

Marko Natzke

System und Kommunikationsarchitektur zum autonomen Betrieb eines Modellfahrzeuges

Diplomarbeit eingereicht im Rahmen der Diplomprüfung
im Studiengang Technische Informatik
am Studiendepartment Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. rer. nat. Stephan Pareigis
Zweitgutachter : Prof. Dr. Franz Korf

Abgegeben am 07. März 2007

Marko Natzke

Thema der Diplomarbeit

System- und Kommunikationsarchitektur zum autonomen Betrieb eines Modellfahrzeuges.

Stichworte

Steuerung, CAN-Bus, messages, Hard- und Softwarearchitektur, autonomer Betrieb, Modellfahrzeug, Fernsteuerung

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit stellt den Entwurf einer System- und Kommunikationsarchitektur zum autonomen Betrieb eines Modellfahrzeugs dar. Ausgehend von den Bewegungsmustern die ein Fahrzeug im Gelände vollziehen kann, werden die Informationen über die Hardware zusammengetragen. Aus den Überlegungen für die Bewegungsmuster und der Hardware werden Vorgaben für die Architektur im bezug auf Hardware, Software und der Kommunikation auf dem Fahrzeug erstellt.

Marko Natzke

Title of the paper

System- and Communicationarchitecture to handle a Modelcar autonomous.

Keywords

Controller, CAN-Bus, messages, Hard- and Softwarearchitecture, autonomous handling, remote control

Abstract

Inside this report give a description of concept an System- and Communicationarchitecture to handle a Modelcar autonomous. Based on a motion model for the car to drive in a area the collection of information about the Hardware will be prepared. On a reflecting of the motion model and the Hardware will be created an architecture for the Hard- and Software and the Communication on the car.

Inhaltsverzeichnis	
Abbildungsverzeichnis	
1. Einleitung	1
2. Technische Voraussetzungen des Fahrzeuges	2
3. Betrachtung des autonomen Betrieb im Gelände	3
3.1. Die indirekte Steuerung	4
3.1.1. Orientierung an einer Linie	4
3.1.2. Orientierung an Geländemarken	5
3.1.3. Orientierung an Kanten	6
3.1.4. Orientierung an Geländemarken und Linien oder Kanten	6
3.2. Die direkte Steuerung	7
3.2.1. Orientierung über ein reines Positionierungssystem	7
3.2.2. Orientierung anhand einer Landkarte oder Wegbeschreibung und einer Linie oder Kante	8
3.2.3. Orientierung anhand von Wegpunkten und einer Landkarte	8
3.2.4. Orientierung anhand von einer Landkarte und einem Positionierungssystem	9
3.2.5. Orientierung anhand von Wegpunkten und einem Positionierungssystem	9
3.2.6. Orientierung anhand von einer Landkarte und einem Positionierungssystem mit Wegpunkten	10
3.2.7. Orientierung anhand einer Landkarte oder Wegbeschreibung und einer Linie oder Kante mit Wegpunkten	11
3.2.8. Orientierung anhand einer Landkarte oder Wegbeschreibung und einer Linie oder Kante mit Wegpunkten inklusive zusätzlichen Positionierungssystem	12
3.3. Zusammenfassungen der Steuerungsmethoden und Beschreibung der Bedeutung für das Projekt	13
4. Beschreibung der Hardware	14
4.1. Rechnersysteme	14
4.1.1. Hauptrechner	14
4.1.2. AVR-Rechner	15
4.1.3. Safety Modul	16
4.2. Sensoren	17
4.2.1. Geschwindigkeitssensoren	17
4.2.2. Beschleunigungssensoren	19
4.2.3. Drehwinkelsensor	20
4.3. Weitere Bauelemente	20
4.3.1. CAN-Bus	20
4.3.2. Kamera	21

4.4.	Zusammenfassende Kurzbetrachtungen bisher nicht zum Einsatz kommender Hardware	22
5.	Elektrische Voraussetzungen	23
5.1.	Beschreibung der Stromversorgung	23
5.2.	Vorgaben für die Stromversorgung an die Einzelprojekte	24
5.3.	Fehlerbehandlung bei der Stromversorgung	25
6.	Systemarchitektur	27
6.1.	Aufbau der Systemarchitektur der Hardware	27
6.1.1.	Aufbau und Befestigung des Hauptrechners	29
6.1.2.	Aufbau und Befestigung der Drehzahlermittlung	33
6.1.3.	Aufbau und Befestigung der Beschleunigungsermittlung und Drehgeschwindigkeitsermittlung	35
6.1.4.	Aufbau und Befestigung der Kamera	36
6.1.5.	Aufbau und Befestigung Der Fahrzeugsteuerung	38
6.1.6.	Aufbau des Sicherheitsmoduls	39
6.1.7.	Richtlinien für den Einbau weiterer Hardware	40
6.2.	Aufbau der Systemarchitektur der Software	40
6.2.1.	Vorgaben für die Software	42
6.2.2.	Gesonderte Betrachtung des Softwaresystems in speziellen Situationen	44
6.2.3.	Zusammenfassung der Softwarearchitektur	45
6.3.	Aufbau der Systemarchitektur der Nachrichten	46
6.3.1.	Grundüberlegungen zu den CAN-Nachrichten	46
6.3.2.	Aufbau der im Monstertruck Projekt verwendeten CAN-Nachrichten	47
6.4.	Zusammenfassung der Systemarchitektur	50
7.	Zusammenfassung und Ausblick	51
	Literaturverzeichnis	52
	Anhang	53

Bildverzeichnis

Bild 1-1 Monstertruck der autonom betrieben werden soll	1
Bild 3-1 Fahrt an einer Linie	4
Bild 3-2 Orientierung an Geländemarken.....	5
Bild 3-3 Orientierung an einer Kante	6
Bild 3-4 Orientierung an einer Kante und Marke	6
Bild 3-5 Orientierung über Positionierungssystem.....	7
Bild 3-6 Orientierung anhand Linie und Landkarte	8
Bild 3-7 Orientierung an Geländemarke und Landkarte	8
Bild 3-8 Orientierung an Landkarte und Positionierungssystem	9
Bild 3-9 Orientierung an Positionierungssystem und Marken	9
Bild 3-10 Orientierung an Landkarte, Orientierungssystem und Marken	10
Bild 3-11 Orientierung Landkarte, Linie und Wegpunkten	11
Bild 3-12 Orientierung an Wegbeschreibung, Linie, Wegpunkten und Positionierungssystem....	12
Bild 4-1 Hauptrechner	14
Bild 4-2 Anschlüsse des AVR-Microcontroller	15
Bild 4-3 Prototype des Safety-Modul	16
Bild 4-4 Radsensor	17
Bild 4-5 Meßwertgenauigkeit Hinterachse	18
Bild 4-6 Meßwertgenauigkeit Vorderachse	18
Bild 4-7 Betrachtung der Beschleunigung an einer Steigung	19
Bild 4-8 USB CAN-Bus Adapter	20
Bild 4-9 Kamera Bild	21
Bild 4-10 kodierte Marke	21
Bild 5-1 zum Einsatz kommende Akkus	23
Bild 6-1 schematischer Aufbau Spannungsversorgung	27
Bild 6-2 schematische Verteilung und Vernetzung der Rechnersystem	28
Bild 6-3 schematische Vernetzung mit einem externen Steuerstand	28
Bild 6-4 schematische Darstellung der Verbind zur Fernsteuerung	28
Bild 6-5 schematischer Aufbau des Hauptrechners	29
Bild 6-6 Gehäuse mit zu entfernenden Teilen	29
Bild 6-7 bearbeitetes Gehäuse	29
Bild 6-8 Gehäuse mit Belüftungslöchern	30
Bild 6-9 Gehäuse mit eingebauten Lüfter	30
Bild 6-10 Gehäuse mit eingebauten Netzteil	30
Bild 6-11 Fahrzeug mit zu entfernenden Teilen	30
Bild 6-12 Fahrzeug (entfernte Teile)	30
Bild 6-13 Seitenschweller im Original, Prototyp und als fertiges Bauteil	31
Bild 6-14 Rechnerhalterung als Prototyp und fertiges Bauteil	31
Bild 6-15 neue Schweller und Rechnerhalterung am Fahrzeug	31
Bild 6-16 Fahrzeug mit eingesetzten Hauptrechner	32
Bild 6-17 Fahrzeug mit eingesetzten Akkus	32
Bild 6-18 schematischer Aufbau der Raddrehzahlmittlung	33
Bild 6-19 provisorische Befestigung eines Hall-Sensors an der Vorderachse	33
Bild 6-19 Hall-Sensor an der Hinterachse	34
Bild 6-20 fertige Befestigung eines Hall-Sensors an der Hinterachse	34
Bild 6-21 Kabelverlegung für die Sensoren und provisorische Spannungsverteilerplatine.....	34
Bild 6-22 schematischer Aufbau der Beschleunigungsermittlung und Drehgeschwindigkeitsermittlung	35
Bild 6-23 AVR-Rechner mit Beschleunigungsmesser und Gyroskop	35
Bild 6-24 schematischer Aufbau der Bildauswertung	36
Bild 6-25 verwendete Kamera	36

