl treffen.

Unterschiedliche Impulsarten:

- Akustisch
- Biologisch
- Chemisch
- Elektrisch
- Magnetisch
- Optisch
- Mechanisch
- Strahlung
- Wärme

Einige dieser Impulsarten sind für die momentane Anwendung auf unserem Modellauto gleich auszuschließen. So brauchen keine biologischen Impulse aufgenommen werden, auch chemische Zusammensetzungen oder Konzentrationen sind für die generelle Orientierung nicht verwendbar. Auf die Detektion oder Bestimmung von Strahlung kann ebenfalls verzichtet werden [Sensor]. Alle weiteren Impulsarten werden in der Tabelle 2.8 zusammen gefasst.

#### Impulsart

<b>Akustisch</b>	Wellenamplitude, -phase, -polarisation Spektrum Wellengeschwindigkeit Anderes
<b>Elektrisch</b>	Ladung, Fluss Potential, Spannung Elektrisches Feld (Amplitude, Polarisation, Phase, Spektrum) Leitfähigkeit Permeabilität Anderes
<b>Magnetisch</b>	Magnetisches Feld (Amplitude, Polarisation, Phase, Spektrum) Magnetischer Fluss Permeabilität Anderes
<b>Optisch</b>	Wellenamplitude, -phase, -polarisation, -spektrum Wellengeschwindigkeit Brechungskoeffizient Emissionsgrad, Reflexionsgrad, Absorptionsgrad Anderes
<b>Mechanisch</b>	Position (Translation, Rotation) Beschleunigung Kraft Zug, Druck Dehnung Masse, Dichte Moment, Torsion Fließgeschwindigkeit, Massenfluss



	Form, Rauigkeit, Orientierung Steifigkeit, Nachgiebigkeit Viskosität Kristallinität, Strukturstabilität Anderes
<b>Wärme</b>	Temperatur Fluss Spezifische Wärme Wärmeleitfähigkeit Anderes

Tabelle 2.8: Relevante Impulsarten [Sensor]

Akustische Sensoren wären für dieses Projekt denkbar, um zum Beispiel Hindernisse zu orten. Sensoren für elektrische und magnetische Impulse sind zur Funktionsüberprüfung bzw. Funktionssicherstellung geeignet.

Sensoren, die mit optischen Impulsen arbeiten, wären, zum Beispiel als Kamera, zur umfangreicheren Orientierung und Umgebungsanalyse einsetzbar. Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung als Abstandssensor, zum Beispiel als Einparkhilfe oder, wie in diesem Projekt nachfolgend eingesetzt, als Kollisionsschutz auf Basis der Infrarottechnik.

Sensoren, die auf mechanische Impulse reagieren, sind zur Positionsbestimmung und Beschleunigungsmessung wichtige Sensorarten, die nach Möglichkeit eingebaut werden sollten. Im Rahmen dieses Projektes wird ein Neigungs- bzw. Kippsensor eingesetzt.

Sensoren zur Detektion von einem Wärmeimpuls wären einsetzbar, um das Überhitzen von einzelnen elektronischen Bauteilen zu verhindern [Sensor].

### 2.5.2 Auswahl der möglichen Sensoren

Um die geeigneten Sensoren für das Projekt zu finden, wird hier nach dem Ausschlussverfahren vorgegangen und sich weiterhin primär auf die Impulsarten bezogen. Das wichtigste Kriterium ist die Größenordnung der zu messenden Bewegung. Das Modellauto kann und soll sich ohne weiteres mehrere Meter, abhängig vom WLAN-Empfang bis zu 30 m, entfernen und bis zu 70 km/h schnell sein können. Somit grenzt die Reichweite der Sensoren sowie die Impulsarten die Auswahl auf folgende Sensoren ein:

Impulsart	Einsetzbare Verfahren bzw. Sensoren
<b>Optische Impulse (hier durch optischen Sensoren zu erfassen)</b>	Optische Sensoren setzen Licht, meistens Laser, ein, um durch das Messen von Laufzeiten, Interferenzen, Phasenverschiebungen oder Triangulation Entfernungen zu bestimmen. Für die hier benötigten Entfernungen kommen drei Verfahren in Frage. <u>Laufzeitmessung:</u> Bei der Laufzeitmessung wird ein Lichtimpuls gesendet, wenn das Licht zurück zur Quelle reflektiert wird, kann durch die Zeitdifferenz, die Lichtgeschwindigkeit und die Brechzahl, sowie das Halbieren, da das Licht die Strecke zweimal zurücklegen muss, die Distanz zwischen Quelle und Objekt gemessen werden. Messbereich: 1 m bis mehrere km <u>Phasenmodulation:</u> Die Phasenmodulation ist eine kostengünstige Variante, bei der



	<p>über die Veränderung der Phasenverschiebung und die Wellenlänge des Lichts eine relative Änderung der Distanz gemessen wird. Messbereich: bis maximal 200 m (Frequenz abhängig) <u>Lasertriangulation:</u> Bei der Lasertriangulation wird ein Laserstrahl auf ein Objekt fokussiert und die Reflektion aufgefangen. Durch eine Positionsänderung des Objektes verändert sich auch der Beobachtungswinkel und damit kann über die Winkelfunktionen die Distanz vom Laserprojektor zum Objekt berechnet werden. Messbereich: 1 µm bis 100 m</p>
<b>Akustische Impulse (hier durch akustische Sensoren zu erfassen)</b>	<p><u>Ultraschall:</u> Sensoren, die im Ultraschallbereich arbeiten, verwenden akustische Signale mit dem Prinzip des Echos. Diese Art der Orientierung kann mit den Sinnesorganen von Fledermäusen oder Delphinen verglichen werden. Es werden kurze Töne, also akustische Impulse, ausgesandt und die Reflektion, die an Hindernissen entsteht, wird wieder aufgefangen. Anhand der Zeitdifferenz und der Frequenz des Impulses wird bei diesem Verfahren die Distanz zum Hindernis bestimmt. <u>Radar (Radio Detection and Ranging):</u> Radarsensoren arbeiten im Radiofrequenzbereich, also mit Funkwellen. Sie funktionieren ähnlich wie die beiden oben beschriebenen Sensoren (optische Sensoren und Ultraschall) durch Reflektion. Es wird ein Impuls -hier gebündelte Funkwellen- ausgesendet, dieser Impuls wird an einem Hindernis reflektiert und diese Reflektion wird aufgefangen, um daraus die Entfernung, den Winkel und die Relativbewegung zum Hindernis zu berechnen. <u>GPS (Global Positioning System):</u> Das GPS wird zur Positionsbestimmung und Navigation eingesetzt. Dieses System arbeitet mit Radiowellen, die mit Satelliten kommunizieren. Es werden vier Satelliten in Reichweite benötigt, um eine Position bestimmen zu können, die exakt auf der Erdoberfläche liegt. Um Ungenauigkeiten durch Berge oder extrem tief liegende Regionen auszugleichen, kann das Differenzial GPS (DGPS) verwendet werden. Hier wird zusätzlich noch eine Referenzstation mit einbezogen, um die Genauigkeit der Positionsbestimmung zu erhöhen. [GPS]</p>
<b>Mechanische Impulse (hier durch piezoelektrische Sensoren zu erfassen)</b>	<p>Ein Sensor, der mit dem piezoelektrischen Effekt arbeitet, reagiert auf eine Änderung der Geometrie des eingebauten piezoelektrischen Elements -meist aus Keramik- mit einer entsprechenden Ausgangsspannung. Anhand dieser Ausgangsspannung kann ein bestimmter Wert, zum Beispiel Beschleunigung oder Neigung, abgelesen werden. [Sensor]</p>

Tabelle 2.9: Anwendbare Sensoren bzw. Impulsarten zur Orientierung und Positionsbestimmung [Sensor]

Zur Auswertung der optischen Impulse würde sich zum Beispiel ein optischer Encoder eignen. Mit dieser einfachen Möglichkeit könnte die Geschwindigkeit des Modellautos gemessen werden [saRob]. Dieser Sensor steht allerdings nicht zur Verfügung und der Einbau eines solchen Sensors



scheint von den konstruktiven Voraussetzungen her auch relativ aufwendig zu sein. Eine alternative Nutzung von optischen Impulsen wäre der Einsatz von Laser- oder Infrarottechnik, um Distanzen, zum Beispiel zu Hindernissen, zu bestimmen. Desweiteren wäre eine Kamera zur Orientierung für den Anwender sehr hilfreich.

Für das Auswerten der akustischen Impulse bieten sich alle drei oben beschriebenen (Tabelle 2.9) Sensoren, Ultraschall, Radar und GPS, an. Von diesen Sensorarten ist der Ultraschallsensor zu favorisieren, da er in Relation zur Größe des Modellautos und der nötigen Reichweite der Orientierung am passendsten ist. Da sich der Anwendungsbereich der Ultraschallsensoren mit dem der Laser- und Infrarotsensoren überschneidet, sollte sich hier anwendungsorientiert für eine Sensorart entschieden werden.

Bei den mechanischen Impulsen ist vor allem die Beschleunigung eine wichtige Größe, die durch einen Beschleunigungsaufnehmer, alternativ zum optischen Encoder, gemessen werden kann. Da diese Beschleunigungssensoren meist auf Basis des piezoelektrischen Effekts funktionieren, sind sie sehr klein und gut einsetzbar, auch bei den zu erwartenden hohen Geschwindigkeiten des Modellautos [Sensor].

Der Einsatz weiterer Sensoren zur Erhöhung der Sicherheit oder der Funktionsüberprüfung ist möglich, allerdings muss darauf geachtet werden, dass das Modellauto nicht zu schwer wird und von den LiPo-Akkus nicht zu viel Leistung verbraucht wird.

Es sollten zwei zusätzliche Einschränkungen bedacht werden. Die relativ geringe Leistung, die die LiPo-Akkus vom Modellauto zur Verfügung stellen können, und der geringe Platz, auf dem die Sensoren montiert werden müssen.

Aus diesem Grund sind Sensoren vorzuziehen, die die oben genannten zu messenden Impulsarten (Tabelle 2.9) kombinieren oder aus deren Messdaten möglichst umfassende Informationen abgeleitet werden können. Vorteilhaft ist auch eine geringe Größe des Sensors, sowie ein einfacher Einbau.

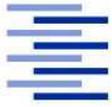
### 2.5.3 Vorhandene Sensoren

Für dieses Projekt stehen ein Neigungssensor und ein Infrarotsensor zur Abstandsmessung zur Verfügung.

Der Neigungssensor kann eine auftretende Schräglage des Modellautos messen und der Neigungswinkel kann über die Software ausgelesen werden. Somit kann das vorhandene Gefälle gemessen und gegebenenfalls bei sehr starkem Gefälle eine Warnung ausgegeben werden. Anzumerken ist, dass nicht vor kommenden Gefällen gewarnt werden kann, sondern nur bei einer bereits bestehenden Schräglage.

Der Infrarotabstandssensor kann bei das Verhindern von Kollisionen unterstützen, indem er das Näherkommen von Objekten/Hindernissen registrieren und melden kann. Er erkennt Objekte bis zu einer Distanz von 80 cm und kann die Verringerung dieser Distanz messen.

Das Modellauto FY5 besitzt bereits eine ESC, an welcher die Geschwindigkeit kontrolliert bzw. geregelt wird und eine Servolenkung, über die nicht nur das Lenken vereinfacht wird, sondern auch die Richtung bestimmt wird. Es wäre also möglich, diese Signale ebenfalls mit zu verwenden, um ein vollständigeres Informationsbild zu erhalten.



## 2.6 Auswahl geeigneter Aktorik

Durch die bereits zusammen getragenen Fakten (Kapitel 2.2.2) soll hier eine Auswahl der zu verwendenden Aktoren getroffen werden. Es muss berücksichtigt werden, welche Art von Aktoren zur Verfügung stehen, ob diese mit den vorhandenen Chassis und Modulen, sowie der Software kompatibel sind und ob die Verwendung sinnvolle Bewegungen/Positionsänderungen liefert.

### 2.6.1 Aktoren allgemein

Aktorik, auch Aktuatorik -aus dem englischen „actuator“- ist das Gegenstück zur Sensorik und ein Teilgebiet der Antriebstechnik. Aktorik bezeichnet allgemein das Erzeugen einer Bewegung, also das Verändern einer Position oder Orientierung, oder eine Verformung bzw. das Ändern der Form. Die Aktorik oder auch die Aktoren selbst können auf verschiedene Arten eingeteilt werden. Zum Beispiel können Aktoren sehr allgemein über die unterschiedlichen Energien unterschieden werden oder etwas genauer über die unterschiedlichen Prinzipien nach denen die Aktoren funktionieren. Die Umsetzung der elektrischen Signale in die entsprechende Bewegung oder Verformung wird in vielen Fällen über elektromechanische Stellelemente vorgenommen. Dies gilt vor allem in der Roboter- und Fahrzeugtechnik, in der diese Arbeit anzusiedeln ist [Aktorik]. Daher wird diese Unterscheidungsart hier gewählt:

- Pumpen
- Ventile
- Motoren
- Schalter/Relais
- Schallsender
- Filter
- x/y/z-Tische
- Spiegel
- Legierungen

Allgemein sollen also die Aktoren primär nur zur Kontrolle über das Fahrzeug und dessen Bewegung verhelfen [AktEnetI] [AktEnetII]. Bei diesem Projekt steht vieles durch das Modellauto als Grundlage schon fest, so zum Beispiel die Fortbewegungsart.

### 2.6.2 Auswahl der möglichen Aktoren

Unter der Berücksichtigung, des hauptsächlichen Einsatzbereiches von Aktoren in diesem Projekt, also Kontrollieren der Bewegungen des Fahrzeuges, können die einsetzbaren Stellelemente reduziert werden:

- Pumpen
- Ventile
- Motoren
- Schalter/Relais

Da das Modellauto FY5 keine Hydraulik aufweist, ist es zu aufwändig, diese nachträglich noch zu installieren und somit können Pumpen als in Frage kommende Aktoren ausgeschlossen werden. Da



das Auto vor allem durch Elektronikbausteine kombiniert mit einfacher Mechanik angetrieben und kontrolliert wird, kommen Ventile als Aktoren ebenfalls nicht zum Einsatz.

Möglich wären also vor allem Motoren, Schalter bzw. Relais. Hiermit könnte man die Räder ansteuern und die Drehzahl der antreibenden Motoren beeinflussen, um die gewünschten Positionsveränderungen zu erzeugen. Wie im Folgenden erläutert, wird davon Abstand genommen.

### **2.6.3 Vorhandene Aktoren**

Für die Durchführung dieser Arbeit stehen ausschließlich kleine Motoren als zusätzliche Aktoren zur Verfügung. Da im Kapitel 2.2.2 bereits festgestellt wurde, dass alle Räder über das gleiche Getriebe und den gleichen Antriebsstrang kontrolliert werden, erscheint es aufwändig, in der Umsetzung alle Räder davon trennen zu wollen und separat durch einen kleinen Motor zu versorgen. Man könnte darüber nachdenken, zusätzliche Motoren durch das Anbringen an jedem Rad in die Drehgeschwindigkeit mit eingreifen zu lassen. Allerdings sind dafür die konstruktiven Voraussetzungen nicht gegeben und man würde ein Beschädigen des Antriebsstranges riskieren.

Hinzu kommt, dass die zur Verfügung stehenden Motoren keine Brushlessmotoren sind und somit ungeeignet für den Betrieb in diesem Modellauto. Am einfachsten und erfolgversprechendsten ist es, die bereits vorhandenen Aktoren zu nutzen: Die Servolenkung, um die Richtung festzulegen oder zu beeinflussen und die ESC, um die Spannung am Motor und damit die Geschwindigkeit entsprechend zu verändern. Die Aktoren des Modellautos werden daher im Rahmen dieses Projektes nicht verändert.



### 3. Einbau der mechatronischen Komponenten

In diesem Kapitel soll der Einbau der mechatronischen Komponenten, also der Einbau der Chassis, der Sensoren und der neuen Regelungskreise für die Aktoren in das Modellauto FY5 dokumentiert werden. Dazu gehört ebenfalls das Vermerken von wichtigen Punkten zur späteren Ausarbeitung der Software, um die Informationen der Sensoren auszulesen bzw. um die Aktoren anzusteuern. Somit müssen in diesem Abschnitt kleinere HIL-Simulation (Hardware in the Loop Simulation) für Sensoren und Aktoren durchgeführt werden, um das Einbauen defekter Komponenten bzw. anderen durch den Einbau entstandene Mängeln vorzubeugen. Der eigentliche Test von Hard- und Software bzw. deren Zusammenspiel wird in dem nachfolgenden Kapitel (Kapitel 4) vorgenommen.

#### 3.1. Sensorik

In diesem Teilabschnitt werden die Sensoren beschrieben, die eingebaut werden sollen. Außerdem werden die notwendigen elektronischen Schalt- und Regelungskreise entworfen, um die Sensoren korrekt anschließen zu können. Der Einbau der Sensoren sowie der dazugehörigen elektronischen Schalt- und Regelungskreise wird ebenfalls nachfolgend dokumentiert.

##### 3.1.1 Daten der einzubauenden Sensoren

Der zur Verfügung stehende Neigungssensor (Abbildung 3-1) stammt von der Firma Kübler aus der Produktfamilie IS40 mit der Baugröße 60x30x20 mm. Die genaue Bezeichnung lautet 8.IS40.22.321. Aus dieser genauen Bezeichnung können die exakten Eigenschaften des Sensors ermittelt werden. Dieser Sensor benötigt eine Versorgungsspannung zwischen 10 und 30 V DC, was für den englischen Ausdruck „volts direct current“ steht und auf die benötigte Gleichspannung verweisen soll. Der Sensor gibt ein analoges Signal aus, welches je nach Neigung zwischen 0,1 und 4,9 V DC liegt. Es handelt sich um einen zweidimensionalen Sensor, der sowohl Neigungen in x- als auch in y-Richtung misst. Der Messbereich dieses Produkts liegt bei  $\pm 45^\circ$  und die Wiederholgenauigkeit bei  $\pm 0,1\%$ . [neigs]



Abbildung 3-1: Neigungssensor der Firma Kübler, IS40 [neigs]

Der zweite Sensor ist ein Abstandssensor (Abbildung 3-2) auf Infrarot Basis von der Firma Sharp. Die Bezeichnung dieses Sensors ist GP2Y0A21YK0F, die messbare Distanz beträgt 10 bis 80 cm und das Outputsignal ist analog. Die Größe des zusammengebauten Sensors beträgt 29,5x13x13,5 mm, die benötigte Spannung ist zwischen 4,4 und 5,5 Volt. [Sharp]



Abbildung 3-2: Infrarot Abstandssensor der Firma Sharp [Sharp]

Diese beiden Sensoren sind von ihren Charakteristiken her nicht zur Unfallprävention geeignet. Vor allem der Infrarotsensor hat eine viel zu kurze Reichweite, um das Modellauto bei größeren Geschwindigkeiten rechtzeitig abbremsen zu können. So kann bei hohen Geschwindigkeiten eine Abminderung der Aufprallgeschwindigkeit erreicht werden, bei geringeren Geschwindigkeiten kann der Sensor als eine Einpark- bzw. Manövrierhilfe dienen.

Für den Kippsensor gilt, dass dieser bei extremer Schräglage eine Warnung geben kann. Dies setzt allerdings voraus, dass sich das Modellauto bereits in dieser ungünstigen Lage befindet, also kann der Sensor keine präventive Wirkung haben, sondern nur eine rein informative.

### 3.1.2 Einbau des Kippsensors

Der Kippsensor kann in Y- und in X-Richtung messen. Er besitzt eine Reset-Schaltung, um die beiden Achsen, die gemessen werden, auf Null zu stellen. Zusätzlich muss der Sensor mit einer Spannung versorgt werden. Die elektronischen Verbindungen werden, wie in Abbildung 3-3 dargestellt, erstellt, um alle Funktionen richtig nutzen zu können.

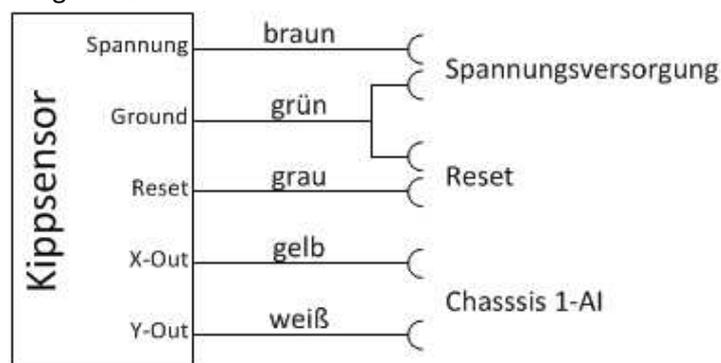


Abbildung 3-3: Schaltskizze des Kippsensors

Der Sensor soll auf einer möglichst flachen Stelle angebracht werden, an der die Bewegungen des Modellautos möglichst früh und stark zu erkennen sind. Aus diesem Grund wird dafür der vordere Teil der Mittelstrebe, vor dem An-/Aus-Schalter im Modellauto FY5 gewählt (Abbildung 3-4). Hinzu kommt, dass das große Kabel, welches alle Anschlussstellen (Abbildung 3-3) beinhaltet, von dieser Position aus ohne weiteres angebracht werden kann. Anschließend wird das Kabel unter der Strebe hindurch bis in den hinteren Teil des Modellautos geführt und dann an das Chassis angeschlossen. Es ist vorteilhafter, das Kabel an der Servolenkung und nicht am Motor vorbei zu führen, da ansonsten die starken magnetischen Ströme im Motor die vom Sensor übertragenen Signale stören würden.

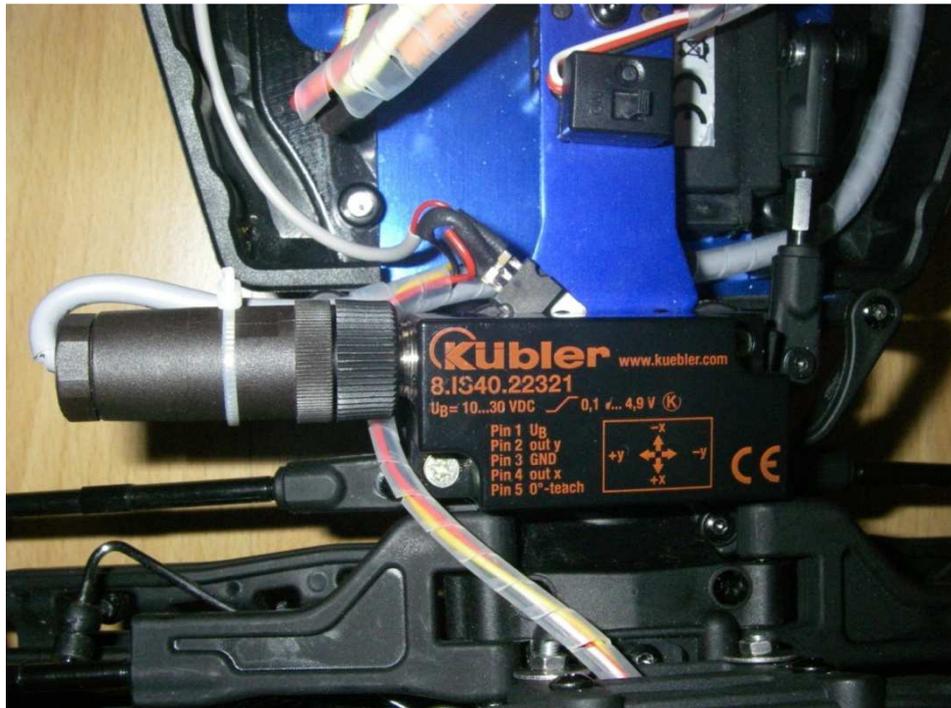


Abbildung 3-4: Einbau des Kippsensors an dem vorderen Teil der Strebe im Modellauto

Um den Sensor zu befestigen, wird die eine Seite in die bereits vorhandene Schraubverbindung der Kunststoffteile mit der Aluminiumstrebe eingefügt (Abbildung 3-4), während für die andere, vordere Seite ein Loch in den Kunststoff vorgebohrt werden muss (Abbildung 3-5). In dieses vorgebohrte Loch wird nun die Schraube hineingedreht.



Abbildung 3-5: Vordere Verschraubung des Kippsensors

### 3.1.3 Einbau des Abstandssensors

Der Infrarotabstandssensor wurde mit Schrauben an der Frontseite der vorderen Mittelstrebe des Modellautos festgeschraubt (Abbildung 3-6). Es wurden dafür zwei Schrauben durch die bereits vorhandenen Kunststoffbohrungen gesteckt, auf der anderen Seite mit einer Unterlegscheibe versehen und mit einer Mutter festgezogen.

Die drei Kabel, die den Sensor mit der notwendigen Spannung versorgen, sowie die entstehenden Signale an das WLAN-Chassis übertragen sollen, werden nach hinten durch die Strebe gezogen (Abbildung 3-6). Da der Infrarotsensor mit einer Spannung von ca. 5 Volt betrieben werden soll, muss für die Versorgung dieses Sensors ein Spannungsregler verwendet werden, da in dem Modellauto nur 15 oder 6 Volt Spannungen zur Verfügung stehen.

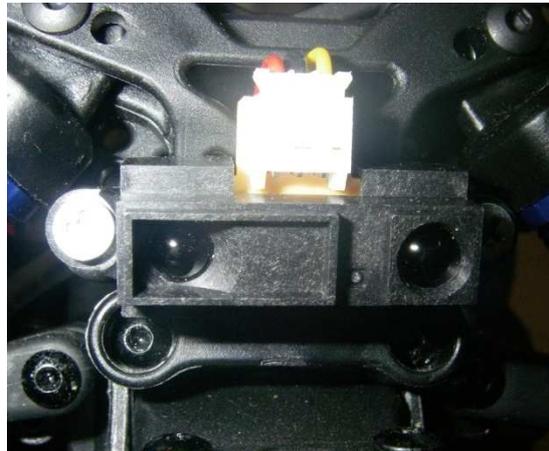


Abbildung 3-6: Provisorische Befestigung des Abstandssensors

Es wird ein Spannungsregler gewählt, der immer 5 Volt Spannung ausgibt. Dieser Spannungsregler benötigt zwei Kondensatoren. Der eine Kondensator soll zwischen dem 5 Volt Spannungsausgang und dem Ground angelötet werden und eine Kapazität von  $0,1 \mu\text{F}$  haben. Der andere Kondensator hat eine Kapazität von  $0,33 \mu\text{F}$  und wird zwischen Ground und dem Spannungseingang angelötet. An dem roten Kabel des Sensors muss die Spannung anliegen, daher wird es mit dem 5 V Ausgang des Spannungsreglers verbunden. Das schwarze Kabel ist der Ground und wird daher an den mittleren Ausgang des Spannungsreglers gelötet. Das gelbe Kabel ist zur Signalübertragung gedacht und wird direkt mit dem WLAN-Chassis verbunden (Abbildung 3-7).

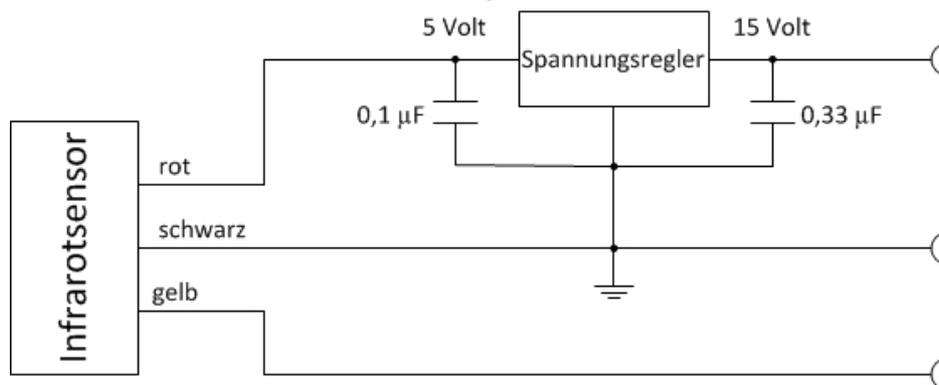


Abbildung 3-7: Schaltskizze zum Einbau des Abstandssensors

Da die beiden Kondensatoren sehr klein sind, können diese direkt auf den Spannungsregler gelötet werden. Der Spannungsregler ist mit einer Bohrung versehen, so kann dieser direkt auf die Mittelstrebe des Modellautos geschraubt werden (Abbildung 3-8). Die Spannungsversorgung und die Verbindung mit dem Ground für den Spannungsregler wird ebenfalls direkt angelötet und mit einem Stück Isolierkabel geschützt (Abbildung 3-8).

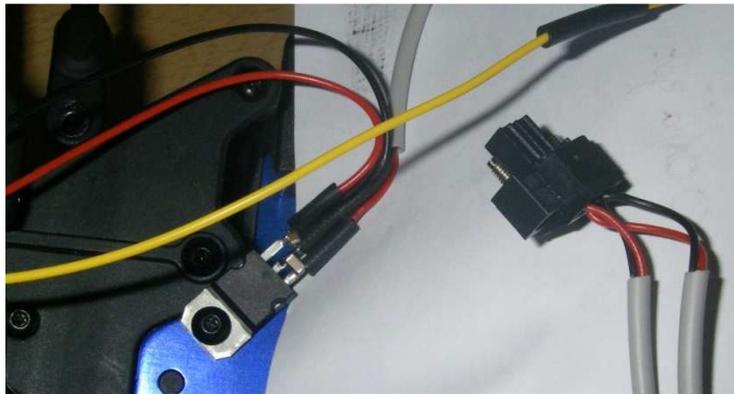
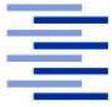


Abbildung 3-8: Einbau der Schaltung für den Infrarotsensor

Der Spannungsregler wird mit 15 Volt versorgt. Dafür wird eine Verbindung zu der Stromversorgung der beiden WLAN-Chassis hergestellt. Der Sensor bzw. der Spannungsregler wird parallel zu den beiden Chassis geschaltet.

## 3.2. Aktorik

In diesem Kapitel werden die elektronischen Bausteine, die als Aktoren verwendet werden sollen, untersucht und mit den Chassis durch entsprechende elektronische Regelkreise verbunden, um später durch die Software (Kapitel 4.1.2) angesteuert werden zu können.

### 3.2.1 Untersuchung der Aktoren

Als Aktoren sollen die Servolenkung und die ESC angesteuert werden. Dafür müssen die Signale, mit denen die Aktoren über die Fernbedienung angesteuert werden, und die Spannungen, die die Aktoren benötigen, ausgemessen werden. Anhand dieser Messdaten können auch die Eigenschaften von der Servolenkung, der ESC und dem Motor näher bestimmt werden. Diese Eigenschaften müssen bei der Auswahl der Module bzw. Anschlussarten berücksichtigt werden, die in die WLAN-Chassis einzubauen sind. Es werden zusätzlich auch die übrigen elektronischen Bauteile ausgemessen, um einen besseren Gesamtüberblick zu erhalten. Die Messungen werden an folgenden Messstellen vorgenommen:

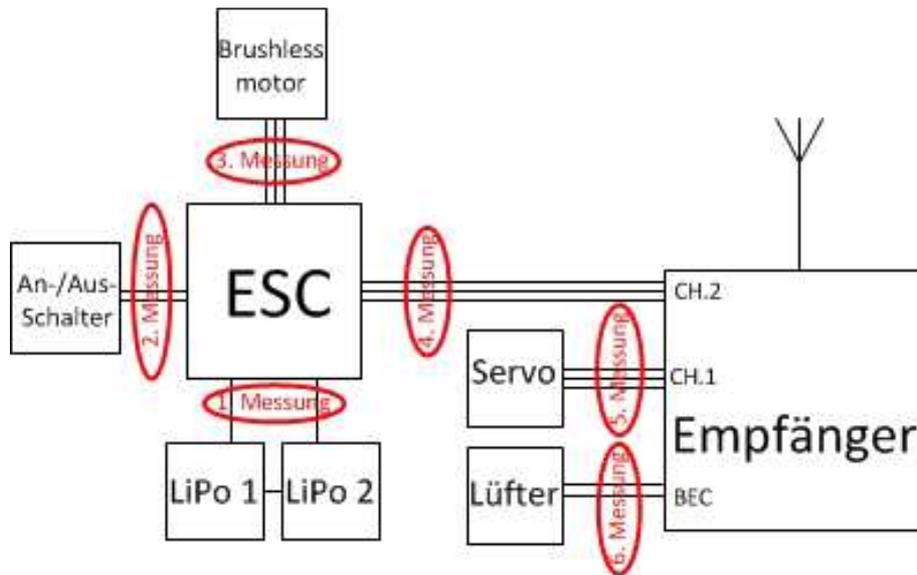


Abbildung 3-9: Orte der Spannungsmessungen am Modellauto FY5

Durch das Messen der Spannungen ergeben sich Werte und Verläufe an den jeweiligen Messstellen der Elektronikbausteine im Modellauto. Diese Messungen werden mit einem Picoscope durchgeführt, die resultierenden Ergebnisse werden im Folgenden aufgezeigt und beschrieben.