Bild 6-26 Fahrzeug mit Kamerahalterung	37
Bild 6-27 am Fahrzeug angebrachte Kamera	37
Bild 2-28 schematischer Aufbau der Fahrzeugsteuerung	38
Bild 2-29 Abbildung der Servomotoren	38
Bild 6-30 schematischer Aufbau des Sicherungsmodul	39
Bild 6-31 schematischer Aufbau einer Sensorerfassung	40
Bild 6-32 schematischer Aufbau einer Servosteuerung	40
Bild 6-33 schematischer Aufbau des Hauptrechners	41
Bild 6-34 Sequenzdiagramm spezieller Anwendungsfälle	44
Bild 6-35 Kollaborationsdiagramm des Gesamtsystems ohne Nachrichten	45
Bild 6-36 Aufbau der Nachricht vom Beschleunigungsmesser	47
Bild 6-37 Aufbau einer Nachricht zur Fahrzeugsteuerung	48
Bild 6-38 Aufbau einer Nachricht der Geschwindigkeitsermittlung	48
Bild 6-39 Aufbau einer Nachricht an die Geschwindigkeitsermittlung	48
Bild 3-40 Aufbau einer Fehler- oder Alarmnachricht	48
Bild 6-41 Aufbau der Nachrichten für den Systemstart	49
Bild 6-42 Aufbau einer Reset_OK - Nachricht für weitere unbedachte Bauteile	50
Bild 6-43 Aufbau der Nachricht zum zurücksetzen des Wegstreckenzählers	50

1. Einleitung

Ein im Department Informatik vorhandenes ferngesteuertes Modellfahrzeug soll mit verschiedenen Computersystemen, Sensoren und Aktoren so ausgestattet werden, dass dieses autonom im freien Gelände betrieben werden kann. Um einen für diese Aufgabe geeigneten Betrieb des Fahrzeuges zu erarbeiten, sind einige Vorbetrachtungen nötig, so dass die Gesamtarchitektur des Systems und der Kommunikation der Einzelkomponenten untereinander beschrieben wird. Diese Beschreibung bildet im weiteren Verlauf des Projektes eine Basis, mit dieser die weiteren Komponenten in das Gesamtsystem eingefügt werden können. Der autonome Betrieb des Fahrzeuges ist in mehrere Einzelprojekte gegliedert, die als Studien-, Diplom-, Bachelor-, Master-, oder Projektarbeiten im Department Informatik von verschiedenen Studenten erarbeitet werden. Dabei ist sicherzustellen, dass jedes Einzelprojekt sich in das Gesamtsystem einfügen lässt und die Schnittstellen, Anforderungen und Systemeigenschaften beschrieben werden und dem Gesamtprojekt in geeigneter Form zugänglich gemacht werden.

Diese Arbeit beschäftigt sich dabei, die Eigenschaften für das Gesamtsystem zu erarbeiten und entsprechende Protokolle für das Gesamtsystem zu entwickeln und diese bereit zu stellen.



Bild 1-1 Monstertruck der autonom betrieben werden soll

2. Technische Voraussetzungen des Fahrzeuges

Bei dem Fahrzeug im Department Informatik handelt es sich um ein 1:5 Modell mit einem Verbrennungsmotor. Dieses Fahrzeug hat eine Gesamtlänge von ca. 70cm und ist einem Monstertruck nachempfunden. Das Fahrzeug wird im Originalzustand von einer 2-Kanal Fernsteuerung betrieben. Dabei kann das Fahrzeug von der Fernsteuerung nach Rechts und Links gelenkt werden und zudem beschleunigt oder verzögert werden. Ein Rückwärtsfahren ist dem Modell aufgrund seines Verbrennungsmotors mit Fliehkraftkupplung im Gegensatz zu einem mit Elektromotoren ausgestatteten Modell nicht möglich. Dafür hat das Fahrzeug eine Scheibenbremse, die über die negative Stellung der Fernsteuerung betätigt wird. Eine weitere wichtige Eigenschaft des Antriebes des Fahrzeuges ist die Fliehkraftkupplung. Diese verzögert die Beschleunigung im Gegensatz zu der Motordrehzahl und geht ab einer bestimmten Drehzahl in den Leerlauf. Das bedeutet für den Betrieb, dass eine Verzögerung nur in einem bestimmten Bereich vom Motor als Motorbremse vorgenommen werden kann. Ein Elektromotor kommt hier im Gegensatz zu dem Verbrennermotor ohne eine Kupplung aus und kann über das gesamte Drehzahlspektrum über den Motor verzögert werden. Da dies mit dem Verbrennungsmotor mit der Fliehkraftkupplung nicht möglich ist, sind hier zusätzliche Betrachtungen über die Eigenschaften beim Betrieb von Nöten.

Beim Verbauen der einzelnen Komponenten auf dem Fahrzeug soll die Silhouette des Fahrzeuges erhalten bleiben und die entsprechenden einzelnen Komponenten sicher auf dem Fahrzeug verbaut werden. Hierzu sind vorhandene Teile zu verwenden oder entsprechende bauliche Veränderungen am Fahrzeug vorzunehmen. Für die Anbringung der einzelnen Sensoren und Rechnersysteme ergeben sich unterschiedliche Standorte auf dem Fahrzeug. Dabei ist darauf zu achten, dass die Karosserie des Fahrzeuges abnehmbar bleiben muss und sich im hinteren Teil des Fahrzeuges der Verbrennungsmotor befindet, der zum einen eine starke Abwärme produziert und zum anderen wegen der Zündkerze und dem Zündkabel negative elektromagnetische Einflüsse auf die elektrischen Systeme nehmen kann.

Das Fahrzeug ist zudem mit zwei Servomotoren ausgestattet. Über diese beiden Servomotoren werden zum einen die Lenkung und zum anderen der Vergaser des Verbrennungsmotors und die Scheibenbremse betätigt. Dazu sind die Servomotoren mit einem Gestänge mit den Steuerelementen verbunden. Diese beiden Servomotoren haben eine eigene Spannungsversorgung, die zur Sicherheit nicht für weitere Systemkomponenten verwendet werden sollen. Weitere Spannungsversorgungen sind auf dem Fahrzeug an geeigneter Stelle anzubringen.

Die Servomotoren werden über eine Empfangseinheit über die Fernsteuerung mit einem PWM-Signal bedient und haben zusätzlich ein Fail-Save-System, das beim Verlassen des Empfangs durch die Fernbedienung in ein definiertes PWM-Signal generiert, so dass ein unkontrolliertes Verhalten des Fahrzeuges dabei ausgeschlossen wird.

Die Steuerung des Systems für den autonomen Betrieb soll auf die vorhandenen Komponenten aufsetzen und diese mit ihren Eigenschaften erhalten.

Das Fahrzeug besitzt Reifen, die einen Gesamtdurchmesser von ca. 19cm haben und über ein Feder-Dämpfer-System über die Aufhängung mit der Karosserie verbunden sind. Die Reifen sind mit Luft gefüllte grobstollige Gummireifen. Die Reifen sind dabei nicht mit Druckluft gefüllt, sondern erhalten ihre Form durch die Festigkeit des Gummis. Das bedeutet, dass im Betrieb sich der relevante Durchmesser der Reifen verändert.

3. Betrachtung des autonomen Betrieb im Gelände

Für die Entwicklung eines Rechnersystems zum autonomen Betrieb eines Fahrzeuges ist es unerlässlich sich über das Einsatzgeländes mit den Geländeeigenschaften und über die Navigation in diesem Gelände Gedanken zu machen. Aus diesen Grundüberlegungen über die Navigation und den Geländeeigenschaften im Zusammenspiel mit den Steuerungsmöglichkeiten des Fahrzeuges ergeben sich zum einen die nötigen Sensoren inklusive ihrer Messwerte und die Signale die zur Steuerung generiert werden müssen. Ich unterscheide hierbei zwei Möglichkeiten der Steuerung. Die direkte und die indirekte Steuerung. Bei der direkten Steuerung sind dem Fahrzeug sowohl der Startpunkt und der Endpunkt sowie die genaue aktuelle Position bekannt. Hierbei navigiert das Fahrzeug dann schnellstmöglich auf den Zielpunkt zu und benutzt weitere Sensoren um den geeigneten Fahrweg zu finden. Bei der indirekten Steuerung sind dem Fahrzeug keine Koordinaten vom Start- oder Zielpunkt bekannt und zudem auch nicht die aktuelle Position als Information verfügbar. Das Fahrzeug wird hierbei durch geeignete Wegbeschreibungen und Markierungen auf seinem Weg geleitet. Jedes einzelne Modell der Wegfindung setzt eine bestimmte Voraussetzung an die zum Einsatz kommenden Sensoren voraus, die somit Einfluss auf die Steuerung und das Steuerverfahren haben.

Die eingesetzten Sensoren können sich hierbei überschneiden, wobei aktive Komponenten bei der indirekten Steuerung zu passiven Komponenten bei der direkten Steuerung werden, die den Fahrweg optimieren und zum Ausweichen bei Hindernissen zum Einsatz kommen. Die direkte Steuerung beinhaltet daher auch immer Komponenten der indirekten Steuerung.

Im Folgenden werden einige mögliche Navigationsverfahren beschrieben und anhand ihrer Möglichkeiten betrachtet. Dies soll dabei die unterschiedlichen Möglichkeiten wie ein solches Fahrzeug betrieben werden kann aufzeigen und es lassen sich daraus Rückschlüsse für den weiteren Systemaufbau gewinnen.

3.1. Die indirekte Steuerung

Bei der indirekten Steuerung wird die Wegfindung durch geeignete Geländemarkierungen vorgenommen, an dem sich die Fahrzeugsteuerung orientiert und somit Einfluss auf die Fahrzustände nimmt. Die Steuerung ist dabei direkt abhängig von den Markierungen. Ein Erreichen eines Endpunktes ist hierbei geeignet zu markieren.

3.1.1. Orientierung an einer Linie

Der gesamte Fahrweg wird durch eine Linie beschrieben. An dieser Linie orientiert sich die Fahrzeugsteuerung. Die Steuerung hat dabei die Aufgabe sich entsprechend oberhalb der Linie zu bewegen und ein Verlassen der Linie entsprechend auszugleichen. Eine solche Steuerung hat als einen wichtigen Sensor zur Steuerung einen Photosensor auf der Unterseite des Fahrzeuges. Dieser kann die entsprechenden Helligkeitsunterschiede zwischen dem Gelände und der Fahrlinie wahrnehmen. Eine solche Steuerung kann nur in bestimmten niedrigen Geschwindigkeitsbereichen betrieben werden, da hier Informationen nicht bekannt sind, wann die nächste Kurve kommt. Das Fahrzeug kann daher nur so schnell betrieben werden, dass es in einem möglichst schnellen Zeitraum wieder die Linie findet, an der es sich orientiert.

Eine weitere Alternative zu der Linie mit der Erfassung über den Photosensor ist die Orientierung an einer magnetischen Schiene. Eine solche Steuerung ist nur sinnvoll in einem automatischen Betrieb wo immer dieselben Fahrwege vollzogen werden müssen, wie zum Beispiel die Roboter in einem Betrieb die Teile transportieren.

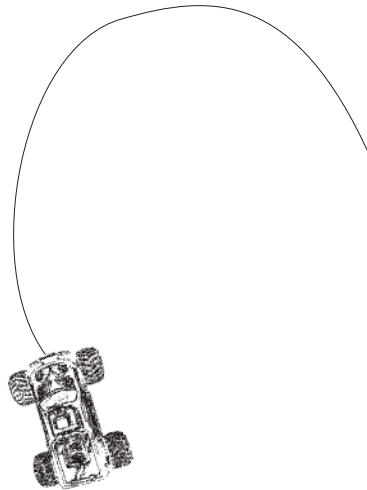


Bild 3-1 Fahrt an einer Linie

3.1.2. Orientierung an Geländemarken

Bei der Orientierung an Geländemarken wird der Fahrweg durch geeignete Marken (zum Beispiel Reflexmarken) die im Gelände aufgestellt sind beschrieben. Die Marken stellen dabei eine Information darüber bereit, in welcher Richtung sich die nächste Marke befindet. Das Primäre Steuerungselement ist hierbei ein Kamerasystem was die Entsprechenden Marken erkennt und deren Bedeutung interpretiert. Zudem ist es möglich den Abstand zu den Marken abzuschätzen, so dass Restfahrstrecke zu der Marke abgeschätzt werden kann. Mit weiteren Sensoren kann hierbei das Fahrzeug möglichst schnell auf diese Marke zu bewegt werden. Hierbei kann das Kamerasystem von Geschwindigkeitssensoren unterstützt werden, die die aktuelle Geschwindigkeit erfassen. Darüber kann das Fahrzeug dann soweit gesteuert werden, das bei einer hohen Entfernung zur nächsten Marke das Fahrzeug beschleunigt wird und rechtzeitig vor dem Erreichen der Marke soweit verzögert werden kann, das ein sicheres Einlenken, in die entsprechende Richtung die auf der Marke angegeben ist, gesichert ist. Nach dem Einlenken wird dann versucht die nächste Marke zu erfassen, so dass dann auf diese zugesteuert werden kann. Der Lenkungsvorgang wird dabei solange fortgesetzt bis die nächste Marke erkannt wird. Ist diese erkannt und der Abstand ermittelt, kann das Fahrzeug wieder beschleunigt werden und dabei direkt auf diese Marke gesteuert werden. Beim Bewegen auf die Marke zu, wird in die Lenkung soweit eingegriffen, das ein Verlassen der direkten Linie auf dem Weg zur Marke entgegengewirkt wird und die Kamera auf der ganzen Strecke die Möglichkeit hat die Marke zu erfassen und die Entfernungen zu der Marke zu ermitteln.