### 3.2.1.1 Messung 1; zwischen den Akkus und der ESC

Die erste Mesststelle befindet sich an den zwei dicken Kabeln zwischen den beiden in Reihe geschalteten Akkus und der ESC (Abbildung 3-10).

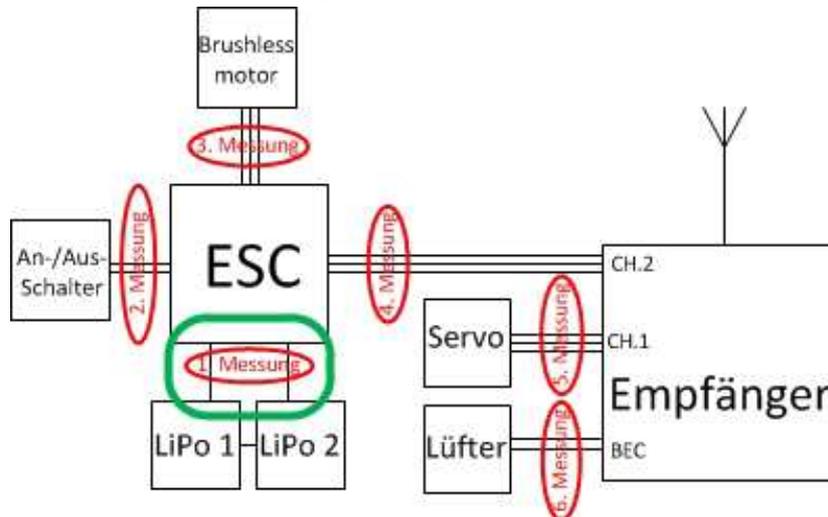


Abbildung 3-10: Ort der ersten Messung

Die Messung ergibt ein statisches Signal, das unabhängig von allen anderen elektronischen Bauteilen und Schaltungen in dem Modellauto ist. Die gemessene Spannung beträgt ca. 15 V (Abbildung 3-11).

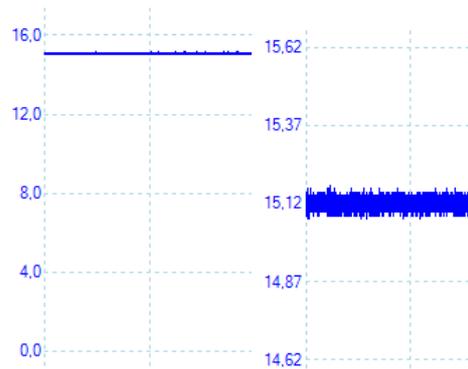
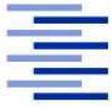


Abbildung 3-11: Gemessenes Spannungssignal an der 1. Messstelle

Durch diese Messung kann festgestellt werden, dass das rote Kabel der positive Pol ist und das schwarze Kabel der negative Pol, also den Ground, kurz GND, ist. Die verwendeten Akkus stellen jeweils, laut Herstellerangaben, eine Spannung von 7,4 V zur Verfügung. Dementsprechend gilt folgende Formel zur Reihenschaltung von Stromquellen:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (1)$$

Somit ergibt sich für die Reihenschaltung der Akkus des Modellautos folgende theoretische Spannung:

$$U_{th} = 7,4 V + 7,4 V = 14,8 V \quad (2)$$

Die Differenz der gemessenen und der theoretischen Spannung, wird dadurch hervorgerufen, dass vollgeladene Akkus im nicht belasteten Fall in der Regel immer etwas höhere Spannungen liefern, damit sie auch bei Belastung noch die erforderliche Spannung liefern können. Diese höheren Spannungen summieren sich bei einer Reihenschaltung entsprechend auf.

### 3.2.1.2 Messung 2; zwischen dem An-/Aus-Schalter und der ESC

Die zweite Messstelle befindet sich an den drei dünnen Kabeln zwischen dem An-/Aus-Schalter und der ESC (Abbildung 3-12).

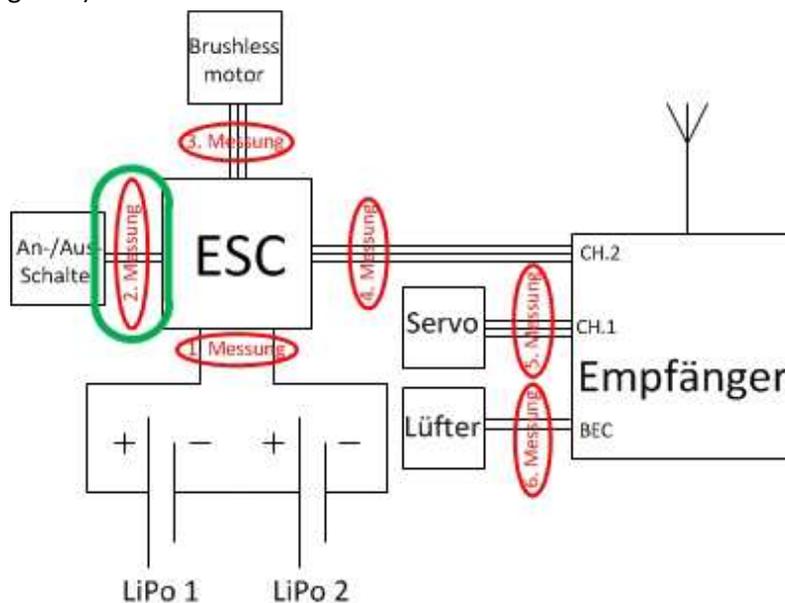


Abbildung 3-12: Ort der zweiten Messung

Da an dieser Stelle drei Kabel -rot, schwarz, weiß- eingesetzt werden, um den An-/Aus-Schalter mit der ESC zu verbinden, werden die drei Kabel jeweils zum Ground ausgemessen. In dem schwarzen Kasten des An-/Aus-Schalters befindet sich noch ein kleiner schwarzer Knopf, bei dem es sich vermutlich um eine Art Reset-Schalter handelt. Die Spannungsmessungen an den drei Kabeln bei „An“ und „Aus“ geschaltetem An-/Aus-Schalter haben folgende Daten ergeben (Abbildung 3-13):

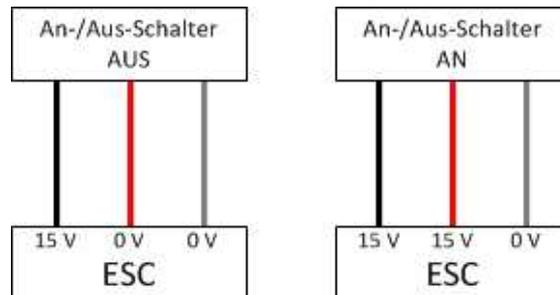


Abbildung 3-13: Skizze der unterschiedlichen anliegenden Spannungen der 2. Messung

An diesen Messergebnissen ist zu erkennen, dass keines der drei Kabel ein Ground ist. Die positive Spannung, die von den beiden Akkus in die ESC kommt, wird dort an das schwarze Kabel, welches zum An-/Aus-Schalter führt, weitergegeben. Wenn der An-/Aus-Schalter betätigt wird, schließt sich der Stromkreis mit dem roten Kabel und dort fließen die 15 V dann ebenfalls.

Das weiße Kabel hat für das An- und Ausschalten des elektronischen Systems keine Funktion. Beim Betätigen des Resetschalters liegen auch auf diesem Kabel 15 V an. Aus dem Schaltverhalten kann festgestellt werden, dass der Resetschalter, ein Taster ist und damit die Reset-Funktion für die ESC ausgelöst wird. Da das Schaltverhalten der ESC auch weiterhin als „Black-Box“ angenommen werden muss, wird vom Betätigen des Resetschalters abgesehen.

### 3.2.1.3 Messung 3; zwischen dem Brushlessmotor und der ESC

Die dritte Messstelle befindet sich an den drei dicken Kabeln zwischen dem Brushlessmotor und der ESC (Abbildung 3-14). Der Brushlessmotor ist ein Drehstrommotor, die drei angeschlossenen Kabel lassen darauf schließen, dass der Motor drei Phasen benötigt, also eine Asynchronmaschine, ist.

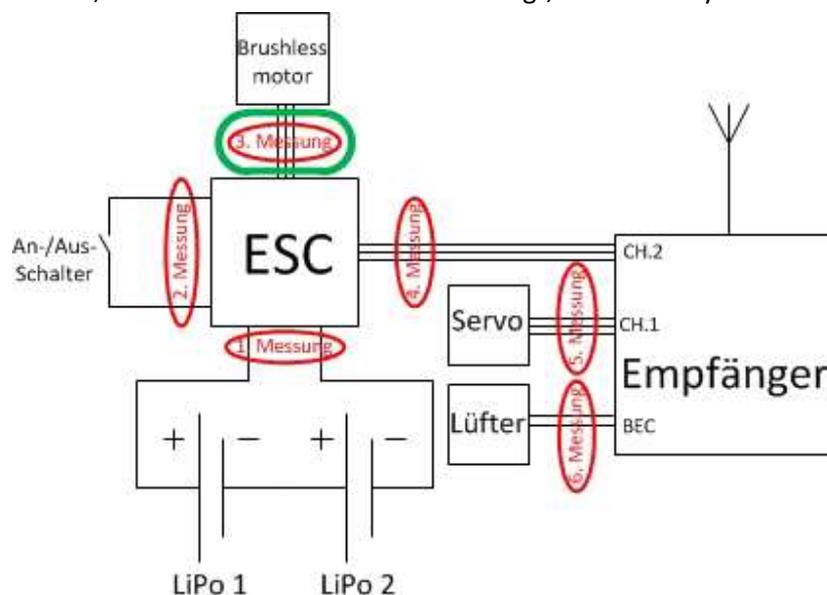


Abbildung 3-14: Ort der dritten Messung

Um die drei Phasen des Brushlessmotors aussagekräftig messen zu können, muss ein Picoscope verwendet werden, das alle Phasenverläufe auf einmal messen kann. Durch den Einsatz eines Picoscopes mit vier Messanschlüssen kann zusätzlich noch das Signal hinzugefügt werden, das vom Empfänger an die ESC gesendet wird. Da dieses Signal die Geschwindigkeit des Motors steuert (siehe Messung 4, Kapitel 3.2.1.4), ist es wichtig, einen Zusammenhang zu dem Verhalten des Brushlessmotors herstellen zu können. Aus diesem Grund wird das Verhalten des Motors und des Signals an die ESC bei verschiedenen Geschwindigkeiten sowie für das Vorwärts- und Rückwärtsfahren gemessen und untersucht.

Die Messung wurde entsprechend der Abbildung 3-15 aufgebaut. Jedes der drei Kabel zwischen ESC und Motor wurde mit einem Eingang des Picoscope verbunden sowie an dem schwarzen Ground der Akkus, also dem negativem Pol, geerdet. Auch das Signal, das vom Empfänger an die ESC zur Geschwindigkeitssteuerung gesendet wird, wurde gemessen und an denselben Ground angeschlossen.

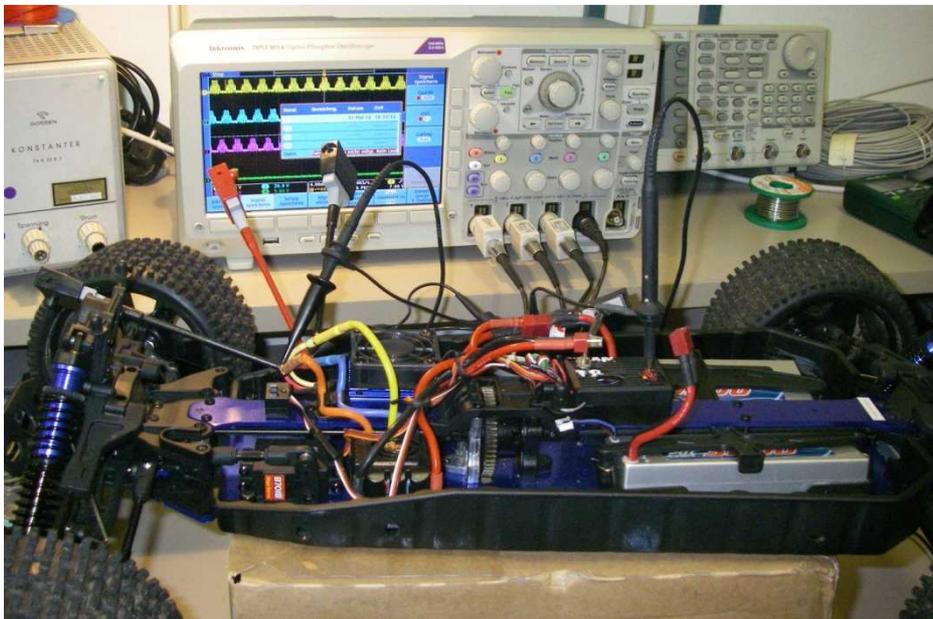


Abbildung 3-15: Aufbau der Messung drei

Die entstehenden Spannungsverläufe wurden gespeichert (Abbildung 3-16). Die oberen drei Signale sind jeweils die Phasen des Motors (typische Spannungsverläufe für Asynchronmotoren), das unterste grüne Signal ist das vom Empfänger an die ESC gesendete (typisch für digitale Datenübertragung, siehe Kapitel 3.2.2). Die Skalierungen sind immer gleich.

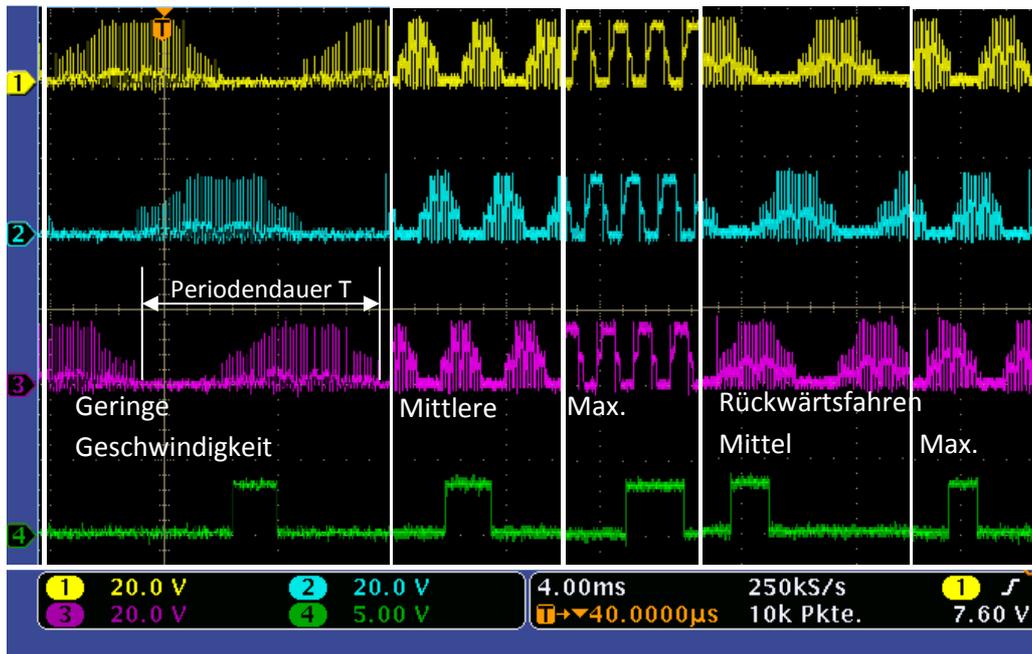


Abbildung 3-16: Spannungs- und Signalverläufe bei verschiedenen Geschwindigkeiten und beim Rückwärtsfahren

Betrachtet man die drei Phasen des Brushlessmotors im Hinblick auf dessen Eigenschaften, wird ersichtlich, dass es sich wirklich um einen Asynchronmotor handelt. In Abbildung 3-17 sind die Magnetisierungsströme und deren entstehende Phasenverschiebung von  $120^\circ$  dargestellt [EIMa]. Da für diesen Fall das Ohmsche Gesetz gilt, also

$$U = R \cdot I \quad (3)$$

folgt daraus mit  $R = \text{konstant}$ , dass

$$U \sim I \quad (4)$$

ist. Daher kann sowohl die Phasenverschiebung als auch das Verhalten auf die Spannungen übertragen werden. In den Messungen (Abbildung 3-16) haben sich die Spannungsverläufe entsprechend der theoretischen Verläufe (Abbildung 3-17) verhalten, weisen also eine Phasenverschiebung von  $120^\circ$  auf.

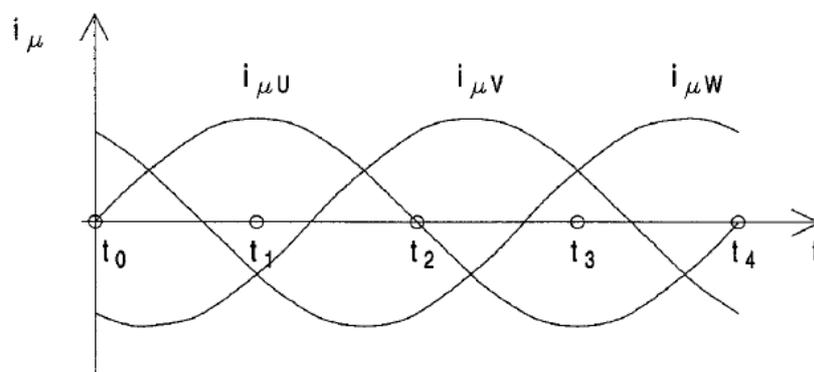


Abbildung 3-17: Magnetisierungsströme einer Asynchronmaschine [EIMa]

Beim Wechseln der Fahrtrichtung bzw. Motordrehrichtung von Vorwärts zu Rückwärts oder andersherum wird bei den Messungen auch ein entsprechendes Umpolen der Phasen deutlich (Abbildung 3-16).



Aus den aufgezeichneten Spannungsverläufen sowie dem dazugehörigen Signalverlauf können ungefähre Werte abgelesen werden (Tabelle 3.1). Außerdem ist auffällig, dass mit dem kürzer werden der Periodendauer  $T$  zwar die Spannungsspitzen, die die Schwingung der jeweiligen Phasen hervorrufen, gleich bleiben, aber die unteren Werte um die Null weniger werden bzw. wie bei der maximalen Geschwindigkeit (vorwärts), nicht mehr vorhanden sind und eine richtige Wellenform entstehen lassen. Außerdem fällt auf, dass kein Spannungswert in den negativen Bereich hinein geht. Die Kurven sehen so aus, als ob der negative Bereich einfach gleich Null gesetzt wurde (Abbildung 3-16). Dieser Effekt ist durch das Umwandeln der ESC von digitalen in analoge Signale zu begründen.

Das Verhalten der Signallänge  $t$  zu der entstehenden Periodendauer  $T$  beim Vorwärtsfahren ist umgekehrt proportional zueinander. Umso länger die Signallänge  $t$  ist, die von der ESC an den Motor gesendet wird, desto kürzer wird die Periodendauer  $T$  der drei Phasen. Somit nimmt die Geschwindigkeit des Modellautos im Verhältnis zur Signallänge  $t$  zu (Tabelle 3.1).

Beim Rückwärtsfahren ist es umgekehrt, hier verhalten sich die Signallänge  $t$  und die Periodendauer  $T$  proportional zueinander. Je kürzer also das übermittelte Signal  $t$  und die Periodendauer  $T$  sind, desto schneller fährt das Modellauto rückwärts (Tabelle 3.1).

Geschwindigkeit	Periodendauer $T$	Frequenz $f = \frac{1}{T}$	Maximale Spannung $U_H$	Signallänge $t$
Gering	9,0 ms = 0,009 s	111,11 Hz	16 V	1,6 ms
Mittel	2,4 ms = 0,0024 s	416,67 Hz	16 V	1,8 ms
Max.	1,2 ms = 0,0012 s	833,33 Hz	16 V	2,0 ms
Rückwärts Mittel	4,0 ms = 0,004 s	250,00 Hz	16 V	1,2 ms
Rückwärts Max.	2,8 ms = 0,0028 s	357,14 Hz	16 V	1,0 ms

Tabelle 3.1: Übersicht der ablesbaren Größen bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Richtungen

#### 3.2.1.4 Messung 4; zwischen dem Empfänger (Kanal CH.2) und der ESC

Die vierte Messstelle befindet sich an den drei dünnen Kabeln zwischen dem Empfänger (Kanal CH.2) und der ESC (Abbildung 3-18). An dieser Stelle muss nun das Signal messbar sein, mit dem die ESC, also indirekt der Motor, angesteuert wird.

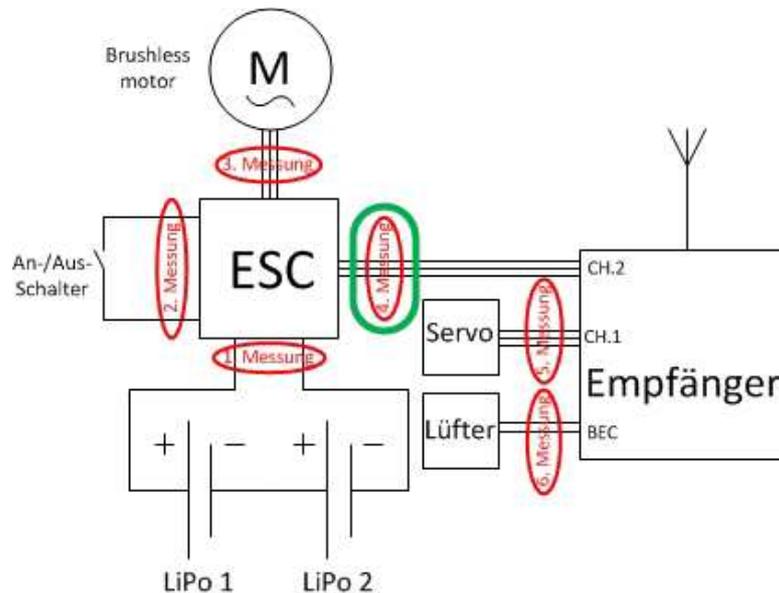


Abbildung 3-18: Ort der vierten Messung

Da an dieser Stelle drei Kabel (rot, schwarz, weiß) eingesetzt werden, um den Empfänger (Kanal CH.2) mit der ESC zu verbinden, muss festgestellt werden, welches Kabel der Ground ist. Die anderen Kabel müssen dann entsprechend gegen den Ground, in zwei Messungen a) und b), ausgemessen werden. Es kann festgestellt werden, dass das schwarze Kabel der Ground ist.

- a) Zwischen dem schwarzen und dem roten Kabel

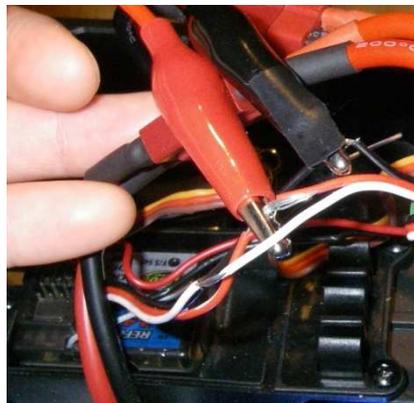


Abbildung 3-19: Messung des schwarzen und roten Kabels

Wenn das Picoscope mit dem negativen Pol am schwarzen Kabel, also am Ground, und mit dem positiven Pol am roten Kabel angeschlossen ist, ergibt sich ein Messaufbau wie in Abbildung 3-19. Mit dem An-/Aus-Schalter auf „Aus“ gestellt, ergibt die Messung ein statisches Signal. Die gemessene Spannung beträgt 0 V.

Mit dem An-/Aus-Schalter auf „An“ ist ebenfalls ein statisches Signal zu messen, die Spannung beträgt in diesem Fall ca. 6 V (Abbildung 3-20).

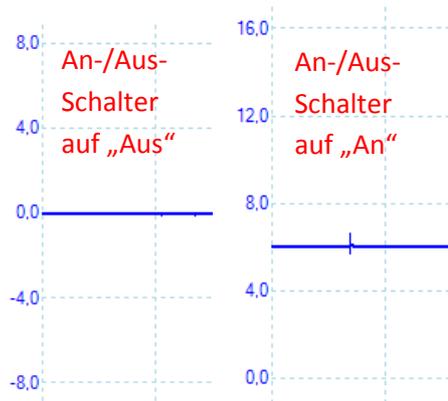
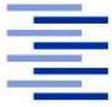


Abbildung 3-20: Gemessene Spannungssignale an der Messstelle 4a

Die anliegende Spannung beträgt ungefähr 6 V, was etwa 1,4 V weniger ist, als einer der beiden Akkus zur Verfügung stellt. Damit kann gesagt werden, dass, aufgrund der Höhe der anliegenden Spannung, diese Kabel innerhalb der ESC nicht direkt mit dem Stromkreis der beiden Akkus verbunden sind.

Durch diese Messung kann verifiziert werden, dass das rote und das schwarze Kabel die Spannungsversorgung des Empfängers und somit auch der Servolenkung und des Lüfters darstellen.

- b) Zwischen dem schwarzen und dem weißen Kabel

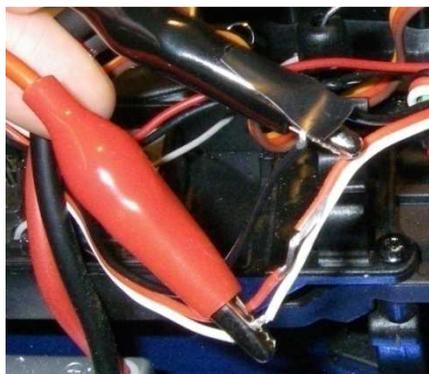


Abbildung 3-21: Messung des schwarzen und weißen Kabels

Wenn das Picoscope mit dem negativen Pol am schwarzen Kabel und mit dem positiven Pol am weißen Kabel angeschlossen ist, ergibt sich ein Messaufbau wie in Abbildung 3-21. Mit dem An-/Aus-Schalter auf „Aus“ gestellt, ergibt die Messung ein statisches Signal. Die gemessene Spannung beträgt 0 V.

Mit dem An-/Aus-Schalter auf „An“ und dem Sender/der Fernbedienung auf „Aus“ ist ebenfalls ein statisches Signal zu messen, die Spannung beträgt in diesem Fall 0 V.

Mit dem An-/Aus-Schalter auf „An“ und dem Sender/der Fernbedienung auf „An“, sowie vorhandener Geschwindigkeit wird ein dynamisches Signal messbar, es entsteht eine Rechteckfunktion als Signal. Von dieser Rechteckfunktion können folgende Werte abgelesen werden (Abbildung 3-22):

Signallänge:  $t=1,5 \text{ ms}=0,0015 \text{ s}$

Signalniveau:  $U_N=0 \text{ V}$

Signalamplitude:  $\widehat{U}_A = 3 \text{ V}$

Signalniveau der Rechteckfunktion:  $U_{\text{Eck}} = 3 \text{ V}$

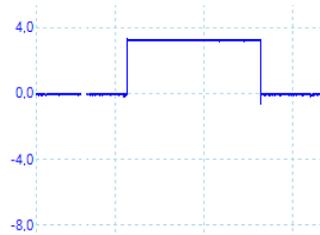


Abbildung 3-22: Gemessene Rechteckfunktion bei dem Messaufbau 4b mit Geschwindigkeit

Bei Geschwindigkeitsänderungen ist eine Veränderung in der Länge des Signals zu erkennen. Beim Vorwärtsfahren ist ein stufenloses Längerwerden des Signales zu sehen. Von der Signallänge von 1,5 ms beim Stehen verlängert sich das Signal auf bis zu 2 ms bei maximalem Vortrieb. Für das Rückwärtsfahren verändert sich das Signal ebenfalls um 0,5 ms, es wird stufenlos kürzer, bis es das Minimum von 1 ms erreicht hat. Mit dieser minimalen Signallänge ist die maximale Geschwindigkeit für das Rückwärtsfahren erreicht.

Diese Messreihe gibt Aufschluss über die Funktion der einzelnen Kabel: so sind das schwarze und rote Kabel zur Energieversorgung des Empfängers gedacht und das weiße überträgt die Signale an die ESC.

### 3.2.1.5 Messung 5; zwischen der Servolenkung und dem Empfänger (Kanal CH.1)

Die fünfte Messstelle befindet sich an den drei dünnen Kabeln zwischen dem Empfänger (Kanal CH.1) und der Servolenkung (Abbildung 3-23).

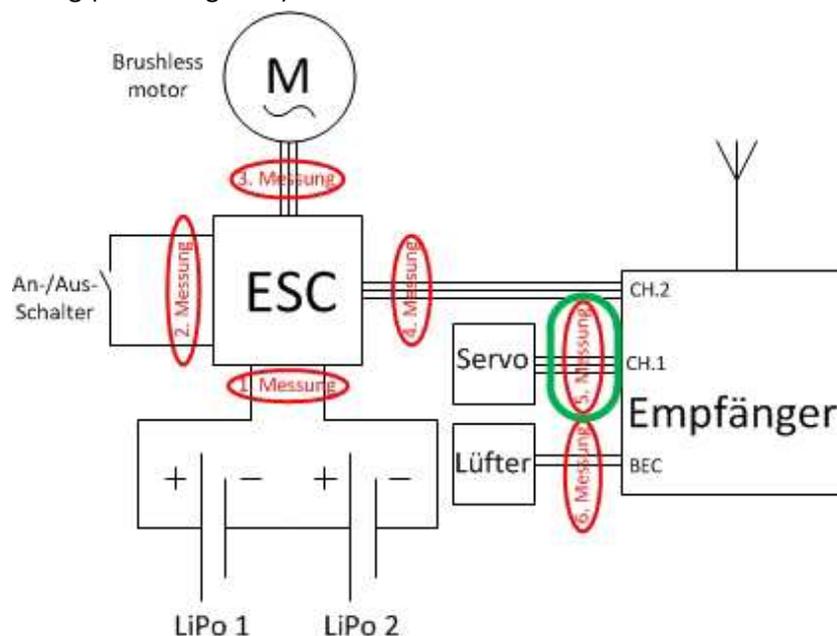


Abbildung 3-23: Ort der fünften Messung

Da an dieser Stelle drei Kabel (rot, braun, gelb) eingesetzt werden, um den Empfänger (Kanal CH.1) mit der Servolenkung zu verbinden, muss festgestellt werden, welches Kabel der Ground ist. Die

anderen Kabel müssen dann entsprechend gegen diesen Ground in zwei Messungen a) und b), ausgemessen werden. Es kann festgestellt werden, dass das braune Kabel der Ground ist.

a) Zwischen dem braunen und dem roten Kabel



Abbildung 3-24: Messung des braunen und roten Kabels

Wenn das Picoscope mit dem negativen Pol am braunen Kabel und mit dem positiven Pol am roten Kabel angeschlossen ist, ergibt sich ein Messaufbau wie in Abbildung 3-24. Mit dem An-/Aus-Schalter auf „Aus“ gestellt, ergibt die Messung ein statisches Signal. Die gemessene Spannung beträgt 0 V.

Mit dem An-/Aus-Schalter auf „An“ und unabhängig vom An oder Aus geschalteten Sender der Fernbedienung ist ein statisches Signal zu messen, die Spannung beträgt in diesem Fall ca. 6 V. Sobald die Lenkung über die Fernbedienung aktiviert wird, tritt, unabhängig von der Richtung, ein leichtes Rauschen auf (Abbildung 3-25).

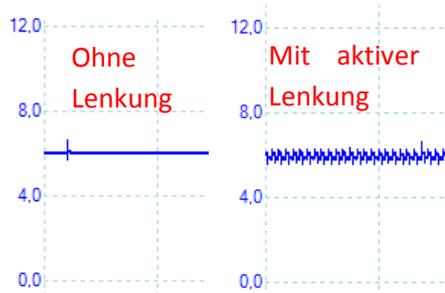


Abbildung 3-25: Gemessenes Spannungssignal an der Messstelle 5a

b) Zwischen dem braunen und dem gelben Kabel



Abbildung 3-26: Messung des braunen und gelben Kabels



Wenn das Picoscope mit dem negativen Pol am braunen Kabel und mit dem positiven Pol am gelben Kabel angeschlossen ist, ergibt sich ein Messaufbau wie in Abbildung 3-26. Mit dem „Aus“ geschalteten Sender der Fernbedienung, unabhängig vom „An“ oder „Aus“ geschalteten An-/Aus-Schalter, ergibt die Messung ein statisches Signal. Die gemessene Spannung beträgt 0 V.

Sobald der An-/Aus-Schalter auf „An“, der Sender auf „An“ geschaltet und die Lenkung noch nicht aktiv ist, wird ein dynamisches Signal messbar. Es entsteht eine Rechteckfunktion als Signal. Von dieser Rechteckfunktion können Werte abgelesen werden. Sobald die Lenkung aktiv ist, verändert sich nicht das Signalniveau, die Amplitude, die Spannung der Rechteckfunktion oder die Häufigkeit des Signals, es verändert sich die Signallänge. Die Signallänge bei neutraler Lenkung ist der mittlere Wert, das kürzere Signal steht für das Lenken nach rechts, vom Auto aus, das längere Signal steht für das Lenken nach links, ebenfalls vom Auto aus (Tabelle 3.2). Folgende Werte können aus den Rechteckfunktionen abgelesen werden (Abbildung 3-27):

Signalniveau:  $U_N=0\text{ V}$

Signalamplitude:  $\widehat{U}_A=3\text{ V}$

Signalniveau der Rechteckfunktion:  $U_{\text{Eck}}=3\text{ V}$

	Neutrale Lenkung	Lenkung nach rechts	Lenkung nach links
Signallänge t	1,5 ms = 0,0015 s	1,0 ms = 0,001 s	2 ms = 0,002 s

Tabelle 3.2: Übersicht über die veränderlichen Signallängen



Abbildung 3-27: Gemessene Rechteckfunktionen für die verschiedenen Lenkrichtungen

Diese Funktionen wurden aufgenommen, als die Lenkung maximal in die jeweilige Richtung ausgelenkt wurde. Da die Lenkung stufenlos einstellbar ist, ist zu beobachten, wie sich das Signal um die 0,5 ms in jede Richtung stufenlos verlängert bzw. verkürzt, je nach Schärfe der Lenkbewegung an der Fernsteuerung.

### 3.2.1.6 Messung 6; zwischen dem Lüfter und dem Empfänger (Kanal BEC)

Die sechste Messstelle befindet sich an den zwei dünnen Kabeln zwischen dem Empfänger (Kanal BEC) und dem Lüfter (Abbildung 3-28).

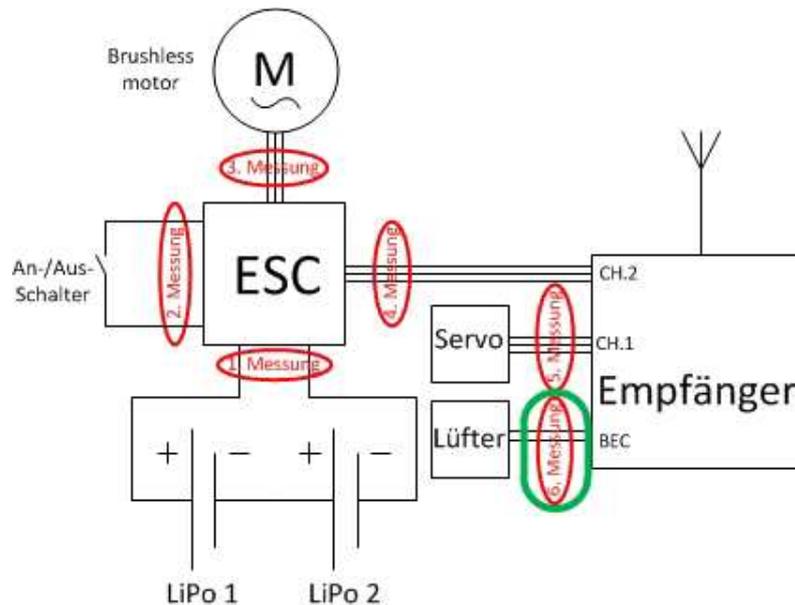


Abbildung 3-28: Ort der sechsten Messung

Wenn das Picoscope mit dem negativen Pol am schwarzen Kabel (Ground) und mit dem positiven Pol am roten Kabel angeschlossen, sowie der An-/Aus-Schalter auf „Aus“ gestellt ist, ergibt die Messung ein statisches Signal. Die gemessene Spannung beträgt 0 V.

Mit dem An-/Aus-Schalter auf „An“ gestellt, beträgt die gemessene Spannung ca. 6 V (Abbildung 3-29). Diese Spannung ist unabhängig von Sender.



Abbildung 3-29: Gemessenes Spannungssignal an der Messstelle 6

### 3.2.1.7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Messungen

Anhand der durchgeführten Messungen können die wichtigsten Elektronikbausteine und deren Verbindungen mit dem Empfänger in einer Schaltskizze dargestellt werden (Abbildung 3-30). Der Brushlessmotor und die Antenne des Empfängers werden dabei nicht miteinbezogen, um die Übersichtlichkeit zu erhöhen. Die Antenne des Empfängers wird im Verlauf des Projektes nicht verändert, sowie auch die Verbindung der ESC zum Brushlessmotor unberührt bleiben wird. Die Steuerung des Motors wird von der ESC übernommen, aus diesem Grund wird in diesem Projekt nur die Signalleitung zwischen ESC und Sender modifiziert. Aus dieser Überlegung heraus sind in Abbildung 3-30 nur die Verbindungen und Elektronikbausteine aufgeführt, an denen etwas verändert werden könnte.

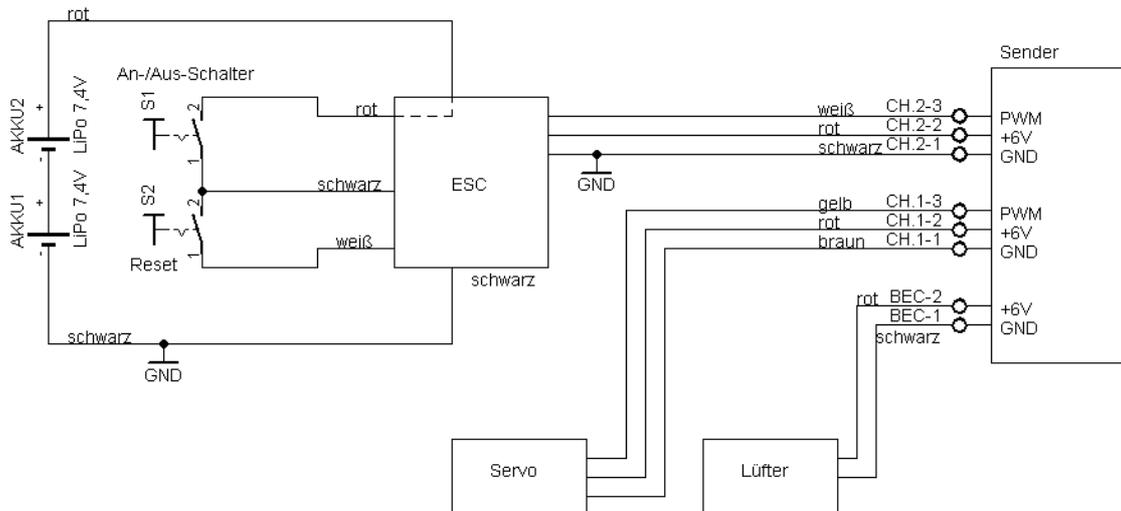


Abbildung 3-30: Zusammenfassung von den Ergebnissen der Messungen

Anhand der durchgeführten Messungen konnte die Art des übertragenen Signals festgestellt werden. Es handelt sich um ein digitales Signal, auch PWM (kurz für Pulsweitenmodulation)-Signal genannt. Diese so genannten PWM-Signale werden häufig zur Informationsübertragung von digitalen oder digitalisierten Daten eingesetzt [PWM]. Das in diesem Kapitel sowohl für die ESC als auch für die Servolenkung gemessene PWM-Signal hat eine Frequenz von 50 Hz, also eine Periodendauer von 20 ms und die Länge des Rechtecksignals betrug minimal 1 ms und maximal 2 ms. Der neutrale Punkt, an dem die Räder gerade sind bzw. die Geschwindigkeit null ist, liegt bei 1,5 ms. Durch diese einheitliche Beschaffenheit des Signals kann im folgenden für beide Signale gleich verfahren werden.

### 3.2.2 Einbau eines Kippschalters für die Signale der Aktoren

Durch die in Kapitel 3.2.1 durchgeführten Messungen konnten die beiden Kabel identifiziert werden, die die Signale für die Geschwindigkeit und die Fahrtrichtung vom Empfänger zur ESC bzw. Servolenkung weiterleiten.

Für die Steuerung des Motors und der Servolenkung über die WLAN-Chassis müssen diese beiden signalübertragenden Kabel mit den Chassis bzw. den Modulen verbunden werden. Um die Möglichkeit der Steuerung des Autos über die Fernbedienung aufrecht zu erhalten, soll ein Kippschalter eingebaut werden, um manuell zwischen dem Steuern mit der Fernbedienung und dem Ansteuern über die WLAN-Chassis bzw. LabVIEW wählen zu können.

Da die Stromversorgung des Empfängers über die Verbindung mit der ESC zustande kommt, werden diese Kabel nicht verändert. Die Servolenkung wird, genau wie der Lüfter, wiederum von dem Empfänger mit Energie versorgt, weshalb auch diese Verbindungen nicht verändert werden.

Da wir zwei PWM-Signale übertragende Kabel haben, die beide gleich angesteuert werden sollten, also beide entweder mit der Fernbedienung oder mit LabVIEW, wird hier ein 2-poliger Kippschalter eingebaut (Abbildung 3-31), um falsche Einstellungen von vornherein zu vermeiden.



Abbildung 3-31: Kippschalter, 2-polig

Dieser 2-polige Kippschalter hat zwei Reihen von jeweils drei Anschlüssen. Die beiden Reihen sind voneinander getrennt und für den Anschluss bzw. die Umleitung von jeweils einem PWM-Signalkabel gedacht. So wird das herausgehende Signal immer an die ESC bzw. die Servolenkung geleitet, daher müssen diese beiden Kabel jeweils in den mittleren Anschluss einer Reihe gelötet werden. Auf die linke Seite werden die beiden PWM Signaleingänge vom Empfänger an die Anschlüsse gelötet, an die rechte die beiden Signalkabel zum Anschließen der Chassis (Abbildung 3-32).



Abbildung 3-32: Angelötete Anschlüsse der PWM-Kabel an den Kippschalter

Um die Schaltung des Kippschalters zu verdeutlichen, wird eine Schaltskizze (Abbildung 3-33) angefertigt. Die Kabel, die mit der Servolenkung verbunden sind, sind alle gelb, die Kabel, die die Signale der ESC übertragen sind weiß und das Kabel, das zum Anschließen der WLAN Chassis dient, ist blau (Abbildung 3-33).

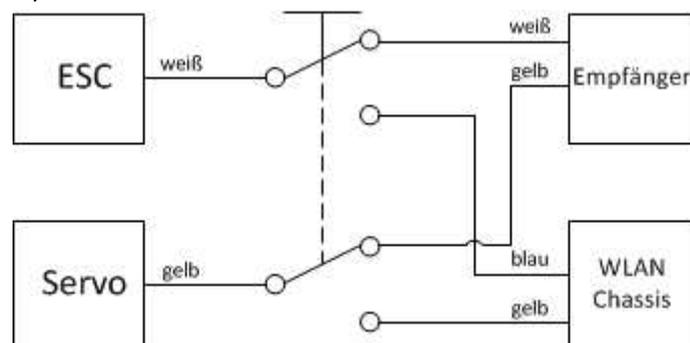


Abbildung 3-33: Schaltskizze für die PWM-Kabelverbindung mit dem eingebauten 2-Pol-Kippschalter



Der Kippschalter soll an einem geschützten Platz montiert werden, um die Geländefähigkeit des Modellautos nicht zu beeinträchtigen. Hierfür wird ein Loch in die schwarze Kunststoffabdeckung des Empfängers (Originalzustand siehe Abbildung 2-5) gebohrt und der Kippschalter von unten an die Abdeckung geschraubt. Nach dem Schließen der Kunststoffabdeckung sind die empfindlichen Lötstellen des Kippschalters geschützt (Abbildung 3-34).



Abbildung 3-34: Eingebauter 2-poliger Kippschalter

### 3.2.3 Anschließen der Aktorik an das WLAN-Chassis

Sobald nun die WLAN-Chassis auf dem Modellauto betrieben werden können (Kapitel 3.3.1) und die Anschlüsse für die Aktoren installiert sind (Kapitel 3.2.2), müssen nun diese Anschlüsse der Aktoren mit dem entsprechenden Chassis verbunden werden.

#### 3.2.3.1 Installieren eines Grounds und Vorbereiten der Aktorikanschlüsse

Um die Aktoren am WLAN-Chassis erden zu können, wird ein zusätzlicher Ground installiert. Dieser Anschluss ist nicht zwingend notwendig, aber, um Störsignale zu vermeiden, wird ein Ground, der, wie auch in den Originalschaltungen, vom Sender ausgeht, präferiert. Hierfür wird eine Steckverbindung für den CH.4-Kanal am Sender installiert. Wie im Kapitel 3.2.1.7 in Abbildung 3-30 festgehalten, liegt der Ground bei diesem Sender immer auf dem ersten Pin an. Daher wird das Kabel an den ersten Pin gelötet (Abbildung 3-35). Die Farbe des Kabels ist schwarz, um in der Kennzeichnung des Ground möglichst konsequent zu bleiben.



Abbildung 3-35: Installation des zusätzlichen Ground am Sender (CH.4-Kanal)

Nach dem Anlöten des Kabels wird der neue Ground zusammen mit den beiden anderen Kabeln (gelb, blau), die die Signale der Aktoren zu dem Chassis übertragen sollen, durch einen grauen Isolierschlauch gezogen, um die Kabel zu schützen (Abbildung 3-36).

Die Kabel werden nun auf die benötigte Länge eingekürzt und die überstehenden Enden der drei Kabel abgemantelt. Um die Steckverbindung fertigzustellen, werden nun die beiden Signalkabel an jeweils einen äußeren Pin und der Ground an den mittleren Pin (Abbildung 3-36) gelötet.

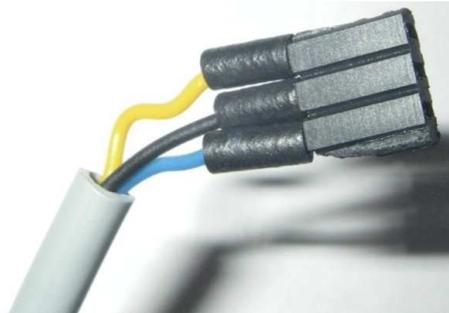


Abbildung 3-36: Fertige Steckverbindung zum späteren Anschließen des Chassis

Um die Verbindung mit dem Chassis entsprechend herstellen zu können, muss der andere Teil der Steckverbindung dort installiert werden.

### 3.2.3.2 Reduzierung der Signalspannung des DIO-Moduls durch einen Spannungsteiler

Die Aktoren sollen, wie in Kapitel 2.3.2 und 2.3.3 bereits erwähnt, an das digitale In- und Output Modul angeschlossen werden. Für die Aktorik dient dieses Modul ausschließlich als digitaler Output. Der digitale Output soll eine Rechteckkurve senden, die durch das „An“ und „Aus“ schalten der Spannung durch ein Computerprogramm entsteht. So können die gemessenen Kurven aus Kapitel 3.2.1.4 und Kapitel 3.2.1.5 erzeugt werden. Das dort gemessene Signal (Kapitel 3.2.1.4 und 3.2.1.5) beträgt ca. 3 V. Da der Standard für digitale Signalübertragung im Bereich dieser Spannungen in der Regel bei 3,3 V liegt, wird hier von dieser Signalspannung ausgegangen. Die 0,3 V, die in den Messungen nicht genau zu erkennen sind, können auf Messungenauigkeiten zurückgeführt werden. Die Signalhöhe, die das Modul sendet, liegt bei 5 V. Da diese Spannungsamplitude für unsere Elektronikbausteine, also ESC und Servolenkung, zu hoch sein könnte, wird ein Spannungsteiler eingesetzt. Mit diesem Spannungsteiler kann die Signalhöhe auf ungefähr 3,3 V reduziert werden. In einem Spannungsteiler werden Ohmsche Widerstände in Reihe geschaltet und zwischen diesen Widerständen wird dann die entsprechend gewünschte niedrigere Spannung abgegriffen (Abbildung 3-37).

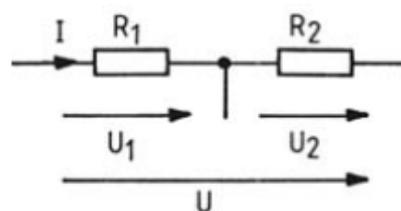
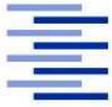


Abbildung 3-37: Darstellung eines unbelasteten Spannungsteilers [ETFS]

Für den allgemeinen unbelasteten Spannungsteiler aus Abbildung 3-37 gelten folgende Formeln [ETFS]:



$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (4)$$

$$\frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{R_1}{R} \quad (5)$$

Unter der Annahme, dass an der Seite von  $R_1$  das Modul, an der Seite von  $R_2$  der Ground und dazwischen das Signalkabel angeschlossen ist, lautet die Formel für unseren Fall:

$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

$$U_2 = \frac{R_2 \cdot U}{R_1 + R_2} = \frac{5\text{ V} \cdot 3,3\text{ k}\Omega}{4,9\text{ k}\Omega} = 3,3\text{ V} \quad (7)$$

Der zweite zu verwendende Widerstand wäre damit 1,6 k $\Omega$  groß. Damit ist der nächstliegende Normwert 1,8 k $\Omega$ . Hier ist es außerdem vorteilhaft, einen etwas größeren Widerstand zu nehmen, da so nicht die Gefahr besteht, die Elektronikteile durch zu hohe Spannungen zu beschädigen. Somit ergibt sich eine theoretische Signalspannung von 3,23 V.

$$U_2 = \frac{5\text{ V} \cdot 3,3\text{ k}\Omega}{5,1\text{ k}\Omega} = 3,23\text{ V} \quad (8)$$

Diese Spannungsamplitude sollte zur Signalübertragung ausreichen.

### 3.2.3.3 Lötén von Platine und Steckverbindung für das DIO-Modul

Dieser Spannungsteiler wird nun für jeden der zwei benötigten digitalen Output auf eine Platine gelötet. Hält man die beiden Spannungsteiler in einer Schaltskizze fest, entspricht der Aufbau der Abbildung 3-38.

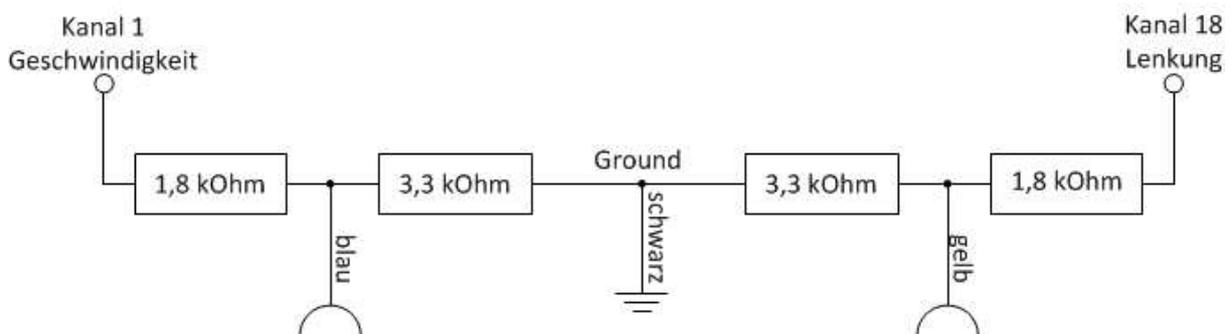


Abbildung 3-38: Schaltskizze der zwei zu lötvenden Spannungsteiler

Die entsprechenden Widerstände werden auf eine Platine gesteckt, genau wie die Steckverbindung. Anschließend werden alle elektronischen Bausteine, wie in der Schaltskizze (Abbildung 3-38) vermerkt, durch das Lötén miteinander verbunden (Abbildung 3-39).



Abbildung 3-39: Elektronische Bausteine auf die Rückseite der Platine zum Anlötén gesteckt

Nach dem Anlöten aller Widerstände und der Steckverbindung sowie dem Herstellen von Kontakten mit dem 1. bzw. 18. Kanal des DIO-Moduls wird die Platine und der dazugehörige 37-polige Stecker in das Modul gesteckt und die drei Kabel vom Modellauto auf die Platine gesteckt. Somit entspricht der Zusammenbau nun der Abbildung 3-40 und die Kabel zur Übertragung des digitalen Signals sind entsprechend angeschlossen.

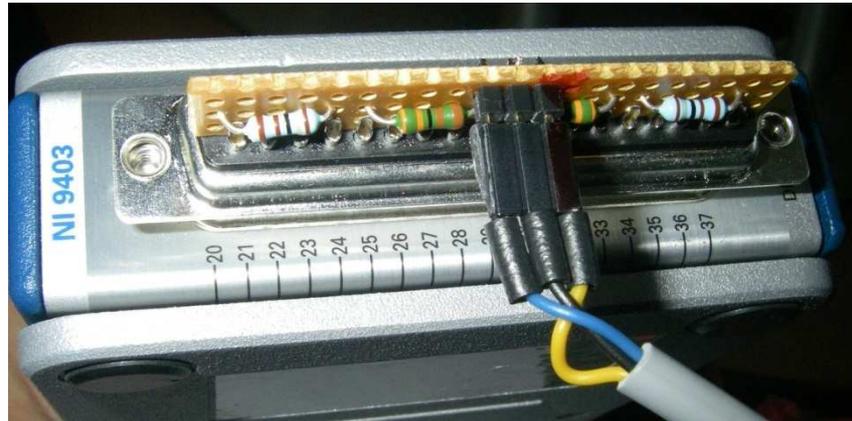


Abbildung 3-40: Zusammenbau der Steckverbindungen zur Inbetriebnahme der Aktoren.

Sind diese Steckverbindungen hergestellt, das WLAN-Chassis an eine Spannungsquelle angeschlossen und der 2-Polige Kippschalter auf die WLAN-Chassis eingestellt, könnte nun die Hardware über ein entsprechendes Programm angesteuert werden.

### 3.3 Einbau und Spannungsversorgung der Chassis

Die WLAN-Chassis wurden für die bisherigen Tests noch extern mit Strom versorgt. Für den Einsatz auf dem Modellauto muss noch eine Spannungsversorgung eingebaut werden. Für den Einsatz der Chassis während der Fahrt müssen diese auch noch auf dem Modellauto befestigt werden. Diese beiden wichtigen Implementierungen werden im Verlauf dieses Unterkapitels durchgeführt.

#### 3.3.1 Die Spannungsversorgung der WLAN-Chassis

Um die beiden WLAN-Chassis mit Energie zu versorgen, wird eine Spannung zwischen 9 V und 30 V benötigt, das heißt, die WLAN-Chassis müssen direkt an die beiden LiPo-Akkus angeschlossen werden. Die Akkus, die für dieses Projekt verwendet werden, haben alle zwei Anschlüsse. Zum einen den großen Anschluss, der zur Verbindung mit den Elektroteilen des Autos dient und zum anderen einen dreigliedrigen Anschluss (Abbildung 3-41), der als sogenannter Balancer dient. Mit diesem Anschluss können die zwei LiPo-Zellen pro Akku getrennt geladen werden, um eine maximale bzw. gleichmäßige Ladung auch nach mehreren Wiederaufladungen zu gewährleisten. Diese Anschlüsse werden im Modellauto selbst nicht genutzt, so dass diese Anschlüsse noch frei sind. Für den Anschluss der WLAN-Chassis sollen nun die Steckverbindung der Balancer verwendet werden. Dies geschieht, indem die Chassis parallel zu den LiPo-Akkus angeschlossen werden. Hierfür wird an dem positiven Pol des Stromkreises das rote Kabel und an dem negativen Pol das schwarze Kabel der Stromversorgung in den gleichfarbigen Balanceranschluss gesteckt (Abbildung 3-41).



Da die Kabel, rot und schwarz, zum Verbinden der Chassis recht lang sind, werden diese durch einen größeren grauen Isolierschlauch gezogen, um sie vor Beschädigungen zu schützen und die Übersichtlichkeit der Schaltung etwas zu erhöhen (Abbildung 3-41).

Nach dem Durchziehen der einzelnen Kabel wird an jedes Kabelende eine Steckverbindung gelötet, um die Kabel bei Inbetriebnahme in den Balancer stecken zu können (Abbildung 3-41). Um das Verbinden mit dem richtigen Kanal und der richtigen Seite zu gewährleisten, wurden die Stecker bzw. der zu verwendende Eingang des Balancers entsprechend farbig markiert.

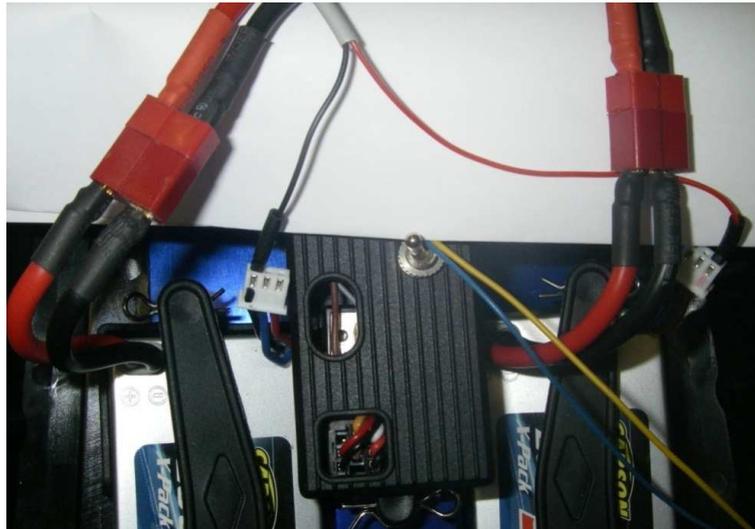


Abbildung 3-41: Anschließen der Kabel an die Balancer anschlüsse

Nachdem diese Anschlüsse zur Stromversorgung montiert sind, werden die beiden WLAN-Chassis mit diesem Stromkreis parallel zueinander verbunden (Abbildung 3-42). Durch das Parallelschalten der beiden WLAN-Chassis kann verhindert werden, dass durch die Fehlfunktion eines Chassis beide ausfallen.

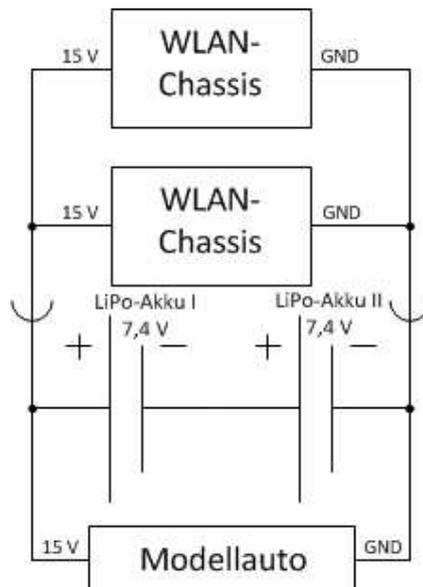
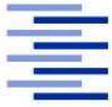


Abbildung 3-42: Schaltskizze für den Stromkreis der beiden WLAN-Chassis



Die Verbindung der Stromkabel miteinander sowie mit den Chassis entsteht, indem die entsprechenden Stecker in die Chassis und die entsprechenden Kabel in die Anschlüsse dieser Stecker geschraubt werden (Abbildung 3-43).

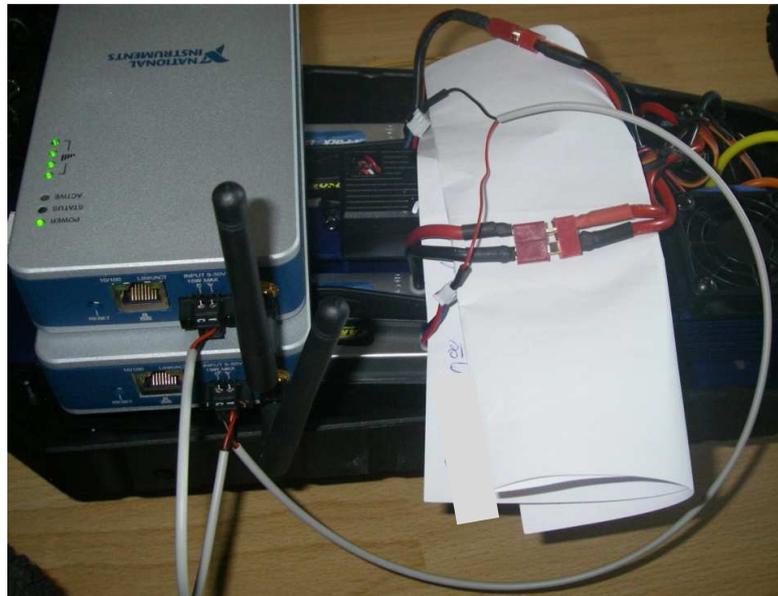


Abbildung 3-43: Verbindung der beiden Chassis mit den Akkus

Nachdem die Chassis angeschlossen sind, wird ein kurzer Funktionstest durchgeführt, um sicher zu gehen, dass die Spannungsversorgung durch die beiden Akkus ausreichend ist. Sobald die Lampen der Chassis für die ordnungsgemäße Stromversorgung und das Senden eines WLAN-Signals leuchten (Abbildung 3-43), werden die Chassis über WLAN einmal auf dem Computer im MAX aufgerufen und ein Selbsttest für die Module durchgeführt. Alle Systeme können über WLAN mit dieser Spannungsversorgung ordnungsgemäß abgerufen und angesprochen werden.