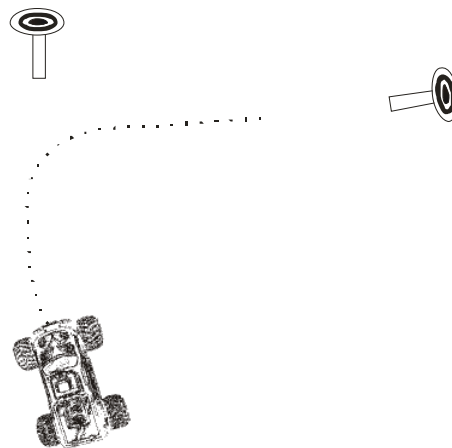


Bild 3-2 Orientierung an Geländemarken

3.1.3. Orientierung an Kanten

Eine weitere Möglichkeit der Orientierung stellt die Orientierung an einer Kante dar. Die Art der Steuerung des Fahrzeuges erfolgt hierbei analog zu der Orientierung an einer Linie. Es wird hierbei jedoch der Abstand zu einer seitlichen Kante, hauptsächlich eine Mauer, ermittelt und eingehalten. Dazu ist das Fahrzeug in den Hauptbewegungsrichtungen rundum mit Abstandssensoren auszustatten. Die Steuerung versucht dabei den Abstand zu der Kante konstant zu halten und entsprechend vor einer Ecke rechtzeitig einzulenken. Sinnvoll ist eine Solche Steuerung in dieser Einzelform nur in Gebäuden, wo sich an einer Mauer entlang bewegt wird. Eine zusätzliche Möglichkeit einer solchen Steuerung ist die Orientierung an einer Metallschiene.

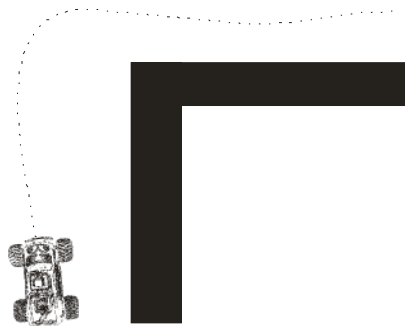


Bild 3-3 Orientierung an einer Kante

3.1.4. Orientierung an Geländemarken und Linien oder Kanten

Bei dieser Art der Orientierung orientiert sich das Steuerungssystem an der Linie oder Kante bis zum Erreichen eines Wegpunktes. An diesem Wegpunkt wird über die Information die der Wegpunkt liefert die weitere Verfolgung der Linie oder Kante vorgegeben. Die zu dieser Methode zum Einsatz kommenden Sensoren oder Systeme sind die gleichen wie bei der Orientierung an Geländemarken und der Orientierung an Kanten oder Linien. Die Orientierung an der Linie oder Kante bildet hierbei die aktive Rolle und die Orientierung an den Geländemarken die passive Rolle. Es kann hierbei das Fahrzeug auch auf den nächsten Wegpunkt zugelenkt werden, ohne dass der entsprechende Wegpunkt vom aktuellen Standort sichtbar ist.

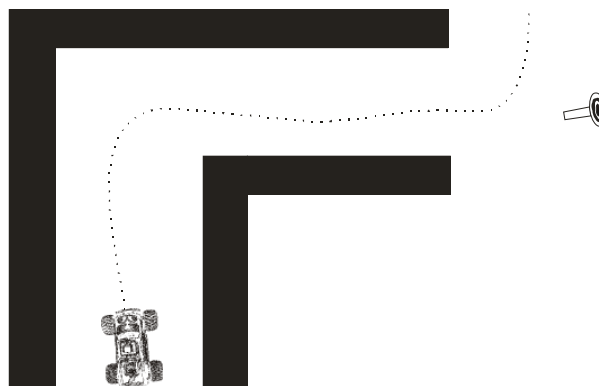


Bild 3-4 Orientierung an einer Kante und Marke

3.2. Die direkte Steuerung

Bei der direkten Steuerung sind dem Steuersystem Informationen über den aktuellen Standort und zudem auch der Zielpunkt bekannt. Zusätzlich kann dem System auch noch der Weg zum Ziel als eingebaute Landkarte bekannt sein. Bei diesem System wird auf die Systeme der indirekten Steuerung zurückgegriffen, die hierbei aber eine passive Rolle übernehmen. Die aktive Rolle ist hierbei die Information über Start- und Zielpunkt sowie der aktuelle und der nächste relevante Punkt für die Fahrstrecke. Informationen aus der indirekten Steuerung markieren dabei nur Wegpunkte auf der Strecke, wo eine Entscheidung getroffen werden kann oder dienen dem Ausweichen vor Hindernissen.

3.2.1. Orientierung über ein reines Positionierungssystem

Bei der Orientierung über ein Positionierungssystem ist dem Fahrzeug der aktuelle Standort und der Zielstandort mittels X-, Y-Koordinaten bekannt. Die Fahrzeugsteuerung nimmt dabei den direkten Weg auf den Zielpunkt zu. Das Hauptelement kann hierbei ein GPS-System bilden. Ein solches System ist hierbei aber zusätzlich auf andere Mechanismen angewiesen. Mindestens eine Orientierung an Kanten, so dass Hindernisse auf dem Weg zum Zielpunkt umfahren werden können. Das Positionierungssystem wird dabei immer versuchen den direkten Weg auf den Zielpunkt zu nehmen, wobei das System an Kanten solange entgegenwirkt, bis ein entsprechendes Hindernis umfahren wurde und der direkte Weg wieder eingeschlagen werden kann. Hierbei kann es passieren, dass sich das System auf dem Weg zum Zielpunkt durch die Hindernisse verirrt, so dass hier das entsprechende Ausweichen des Hindernisses soweit vom Ablauf verändert werden muss, so dass ein Weg zum Ziel gefunden werden kann. Das bedeutet, dass beim Erreichen einer Sackgasse das System in der Lage sein muss diese rechtzeitig zu erkennen und das Ausweichen um das Hindernis umzukehren. Wenn also das Hindernis erst rechts herum versucht wurde zu umfahren, so wird umgedreht und links herum das Hindernis umfahren. Dies muss auf geeignete Weise geschehen, so dass der Zielpunkt erreicht wird. Dies setzt bei dem Steuerungssystem eine „Intelligenz“ voraus, die dabei nach Versuch- und Irrtum-Methode den Weg um ein Hindernis zum Ziel finden.

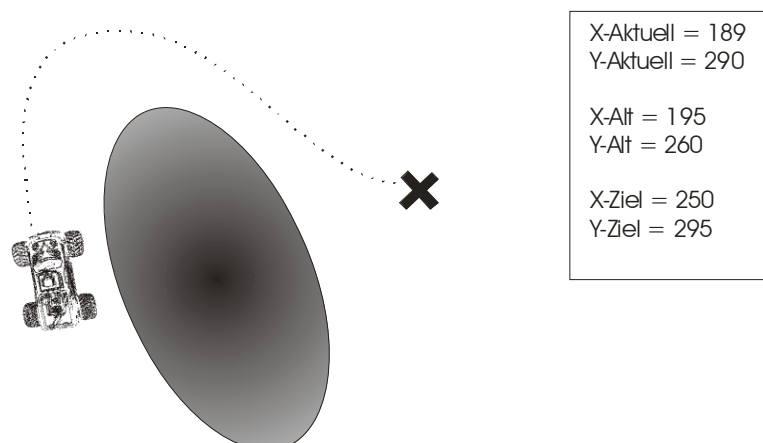


Bild 3-5 Orientierung über Positionierungssystem

3.2.2. Orientierung anhand einer Landkarte oder Wegbeschreibung und einer Linie oder Kante

Bei dieser Methode der Orientierung folgt das Fahrzeug wie bei der Orientierung an einer Linie einer Bodenmarkierung. Das Verfolgen einer Kante ist dabei dementsprechend gleich. Es ist jedoch möglich Abzweiger in diese Linie oder Lücken in der Kante (wie zum Beispiel eine Tür) einzubauen. An diesen Abzweigern kann das System sich über die eingebaute Landkarte oder Wegbeschreibung orientieren und den weiteren Verlauf der entsprechenden Linie oder Kante fortsetzen um das Ziel zu erreichen, welches auch in der Landkarte oder Wegbeschreibung vorgegeben ist. Hierbei ist keine gesonderte Hardware gegenüber der Orientierung an einer Linie oder Kante erforderlich. Die Hauptinformation bildet jedoch die Landkarte oder Wegbeschreibung, die auch Informationen über den Abstand zum nächsten Wegpunkt enthalten kann. Mit der Information über den Abstand kann eine solche Wegstrecke zügiger durchfahren werden, da hier bei größeren Abständen das Fahrzeug zwischenzeitlich höher beschleunigt und rechtzeitig vor dem Erreichen des nächsten Wegpunktes abgebremst werden kann.