Mit dieser Art des Anschlusses kann nun sicher gestellt werden, dass die Chassis über die zwei Akkus betrieben werden können. Allerdings müssen in den Stromkreis noch die beiden Sensoren (Kapitel 3.1) eingefügt werden. Somit würden an dieser Stelle sehr viele lose Stromverbindungen entstehen. Daher werden alle Anschlüsse zur Stromversorgung nun auf eine Platine gelötet. So können die Steck- bzw. Schraubverbindungen besser und übersichtlicher realisiert, sowie kürzere Wege für die Kabel gewährleistet werden. Hierfür werden nun die beiden Steckverbindungen für die Balancer-Anschlüsse auf die Platine gesteckt sowie vier Schraubanschlüsse für die spätere Stromversorgung der beiden Chassis und der beiden Sensoren (Abbildung 3-44).

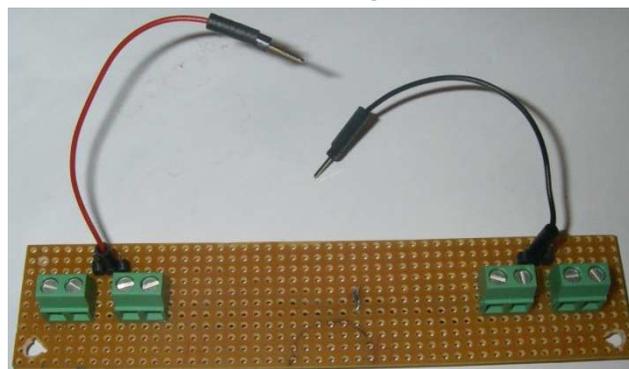
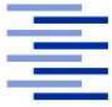


Abbildung 3-44: Oberseite der Platine für die Stromversorgung



Diese Anschlüsse werden nun auf der Unterseite der Platine verlötet und mit kurzen Kabelstücken entsprechend parallel an die Stromversorgung angeschlossen (Abbildung 3-45).

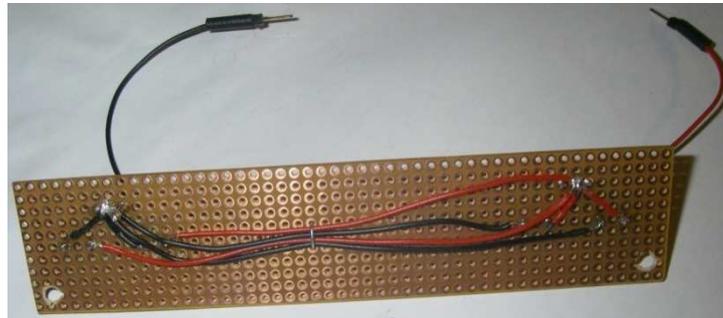
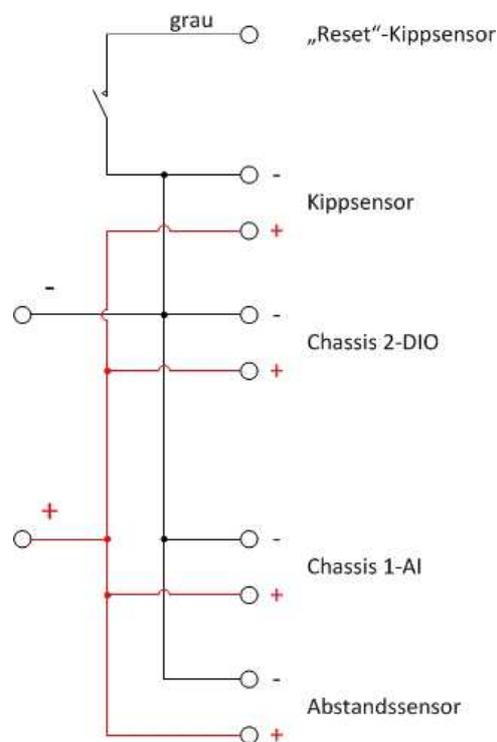


Abbildung 3-45: Lötverbindungen an der Unterseite der Platine zur Stromversorgung

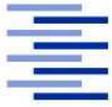
In die Platine werden zwei Löcher gebohrt, damit sie fest in das Modellauto eingebaut werden kann. Zu diesem Zweck werden die Köpfe von zwei kurzen Schrauben mit Heißkleber in das Modellauto geklebt und die Platine mit jeweils einer Mutter auf den Schrauben befestigt. Da die Platine sehr leicht ist, auf dem Boden anliegt und durch die eingeschraubten Drähte in Position gehalten wird, sollte diese Art der Befestigung ausreichen.

An die linke Seite der Platine wird das Chassis mit dem DIO-Modul innen angeschlossen und der Kippsensor an der äußeren Buchse angeschraubt (Abbildung 3-46). Der „Reset“-Schalter des Kippsensors ist ebenfalls auf die Platine gelötet worden. Das graue Kabel ist der entsprechende Anschluss hierfür.



3-46: Schaltskizze der Platine

Der auf die Platine gelötete Schalter zum Betätigen der „Reset“-Funktion ist, wie in Abbildung 3-47 zu sehen, ein Knopf neben dem Schraubanschluss des Kippsensors. Durch das Drücken des neu



angelöteten Knopfes kann nun der Kippsensor auf eine Nullposition gestellt werden (Abbildung 3-46 und Abbildung 3-47).

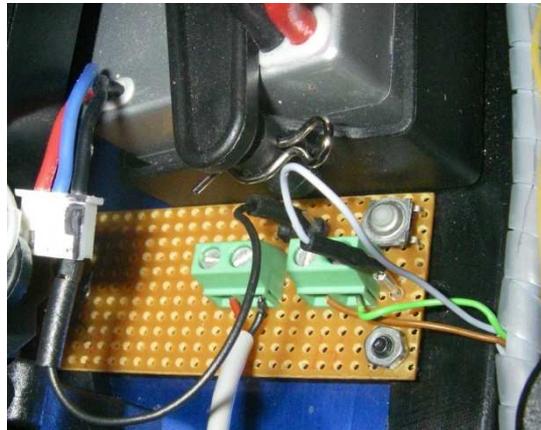


Abbildung 3-47: Linke Seite der fertig eingebauten Platine

Auf die rechte Seite der Platine ist das Chassis mit dem AI-Modul angeschlossen, ebenfalls am inneren Schraubanschluss und der Abstandssensor wird von dieser Seite der Platine aus am äußeren Schraubanschluss mit Spannung versorgt (Abbildung 3-46 und Abbildung 3-48).

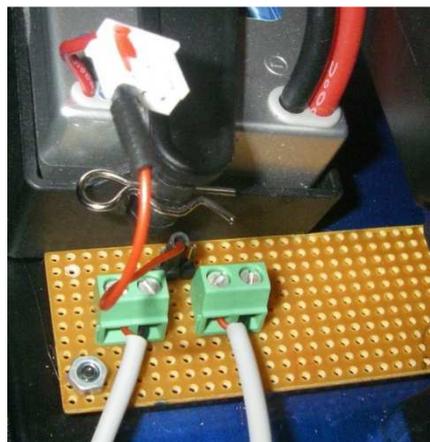


Abbildung 3-48: Rechte Seite der fertig eingebauten Platine

Die Platine ist direkt vor den beiden LiPo-Akkus montiert. Sie wurde zwischen dem Getriebe des Autos und den Akkus unter der Mittelstrebe durchgeschoben und dort an die festgeklebten Schrauben montiert (Abbildung 3-49).

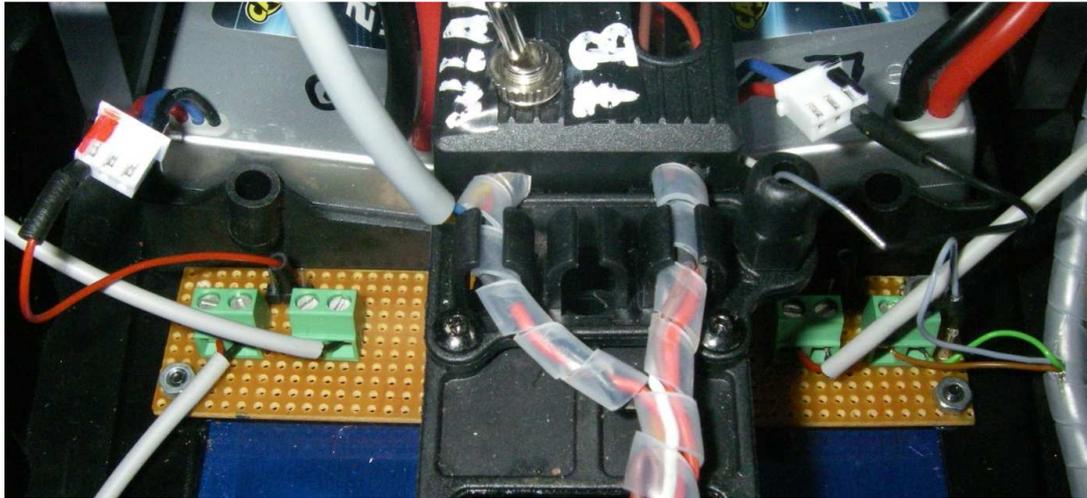


Abbildung 3-49: Fertig positionierte Platine zur Stromversorgung

Um die Kabelverläufe übersichtlicher gestalten zu können, wurden alle freiliegenden Kabel mit durchsichtigen Spiralschläuchen gebündelt und geschützt.

### 3.3.2 Entwurf und Einbau einer Halterung für die Chassis

Um die beiden WLAN-Chassis von National Instruments in dem Modellauto FY5 befestigen zu können, ist eine Haltevorrichtung nötig. Die beiden Chassis sollen über den zwei LiPo-Akkus befestigt werden können. Die Haltevorrichtung muss ein Herunterfallen der beiden Chassis vor allem beim Anfahren und Bremsen verhindern, sowie ein Austauschen der beiden Akkus weiterhin möglich machen. Diese Halterung darf nicht zu schwer sein, um das Modellauto nicht zusätzlich zu belasten. Aus diesem Grund wird als Material für die Haltevorrichtungen Kunststoff gewählt. Die Konstruktion besteht aus zwei Teilen. Ein unterer Teil, der an dem Kunststoffrand des Modellautos befestigt werden soll und ein oberer Teil, der das Verschieben des zweiten Chassis gegen das erste verhindern soll. Für den ersten bzw. unteren Teil der Konstruktion wird ein Rechteck gewählt, auf welches das untere Chassis aufliegt. Um das Verrutschen zu verhindern, wird eine Aussparung in der Breite des Chassis hinzugefügt. Zum Befestigen der Chassis sollen später Gummibänder verwendet werden, da diese am einfachsten einzubauen und zu ersetzen sind. Für diese Gummibänder wird noch eine Bohrung hinzugefügt, in welcher diese Gummibänder befestigt werden können. Auf der entgegengesetzten Seite wird eine Nase hineingesägt, um das Gummiband entsprechend befestigen bzw. spannen zu können (Abbildung 3-50).

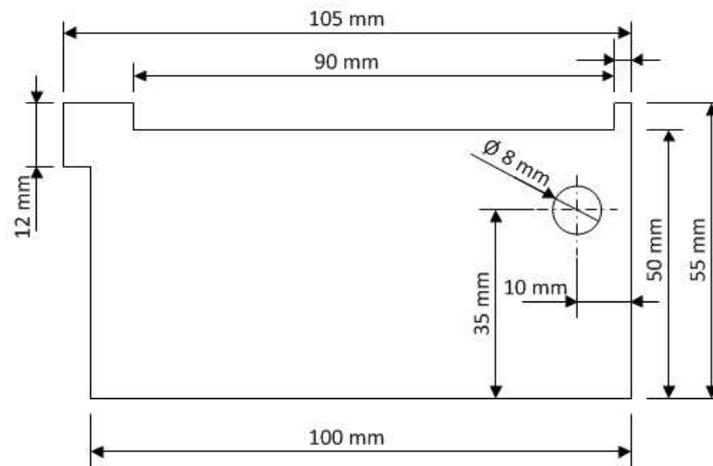


Abbildung 3-50: Skizze des unteren Teils der Haltevorrichtung für die Chassis

Der zweite Teil der Konstruktion erinnert an einen Doppel-T-Träger aus Kunststoff. Durch die zwei Aussparungen an jeder Seite soll er auf der Oberseite des unteren Chassis sicher aufliegen und durch die obere Aussparung das oben aufliegende Chassis sichern (Abbildung 3-51).

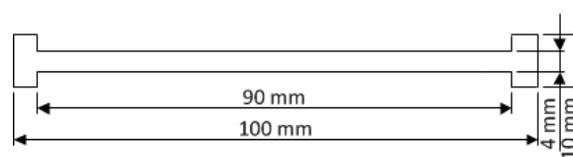


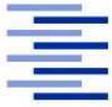
Abbildung 3-51: Skizze des oberen Teils der Haltevorrichtung für die Chassis

Die Haltevorrichtungen werden jeweils in zweifacher Ausführung benötigt. Die Bohrungen, mit denen der untere Teil der Halterung im Modellauto angeschraubt werden soll, müssen im Nachhinein direkt am Modellauto abgemessen werden, da die hier vorhandene Flanke schräg verläuft. Somit stellen sich die fertigen Haltevorrichtungen vor dem Einbau, wie in Abbildung 3-52 zu sehen, dar.



Abbildung 3-52: Fertige Haltevorrichtung für die Chassis vor dem Einbau

Die Bohrungen werden nun im Nachhinein erstellt. Es wird eine Bohrung im Modellauto angebracht und anschließend die dazugehörige Stelle in der Kunststoffhalterung markiert. Dann wird in die



Halterung ebenfalls ein Loch gebohrt und ein Gewinde hinein geschnitten, damit das Kunststoffteil bei Bedarf ab- und anmontiert werden kann (Abbildung 3-53).



Abbildung 3-53: Außenansicht des eingebauten Unterteils der Haltevorrichtung

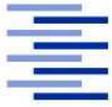
Um die Schräge der Außenwand des Modellautos ausreichend auszugleichen, wird eine entsprechend große Schraubenmutter zwischen die hintere Seite der Außenwand und der Haltevorrichtung geklemmt. So kann die Schraube zum Befestigen der Halterung richtig fest gegen den Widerstand der Mutter angezogen werden und das Chassis, welches später obendrauf sitzen soll, liegt trotzdem gerade bzw. passt in beide Aussparungen der zwei Halterungen hinein (Abbildung 3-53).

Wenn die Haltevorrichtungen und Chassis entsprechend platziert und mit zwei Gummibändern befestigt sind, dann stellt sich die Konstruktion, wie in Abbildung 3-54 gezeigten, dar.



3-54: Fertig montierte und in Betrieb genommene Haltevorrichtungen

Für den Einsatz dieser Haltevorrichtung bei einer Testfahrt sollten allerdings stärkere Gummibänder gewählt werden, die in Abbildung 3-54 gezeigten dienen nur zu Demonstrations- und Testzwecken.



## 4. Simulative Entwicklung des mechatronischen Systems (Auto)

Nachdem im vorangegangenen Kapitel (Kapitel 3) neue Hardware in das Modellauto FY 5 eingebaut wurde, wird in diesem Kapitel nun die Software erstellt, um diese Komponenten über den Computer steuern zu können, und auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft. Dieses Prüfen der Software nennt sich kurz SIL-Simulation, was die Abkürzung für „Software in the Loop“-Simulation ist.

Außerdem muss auch die Funktionalität der neu eingebauten Hardwarekomponenten bzw. der neuen Schaltkreise sichergestellt werden. Diese Überprüfung nennt sich HIL-Simulation, kurz für „Hardware in the Loop“-Simulation.

Abschließend wird in diesem Kapitel noch geprüft, ob das Zusammenspiel von Soft- und Hardware funktioniert. Diese Art des Prototypentests nennt sich „Rapid Control Prototyping“, abgekürzt RCP, und soll das Gesamtsystem des entstandenen Prototypen testen.

### 4.1 Erstellung der Programme zur Steuerung über die WLAN-Chassis

In diesem Abschnitt werden nun die notwendigen Programme zur Verarbeitung und Darstellung der Sensordaten erstellt. Für das Ansteuern der Aktorik wird ebenfalls ein Programm und die entsprechende Benutzeroberfläche entwickelt.

#### 4.1.1 Das erstellte Programm für die Sensorik

Die beiden Sensoren, die in das Modellauto FY5 eingebaut wurden, geben drei Werte aus. Der Kippsensor gibt einen X- und Y-Wert aus, der Abstandssensor die Distanz. Die Werte werden als Spannung ausgegeben. Das maximale Kippen des Sensors wird als Null Volt bzw. 5 Volt angezeigt und die minimale Reichweite des Abstandssensors -10 cm- wird als ca. 3,1 Volt dargestellt. Diese Extremwerte müssen in den Einstellungen des Programms berücksichtigt werden.

Im Blockdiagramm werden die an das Chassis gesendeten Daten in das Programm eingelesen. Hierfür müssen die drei verwendeten Kanäle eingelesen werden. Die entstehenden Daten können an der Reihenfolge der Kanäle auseinander gehalten werden. So gehört der erste Datenstrang zu dem zuerst ausgelesenen Kanal 0, der hier die Werte für das Kippen um die X-Achse beinhaltet. Die Daten an zweiter Stelle gehören zum Kanal 1, den Y-Werten des Kippsensors. Der dritte und letzte Datenstrang ist Kanal 7 zuzuordnen, dem Abstandssensor.

Stellt man diese Spannungswerte nun als Plot in einem Signalverlaufdiagramm im Frontpanel dar (Abbildung 4-2), werden drei Plots angezeigt. Auch hier entspricht die Reihenfolge der ausgelesenen Daten der Reihenfolge der Kanäle. So entspricht der grüne Wert der X-Kippung, der rote der Y-Kippung und der blaue der verbleibenden Distanz.

Um in einer Extremsituation eine Warnung auszugeben, werden „LED“-Leuchtelemente in das Frontpanel in der Funktion einer Warnleuchte eingesetzt. Die Farbe jeder LED soll im leuchtenden Zustand dem des dazugehörigen Plots entsprechen. Um die LEDs zum richtigen Zeitpunkt aufleuchten zu lassen, müssen im Blockdiagramm noch einige Bausteine ergänzt werden. Zum einen müssen die drei Signale voneinander getrennt werden. Der entsprechende Baustein behält die Reihenfolge der Signale bei und gibt sie als drei einzelne Stränge aus. Anschließend wird ein Express-VI eingesetzt, um die Signale mit den Grenzwerten abzugleichen. Sobald das Signal die Grenzwerte erreicht, wird das Leuchten der LED ausgelöst (Abbildung 4-1).

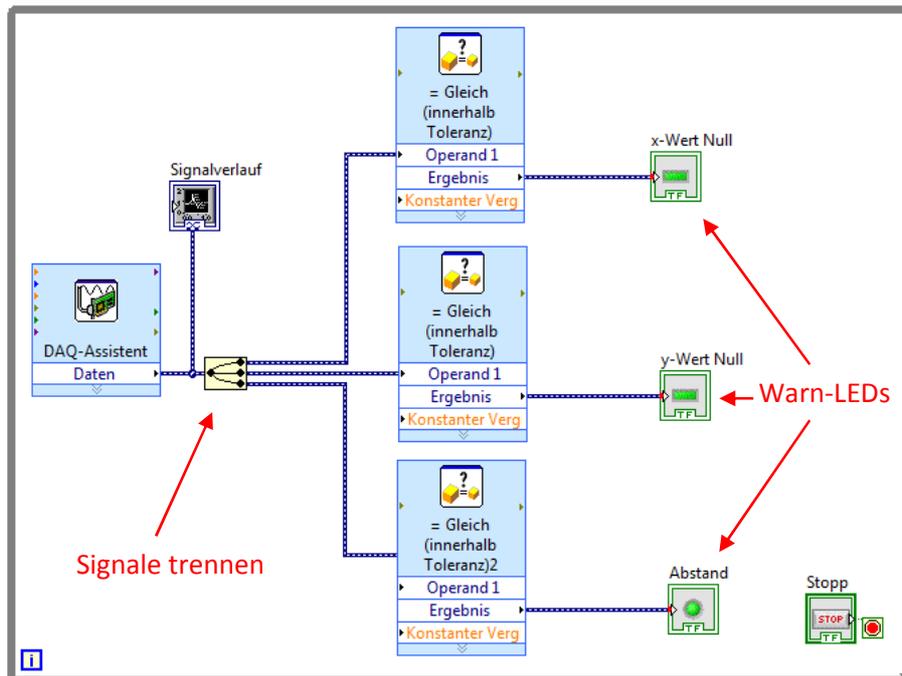


Abbildung 4-1: Blockdiagramm für das Programm der Sensorik

Um die Funktion des erstellten Programmes zu überprüfen, wird das WLAN-Chassis 9191 mit dem AI-Modul in den MAX eingelesen. Anschließend wird die Verbindung mit dem DAQ-Assistenten des LabVIEW Programms (Abbildung 4-1) erstellt. Das Programm wird gestartet und die drei Sensoren durch Kippen des Modellautos sowie Nähern und Entfernen eines Objektes vor dem Abstandssensor angesprochen. Es ist festzustellen, dass alle drei Sensoren angesprochen werden können und reagieren. Auf das Bedienen des Reset-Schalters für den Kippsensor reagiert dieser Sensor ebenfalls entsprechend.

Beim Ablesen der genauen Werte im Signalverlaufdiagramm fällt auf, dass diese nicht ganz dem ungestörten Zustand entsprechen. So sollte der Kippsensor auf dem Nullniveau auf jeder Achse eine Spannung von 2,5 Volt ausgeben und der Abstandssensor 0,55 Volt. Aber im ungestörten Zustand liegen die beiden Signale des Kippsensors nur bei 0,5 Volt und der des Abstandssensors bei -0,75 Volt. Sobald nur ein Signal verändert wird, zum Beispiel nur die Distanz vor dem Abstandssensor zu einem Objekt verringert wird (Abbildung 4-2), reagieren alle drei Signale. Im Extremfall, wie in Abbildung 4-2 festgehalten, gehen alle drei Spannungen gegen Null.

Somit kann festgehalten werden, dass sich die Signale gegenseitig stören. Momentan werden die Kabel zur Signalübertragung durch einen Kunststoffspiralschlauch zusammengehalten und auf der Seite der ESC durch das Modellauto geführt. Das separat isolierte Kabel des Kippsensors scheint nicht auszureichen, die drei Signale zu trennen. Außerdem wurde dieser Test der Software bei ausgeschalteter Elektronik des Modellautos durchgeführt. Daher ist anzunehmen, dass bei eingeschalteter Elektronik die Störungen noch signifikanter sein werden.

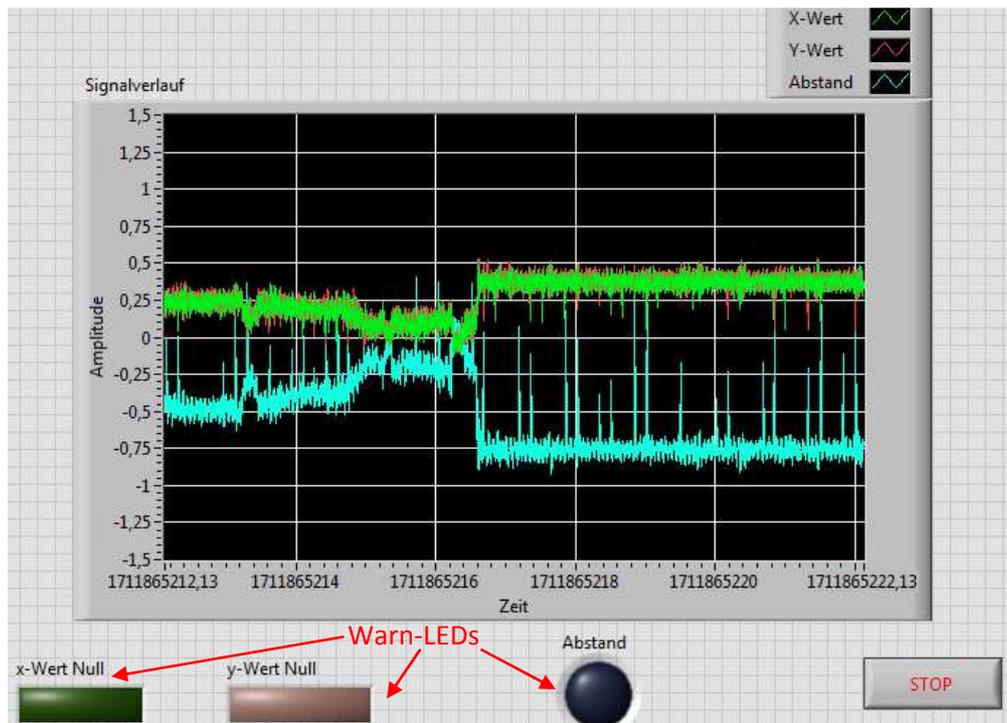


Abbildung 4-2: Frontpanel für das Programm der Sensorik

Um dieses Testergebnis zu verbessern, muss das Kabel zur Signalübertragung des Abstandssensors noch einmal separat isoliert werden und eventuell die Kabel außerhalb des Modellautos geführt bzw. angeklebt werden.

Um das Signalkabel des Abstandssensors besser zu isolieren, wird ein Kabel mit Abschirmung anstelle des einfachen Kabels an den Sensor gelötet (Abbildung 4-3). Dieses abgeschirmte Kabel besteht aus 4 Schichten. Außen befindet sich der Schutzmantel aus Gummi, darunter der Außenleiter, der zur Abschirmung dient und hierfür an den Ground mit angeschlossen werden muss. Die dritte Schicht besteht aus den Kabeln, die Signale oder Spannungen übertragen und um die innerste und vierte Schicht, die sogenannten Seele, herum angeordnet sind.



Abbildung 4-3: Abgeschirmtes Kabel zur Signalübertragung

Um die Abschirmung der Leitungen aller Sensoren zu gewährleisten, werden zwei zusätzliche Kabel an die Groundverbindung der Platine zur Stromversorgung gefügt (Kapitel 3.2.4). Diese Kabel werden mit der Abschirmung der beiden Datenkabel verbunden (Abbildung 4-4). Nun sind sowohl die Signale des Kippsensors, als auch die des Abstandssensors weitestgehend vor äußeren Einflüssen geschützt.



Abbildung 4-4: Anschließen der Abschirmungen an den Ground

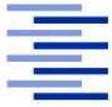
Nach dieser Modifizierung der Hardware wird das oben beschriebene Programm noch einmal ausgeführt, um die übertragenen Signale zu kontrollieren.

Wie in Abbildung 4-5 festgehalten ist, sind die Ausgangssignale trotz der Modifizierung immer noch auf dem falschen Niveau. Der abgebildete Signalverlauf zeigt außerdem die immer noch auftretende Reaktion der Signale aufeinander.



Abbildung 4-5: Signalverlauf nach hinzufügen der abgeschirmten Kabel

Da bei diesem Softwaretest nicht die gesamte Elektronik des Modellautos aktiv ist, sondern nur die Akkus in Reihe geschaltet sind, um die Chassis und Sensoren mit Spannung zu versorgen, kann dieser Störungsfaktor ausgeschlossen werden. Allerdings ist die ESC direkt an den Stromkreis mit angeschlossen und, obwohl der An-/Aus-Schalter auf Aus gestellt ist, könnte die ESC aktiv sein, was leider nicht kontrolliert werden kann. Daher muss dieser Elektrobaustein als potentielle Störquelle



überprüft werden. Beide abgeschirmten Signalkabel werden aus der Befestigung im Modellauto gelöst und, so weit möglich, außerhalb verlegt. Außerdem wird versucht, die Kabel mit Metall zusätzlich von der ESC abzuschirmen. Das Ergebnis bei einem neuerlichen Test der Software verändert sich nicht (Abbildung 4-6)

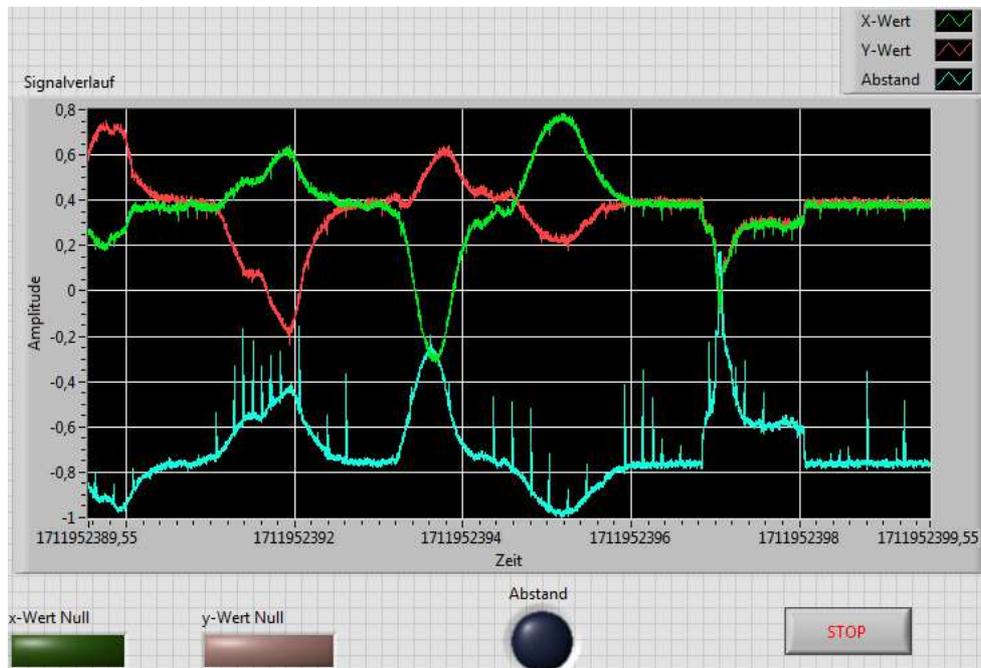


Abbildung 4-6: Signalverlauf bei größerer Entfernung der Signalkabel zu den Elektronikbausteinen

Um die Fehlerquelle besser finden zu können, werden die übertragenen Signale der Sensoren mit einem Oszilloskop gemessen. Diese Messungen werden einmal an den Sensoren und einmal am Ende der Signalkabel durchgeführt. So kann festgestellt werden, dass die Signale der Sensoren korrekt und ohne größere Störungen übertragen werden.

Aus diesem Grund werden nun die Eigenschaften des AI-Moduls nochmals überprüft. Dabei wird festgestellt, dass das Ground-Signal des Moduls nicht mit dem Chassis verbunden ist. Da die zu messenden Signale dieses Ground-Signal aber als Nullniveau benötigen, kann das oben beschriebene Fehlerbild hervorgerufen werden.

Nachdem das Modul mit dem Ground des Modellautos verbunden wurde, stellt sich der Signalverlauf wie in Abbildung 4-7 zu sehen, dar. Die drei Signale haben das richtige Spannungsniveau und reagieren unabhängig und richtig auf Impulse.

Das Nullniveau des Kippsensors liegt auf ca. 0,3 V und bei einem Impuls steigt die Spannung auf bis, bei maximaler Annäherung, etwas über 3 V.

Das Verhalten des Kippsensors ist für beide Achsen entsprechend. Der Sensor teilt seine Achsen jeweils in eine positive und negative Kipprichtung und gibt diese Richtung auch entsprechend in den Messdaten wieder. Das Nullniveau liegt bei 2,5 V, wenn der Sensor nun einen Neigungswinkel in die negative Richtung misst, steigt der Wert auf bis zu 5 V, wenn die Veränderung in die positive Richtung stattfindet, sinkt er auf 0 V.

Diese Signalverläufe sind dem Signalverlaufdiagramm nun entsprechend korrekt zu entnehmen.