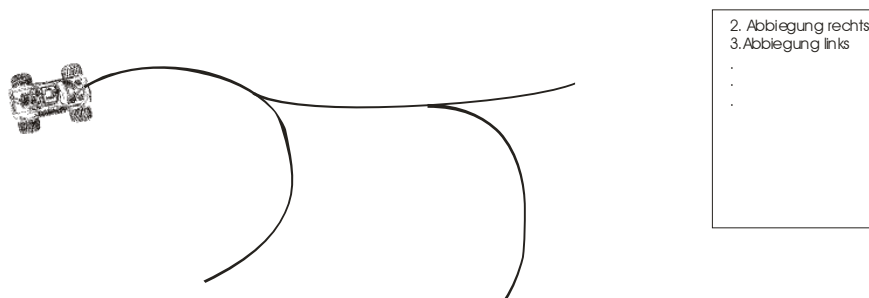


Bild 3-6 Orientierung anhand Linie und Landkarte

3.2.3. Orientierung anhand von Wegpunkten und einer Landkarte

Diese Orientierungsvariante ist eng mit der Orientierung anhand von Wegpunkten verbunden. Es wird hierbei genauso ein nächster Wegpunkt angesteuert. Der Unterschied ergibt sich hier, dass ein Wegpunkt hierbei nicht die Orientierung zu einem nächsten Punkt Wegpunkt enthält, sondern er auch die Information zu mehreren Wegpunkten enthalten kann. Welcher Wegpunkt hierbei angesteuert werden soll, ergibt sich aus der Landkarte. Grundsätzlich bleiben hierbei die Steuerungs- und Navigationseigenschaften wie bei der Orientierung anhand von Wegpunkten erhalten. Die Fahrmöglichkeiten und Endziele sind hierbei jedoch vielfältiger.

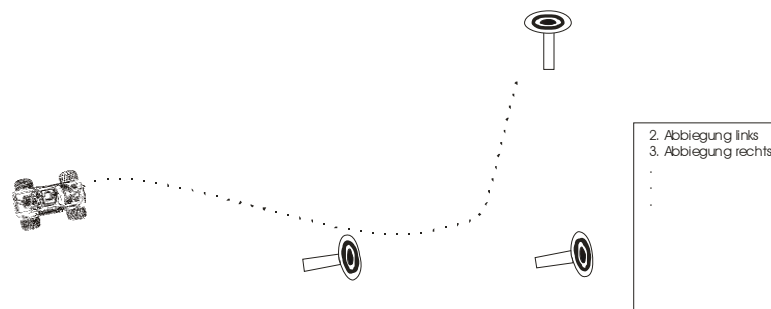


Bild 3-7 Orientierung an Geländemarke und Landkarte

3.2.4. Orientierung anhand von einer Landkarte und einem Positionierungssystem

Diese Variante der Orientierung hält sich an die Methoden der Orientierung mit einem Positionierungssystem. Durch die Landkarte ist es jedoch möglich Hindernisse auf der Streckenfindung vorzeitig zu erkennen und Zwischenpositionen anzugeben, die angefahren werden sollen. Die Berechnung des idealen Fahrweges kann vor Fahrtritt berechnet werden und dann werden nur noch die einzelnen berechneten Koordinaten in ihrer Reihenfolge angefahren. Die Wegbeschreibung wird somit selbst vom System errechnet. Das System zum Ausweichen von Hindernissen macht weiterhin Sinn, da auf der Strecke kleinere Hindernisse vorhanden sein können, die nicht auf der Landkarte vermerkt sind. Eine solche Orientierung macht zum Beispiel in einem freien aber bekannten Gelände Sinn, wo ein direkter Punkt angesteuert werden soll.

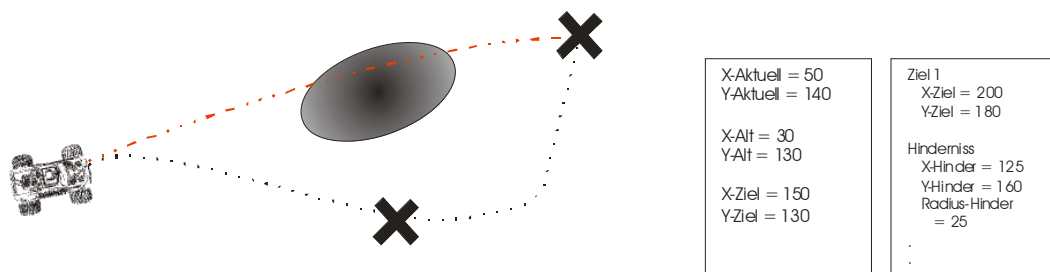


Bild 3-8 Orientierung an Landkarte und Positionierungssystem

3.2.5. Orientierung anhand von Wegpunkten und einem Positionierungssystem

Diese Methode baut auf die Verfahren aus der Orientierung anhand eines Positionierungssystems auf. Die anzufahrenden Koordinaten bilden hierbei aber nur Zwischenpunkte und keine Endpunkte. Beim Erreichen dieses Zwischenpunktes erhält das System an dem Wegpunkt über eine geeignete Marke die Information über den nächsten anzufahrenden Punkt oder ob dieser Punkt ein Endpunkt ist. Das Umfahren von Hindernissen muss entsprechend der Orientierung anhand eines Orientierungssystems implementiert werden.

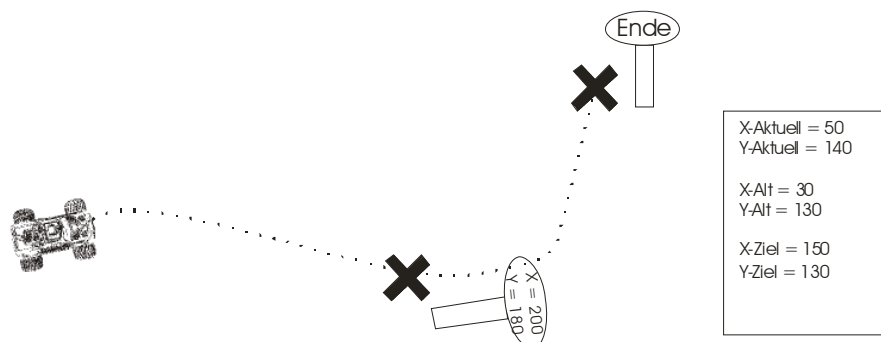


Bild 3-9 Orientierung an Positionierungssystem und Marken

3.2.6. Orientierung anhand von einer Landkarte und einem Positionierungssystem mit Wegpunkten

Diese Methode der Orientierung vereint die Eigenschaften der Orientierung anhand einer Landkarte und einem Positionierungssystem mit den Eigenschaften der Orientierung anhand von Wegpunkten und einem Positionierungssystem. Die anzufahrenden Koordinaten bilden hierbei auch nur Zwischenpunkte und Koordinateninformationen werden über die entsprechenden Markierungen der Wegpunkte an das System übermittelt. Das System kann jedoch auch hier bekannte Hindernisse vor der weiteren Fahrt anhand der Landkarte erkennen und sich eigene Zwischenpunkte errechnen um diese Hindernisse geeignet zu umfahren. Diese Methode eignet sich besonders zur Orientierung in einem freien Gelände in dem ein bestimmter Parcours abgefahren werden soll. Im Zusammenspiel mit einem geeigneten Algorithmus zum Ausweichen von Hindernissen kann bei dieser Methode in einem nur zum Teil bekannten Gelände entsprechend navigiert werden, wobei die Geländemarken nicht unbedingt weitere Fahrinformationen beinhalten müssen sondern nur bestimmte zu erreichende Punkte darstellen, die auch der Kalibrierung des Gesamtsystem dienlich sein können. Die weiteren Fahrinformationen können hierbei auch über eine übergeordnete Wegbeschreibung zur Verfügung gestellt werden.

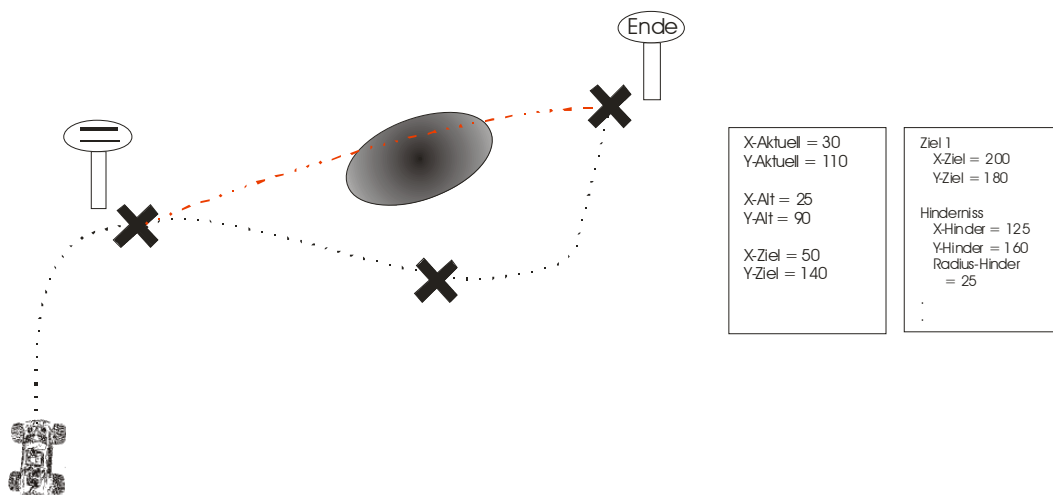


Bild 3-10 Orientierung an Landkarte, Orientierungssystem und Marken

3.2.7. Orientierung anhand einer Landkarte oder Wegbeschreibung und einer Linie oder Kante mit Wegpunkten

Diese Variante der Orientierung bildet die Orientierung um normalen Straßenverkehr wieder. Anhand der Landkarte oder Wegbeschreibung die vorher vorgegeben wurde, werden entsprechende Wegpunkte angefahren und dann der nächste entsprechende Wegpunkt angefahren. Zwischen den Wegpunkten wird anhand einer Linie (hierbei zum Beispiel eine Strasse mit ihren Markierungen und ihrer Begrenzung) navigiert. Die Wegpunkte können hierbei Informationen über die Entfernung zu einem weiteren Punkt enthalten oder als indirekte nicht vorher bekannte Markierungen wie Straßenschilder Informationen über den weiteren Verlauf oder die maximale Geschwindigkeit auf diesem Streckenabschnitt bereit stellen. Mit einem Ausweichsystem vor Hindernissen kann hierbei auch bei unvorhersehbaren Hindernissen auf dieser Strecke reagiert werden. Dies kann hierbei aber nicht nur das Ausweichen bedeuten, sondern auch der Verbleib hinter dem Hindernis, wenn sich das Hindernis selbst bewegt.

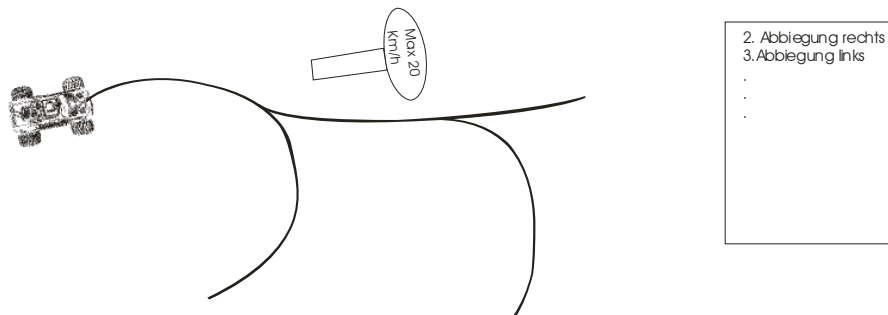


Bild 3-11 Orientierung Landkarte, Linie und Wegpunkten

3.2.8. Orientierung anhand einer Landkarte oder Wegbeschreibung und einer Linie oder Kante mit Wegpunkten inklusive zusätzlichen Positionierungssystem

Dieses Verfahren bildet eine Zusammenführung von der Orientierung anhand einer Landkarte oder Wegbeschreibung und einer Linie oder Kante mit Wegpunkten mit den Möglichkeiten eines Positionierungssystems. Über das Positionierungssystem und einer eingebauten Landkarte kann eine optimale Fahrstrecke zwischen Start- und Zielpunkt errechnet werden. Diese Fahrstrecke wird in Zwischenpunkte unterteilt, die anzufahren sind. Dies können Markierungen sein oder Abzweiger im Verlauf der Strecke. Markierungen auf der Strecke können hierbei noch zusätzliche Informationen bereitstellen und somit die Fahrzeugsteuerung weiter beeinflussen. Diese zusätzlichen Informationen können dabei direkt auf die Fahrzeugsteuerung (zum Beispiel Geschwindigkeit) oder auch auf die Wegbeschreibung (zum Beispiel eine Umleitung) Einfluss nehmen.

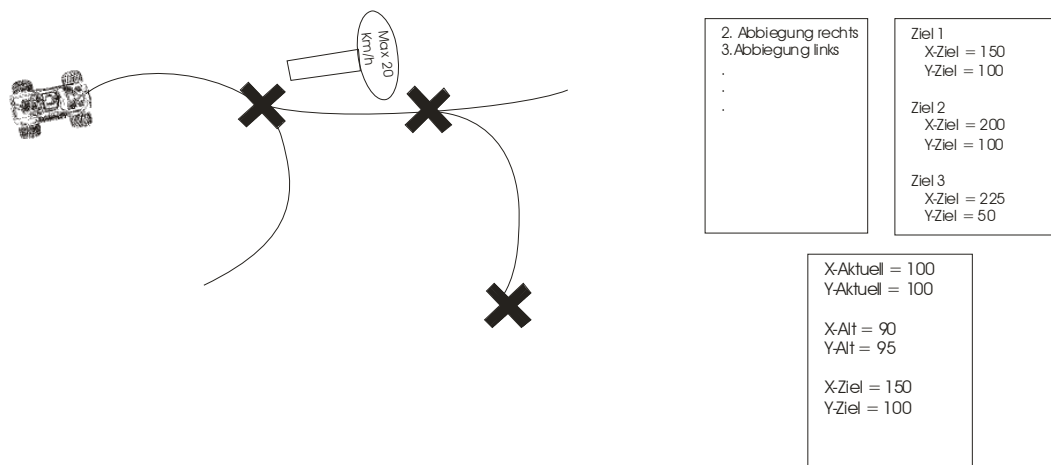


Bild 3-12 Orientierung an Wegbeschreibung, Linie, Wegpunkten und Positionierungssystem

3.3. Zusammenfassungen der Steuerungsmethoden und Beschreibung der Bedeutung für das Projekt.

Alle Varianten der Steuerung zeigen auf, wie ein Fahrzeug in einem Gelände oder Parcours von einem Start zu einem Zielpunkt navigiert werden kann. Hierbei kommen unterschiedliche Sensoren zu Einsatz, die jedoch einen genau definierten Rahmen von Informationen liefert, die sich später auch in den Informationen die das System verarbeiten muss widerspiegeln. Die Steuerung des Fahrzeuges wird hierbei nur über den Lenkeinschlag und die Beschleunigung beziehungsweise Verzögerung vorgenommen. Die Methoden wie ein Weg zur Steuerung gefunden wird, kann dabei abhängig von den zum einsatzkommenden Sensoren oder Elementen weiter beliebig an Komplexität zunehmen. Es lassen sich aber die möglichen Sensoren und Elemente die Sinnvoll für das Projekt sind vorher abgrenzen und verschiedene Einzelvarianten der Steuerungsmöglichkeiten somit im Vorwege abschätzen. Als eine erste Stufe in dem in der Technischen Informatik angedachten Projekt soll eine Steuerung anhand von der Orientierung an Geländemarken implementiert werden. Zum Einsatz kommen hierbei ein Kamerasystem zum Auffinden von Markierungen, die die entsprechenden Wegpunkte darstellen. Zusätzlich kommt noch ein System zur Geschwindigkeitsermittlung über die Raddrehzahl und eine bisher nicht weiter beschriebene Beschleunigungsermittlung und Drehermittlung des Fahrzeuges um die Z-Achse. Diese nicht beschriebenen Elemente haben hierbei keinen direkten Einfluss auf die Wegfindung können aber Informationen über den aktuellen Zustand und Fahrzustand des Fahrzeuges geben, worüber eine Optimierung der Steuerung der Lenkung oder Beschleunigung vorgenommen werden kann.