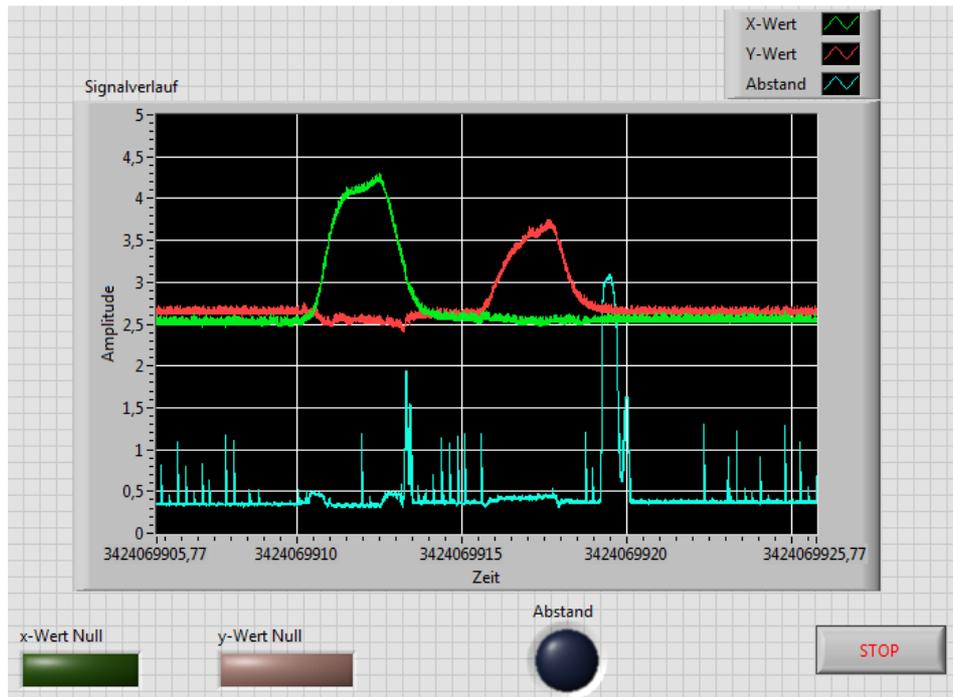
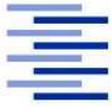


Abbildung 4-7: Signalverlauf der Sensoren mit angeschlossenem Ground

Auffällig sind noch die starken Störungen des Signals vom Abstandssensor. Diese würden in dieser Ausprägung das Auswerten der Daten über das Programm stark beeinträchtigen. Diese Art von Störung kann von Seiten der Software, zum Beispiel durch Filter, oder softwareunabhängig durch das Anbringen von Kondensatoren am Sensor weitestgehend bereinigt werden. Da die Signale im DAQ-Assistenten und MAX ohne zusätzliche Programme angezeigt werden, bietet sich die programmunabhängige Lösung, die Kondensatoren, an.

Um die starken Störungen im Signal zu glätten, werden zwei Kondensatoren direkt auf die Spannungsversorgung des Sensors gelötet (Abbildung 4-9). Es sind ein Kondensator mit großer Kapazität und einer mit kleiner Kapazität nötig, um die Signalkurve zu glätten. Der Kondensator mit der großen Kapazität, hier  $22\ \mu\text{F}$ , bereinigt die Störungen im niederfrequenten Bereich. Für das Gätten der Kurve im hochfrequenten Bereich wird ein Kondensator mit kleiner Kapazität, hier  $0,1\ \mu\text{F}$ , benötigt. Diese beiden Kondensatoren müssen direkt vor den Sensor parallel zu diesem in die Schaltung eingebracht werden (Abbildung 4-8).

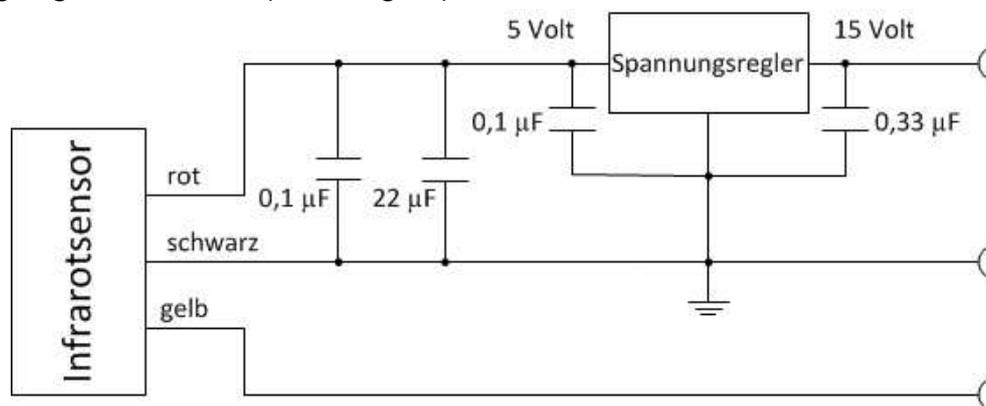


Abbildung 4-8: Schaltskizze des Infrarotsensors mit den Kondensatoren zum Entstören des Signals

Die Kondensatoren werden montiert, indem der große direkt auf die Verbindung zwischen Stromversorgung und Sensor gelötet wird. Der kleine Kondensator wird anschließend auf die Anschlüsse des großen Kondensators festgelötet (Abbildung 4-9).

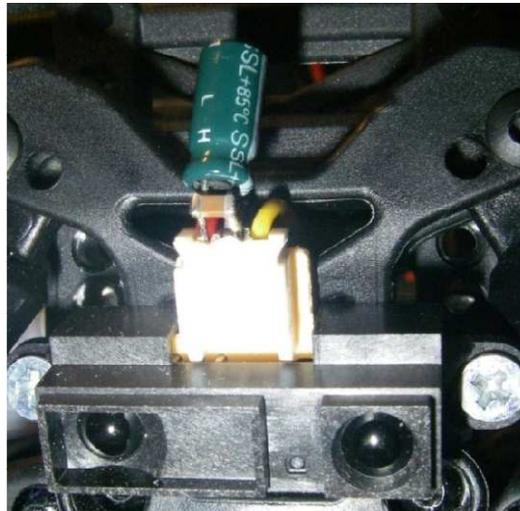


Abbildung 4-9: Abstandssensor mit den zusätzlichen Kondensatoren zum Entstören des Signals

Nachdem nun alle Signalverläufe richtig und in der nötigen Qualität ausgelesen werden können, werden die Einstellungen am Programm noch einmal überarbeitet. Um bei einem Kippen um alle messbaren Achsen warnen zu können, werden zulässige Bereiche definiert, alle Werte die außerhalb sind, also durch extreme Kippbewegungen entstehen, lösen die entsprechende Warn-LED aus. Auch für den Abstandssensor wurde der Warnbereich etwas modifiziert. Um hier früher warnen, also die LED auslösen zu können, wird eine „größer-gleich“-Funktion bei den ausgegebenen Spannungswerten angesetzt.

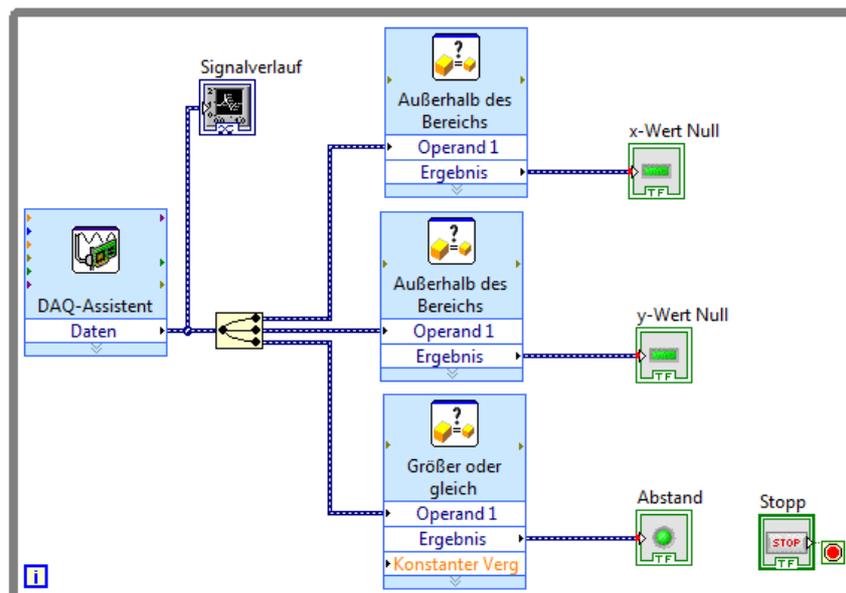


Abbildung 4-10: Endgültiges Programm der Sensorik

Nach diesem Anpassen der Software wird das Zusammenspiel von Hard- und Software noch einmal überprüft. Es entstehen die richtigen Signalverläufe und die Warn-LEDs werden korrekt, kurz vor dem



Erreichen der Extremwerte und während dem Verlauf des Signals innerhalb dieser Werte, ausgelöst (Abbildung 4-11).

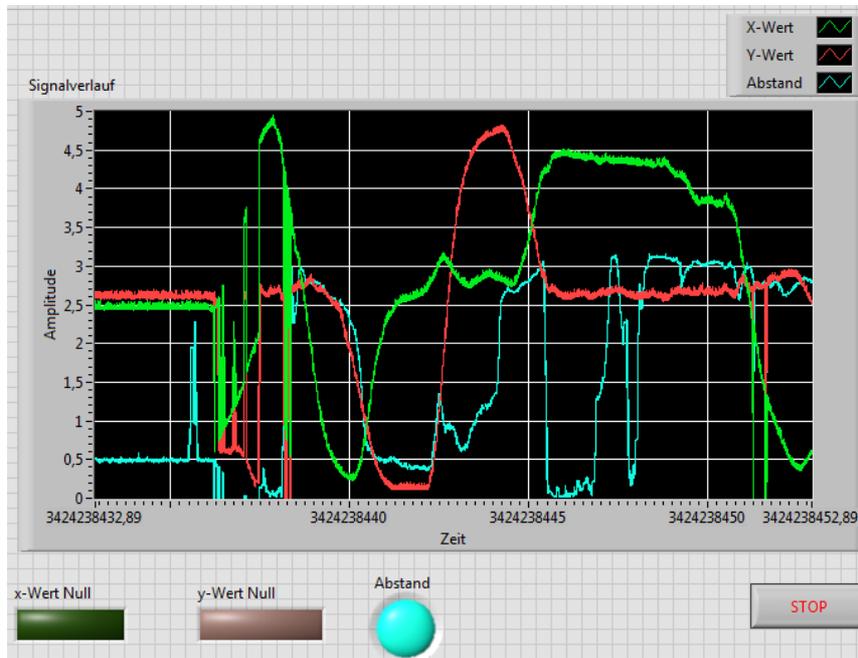


Abbildung 4-11: Korrekt entstehender Signalverlauf und funktionierende Warn-LEDs des neuen Programms

Der letzte Test soll zeigen, ob die andere Elektronik des Modellautos die Sensoren bzw. die Signalübertragung der Sensoren beeinträchtigt. Dafür wird, wie oben beschrieben, das Programm gestartet und während der Aufzeichnung des Signalverlaufs die restliche Elektronik eingeschaltet. Wie in Abbildung 4-12 zu erkennen, zeichnet sich weder das Anschalten der Elektronik im Signalverlauf ab, noch sind Störungen bei den Messungen der Sensoren zu erkennen.



Abbildung 4-12: Signalverlauf beim Einschalten der Elektronik des Modellautos

Damit ist das Programm für die Sensorik vollständig und funktionsfähig.



#### 4.1.2 Das erstellte Programm für die Aktorik

Bei der Aktorik muss zuerst bedacht werden, dass die digitalen Daten hier erstellt bzw. manuell kontrolliert werden. Daher nimmt die Benutzeroberfläche, das sogenannte „Frontpanel“, eine besonders wichtige Rolle ein. Es muss übersichtlich und leicht zu bedienen sein. Außerdem muss die Veränderung jeder Einstellung visualisiert werden, auch wenn keine Hardware angeschlossen ist.

Um dies zu erreichen, wurde ein Signalverlaufdiagramm zur Visualisierung der beiden Rechteckkurven genutzt. Hier werden sowohl Geschwindigkeit als auch die Lenkung durch ein Rechtecksignal in jeweils einem Fenster dargestellt. Die Signallänge, und damit die Geschwindigkeit und Richtung des Modellautos, soll an jeweils einem Regler verstellt werden können. Dafür wurden Schieberegler ausgewählt und beschriftet unter dem Signalverlaufdiagramm platziert. Da die Signale solange gesendet werden sollen bis der Benutzer diesen Vorgang stoppt, wurde eine große „While“-Schleife um alles gelegt. Für das Stoppen dieser Schleife ist der „Stop“-Knopf auf der Benutzeroberfläche vorhanden (Abbildung 4-14).

Nun wird im Blockdiagramm der eigentliche Quellcode erstellt. Die graphischen Elemente, die Schieberegler und das Signalverlaufdiagramm sind bereits innerhalb der „While“-Schleife vorhanden. Nun müssen diese Elemente entsprechend miteinbezogen werden. Da zwei getrennte Rechtecksignale erstellt werden müssen, wird das Express-VI „Signal simulieren“ zweimal getrennt verwendet. Der Signaltyp wird in diesem VI dafür auf Rechteck gestellt und die für unsere Auflösung benötigte Sample Zahl pro Sekunde angegeben. Diese SampleZahl ist in diesem Fall 100 000, da so die Rechtecksignale nicht verzerrt werden. Die Frequenz ist der Kehrwert der Periodendauer und daher die Größe, die mit dem Regler verstellt werden soll. Aus diesem Grund muss an diese Stelle vorläufig nur eine ungefähr stimmige Zahl eingetragen werden.

Da für die Regler die Periodendauer bei der Anzeige genutzt wird, um die Bedienung mit den Angaben von Sekunden etwas anschaulicher zu machen, muss die Periodendauer noch umgerechnet werden, bevor diese Eingaben für die Signalerstellung genutzt werden können.

Hierfür wird in einem Formel-VI einfach der Kehrwert der Periodendauer gebildet. Nach dem Zusammenfassen dieser beiden Signale können beide Signale mit dem Signalverlaufdiagramm visualisiert werden.

Als letztes wird das VI zum Ansteuern des DIO-Moduls eingefügt. Dieser „DAQ-Assistent“ muss nun entsprechend konfiguriert werden, damit die richtigen Kanäle mit den richtigen Daten versorgt werden. Außerdem benötigt dieses VI eine spezielle Signalart. Daher müssen die Daten, die bisher erstellt worden sind, vor dem Verbinden mit dem „DAQ-Assistenten“ noch konfiguriert werden. Die vorher erstellten komplexen Daten heißen dynamische Daten. Diese müssen nun in einfachere boolische Daten umgewandelt werden. Boolische Daten beinhalten nur ein AN oder AUS, was also einem sehr einfachem digitalen Signal entspricht. Da das Modul, das angesteuert werden soll, aber nur ein digitaler Output ist, wird genau diese Art von einfachem Datensatz benötigt.

Um die Geschwindigkeit nun über den 1. Kanal des DIO-Moduls (Kapitel 3.2.4.3; Abbildung 3-36) steuern zu können und die Lenkung über den 18. Kanal (Kapitel 3.2.4.3; Abbildung 3-36), müssen diese beiden Kanäle auch in dieser Reihenfolge beim „DAQ-Assistenten“ hinzugefügt werden (auf Grund interner Benennungen ist der Kanal 18 hier mit „line 15“ gleichzusetzen). Anschließend sollte das entstandene Programm entsprechend der Abbildung 4-13 aussehen.

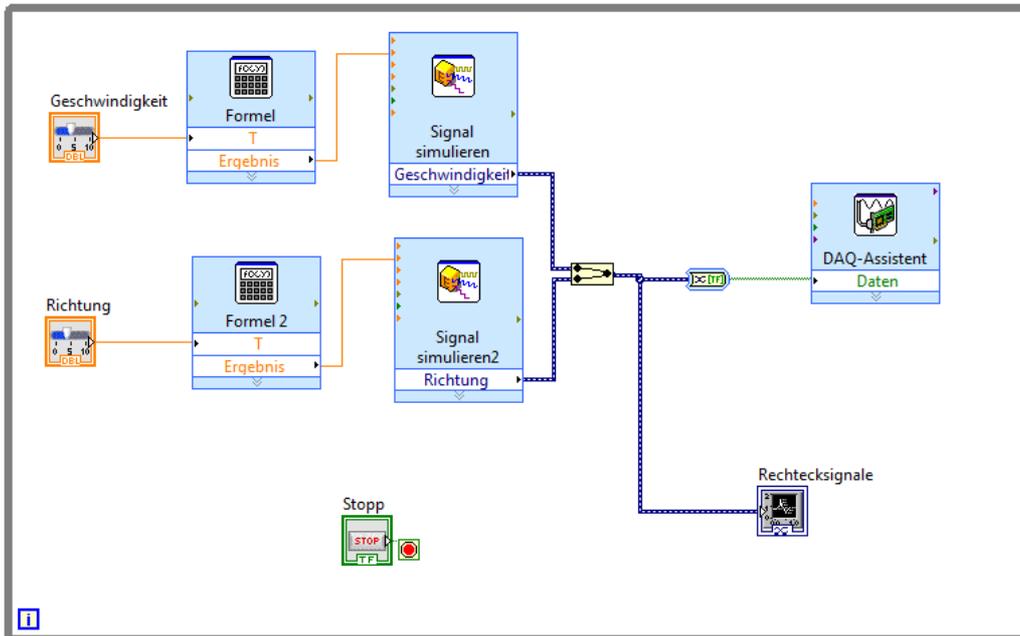


Abbildung 4-13: Erstelltes Programm im Blockdiagramm

Bei einem ersten Versuch ohne angeschlossenes Modellauto sieht die Benutzeroberfläche aus, wie in Abbildung 4-14 dargestellt.

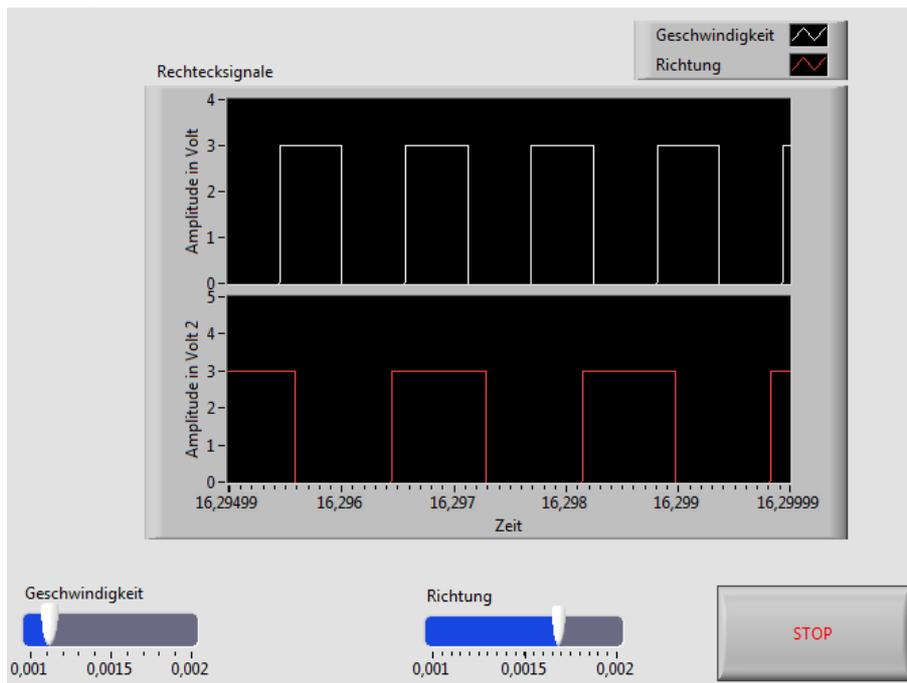


Abbildung 4-14: Die Benutzeroberfläche des aktiven Programms für die Aktorik

Zu sehen ist auf der Abbildung 4-14 ebenfalls, dass die Geschwindigkeit und die Richtung richtig angesprochen werden. Der neutrale Punkt der Regler liegt bei Geschwindigkeit (Modellauto steht) und Richtung (Reifenausrichtung geradeaus) bei 0,0015 s also 1,5 ms. Die Geschwindigkeit wurde gedrosselt und der dazugehörige helle/weiße Graph zeigt die resultierende Signalverkürzung, wie in Abbildung 4-14 zu sehen, an. Bei der Richtung wurde die Signalzeit etwas erhöht, was einem Lenken



nach links entsprechen würde, auch dafür zeigt der rote Graph die notwendige Signalverlängerung an (Abbildung 4-14).

Nach diesem ersten Test wird an die beiden angesprochenen Kanäle des DIO-Moduls ein Oszilloskop angeschlossen, um zu überprüfen, ob die Signale auch korrekt ausgegeben werden. Diese Messung ergibt verzerrte Signale, die eine sich immer verändernde Signallänge aufweisen. Beim näheren Untersuchen dieses Fehlerbildes fällt auf, dass die Signale schon nach dem Umwandeln in die booleschen Signale verfälscht sind. Dies lässt vermuten, dass die dynamischen Signaldaten zwar in Arrays zusammengefasst werden können und dabei in der Reihenfolge bleiben, aber beim Umwandeln in andere Datenformate diese Arrays anders interpretiert werden. Außerdem fällt auf, dass die Informationen stoßweise am Chassis ankommen. Dies liegt an der Art der Informationsübertragung über WLAN. WLAN sendet Informationen paketweise, daher stellt sich eine Verzögerung und Vermischung der Signale auch dann ein, wenn diese sauber aus dem Programm an die Chassis gesendet werden würden. Diese Vermischung und Verzögerung der Signale ist so stark, dass die Aktorik des Modellautos, wenn diese für einen Test angeschlossen wird, gar nicht reagiert. Die Signale können nicht erkannt werden.

Aus diesem Grund erweisen sich die Express-VIs für diese Anwendung als ungeeignet. Es kann weder eine ausreichende Datenübertragung gewährleistet werden, noch können die einzelnen Funktionen der Express-VIs spezifisch programmiert werden. So sind deren Funktionen nur begrenzt zu beeinflussen und zu kontrollieren.

Die WLAN-Chassis bieten auch die Möglichkeit Signale „on board“ zu erzeugen. Hierfür müssen die notwendigen Größen zur Erstellung der Signale an das Chassis gesendet werden, dieses erstellt dann das entsprechende Signal selber und gibt es über das Modul aus [cDAQ]. Um dies zu erreichen, muss das Programm neu aufgebaut werden.

Die Bausteine, die für diese Art von Programm verwendet werden müssen, sind vor allem „DAQmx“ Blöcke, die für alle DAQmx-Module einsetzbar und daher sehr allgemein sind. Diese Blöcke sind zum Erstellen des Tasks, also der Aufgabe, die an das Chassis gesendet wird, zuständig. Außerdem werden die auftretenden Fehler, hier Error genannt, von diesen Bausteinen überprüft und gegebenenfalls ausgegeben. Wegen der allgemeinen Nutzbarkeit der Blöcke müssen viele Informationen manuell eingestellt werden.

Im Rahmen dieses Projektes konnten bisher noch keine Erfahrungen mit diesen „DAQmx“-Blöcken gesammelt werden, deshalb wird das Programm zunächst nur auf einen Kanal bezogen und mit einem Oszilloskop das ausgegebene Signal auf Richtigkeit überprüft.

In dem Programm wird mit dem „DAQmx“-Baustein zum Erstellen eines Task begonnen, dieser legt einen neuen und noch leeren Task an. Anschließend wird mit „Kanal erzeugen“ ein Kanal für den digitalen Output in dem leeren Task erzeugt. So wird festgelegt, auf welchem Kanal und mit welchem Datentyp das Signal später ausgegeben wird. Der nächste Baustein ist für das Timing zuständig, hier wird eingestellt, wie viele Samples maximal erstellt werden dürfen, hier 100 000 (in Übereinstimmung mit den internen Regenerations- und Taktfrequenzen des Chassis) und wie viele Samples pro Kanal erstellt, hier 2000 und wie diese getimet werden. Der eingestellte „Sample-Takt“ zusammen mit der „Onboard Clock“ bedeuten, dass das Timing von dem Chassis übernommen wird. Auf diese Weise können die digitalen Daten schneller und genauer erzeugt werden (Abbildung 4-15).

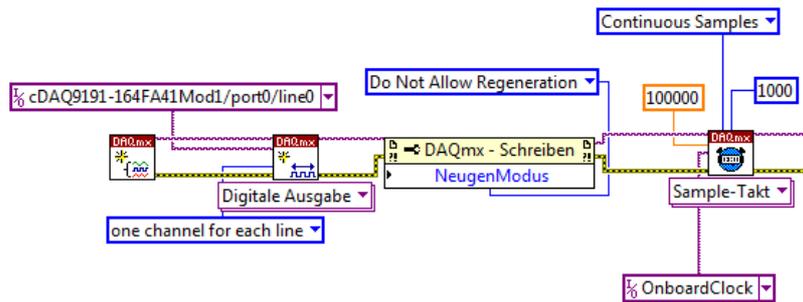
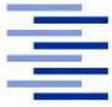


Abbildung 4-15: Erster Teil des neuen Programms

Da bei hardwaregetimten Vorgängen immer in Puffer eingesetzt werden muss, wird dieser im nachfolgenden Baustein „Ausgangspuffer konfigurieren“ manuell eingestellt, um einen automatisch eingestellten und vielleicht zu großen Puffer zu vermeiden. Hiernach werden erste Daten für den Task erstellt, um den Puffer vor dem Start vorbelegen zu können. Dafür wird ein Array in der nötigen Länge erstellt und in den Puffer eingelesen. Da 1000 Samples für den benutzten Kanal erstellt werden, muss auch der Array, der ein Platzhalter sein soll, dieselbe Länge haben. Anschließend wird der Task mit dem entsprechenden Baustein gestartet (Abbildung 4-16).

Der graue Rahmen, der die nachfolgenden Blöcke umgibt, stellt die „While“-Schleife dar und sorgt dafür, dass die darin eingeschlossenen Schritte solange wiederholt werden, bis der „Stop“-Knopf im Programm gedrückt wird oder bis ein Error auftritt. In der Schleife befindet sich wieder ein Baustein, um Daten in den Task zu schreiben. Diese Daten werden im unteren Teil der „While“-Schleife erzeugt. Sie werden aus dem übermittelten Wert des Schiebereglers, auf dem Frontpanel vom Benutzer zu verändern, und einigen vorbelegten Arrays in der „For“-Schleife zusammengesetzt. Diese Daten werden dann sowohl zur Erzeugung des Signals verwendet als auch in einem Grafen auf dem Frontpanel ausgegeben (Abbildung 4-17).

Vor dem Ende der „While“-Schleife wird mit einem logischen „ODER“ noch festgestellt, ob ein Fehler, also ein Error, während des bisherigen Programmdurchlaufs aufgetreten ist oder der „Stop“-Knopf auf dem Frontpanel (Abbildung 4-17) bedient wurde und die „While“-Schleife damit abgebrochen werden muss. Wenn dies nicht der Fall ist, läuft das Erstellen und in-den-Task-schreiben des Arrays weiter. Wenn das Programm gestoppt wurde oder ein Fehler aufgetreten ist, springt es auf den ersten Block hinter der „While“-Schleife.

Dieser Block stoppt den Task, der darauf folgende Block löscht alle für den Task erstellten Eingaben. Der letzte Block ist der sogenannte „einfache Fehlerbehandler“, dieser ist dafür zuständig, aufgetretene Fehler bzw. Errors anzuzeigen (Abbildung 4-16).

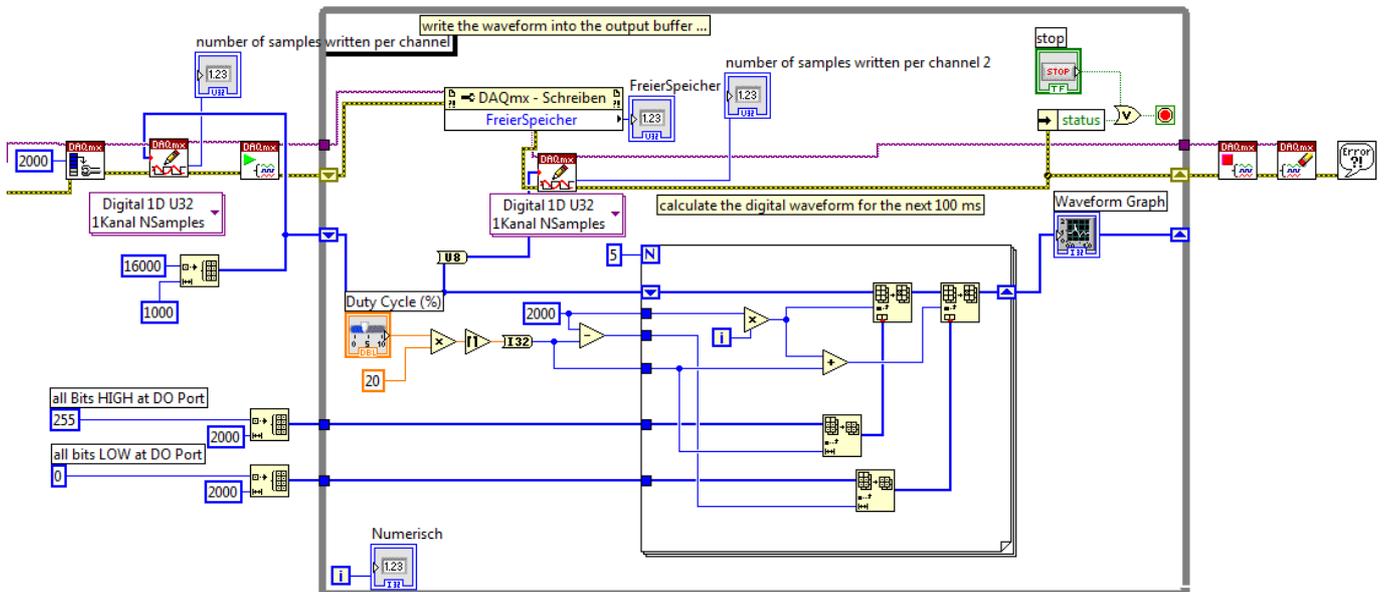


Abbildung 4-16: Zweiter Teil des neuen Programms

Wenn das Programm aktiv ist, stellt sich das Frontpanel, wie in Abbildung 4-17 festgehalten, dar. Der „Waveform Graph“ gibt die digitalen Signale wieder. Allerdings sind diese auf die Anzahl der Samples, also 1000 eingestellt, daher ist immer nur ein Signal zu sehen.

Dieses Signal kann mit dem Schieberegler „Duty Cycle“ in der Länge verändert werden. Mit dem „Stop“-Knopf wird das Programm beendet. Die anderen Fenster sind für das Programmieren gedacht und dienen als Kontrolle. Diese werden in der endgültigen Benutzeroberfläche, sobald das Programm vollständig kontrolliert ist, selbstverständlich herausgelöscht.

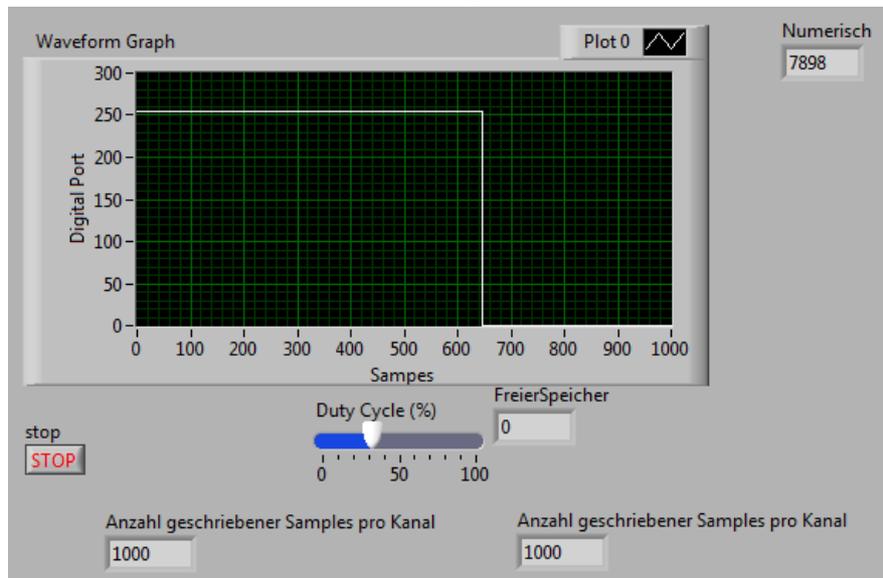


Abbildung 4-17: Frontpanel des Programms zur Erzeugung des PWM-Signals

Schließt man nun den digitalen Output des DIO-Moduls an ein Oszilloskop, um die ausgegebenen Daten zu kontrollieren, kann festgestellt werden, dass nach dem Aktivieren des Programms das richtige Signal ausgegeben wird. Sobald allerdings die Signallänge verändert werden soll, zeigt sich



eine starke Verzögerung am Oszilloskop. Auffällig ist außerdem, dass diese Verzögerung größer wird, umso länger das Programm aktiv ist.

Dieses Fehlerbild legt nahe, dass erst alle noch vorhandenen Signale aus dem Puffer des Chassis ausgelesen werden, bevor die neuen Signale an der Reihe sind. Mit zunehmender Laufzeit häufen sich die Daten im Puffer an und die Reaktionszeit des digitalen Ausgangs auf Signaländerung nimmt zu.

Da beim Starten des Programms der eingestellte Wert des Schiebereglers immer sehr schnell eingespielt wird, liegt die Idee nahe, das Programm noch einmal zu erstellen und in der „While“-Schleife dafür zu sorgen, dass bei jeder Veränderung des Schiebereglers der Task neu ausgelöst wird, um sich dieses anfänglich schnelle Reagieren zu Nutze zu machen.

Der erste Teil des Programms bleibt gleich (Abbildung 4-18), sowie auch der letzte (Abbildung 4-19).

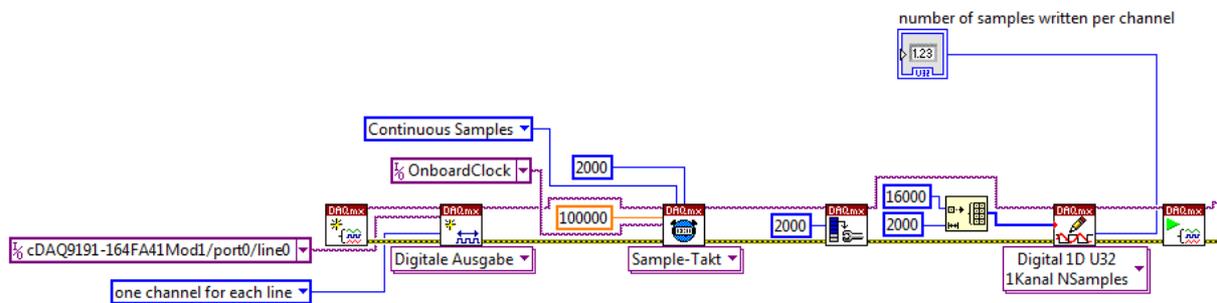


Abbildung 4-18: Erster Teil des neuen Programms mit der Ereignisstruktur

In der „While“-Schleife wird nun, im Falle dass der Wert am Schieberegler verändert wird, das in Abbildung 4-19 zu sehende Programm durchlaufen. Dies nennt sich eine Ereignisstruktur. Diese Struktur sorgt dafür, dass in bestimmten Fällen bestimmte Programme durchlaufen werden. Der Rahmen um diese Struktur herum heißt „Sequenz“ und stellt sicher, dass zuerst alle Schritte in der Ereignisstruktur vollständig durchlaufen werden, bevor die „While“-Schleife ein Wiederholen oder, wenn der „Stopp“-Knopf betätigt wurde, ein Abbrechen dieses Vorgangs veranlasst.

Das in Abbildung 4-19 dokumentierte Ereignis ist das Verändern des Schiebereglers. Wenn dies geschieht, dann wird der Task gestoppt und neu gestartet. Anschließend werden die Daten neu in den Task geschrieben, um die anfänglich schnelle Anpassung ausnutzen zu können (Abbildung 4-19).

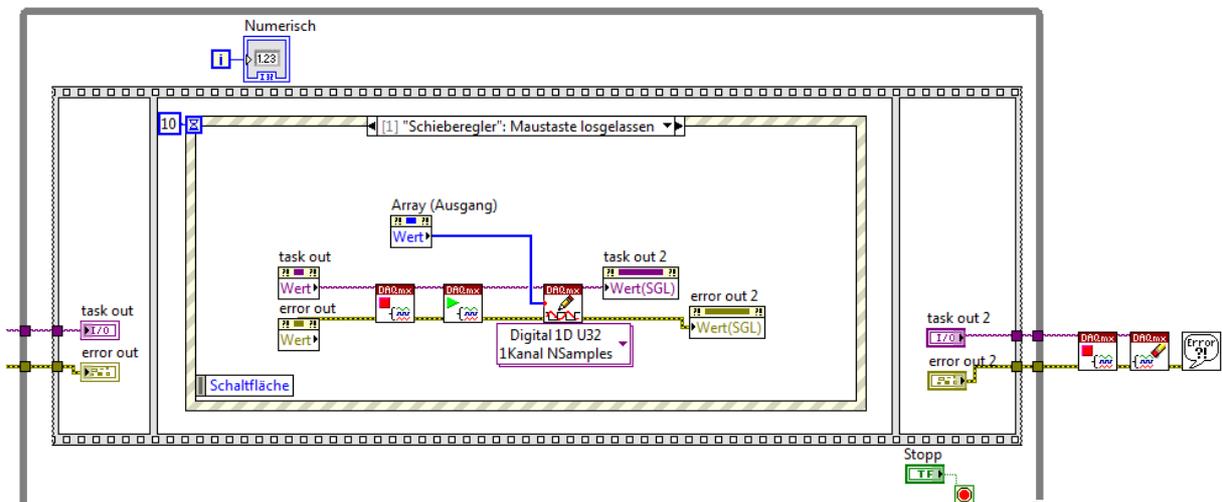


Abbildung 4-19: Zweiter Teil des neuen Programms mit der Ereignisstruktur, wenn sich der Wert ändert

Wenn der Schieberegler nicht verändert wird, dann wird das Ereignis „Timeout“ vom Programm durchlaufen (Abbildung 4-20). In diesem Teil des Programms wird der Array, wie auch im vorherigen Programm, mit dem alten Wert des Schiebereglers erstellt und in den Baustein „Task schreiben“ eingelesen.

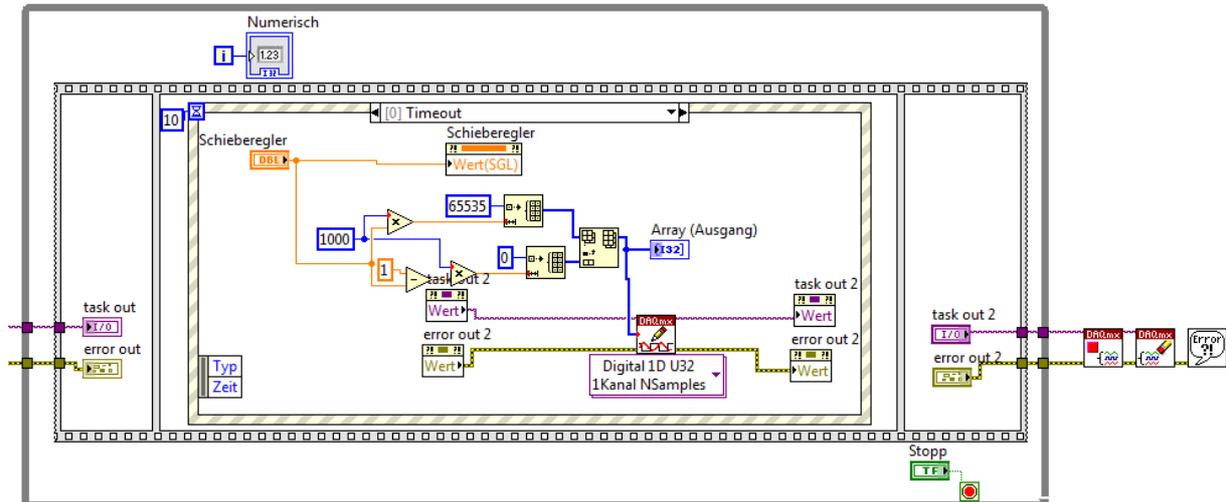


Abbildung 4-20: Zweiter Teil des neuen Programms mit der Ereignisstruktur, wenn sich der Wert nicht ändert

Beim Ausführen dieses neuen Programms ist auf dem Oszilloskop eine deutliche Signelpause, verursacht durch das Beenden vor jeder Wertänderung, zu sehen. Hinzu kommt auch hier, dass die Reaktionszeit auf die veränderten Werte hoch ist. Somit scheint, trotz Abbrechen des Tasks, der Puffer nicht automatisch geleert, sondern erst die alten Daten vollständig ausgelesen zu werden.

Somit muss nun abgewogen werden, ob das zweite Programm geeigneter ist. Hinzu kommt die Frage, ob es eine Möglichkeit gibt, den Puffer vom Programm direkt leeren und mit neuen Daten beschreiben zu lassen.

Es wird sich für eine etwas modifizierte Variante der Ereignisstruktur als Programm für die Aktorik entschieden. Der Beginn des Programms entspricht den beiden bereits entworfenen Möglichkeiten, nur das hier nach dem Festlegen der Puffergröße pro Kanal explizit die Regeneration, also das Überschreiben von alten Daten im Puffer, erlaubt wird. Um das Programm etwas übersichtlicher zu gestalten, werden einige Blöcke nicht mehr als Symbol dargestellt. Die Berechnung der benötigten Arrays wird in einem so genannten „Sub VI“ zusammengefasst und mehrfach als Berechnungsfunktion verwendet. Dieses Programm für die Aktorik ist außerdem auf das Ausgeben von Signalen auf zwei Kanälen ausgelegt. Daher werden zwei Arrays zusammengefasst und der Block für die zu schreibenden Daten entsprechend auf 2D umgestellt (Abbildung 4-21).

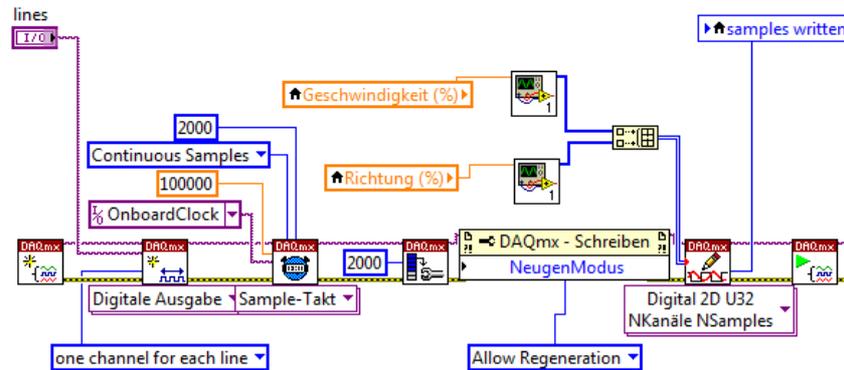


Abbildung 4-21: Erster Teil des endgültigen Programms für die Aktorik (A3)

Der Inhalt der „While“-Schleife wurde etwas modifiziert, um die Berechnungen zu beschleunigen. Diese Schleife wird dafür eingesetzt, dass die zutreffende Eventstruktur immer wieder durchlaufen wird, bis der Stop-Knopf gedrückt oder ein Error ausgelöst wird. Das Event wurde etwas modifiziert, so wird nun erst neu berechnet, wenn einer der beiden Schieberegler verändert wurde und die Maustaste zum endgültigen Auswählen der Position wieder losgelassen wurde. Es befinden sich auch die beiden Schieberegler in der Schleife, mit deren neuen Werten über das „Sub VI“ der neue 2D-Array berechnet und in den Schreib-Block eingelesen wird. Außerdem befindet sich der „Waveform Graph“ in diesem Event (Abbildung 4-22).

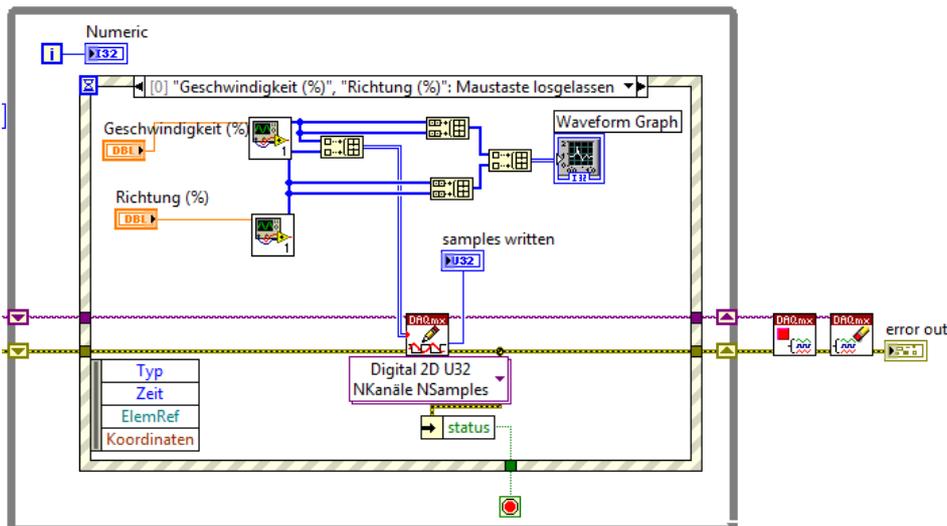


Abbildung 4-22: Zweiter Teil des endgültigen Programms für die Aktorik, Event: „Maustaste losgelassen“ (A3)

Die Daten des oben beschriebenen Events werden nun im Chassis so lange zur Erstellung des Signals verwendet, bis das Event wieder ausgelöst wird oder das zweite Event, das Anklicken des „Stop“-Knopfes, aktiv wird. Im Fall des zweiten Events wird dann der Task direkt aus der „While“-Schleife hinausgeleitet und wie oben beschrieben abgeschlossen (Abbildung 4-23).

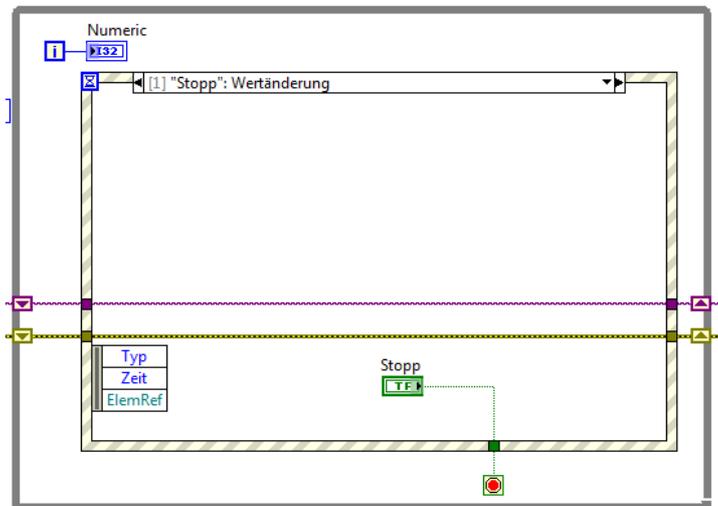


Abbildung 4-23: Zweiter Teil des endgültigen Programms für die Aktorik, Event: „Wertänderung von Stop“

Das eingesetzte Sub-VI enthält die Berechnung der Datenarrays. Dafür muss ein Wert für den Schieberegler eingelesen werden. Dieser Wert kann von einem Schieberegler direkt (Abbildung 4-22) oder von dem Eigenschaftsknoten eines Schiebereglers (Abbildung 4-21) in den Block weitergegeben werden. Anschließend wird mit diesem Wert der veränderliche Teil des Arrays berechnet. Der erste und der letzte Teil des Arrays müssen immer gleich sein, daher werden diese nur erstellt, nicht berechnet (Abbildung 4-24). Der hier erstellte Array soll später eine Rechteckkurve, das PWM-Signal, darstellen, die erste Millisekunde davon muss das Signal mindestens auf „High“, also „An“, gestellt sein und die letzten 18 ms muss es auf „Low“/„Aus“ stehen. Der einzige veränderliche Teil ist die zweite Millisekunde. In dieser entscheidet sich, ob das Auto vorwärts, rückwärts, nach rechts oder links fährt. Daher wird in den Sub-VI nur diese Millisekunde berechnet (Abbildung 4-24).

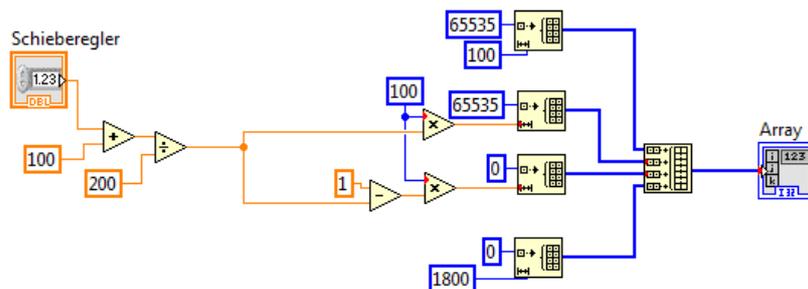


Abbildung 4-24: Das erstellte Sub-VI

Das Frontpanel dieses Programms zeigt den „Waveform Graph“ zur Veranschaulichung der erstellten Signale, darunter können die „lines“, also die Ausgabekanäle für die Signale, hier line0 und line15, festgelegt werden. Darunter befindet sich der „Stop“-Knopf zum Beenden des Programms. Die beiden Schieberegler Geschwindigkeit und Richtung sind die beiden unteren Elemente und mit diesen kann die Geschwindigkeit des Vorwärts- und Rückwärtsfahrens in Prozent eingestellt werden bzw. die Fahrtrichtung, rechts oder links, ausgewählt und die Stärke der Lenkbewegung ebenfalls in Prozent eingestellt werden.

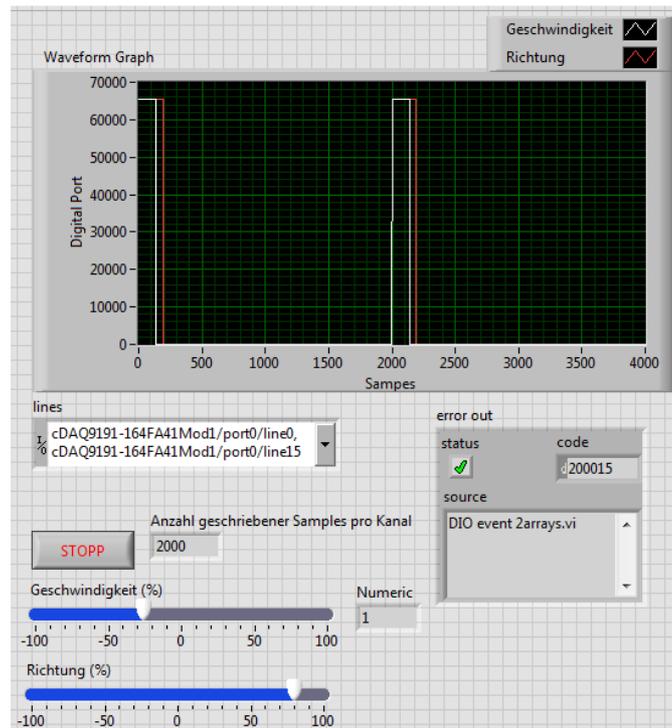


Abbildung 4-25: Frontpanel des endgültigen Programms

Beim Test am Oszilloskop und am Modellauto funktioniert dieses Programm. Beim Betrieb des Modellautos mit diesem Programm bremst das Auto sofort ab, sobald der „Stop“-Knopf benutzt wird. Nur die Veränderungen am Schieberegler werden immer noch nur mit Verzögerung umgesetzt. Aus diesem Grund wird der Puffer des Chassis überprüft.

Der Puffer ist ein Teil eines elektronischen Speichers, in den Daten vorübergehend geschrieben und wieder ausgelesen werden können. Das Chassis besitzt einen „Onboard“ Puffer dieser Art, der nach dem so genannten „FIFO“-Prinzip funktioniert. Die Abkürzung „FIFO“ heißt ausgeschrieben „First In First Out“ und bedeutet, dass die Daten, die zuerst in den Puffer geschrieben werden, auch zuerst wieder ausgelesen werden. Außerdem kann durch das Auslesen der Position in Puffer, also an welcher Stelle gerade die Daten ausgelesen werden, festgestellt werden, dass es sich hier um einen Ringpuffer handelt. In diesem werden die alten und nicht mehr benötigten Werte automatisch mit neuen überschrieben.

Aufgrund dieser Voraussetzungen des Puffers und der Angaben, die im Programm für den Puffer bereit gestellt wurden, zum Beispiel nur so viel Samples hineinschreiben, wie erstellt werden, kann festgehalten werden, dass der auftretende Fehler nicht am Puffer liegen kann.

Es ist möglich, dass die Synchronisation des Chassis mit dem Programm nicht oft genug stattfindet bzw. nicht immer direkt nach dem Ändern der Werte, und so diese Verzögerung hervorgerufen wird. Überprüft man die Kommunikationsrate, die im Handbuch angegeben ist, findet man die entsprechenden Vorgaben für eine WLAN-Verbindung, 54 Mbps, und für eine Ethernetverbindung, 10/100 Mbps [cDAQ]. Diese Kommunikation soll nun durch eine Messung bestätigt werden. Hierfür wird das Chassis mit dem DIO-Modul über ein Ethernetkabel an den Computer geschlossen. Diese Verbindung ist schneller als die WLAN-Verbindung und sie kann besser überprüft werden. Beim Ausführen des Programms für die Aktorik tritt auch mit dieser Verbindung die Verzögerung auf. Beim Messen der Verbindung mit einem externen Programm, soll kontrolliert werden, wie hoch die



Kommunikation zwischen dem Programm und dem Chassis ist und ob dort Fehler entstehen. Diese Messung ergab eine schnelle Kommunikation, also ein häufiges Versenden von Datenpaketen, abhängig von der zu übertragenden Datenmenge. Die versendeten Datenpakete sind jedesmal vollständig übertragen worden. Damit kann festgestellt werden, dass die Kommunikation zwischen LabVIEW und dem Chassis bzw. die Synchronisation nicht der Grund für die Verzögerung in diesem Programm ist.

Nach diesen Tests wird deutlich, dass der Grund für die verzögerte Reaktion nur durch tiefer greifende und umfassendere Prüfungen zu finden ist. Da dies den Zeitrahmen dieses Projekts überschreitet, werden diese Prüfungen hier nicht durchgeführt.

Das endgültige Programm wird einmal kopiert und mit dem Zusatz „safe“ versehen. In diesem Programm bleibt alles gleich, nur der Wertebereich der Geschwindigkeit wird verändert, es kann nur noch eine Geschwindigkeit zwischen -25% und 15% eingestellt werden. Diese Veränderung ist zwar nicht auf dem Frontpanel zu erkennen, da die Skala gleich bleibt, aber mit dieser Modifikation kann das Modellauto nicht mehr zu schnell gefahren werden. Diese Einstellung ist zum Schutz der Hardware gedacht.

#### **4.1.3 Das Zusammenfügen der Programme von Sensorik und Aktorik**

Das oben erstellte Programm für die Sensorik und das Programm für die Aktorik werden nun in einem einzigen Programm zusammengefasst. Dadurch ist es möglich, durch entsprechende Verbindungen und Funktionen, dass sich die Sensoren und Aktoren gegenseitig beeinflussen können. So könnte bei einer aufleuchtenden Warn-LED, zum Beispiel für die X-Richtung, die Geschwindigkeit verändert werden.

Beim Erstellen dieser Verbindungen müssen drei Faktoren bedacht werden. Diese Faktoren sind der Anwender, die Natur der Sensoren und die Reaktionszeit des Programms für die Aktorik.

Wenn zum Beispiel eine Warnung für den Abstand gegeben wird, ist es möglich, die Geschwindigkeit zu verringern, zu stoppen oder rückwärts zu fahren. Die gleichen Möglichkeiten gibt es, wenn eine Warnung für das Kippen um die X-Achse, also Querachse des Autos, ausgegeben wird. Wenn ein extremes Kippen um die Y-Achse, also Längsachse, geschieht, könnte man in die entgegengesetzte Richtung lenken. Diese Art der Einflussnahme des Programms hat allerdings zwei Nachteile. Durch die zu geringen elektronischen Informationen, die zur Verfügung stehen, kann nicht gewährleistet bzw. überprüft werden, ob eine oben genannte Reaktion die jeweilige Situation verbessern würde. Es würde immer die Möglichkeit bestehen, die Situation noch gefährlicher zu machen. Außerdem geben die Sensoren nur die IST-Situation wieder, es kann nicht vorausschauend eingegriffen werden. Hinzu kommt, dass die Reaktionszeit des Aktorikprogramms zu langsam ist, daher können die Einstellungen erst zu spät umgesetzt werden. Das größte Problem ist der Anwender, dieser wird beim Sehen der Extremsituation reagieren und in die Einstellungen des Programms zum Vorteil oder zum Nachteil eingreifen.

Aus diesem Grund wird präferiert, dass das Programm beendet wird, sobald eine Warnung der Sensoren an die LEDs gesendet wird. Somit kann weder der Anwender noch das Programm falsch reagieren und die Reaktion auf den „Stop“-Knopf ist auch im Aktorik-Teil des Programms unmittelbar.



Zur Erstellung dieses Programms wird das Sensorikprogramm in die „While“-Schleife des Programms Aktorikprogramms hineinkopiert. Um die Übersichtlichkeit etwas zu erhöhen, wird der Beginn des Aktorikprogramms und die drei Express-VIs des Sensorikprogramms jeweils in ein Sub-VI zusammengefasst (Abbildung 4-26). Um die oben beschriebene Reaktion zu erhalten, werden die Signale, die die Warn-LEDs im ehemaligen Sensorikprogramm auslösen, in einen boolischen Wert umgewandelt und durch eine „ODER“-Funktion festgestellt, ob eine oder mehrere Warn-LEDs ausgelöst werden. Durch eine neuerliche „ODER“ Funktion wird die „While“-Schleife des Sensorikprogrammteils beendet sobald eine der Warn-LEDs leuchtet oder der Stop-Knopf gedrückt wird. Für die große „While“-Schleife, die auch das Aktorikprogramm beendet, wird entsprechend vorgegangen, hier wird mit einer „ODER“-Funktion ebenfalls entweder bei einem auftretenden Error im Aktorteil oder wenn die Warn-LEDs im Sensorikteil ausgelöst werden, das Programm gestoppt (Abbildung 4-26). Das zweite Event entspricht weiterhin dem in Kapitel 4.1.2 erstellten Aktorikprogramm (Abbildung 4-23) und beendet das Programm der Aktorik ebenfalls durch das Drücken des Stop-Knopfes.

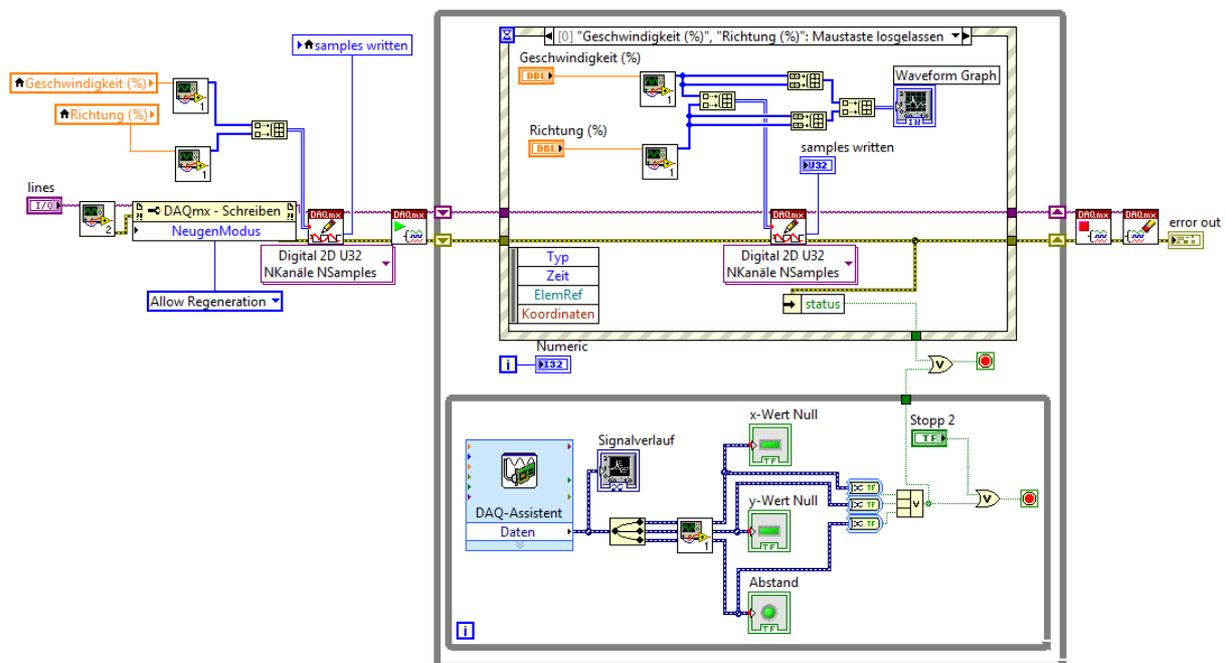


Abbildung 4-26: Zusammengefasstes Programm für Aktorik und Sensorik

Für die Benutzeroberfläche werden ebenfalls alle Elemente der beiden einzelnen Programme zusammengefasst. Durch eine etwas veränderte Anordnung wird das Programm der Bildschirmgröße angepasst. Auf der linken Seite befindet sich der „Waveform Graph“, welcher weiterhin die erstellten PWM-Impulse anzeigt, unter diesem sind die Bedienelemente für die Aktorik angeordnet. Nur das Ausgabefeld für eventuell auftretende Fehler „Error out“ ist auf die rechte Seite verschoben worden, da für den Sensorikteil nicht so viele Bedienelemente nötig sind. Der Signalverlauf der Sensorik wird auf der rechten Seite des Frontpanels aufgezeichnet und die Warn-LEDs befinden sich darunter. Der Stop-Knopf gilt für das gesamte Programm, er befindet sich unter den Warn-LEDs (Abbildung 4-27).