Als zukünftige Elemente beziehungsweise Sensoren auf dem Fahrzeug kann ich mir hier aufgrund der Abhandlung über die Orientierungsmöglichkeiten auch ein GPS-System mit einem Landkartensystem, Abstandssensoren und Photosensoren vorstellen. Zum Teil werden hierbei in Projekten an der HAW-Hamburg mit entsprechenden Sensoren schon anderen Projekte entwickelt die somit auf dieses Projekt portiert werden können. Es gibt hierbei zum Beispiel ein Projekt was mit Abstandssensoren ein Überholen zweier Fahrzeuge ermöglicht.

Es kann hierbei das gesamte Projekt in Einzelprojekte aufgeteilt werden die dann anhand von Schnittstellen und bekannten Informationen zusammengeführt werden können.

4. Beschreibung der Hardware

Ein weiterer wichtiger Eckpunkt für die Steuerung eines Fahrzeuges stellen die Betrachtung der zum Einsatz kommende Hardware und Sensoren da. Sie geben den möglichen Rahmen vor, in dem Werte über den aktuellen Zustand des Fahrzeuges ermittelt werden können und was sich aus diesen Werten schließen lässt. Anhand der Betrachtung der Sensoren und Messsystemen kann hierbei auch eine Aufteilung des Projektes in Einzelprojekte vorgenommen werden die dabei mögliche Einzelwerte liefern können. Deren Genauigkeit, Möglichkeiten oder Geltungsbereich für das Gesamtprojekt ist dabei zu ermitteln und abzugrenzen. Hierbei können die Systeme mit ihren ermittelten Informationen auch auf andere Projekte portiert werden, wo sie auch entsprechende Informationen liefern können.

4.1. Rechnersysteme

4.1.1. Hauptrechner

Bei dem Hauptrechner handelt es sich um einen Rechner, der aus Komponenten aus dem PC (Personal Computing) Bereich zusammengestellt wurde. Bei diesem Rechner handelt es sich um ein AMD-Geode System, was dem AMD-Athlon ähnelt, mit einem Prozessortakt von 1,4GHz. Die in dem System verbauten Komponenten wurden hierbei unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz und einer kleinen Bauform ausgewählt. Ziel war es hierbei den Rechner mit der Energieversorgung auf dem Fahrzeug unter zu bringen. Dabei sollte auch darauf geachtet werden, dass dieses Rechnersystem mit einer gegebenen Spannungsquelle entsprechend lange läuft um den Betrieb zu gewährleisten. Zum Einsatz kommt hierbei ein Sockel-A Mainboard der Firma Comwell was den sogenannten Mini-ITX Format entspricht und eine Kantenlänge von 17cm hat. Das Mainboard stellt übliche PC-Anschlusssteckplätze zur Verfügung die unter der Dokumentation des Mainboards [1] weiter beschrieben sind. Der Rechner ist ausgestattet mit einem 1GB Hauptspeichermodul, einer 4GB Compact-Flash-Karte als Massenspeicher und einer Wireless-LAN-Karte. Als Netzteil kommt ein Netzteil zum Einsatz was einen Weitbereichseingang von 6-24V besitzt. Diese Komponenten wurden in ein Gehäuse verbaut, was Außenmaße von 19x19x8,5 cm aufweist. An dem Gehäuse wurden dabei noch bauliche Veränderungen vorgenommen die im weiteren unter Systemaufbau der Hardware beschrieben wird. Als Betriebssystem kommt zurzeit ein normales Windows XP zum Einsatz. Eine Umstellung auf Embedded-System wie Windows XP Embedded ist hierbei angedacht.

Der Hauptrechner dient unter anderem dem Kamera-System als Plattform zur Bildbearbeitung. Des Weiteren bildet der Hauptrechner ein Kommunikationspunkt um mit einem Externen Rechner der nicht auf dem Fahrzeug verbaut wurde Informationen auszutauschen. Zusätzlich gehen bei diesem Hauptrechner die Informationen der ganzen weiteren Sensoren ein und anhand dieser soll eine Steuerung des gesamten Fahrzeuges implementiert werden.

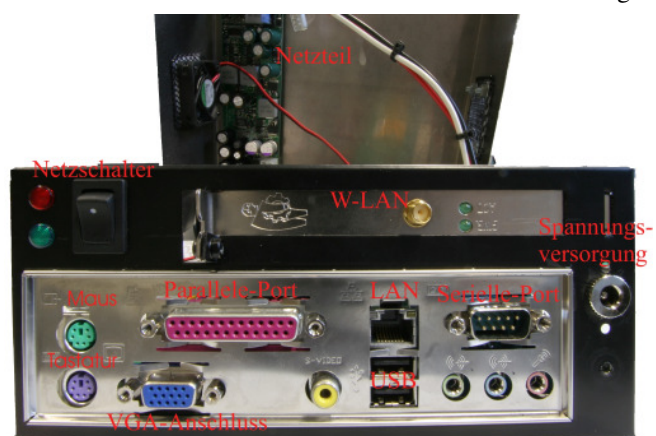


Bild 4-1 Hauptrechner

4.1.2. AVR-Rechner

Bei dem AVR-Rechner handelt es sich um einen 8-Bit AVR Microcontroller der Firma Atmel. Der Rechner ist in einer RISC Architektur aufgebaut und wird mit 16MHz betrieben. Dabei kann er mit einer Versorgungsspannung von 2,7-5,5V angeschlossen werden. Die Versorgungsspannung ist dabei abhängig von der Frequenz mit der der Microcontroller betrieben wird. Angegeben ist er dabei mit einer Spannung von 2,7V in einem 8MHz Betrieb und einer Spannung von 4,5V in einem 16MHz Betrieb. Durch einen externen Spannungswandler erhöht sich das Spektrum der möglichen Versorgungsspannung. In unserem Aufbau werden wir den AVR-Rechner mit einer Versorgungsspannung von 7,2V belegen, welche durch den externen Spannungswandler auf die nötige Spannung für den Microcontroller gewandelt wird. Der Microcontroller ist dabei mit 4 Timern ausgestattet, die alle über einen 10-bit Prescaler verfügen. Die Timer unterteilen sich dabei in einen 8-bit synchronen, in einen 8-bit asynchronen und zwei 16-bit synchrone Timer oder Zähler. Zudem verfügt er über 8 externen Interrupts. In den Microcontroller ist zudem ein CAN-Controller verbaut, über den wir in dem Projekt, den Nachrichtenaustausch realisieren werden. Zudem sind 53 programmierbare Input/Output Anschlüsse auf dem Microcontroller vorhanden, die zum Teil durch bestimmte Funktionen wie Systemtakt, Speicheranbindung, Timer, externe Interrupts bereits belegt sind. Als Speicher sind auf dem Microcontroller 128K Bytes System-Flashspeicher mit 10.000 schreib/lösch Zyklen, 4K Bytes EEPROM mit 100.000 schreib/lösch Zyklen und 4K Bytes externes SRAM vorhanden. Zudem kann der Microcontroller noch mit bis zu 64K Bytes externen Speicher ausgerüstet werden. Zusätzlich verfügt der Microcontroller bei den Anschlüssen um 8 Anschlüsse die mit einem Analog/Digital-Wandler ausgestattet sind.