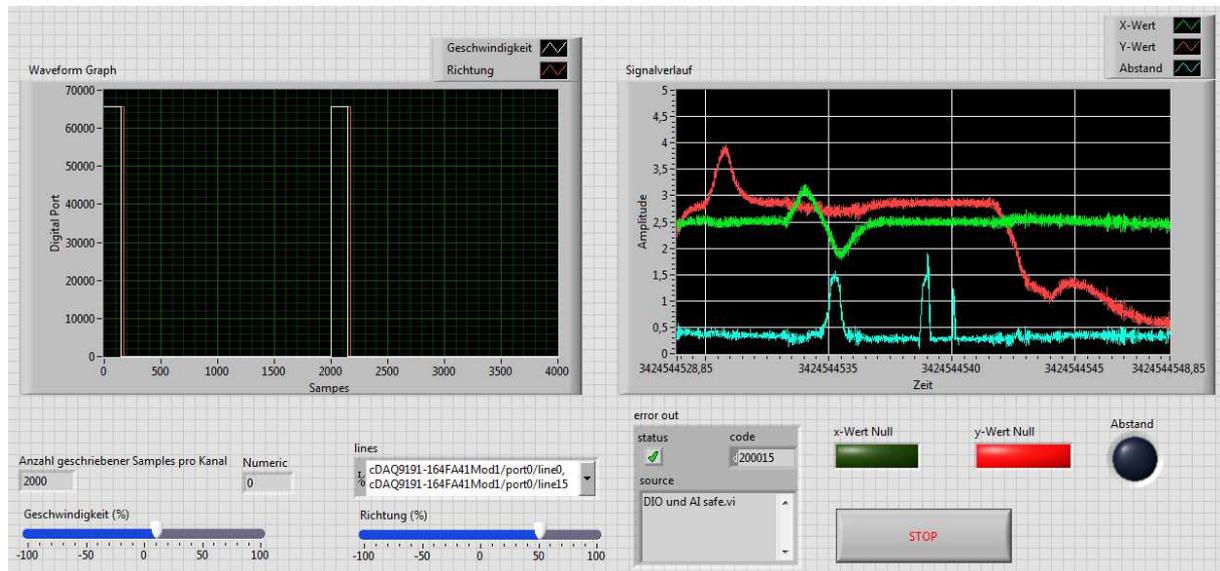


Abbildung 4-27: Benutzeroberfläche des zusammengefassten Programms

Nach dem Zusammenfügen des Programms werden die beiden Chassis bzw. die Module über das WLAN-Netzwerk mit dem Computer und LabVIEW verbunden und geprüft, ob die Signale entsprechend übertragen werden und das Programm funktioniert. Beim Starten des Programms werden, wie in Abbildung 4-27 zu sehen, die Sensorsignale korrekt übertragen und die LEDs aufgabengemäß angesprochen, auch die Signale für die Aktorik werden richtig erstellt und vom Modellauto entsprechend ausgeführt. Allerdings lässt sich das Programm nicht zuverlässig starten. Einige Male verliert LabVIEW die Verbindung zu einem der beiden Chassis. Daher müssen diese Verbindungen sowohl im MAX, als auch im Programm selber entsprechend erst wieder hergestellt werden, bevor das Programm erfolgreich gestartet werden kann. Dies ist ein generelles Problem bei der Benutzung von Ad-Hoc-Netzwerken mit mehreren Teilnehmern und lässt sich für diese Anwendung bzw. im Rahmen der WLAN-Vernetzung nicht vermeiden.

## 4.2 Prüfung der neu hinzugefügten Regelungskreise und Hardware

Das Prüfen der neu hinzugefügten Regelkreise und der Hardware ist unerlässlich, um deren Funktion gewährleisten zu können. Da es sich bei diesem Prototypen um ein Einzelstück handelt, welches nur segmentweise verändert wird, wird nach jeder Veränderung diese sofort auf Funktion überprüft, um das Einbauen schadhafter Elemente zu verhindern und die Prüfung im entsprechenden Kapitel sofort dokumentiert.

Auf Prototypentests (Laufzeit, Geschwindigkeit, Belastbarkeit, Dauerlauffähigkeit, Sicherheit, usw.) wird verzichtet, da dafür umfangreiche Ausarbeitungen dieser Tests nötig sind. In diesem Projekt wird die Funktionsfähigkeit des Prototypen und der dazugehörigen Software nachgewiesen sowie deren Zusammenspiel überprüft.

### 4.3 Überprüfen des Zusammenspiels von Soft- und Hardware

In diesem Kapitel soll überprüft werden, ob Soft- und Hardware auch wie gewünscht zusammenarbeiten. Dies soll einmal separat für die Sensoren und die Aktoren und einmal für beide zusammen überprüft werden.



Abbildung 4-28: Aufbau zum Überprüfen von Soft- und Hardware

Um dieses Zusammenspiel in einem geschlossenen Raum und ohne Gefährdung der Hardware durchführen zu können, wird das Modellauto, wie in Abbildung 4-26 gezeigt, aufgebockt. Außerdem werden alle elektronischen Teile korrekt angeschlossen.

#### 4.3.1 Überprüfen des Zusammenspiels von Soft- und Hardware der Sensorik

Wie bereits im Kapitel 4.1.1 beschrieben wird zuerst die Verbindung des Chassis mit dem AI-Modul über das WLAN-Netzwerk mit dem MAX hergestellt und der An-/Aus-Schalter des Modellautos auf „An“ gestellt, um die Sensoren einzuschalten. Anschließend muss der DAQ-Assistent im Programm für die Sensoren durch einen Doppelklick initialisiert und das Programm gestartet werden. Nun kann auf dem Signalverlaufdiagramm überprüft werden, ob die Sensoren den Vorgaben und Impulsen entsprechend reagieren. Wie in der Abbildung 4-11 und 4-12 bereits festgehalten funktioniert dies, auch wenn die Aktorik gleichzeitig aktiv ist.

#### 4.3.2 Überprüfen des Zusammenspiels von Soft- und Hardware der Aktorik

Für die Aktorik muss erst die Verbindung mit dem DIO-Modul bzw. mit dem dazugehörigen Chassis über das WLAN-Netzwerk und den MAX hergestellt werden und, um die Aktoren mit Spannung zu versorgen, muss der An-/Aus-Schalter auf „An“ gestellt werden. Das dazugehörige Programm wird, wie in Kapitel 4.1.2 bereits beschrieben, geöffnet und ausgeführt. Die Aktorik lässt sich, wie bereits beschrieben, ausführen und durch die Schieberegler verändern, nur die Reaktionszeit ist sehr lang. Die Funktionsfähigkeit des Programms ist durch die Sensoren nicht beeinflusst.



#### **4.3.3 Überprüfen des Zusammenspiels von Soft- und Hardware der Sensorik und Aktorik**

Für diese Prüfung müssen erst beide WLAN-Chassis und Module wie in den vorangegangenen Kapiteln verbunden und initialisiert werden. Anschließend wird das Programm gestartet und kontrolliert, ob die Programmteile für Aktorik und Sensorik weiterhin die in Kapitel 4.3.1 und 4.3.2 beschriebenen Funktionen und in Bezug auf das Aktorikprogramm auch dessen Einschränkungen erfüllen. Dies ist der Fall, allerdings ergibt sich eine weitere Einschränkung durch die Verbindung mit den beiden Chassis. Das Programm verliert einige Male die Verbindung zu einem der beiden Chassis, so dass es abgebrochen werden muss, die Verbindung zum Chassis mit Hilfe des MAX wieder hergestellt und gegebenenfalls wieder im Programm neu initialisiert werden muss.

Anschließend wird kontrolliert, ob die logischen Verknüpfungen dieser Programmteile korrekt arbeiten und die zuge dachte Funktion erfüllen, was der Fall ist. Somit kann die Funktionsfähigkeit dieses Programms nachgewiesen werden.

## 5. Validierung und Vorstellung des Prototypen

Der fertige Prototyp des Modellautos entspricht der Abbildung 5-1. Die beiden WLAN-Chassis sind auf der Haltevorrichtung am hinteren Teil, über den beiden LiPo-Akkus des Modellautos befestigt. Die Platine zur Stromversorgung aller hinzugefügten Komponenten befindet sich unter dem Mittelsteg vor den Akkus. Der Kippschalter zum Umleiten der Aktorsignale zwischen Fernbedienung und WLAN-Chassis befindet sich über der Platine in der Verkleidung des Senders. Der neu eingebaute Kipp-/ Neigungssensor ist auf den Mittelsteg direkt vor den vorderen Rädern angeschraubt und der Abstandssensor ist vor die Kunststoffkonstruktion der Vorderachse platziert (Abbildung 5-1).

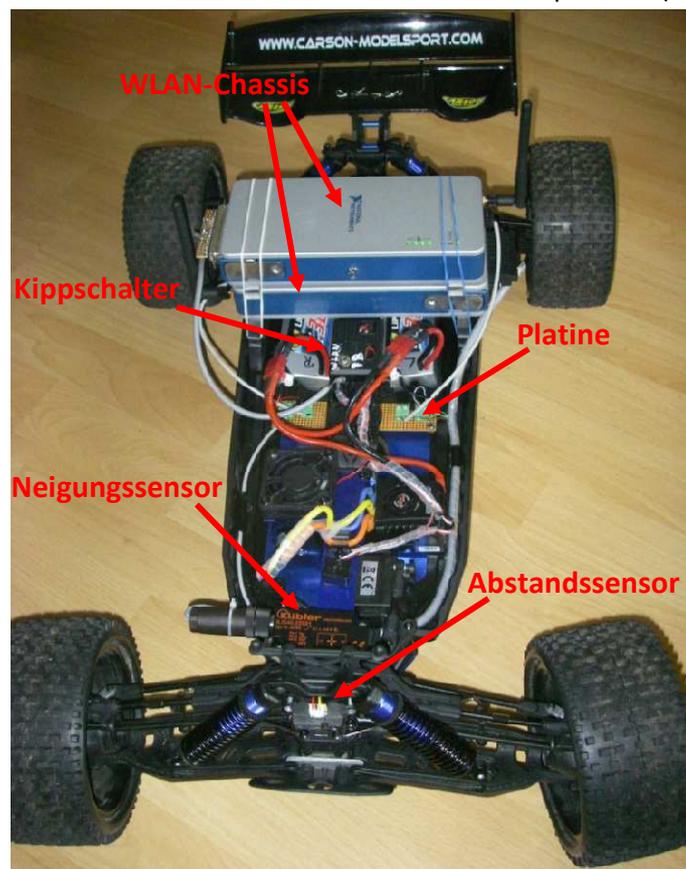


Abbildung 5-1: Der fertige Prototyp des Modellautos

Durch den Einbau der neuen Hardware mussten verschiedene elektronische Bauelemente in den Originalschaltplan des Modellautos (Abbildung 3-30) eingefügt werden. Es werden in dem neuen Schaltplan nur die relevanten und veränderten Schaltkreise gezeigt, der Brushlessmotor und die Antenne des Senders wurden nicht verändert und sind aus diesem Grund nicht im Schaltplan berücksichtigt.

In der Abbildung 5-2 ist der neue Schaltplan zu sehen. Die vier neuen Schraubverbindungen, entsprechen in Anordnung und Reihenfolge den vier Schraubverbindungen auf der oben beschriebenen Platine. Dies gilt auch für die drei Steckverbindungen und den Reset-Taster. Der Reset-Taster und die Steckverbindung 3 sind die Anschlüsse für den Kippsensor, die ebenfalls auf der Platine angelötet sind. Die anderen beiden Steckverbindungen bestehen aus den beiden angelöteten Pins, die in den jeweiligen Balanceranschluss gesteckt werden (Abbildung 5-2).

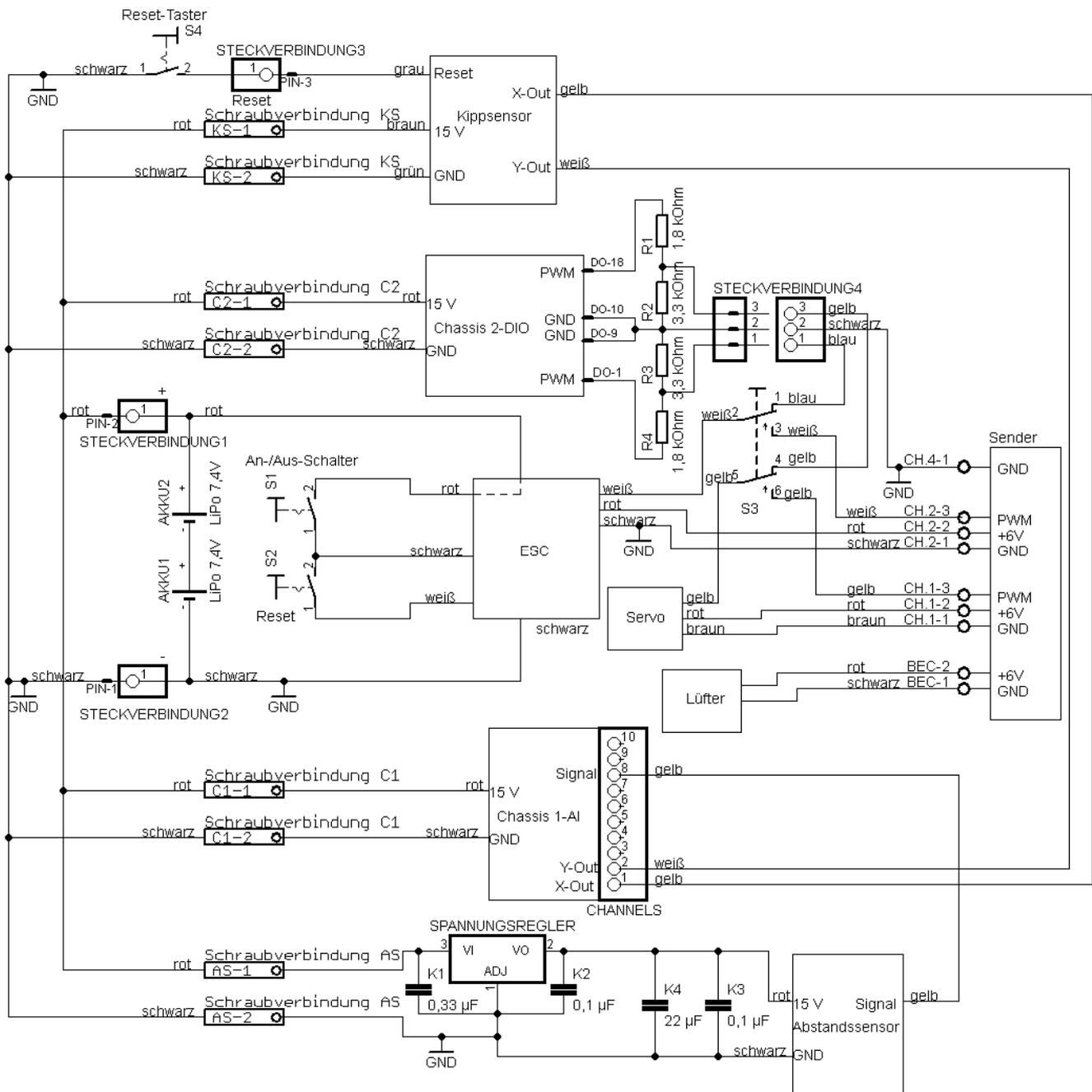


Abbildung 5-2: Aktueller Schaltplan mit allen Modifizierungen der relevanten elektrischen Schaltreize

Des Weiteren sind die Sensoren und Chassis in dem Schaltplan eingezeichnet, mit den jeweils relevanten Anschlüssen und Steckverbindungen. Der Kippsensor und dessen Verbindungen werden zuoberst dargestellt, darunter das DIO-Chassis mit dem angebauten Spannungsteiler und der Steckverbindung für die beiden Aktoriksignalkabel und der zusätzliche Ground, der vom CH.4-Kanal bezogen wird. Der Kippschalter, der zum Umleiten der Aktoriksignale von ESC und Servo zwischen dem Sender und dem WLAN-Chassis mit dem DIO-Modul implementiert wurde, ist ebenfalls an dieser Stelle eingezeichnet.

In der Mitte befinden sich die ursprünglichen Bausteine, wie die Akkus, AN-/Aus-Schalter, Reset, ESC, Servo, Lüfter und Sender, mit deren entsprechenden elektronischen Verbindungen im Modellauto.



Darunter befindet sich das Chassis mit dem Analog-Input-Modul und den gewählten Schraubanschlüssen für die beiden Sensoren.

An unterster Stelle befindet sich der Abstandssensor mit den beiden Kondensatoren zur Signalbereinigung und dem Schaltkreis des Spannungsreglers zur Reduzierung der Akkuspannung auf die für den Abstandssensor nötigen 5 V.

Das endgültige Programm für das Modellauto ist das bereits in Kapitel 4.1.3 beschriebene Programm für die Aktorik und Sensorik. Die Bedienoberfläche entspricht der Abbildung 4-27. Zum Schutz der Hardware kann der Schieberegler für die Geschwindigkeit nur zwischen -25 und 15% vom Anwender bewegt werden. Ansonsten entspricht die Funktionsweise und Bedienung der im Kapitel 4.1.3 beschriebenen.

Weitere Informationen, die den Aufbau, die Netzwerkerstellung und die Programminbetriebnahme betreffen, sind im Anhang A1 in einer Kurzanleitung zusammengefasst.



## 6. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel wird die Masterthesis zusammengefasst und ein Ausblick auf mögliche Anschlussprojekte oder Verbesserungen gegeben.

### 6.1 Zusammenfassung

In dieser Masterthesis wurde einleitend beschrieben, wie wichtig die Kommunikation über Netzwerke heute ist und wie bedeutend die Arbeit mit Schnittstellen sowie der dazugehörigen Hard- und Software, um zum Beispiel in Zukunft den Verkehrsfluss zu optimieren. Aus diesen Überlegungen heraus wurde die Aufgabenstellung und das Ziel für diese Thesis entwickelt.

Mit der Auswahl der mechatronischen Komponenten begann die Durchführung der Thesis im zweiten Kapitel. Hier wurde zuerst das Modellauto nach verschiedenen Kriterien, zum Beispiel Größe oder Maßstab, ausgewählt. Es wurde sich für ein Modell von Carson-Model Sport aus der Destroyer Line, dem FY5, entschieden und dessen Eigenschaften und Funktion im folgenden beschrieben. Die Auswahl von einem Programm und der Hardware zur Datenwandlung schließt sich an die Auswahl des Autos an. Es wird sich für eine Lösung entschieden, bei der Soft- und Hardware aus einem Unternehmen kommen, um Kompatibilitätsprobleme zu vermeiden. Das Programm LabVIEW und zwei WLAN-Chassis „cDAQ-9191“, sowie dazugehörige Module für analogen Input und ein digital In-/Output kamen für diese Thesis zum Einsatz. Die Eigenschaften dieser Komponenten wurden dokumentiert und die Installation beschrieben. Anschließend wurde das notwendige WLAN-Netzwerk zwischen den Chassis und dem Computer erstellt. Die letzten beiden auszuwählenden Komponenten waren die Sensoren und Aktoren, die jeweils erst allgemein aufgelistet und diese Liste dann für unser Einsatzgebiet auf mögliche Sensoren oder Aktoren reduziert wurde. Aus diesen möglichen Sensoren und Aktoren wurden dann die zur Verfügung stehenden ausgewählt.

Nachdem alle mechatronischen Komponenten vorhanden waren, wurden diese in das Modellauto eingebaut (3. Kapitel). Bei den Sensoren wurden die Daten der beiden einzubauenden Sensoren, ein Neigungs- bzw. Kippsensor und ein infrarot Abstandssensor, festgehalten und dann der Einbau des jeweiligen Sensors sowie der nötigen zusätzlichen elektronischen Regelungs- und Stromkreisen dokumentiert. Für die Aktoren wurde etwas anders vorgegangen, da keine neuen hinzugefügt, sondern die bereits vorhandenen Aktoren im Modellauto, die ESC und die Servolenkung, genutzt werden sollten. So musste das Signal durch einen Kippschalter umgeleitet werden, um weiterhin die Fernsteuerung des Modellautos nutzen und die Steuerung durch die WLAN-Chassis möglich machen zu können. Anschließend mussten noch entsprechende Steckverbindungen zwischen dem WLAN-Chassis und den Signalkabeln der Aktorik montiert werden. Die letzten Einbauten betrafen vor allem die Spannungsversorgung und die Haltevorrichtung der Chassis. Es wurde ein Platine für alle nötigen Spannungsversorgungen gelötet und eine Haltevorrichtung aus Kunststoff in das Modellauto geschraubt.

Nachdem die Hardware nun angeschlossen war, wurde die simulative Entwicklung des mechatronischen Systems (Auto) angeschlossen. Im vierten Kapitel wurde mit einzelnen Programmen zum Auslesen der Sensordaten und zum Ansteuern der Aktorik begonnen. Anschließend wurde ein Programm erstellt, in dem beides möglich ist und die Daten der Sensoren in die Ansteuerung der Aktoren eingreifen können. Nach dem Erstellen der Programme wurde erst die Funktionsfähigkeit der neuen Spannungs- und Regelungskreise und der eingebauten Hardware



überprüft, dann das Zusammenspiel der drei oben beschriebenen Programme mit der dazugehörigen Hardware, also den beiden Sensoren und den beiden Aktoren.

Abschließend wurde der Prototyp noch validiert und vorgestellt (5. Kapitel). Der neue Schaltplan wurde festgehalten und das endgültige Aussehen des Prototypen vorgeführt.

## 6.2 Ausblick

Im Zuge dieser Thesis wurden zwei Sensoren in das Modellauto eingebaut. Der Neigungs- bzw. Kippsensor gibt die aktuelle Schräglage des Fahrzeugs wieder, was allerdings bei den möglichen hohen Geschwindigkeiten des Modellautos von 70 bis 90 km/h nicht ausreichend ist. Dieser Sensor ist nicht als Vorwarnrichtung geeignet und lässt daher keine/ wenige Reaktionsmöglichkeiten bei hohen Geschwindigkeiten. Daher muss bei schwierigem Gelände im Moment sehr langsam gefahren werden. Der zweite Sensor ist ein infrarot Abstandssensor mit einer Reichweite von ungefähr 80 cm. Auch dieser Sensor ist aufgrund der geringen Reichweite nicht als Vorwarnsystem bei höheren Geschwindigkeiten einsetzbar. Er unterstützt ebenfalls primär bei niedrigen Geschwindigkeiten das Manövrieren in schwierigem Gelände oder beim Einparken.

Aus diesem Grund wird empfohlen, in einem zukünftigen Projekt einige Sensoren hinzuzufügen, um Vorwarnsysteme und eine höhere Informationsdichte gewährleisten zu können. Da Infrarotsensoren durch Sonneneinstrahlung bei Geländefahrten beeinträchtigt werden können, wird der Einbau eines Ultraschallsensors mit hoher Reichweite empfohlen. Außerdem sollte der Einbau eines Beschleunigungssensors und die Geschwindigkeitsberechnung daraus oder der Einbau eines zusätzlichen Geschwindigkeitssensors eingeplant werden. Mit diesen beiden Größen kann das Informationsbild vervollständigt werden.

Ein weiterer großer Schritt wäre der Einbau einer Kamera, am besten mit einer entsprechenden Software, um Hindernisse unterscheiden und umgehen zu können. Mit dieser Art Sensor bzw. Übertragungsgerät wäre es möglich, für den Computer eine Benutzeroberfläche ähnlich eines Simulators zu gestalten. So könnte das Modellauto aus einer Perspektive gefahren werden, die den Eindruck vermittelt, man säße darin.

Um das Modellauto von der Sensorik her zu perfektionieren, könnte noch ein GPS-Sender angebracht werden. Damit wäre es möglich, die Position und die Beschaffenheit der Umgebung weiträumig überprüfen und das Fahrverhalten entsprechend anpassen zu können.

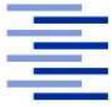
Von der Seite der Aktoren ist das Modellauto gut ausgerüstet. Um dem Modellauto mehr Manövriermöglichkeiten zu geben und eine exaktere Ansteuerung der Räder zu ermöglichen, kann in Betracht gezogen werden, den Antrieb des Modellautos durch das Anbringen von drei weiteren Brushlessmotoren zu ergänzen. Dies würde große konstruktive Veränderungen bedeuten, allerdings könnte im Anschluss jedes Rad durch einen separaten Brushlessmotor sehr differenziert angesprochen werden. Mit dieser Modifizierung und eventuell der Möglichkeit Ketten an den Rädern, für entsprechend schwieriges Gelände, hinzuzufügen, könnte ein Auto entwickelt werden, welches auch im schwierigsten Gelände noch zu fahren ist.

Zum Schutz der Hardware würde sich dann noch das Anbringen von Überrollbügeln anbieten sowie die Herstellung einer passenden Abdeckung zum Schutz vor übermäßiger Verschmutzung.

Mit diesen Modifizierungen wäre es möglich, aus einem Modellauto für den Hobbysport einen Roboter zu entwickeln, der zum Beispiel zur Aufklärung in schwierigem Gelände beitragen kann. Dies



wäre eine Anwendung im militärischen Bereich, etwa in Krisengebieten wie Afrika oder dem nahen Osten oder im humanitären Bereich, um zum Beispiel nach Katastrophen in einer verwüsteten Umgebung Aufklärungsarbeit leisten zu können.



## 7. Quellen

<b>[AktEnetI]</b>	<a href="http://www.physik.uni-kl.de/blau/17_2004-07-20_Aktoren_1.pdf">http://www.physik.uni-kl.de/blau/17_2004-07-20_Aktoren_1.pdf</a>
<b>[AktEnetII]</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Aktor">http://de.wikipedia.org/wiki/Aktor</a>
<b>[Aktorik]</b>	Daniel J. Jendritza; Technischer Einsatz Neuer Aktoren – Grundlagen, Werkstoffe, Designregeln und Anwendungsbeispiele; Expert Verlag
<b>[Blue]</b>	<a href="http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Home.aspx">http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Home.aspx</a>
<b>[Brush]</b>	<a href="http://www.patent-de.com/20020814/DE10102235A1.html">http://www.patent-de.com/20020814/DE10102235A1.html</a> Stand: 10.02.2012
<b>[CarFY5]</b>	<a href="http://www.carson-modelsport.com/de/produkte/automodelle/brushlessmodelle1615/produktdetails.htm?sArtNr=500409040">http://www.carson-modelsport.com/de/produkte/automodelle/brushlessmodelle1615/produktdetails.htm?sArtNr=500409040</a> Stand: 09.02.2012
<b>[Carson]</b>	Betriebsanleitung von Carson-Modell-Sport, Destroyer Line FY5
<b>[cDAQ]</b>	<a href="http://www.ni.com/pdf/manuals/372780c.pdf">http://www.ni.com/pdf/manuals/372780c.pdf</a>
<b>[ConFlux]</b>	<a href="http://www.conrad.de/ce/de/product/233839/?insert=U1&amp;hk=WW2&amp;utm_source=epro&amp;utm_medium=seosite&amp;utm_campaign=link&amp;WT.mc_id=epro">http://www.conrad.de/ce/de/product/233839/?insert=U1&amp;hk=WW2&amp;utm_source=epro&amp;utm_medium=seosite&amp;utm_campaign=link&amp;WT.mc_id=epro</a> Stand: 12.02.2012
<b>[ConLeo]</b>	<a href="http://www.conrad.de/ce/de/product/237852/?insert=U1&amp;hk=WW2&amp;utm_source=epro&amp;utm_medium=seosite&amp;utm_campaign=link&amp;WT.mc_id=epro">http://www.conrad.de/ce/de/product/237852/?insert=U1&amp;hk=WW2&amp;utm_source=epro&amp;utm_medium=seosite&amp;utm_campaign=link&amp;WT.mc_id=epro</a> Stand: 12.02.2012
<b>[EIMa]</b>	Elektrische Maschinen, Eine Einführung, 2. Auflage; Eckhard Spring; Springer Verlag
<b>[ETFS]</b>	Elektrotechnik für Ingenieure-Formelsammlung, Elektrotechnik kompakt, 3. Auflage; Wilfried Weißgerber; Vieweg+Teubner Verlag
<b>[GPS]</b>	<a href="http://www.gps.gov/technical/icwg/">http://www.gps.gov/technical/icwg/</a>
<b>[IEEE]</b>	<a href="http://www.ieee.org/index.html">http://www.ieee.org/index.html</a>
<b>[LabHan]</b>	NI LabVIEW Hands-On, Einführung in die grafische Entwicklung mit NI LabVIEW; ni.com/labview/d; National Instruments
<b>[Mac]</b>	<a href="http://www.planet-apfel.de/">http://www.planet-apfel.de/</a>
<b>[MAT]</b>	<a href="http://www.mathworks.de/products/matlab/">http://www.mathworks.de/products/matlab/</a>
<b>[Mtron]</b>	Skript Mechatronik; Prof. Dr.-Ing. Stefan Wieseemann; Stand Wintersemester 2008/2009
<b>[neigs]</b>	<a href="http://www.kuebler.com/PDFs/leaflet/drehgeber/deutsch/IS40_d.pdf">http://www.kuebler.com/PDFs/leaflet/drehgeber/deutsch/IS40_d.pdf</a>
<b>[NI9201]</b>	<a href="http://www.ni.com/pdf/manuals/373783g.pdf">http://www.ni.com/pdf/manuals/373783g.pdf</a>
<b>[NI9403]</b>	<a href="http://www.ni.com/pdf/manuals/374069e.pdf">http://www.ni.com/pdf/manuals/374069e.pdf</a>
<b>[NIHP]</b>	<a href="http://germany.ni.com/">http://germany.ni.com/</a>
<b>[PWM]</b>	<a href="http://www.barrgroup.com/Embedded-Systems/How-To/PWM-Pulse-Width-Modulation">http://www.barrgroup.com/Embedded-Systems/How-To/PWM-Pulse-Width-Modulation</a>
<b>[Red]</b>	<a href="http://www.redcatracing.com/RC-Cars/Redcat-Parts/B7018">http://www.redcatracing.com/RC-Cars/Redcat-Parts/B7018</a>
<b>[Reflex]</b>	Betriebsanleitung von Carson-Modell-Sport, Reflex Wheel-LCD
<b>[saRob]</b>	<a href="http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/technik_didaktik/sensoren_aktoren_roboter.pdf">http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/technik_didaktik/sensoren_aktoren_roboter.pdf</a>
<b>[Sensor]</b>	Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications; Fourth Edition; Jacob Fraden; Springer Verlag
<b>[Sharp]</b>	<a href="http://www.sharpsma.com/webfm_send/1489">http://www.sharpsma.com/webfm_send/1489</a>
<b>[tcp]</b>	<a href="http://www.ietf.org/rfc/rfc0675.txt">http://www.ietf.org/rfc/rfc0675.txt</a>
<b>[VDI]</b>	VDI-Richtlinie 2206
<b>[WLAN]</b>	<a href="http://www.netgear.de/support/basiswissen/basicwlan.aspx">http://www.netgear.de/support/basiswissen/basicwlan.aspx</a>
<b>[ZigBee]</b>	<a href="http://www.zigbee.org/Home.aspx">http://www.zigbee.org/Home.aspx</a>

## Anhang

### A1 Kurzanleitung zur Inbetriebnahme und Bedienung des Modellautos

In diesem Kapitel des Anhangs wird eine kurze Anleitung zum Aufbau des Modellautos, zum Herstellen des WLAN-Netzwerkes von Computer und Chassis und der Umgang mit der Software zum Ansteuern des Modellautos zur Verfügung gestellt.

#### Inbetriebnahme des Modellautos:

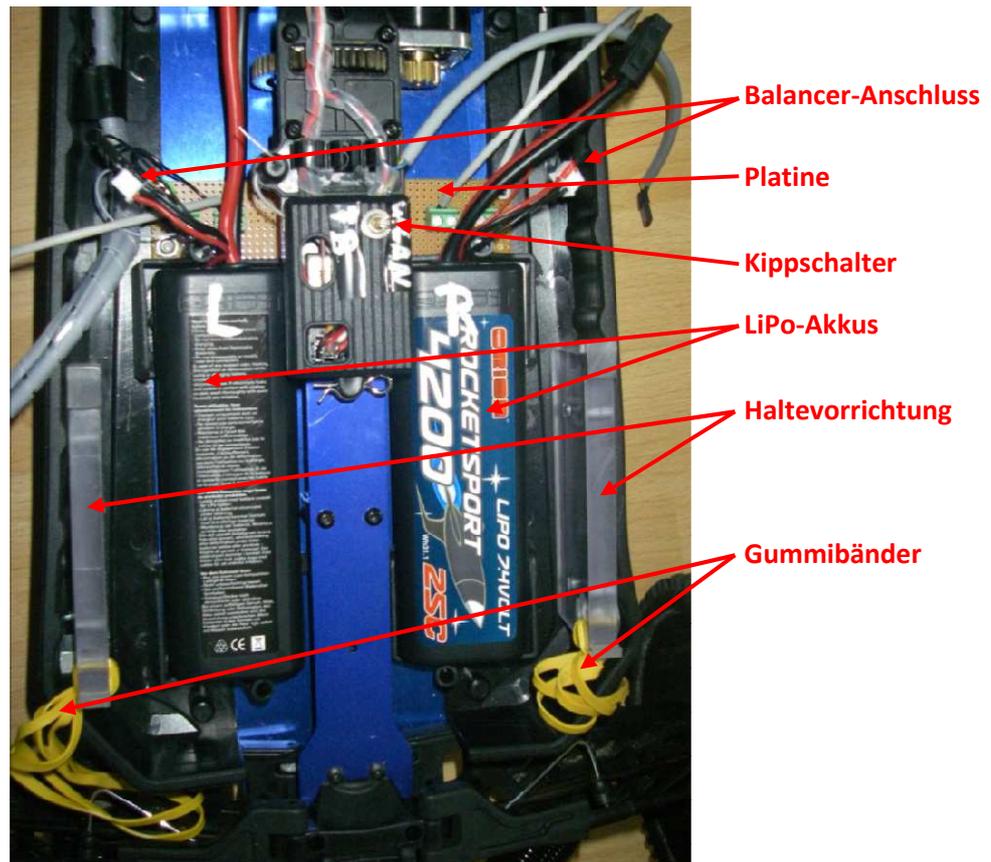


Abbildung 0-1: Erste Vorbereitungen zur Inbetriebnahme des Modellautos

1. Zuerst müssen die LiPo-Akkus in das Modellauto entsprechend der Markierung mit L für links und R für rechts eingelegt (Abbildung 0-1) und mit den Kunststoffspangen entsprechend der ursprünglichen Konstruktion festgeklemmt werden. Links und Rechts sind hier immer in Fahrtrichtung bzw. zur Vorderseite des Modellautos hin definiert.
2. Anschließen der beiden Pins (auf der Platine festgelötet) in die rot bzw. schwarz markierten Steckbuchsen des jeweiligen Balancers (links der schwarze, rechts der rote) (Abbildung 0-1).
3. Jeweils ein kräftiges Gummiband muss an den Bohrungen der Haltevorrichtung befestigt sein (Abbildung 0-1).
4. Der Kippschalter muss auf WLAN gestellt sein (Abbildung 0-1).

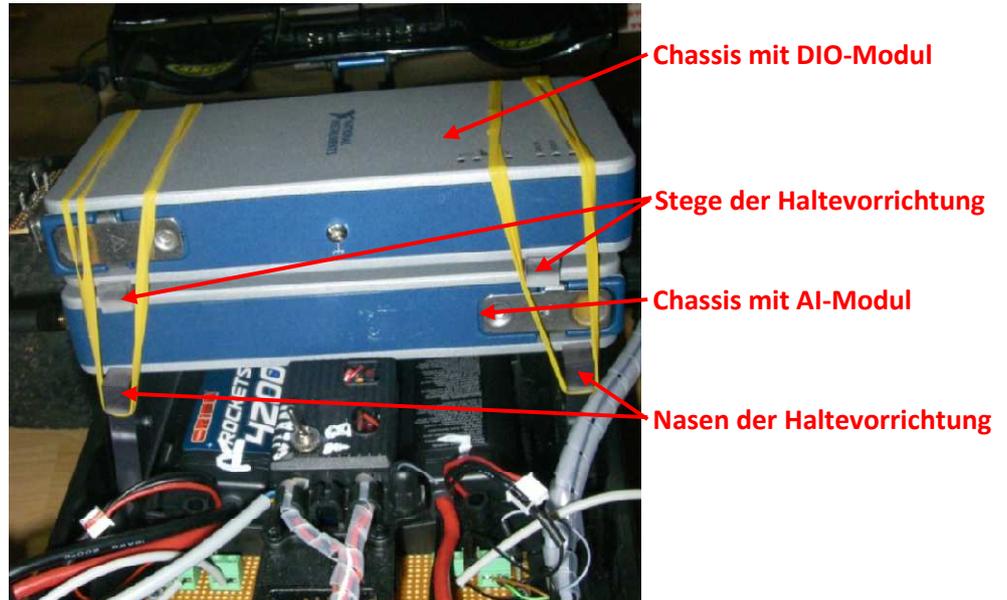


Abbildung 0-2: Einbau der Chassis in das Modellauto

5. Das Chassis mit dem AI-Modul auf die Haltevorrichtung legen, mit den Anschlüssen zur linken Seite des Modellautos hin (Abbildung 0-2).
6. Auf das AI-Modul-Chassis nun die beiden Kunststoffstege der Haltevorrichtung legen und darauf das DIO-Modul-Chassis platzieren. Die Anschlüsse des DIO-Moduls nach rechts (Abbildung 0-2).
7. Über die beiden Chassis nun die zwei Gummibänder ziehen und unter den Nasen der unteren Haltevorrichtung sorgfältig festklemmen (Abbildung 0-2).

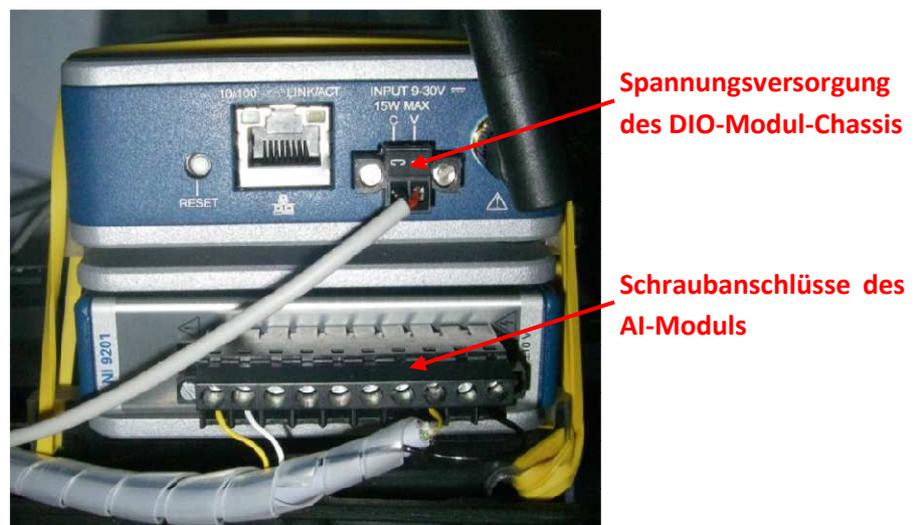


Abbildung 0-3: Anschließen der Chassis und Module auf der linken Seite

8. Auf der linken Seite müssen nun alle 3 Signalkabel und das schwarze Kabel für den Ground (wie in Abbildung 0-3 dargestellt) in die Anschlüsse geschraubt werden. Von den beiden kurzen Kabeln muss das gelbe in den 1. und das weiße in den 2. Kanal geschraubt werden,



das lange gelbe gehört in den 7. und der schwarze Ground in den 9. Kanal. (Kanalnummern, siehe Aufschrift auf dem AI-Modul)

9. Der Anschluss für die Spannungsversorgung der Chassis von der linken Seite wird in die entsprechende Buchse auf der Rückseite des DIO-Chassis gesteckt (Abbildung 0-3).

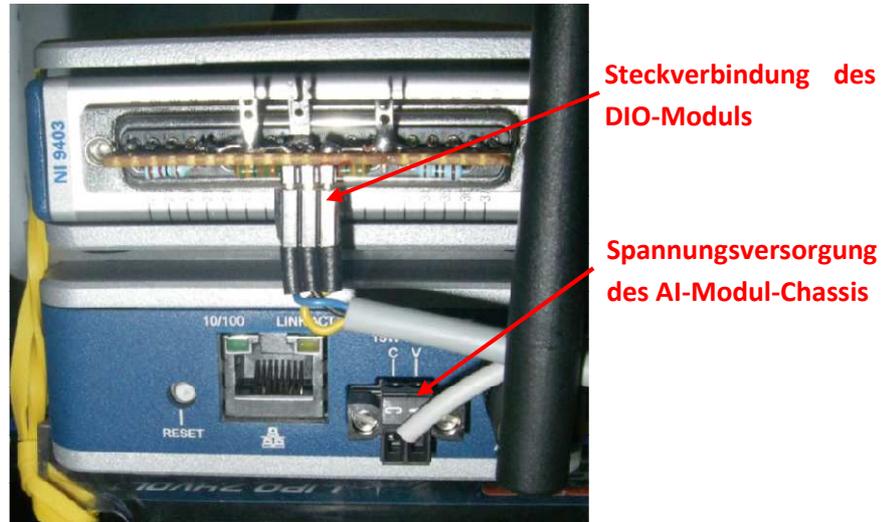


Abbildung 0-4: Anschließen der Chassis und Module auf der rechten Seite

10. Auf der rechten Seite muss die Steckverbindung mit den Signalkabeln der Aktorik hergestellt werden. Dafür müssen die roten Markierungen aufeinander ausgerichtet werden, sodass der blaue Anschluss nach hinten und der gelbe nach vorn zeigt (Abbildung 0-4).
11. Der Anschluss für die Spannungsversorgung muss auf der rechten Seite in die Buchse der Rückseite vom AI-Chassis gesteckt werden (Abbildung 0-4).

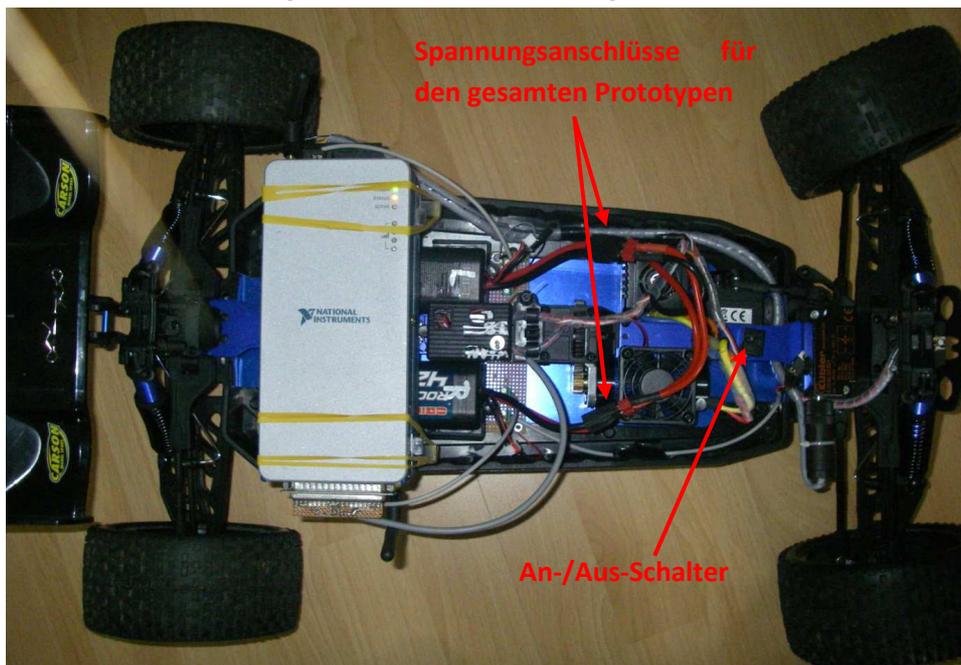
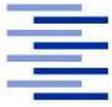


Abbildung 0-5: Betriebsbereites Modellauto/Prototyp



12. Die Stromversorgung des gesamten Modellautos wird hergestellt. Hierfür werden die beiden Anschlüsse der Stromkabel des Modellautos mit den Anschlussbuchsen des jeweiligen Akkus verbunden (vergl. Abbildung 0-5).

13. Der An-/Aus-Schalter des Autos muss auf An gestellt werden (Abbildung 0-5).

**ACHTUNG:**

Die Anschlüsse der Akkus nach dem Betrieb wieder von den Steckern des Modellautos trennen, um die LiPo-Akkus nicht durch zu starkes Entladen zu beschädigen.

Erstellen des WLAN-Netzwerkes:

1. Auf dem Computer sollte vorab ein drahtloses Netzwerk mit dem Namen „labview“ eingerichtet worden sein und die TCP/IP Einstellung des Internetprotokolls Version 4 auf eine feste IP Adresse: 169.254.13.1 sowie dem DNS-Server mit der gleichen Adresse.
2. Eine WLAN-Verbindung mit dem Netzwerk „labview“ muss vom Computer hergestellt werden.
3. Die WLAN-Chassis müssen nun erkannt werden oder durch das Drücken des Resetschalters der Chassis neu gestartet werden. Die WLAN-Netzwerkadapter der Chassis sind aktiv, wenn die unteren beiden Signallampen grün aufleuchten. Die Stromversorgung ist vorhanden, wenn die oberste Signallampe (Power) leuchtet (Abbildung 0-6).

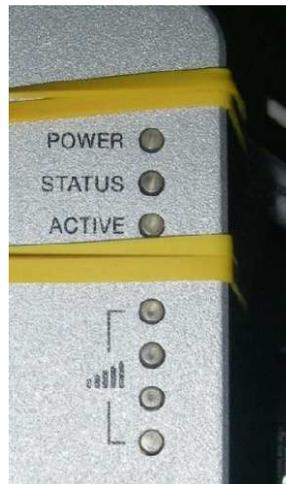


Abbildung 0-6: Signalleuchten der Chassis

4. Starten des Programms MAX auf dem Computer und die Kategorie Netzwerkgeräte erweitern, das erkannte Chassis (kein rotes Kreuz mehr) anwählen (Abbildung 0-7).
5. Einen Selbsttest (in der Leiste über den Angaben zum Chassis) durchführen, um das dazugehörige Modul zu aktivieren (rotes Kreuz ist nicht mehr da, das Piktogramm wird blau) (Abbildung 0-7).
6. Wenn das zweite Chassis bereits angeschlossen ist, sollte auch dieses erkannt werden, dann wird die Verbindung entsprechend durch Anwählen und Selbsttest (siehe Schritt 4. und 5.) hergestellt.

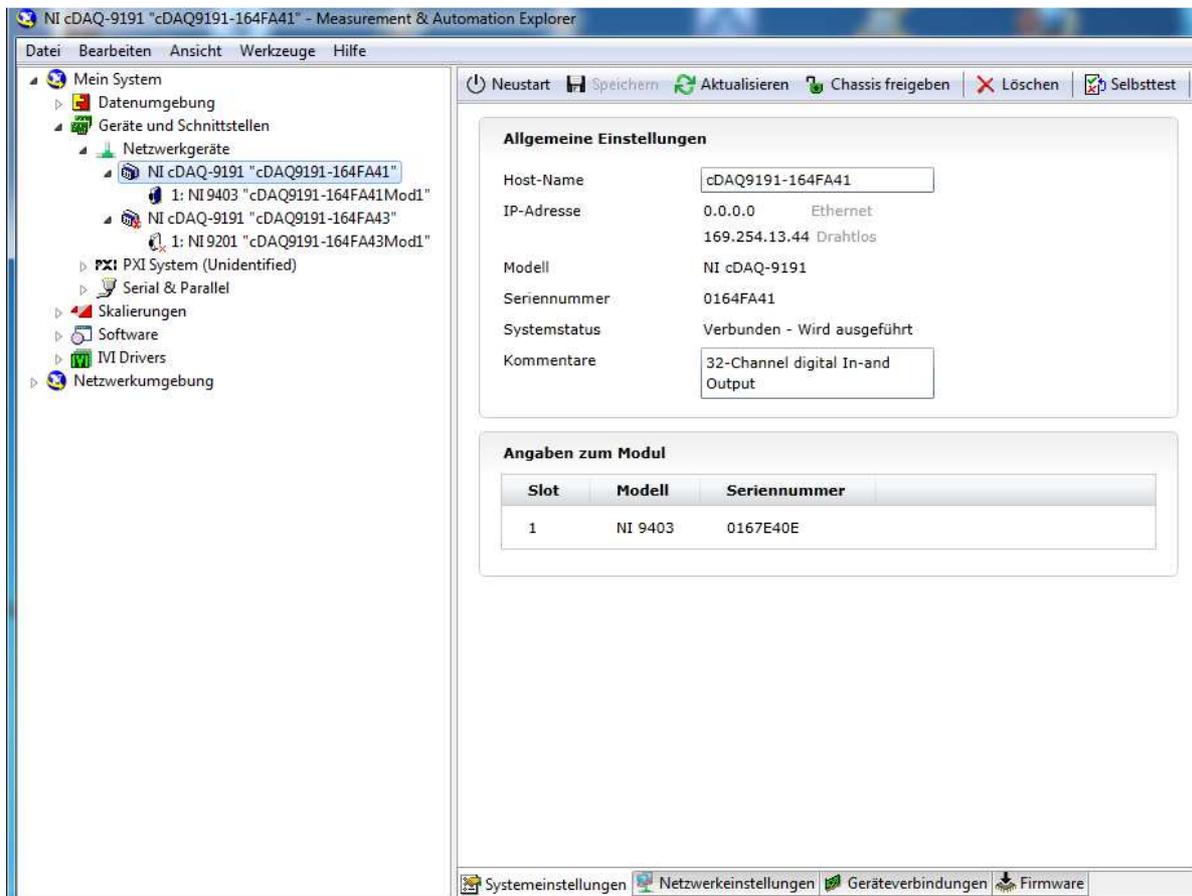


Abbildung 0-7: Herstellung der Verbindung mit Chassis und Modul im MAX

**ACHTUNG:**

Die Netzwerkeinstellungen der Chassis sollten für die WLAN-Verbindung auf „statisch“ eingestellt sein mit festen IP- und DNS-Server-Adressen.

AI-Modul: 169.254.13.34

DIO-Modul: 169.254.13.44

Der DNS-Server für beide: 169.254.13.1

Aktivieren des LabVIEW Programms:

1. Das Programm „DIO und AI safe“ muss aufgerufen werden. (LabVIEW startet)
2. Das Blockdiagramm öffnen (z. B. durch die Tastenkombination Strg+E)
3. Den blau hinterlegten DAQ-Assistenten anwählen, um diesen zu initialisieren. Um die Funktion zu überprüfen, kann er mit einem Doppelklick geöffnet und ausgeführt werden.
4. Anschließend wieder auf das Frontpanel wechseln und das Programm starten. (Ausführungs-Icon ist der grau hinterlegte weiße Pfeil über der Benutzeroberfläche links)

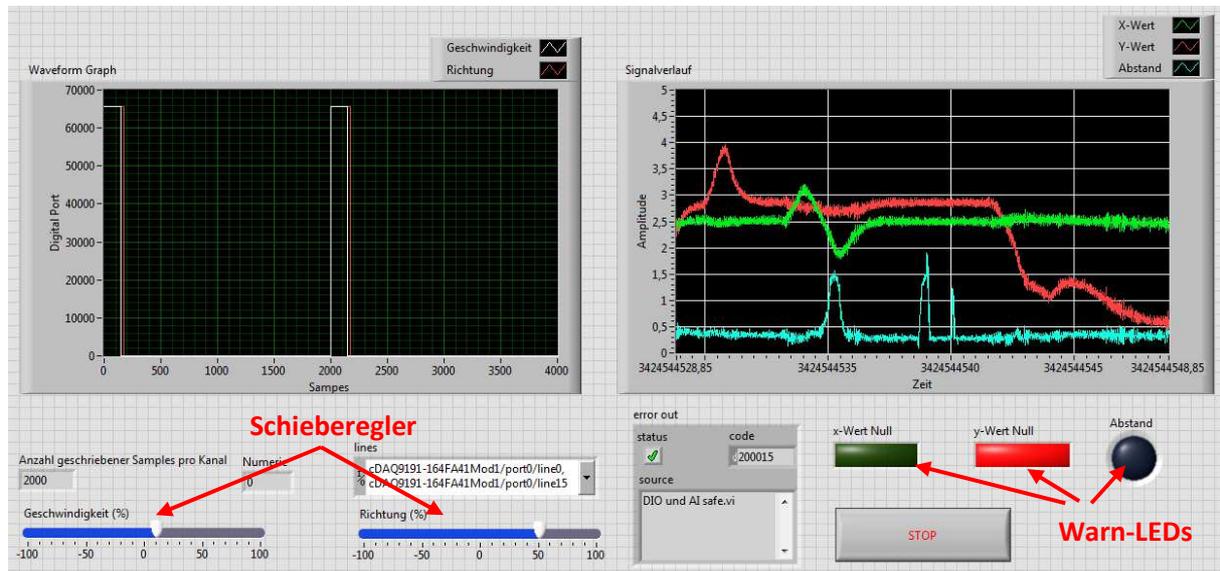
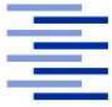
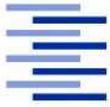


Abbildung 0-8: Frontpanel/Benutzeroberfläche des LabVIEW-Programms

5. Die Geschwindigkeit und die Richtung können über die entsprechend benannten Schieberegler verändert werden. (Geschwindigkeit nur begrenzt)
6. Die Messdaten der Sensoren sind im Signalverlauf zu sehen, bei extremen Werten leuchtet die entsprechende Warn-LED und das Programm bricht ab.
7. Zum Beenden des Programms den „STOP“- Knopf anwählen.

**ACHTUNG:**

Die WLAN-Verbindung mit den Chassis kann verloren gehen, die entsprechenden Schritte zum Verbindung herstellen im MAX bzw. zur Initialisierung/zum Ausführen im Blockdiagramm müssen dann noch einmal wiederholt werden.



## A2 Vollständige Projektplanung

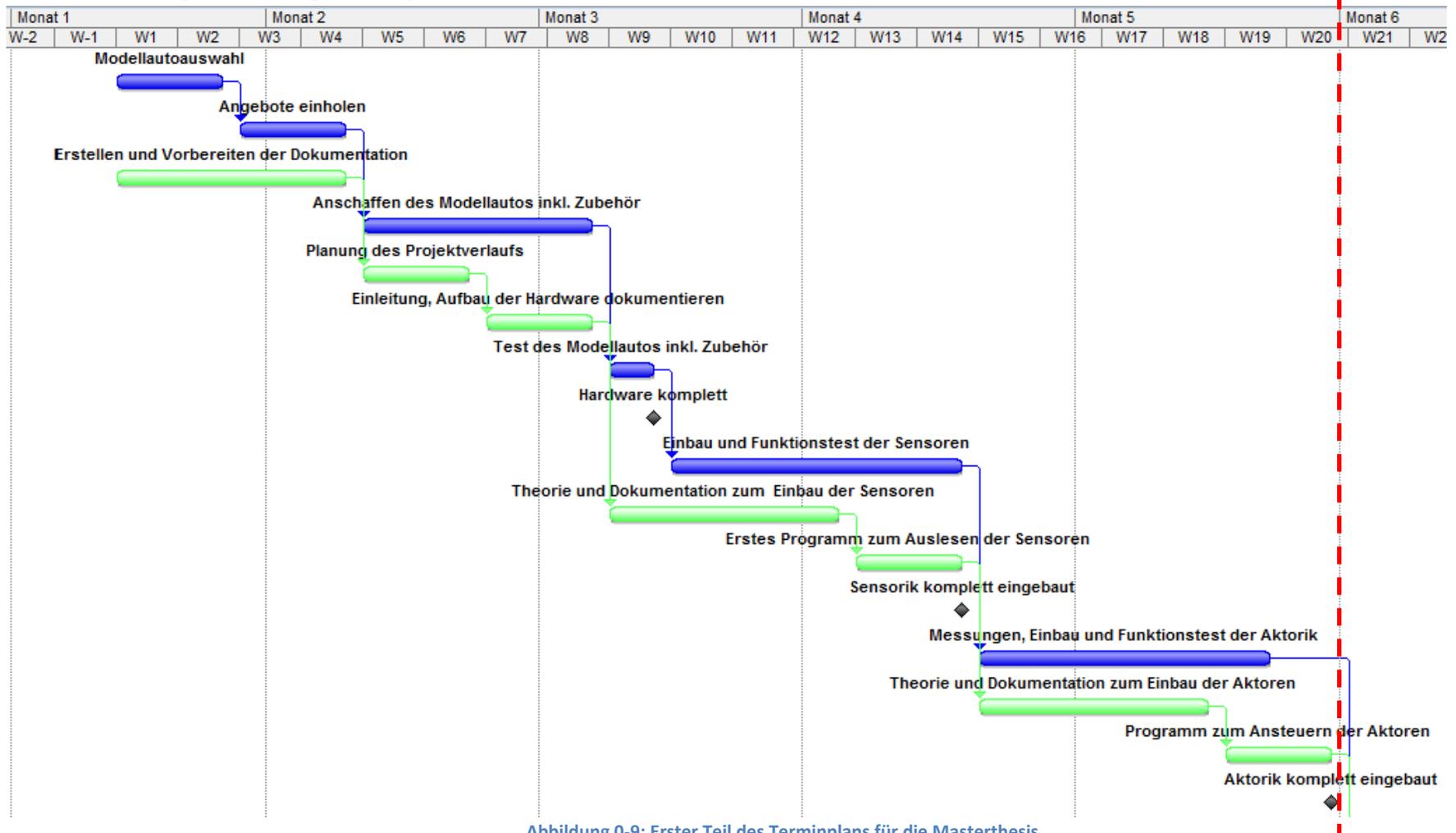
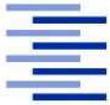


Abbildung 0-9: Erster Teil des Terminplans für die Masterthesis



## Entwicklung einer WLAN-gestützten Erweiterung für ein ferngesteuertes Modellauto

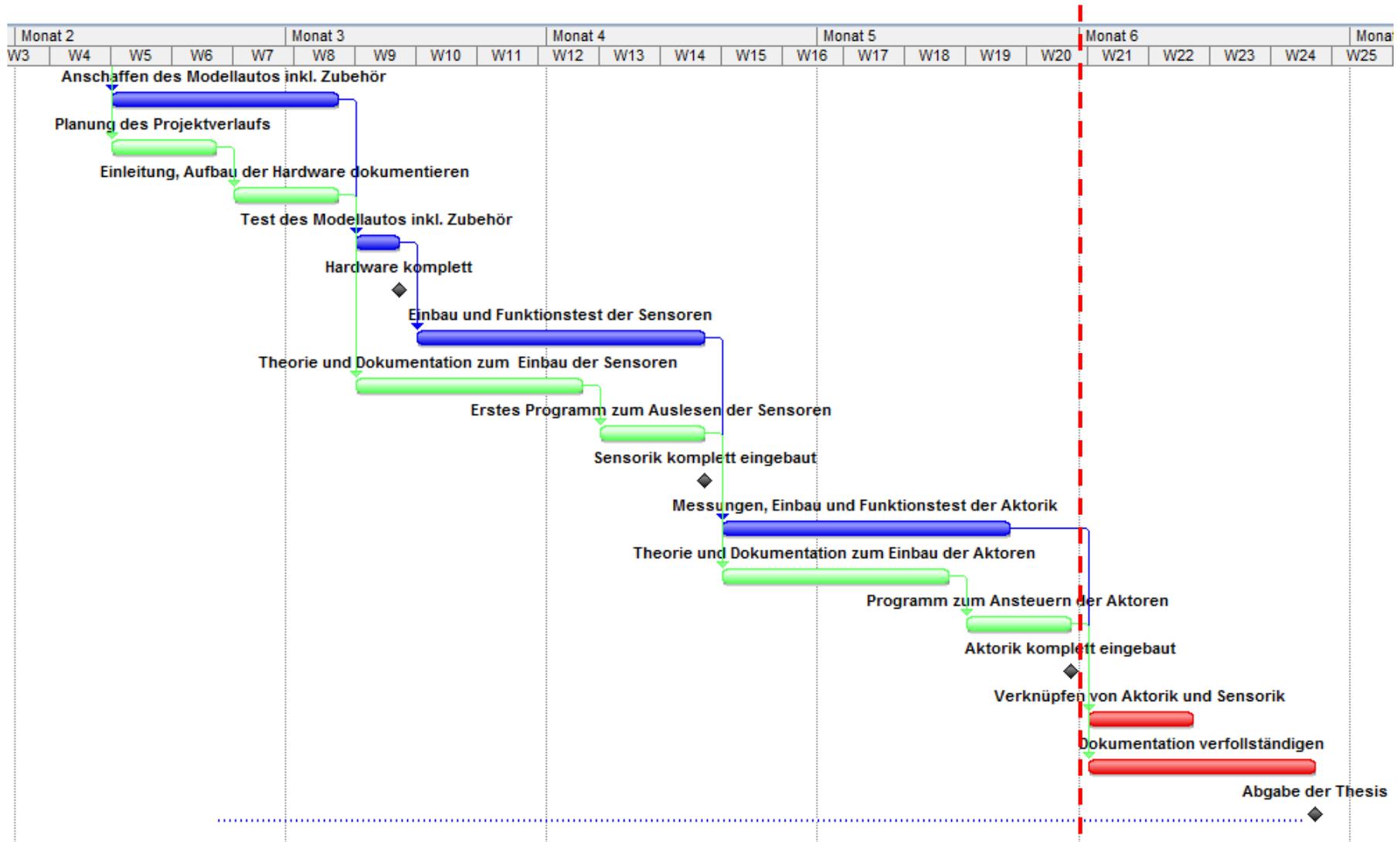
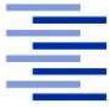


Abbildung 0-10: Zweiter Teil des Terminplans für die Masterthesis



### A3 Programm für die Aktorik

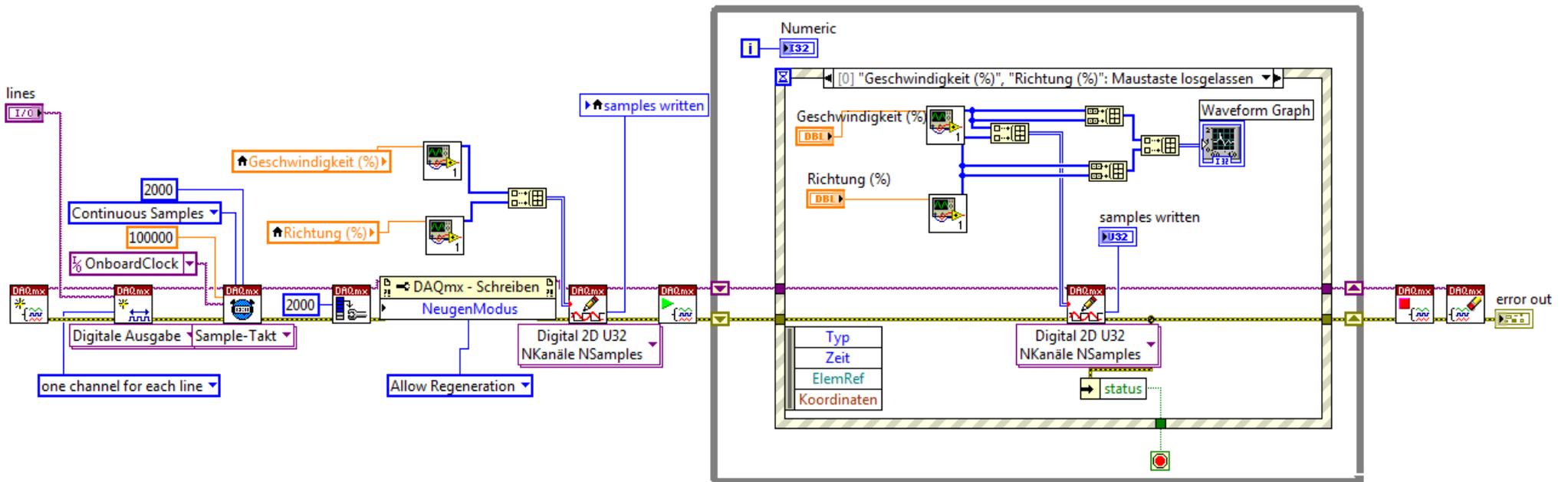


Abbildung 0-11: Programm zum Ansteuern der Aktorik; Event Maustaste losgelassen