Für den weiteren Aufbau des Gesamtsystem ist dabei noch wichtig zu erwähnen, das der verwendete Microcontroller über keine Echtzeituhr verfügt und zudem auch keine Floatingpoint-Einheit besitzt, was sich auf die Aufarbeitung der Messwerte und deren Genauigkeit bei der Ermittlung auswirkt.

Von diesen Rechnern werden mehrere auf dem Fahrzeug verbaut. Die Menge wird dabei durch die Kompatibilität der einzelnen darauf laufenden Programme vorgegeben, die für die Aufbereitung der vorhandenen Sensor- und Aktor Daten benötigt werden.

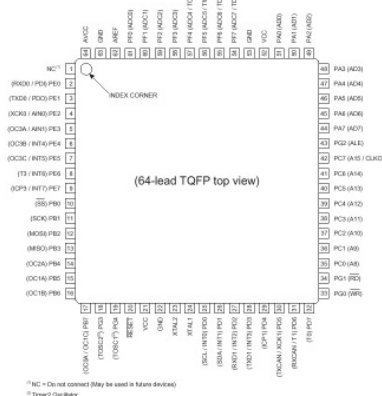


Bild 4-2 Anschlüsse des AVR-Microcontroller

4.1.3. Safety Modul

Das Safety Modul basiert auf einen in VHDL Programmierten CPLD. Das Modul befindet sich hierbei noch in der Evaluierung. Das Safety-Modul wird dabei zwischen den AVR-Rechner der die Servomotoren bedient und den Servomotoren geschaltet. Die Aufgaben liegen darin, dass dieses Modul einen Eingriff über die Fernsteuerung des Fahrzeuges im Gefahrensituationen ermöglicht. Zudem soll dieses Modul bei einer Fehlersituation auf dem Fahrzeug und den verbauten Komponenten das Fahrzeug in einen sicheren Betrieb halten, was bei einem Ausfall einer wichtigen Komponente ein sicheres Abbremsen in den Stillstand zur Folge hat.

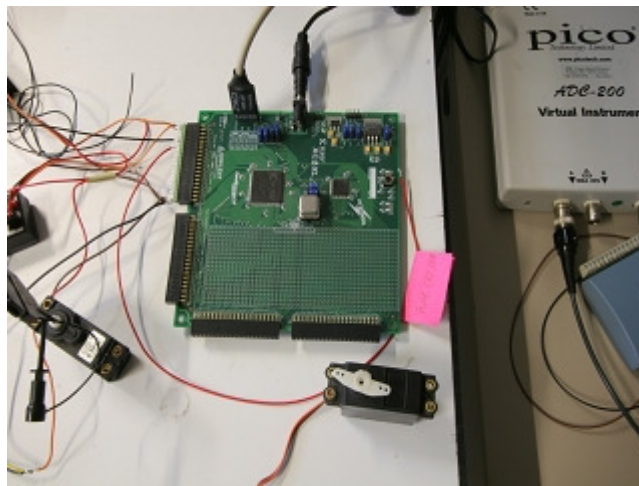


Bild 4-3 Prototype des Safety-Modul

4.2. Sensoren

Die Sensoren und Bauelemente die Auf dem Fahrzeug zum Einsatz kommen Orientieren sich an den Einsatzmöglichkeiten des Fahrzeuges die im Kapitel 3 beschrieben wurden. Dabei soll das Fahrzeug in der zurzeit geplanten Ausbaustufe über eine indirekte Steuerung über die Orientierung an Geländemarken verfügen. Die Geländemarken werden dabei durch bestimmt kodierte Schilder, die die Richtung zur nächsten Marke aufweisen, realisiert. Durch die unterschiedlichen Sensoren und Bauelemente erreichen wir zusätzliche Informationen über den Fahrzustand des Fahrzeuges. Zudem besteht die Möglichkeit bei bestimmten Sensoren, dass man Messwerte redundant über unterschiedliche Messverfahren dem Gesamtsystem zur Verfügung stellen kann, was den sicheren Betrieb, auch gegenüber dem Ausfall einer Komponente, sicherstellt.

4.2.1. Geschwindigkeitssensoren

Bei den Geschwindigkeitssensoren handelt es sich um sogenannte Hall-Sensoren die an allen vier Rädern angebracht sind. Sie arbeiten dabei als induktiver Näherungsschalter basierend auf dem Hall-Effekt. Hierbei machen wir uns die Bauart der Achsen auf den die Räder stecken zu Nutze. An der Vorderachse stecken die Räder auf einen Vierkant der noch genügend Platz für die Anbringung der Sensoren bietet.



Bild 4-4 Radsensor

An der Hinterachse verwenden wir für die Werteermittlung die Antriebswelle, die einen Spalt aufweist. Durch die baulichen Gegebenheiten haben wir die Möglichkeit an der Vorderachse vier Messwerte pro Umdrehung und an der Hinterachse zwei Messwerte pro Umdrehung aufzunehmen. Messwerte bedeutet hierbei dass ab einem bestimmten Überschreiten eines Näherungswertes ein Interrupt auf dem AVR-Rechner ausgelöst wird. Durch das Fehlen einer Echtzeituhr auf dem Microcontroller werden dabei die Anzahl der Interrupts in einer bestimmten Zeit ermittelt. Genauer wäre dabei die verstrichene Zeit zwischen zwei Interrupts.

Das Fahrzeug hat Räder mit einem Durchmesser von ca. 180mm. Das hat zur Folge, dass sich die gemessene Anzahl der Interrupts zwischen einen bei 1Km/h bei einem Hinterrad und ca. 160 bei 80Km/h bei einem Vorderrad bewegen. Pro 1Km/h macht ein Rad ca. eine halbe Umdrehung pro Sekunde. Die Anzahl der Umdrehungen liegt somit zwischen 0,5 und 40 Umdrehungen indem Geschwindigkeitsbereich des Fahrzeuges. Durch die Art der Ermittlung kann es in ungünstigen Fällen dazu kommen, dass ein Messwert mehr ermittelt wird, dadurch dass bei Messbeginn und Messende jeweils ein Messwert erfolgt. Dadurch kann es in ungünstigen Momenten z.B. bei 1 Km/h zu 2 Messwerten kommen an der Hinterachse was auch als eine Geschwindigkeit von 2Km/h interpretiert werden kann. Die Genauigkeit der Messwerte liegt bei dem Ermittlungsverfahren der Geschwindigkeit an der Hinterachse zwischen 50 und 98,7% und an der Vorderachse zwischen 66,7 und 99,3% abhängig von der Geschwindigkeit.

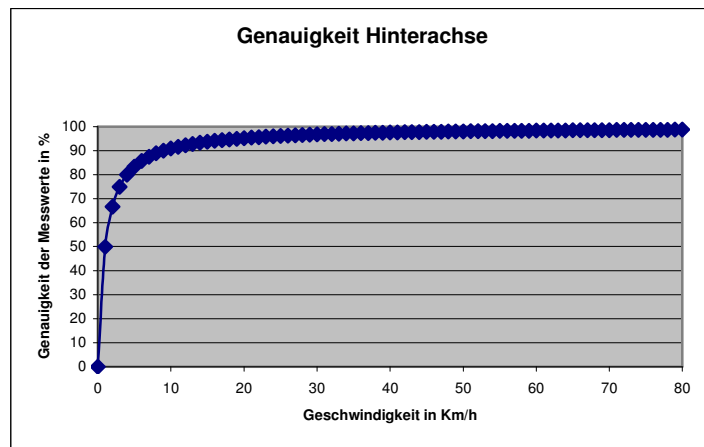


Bild 4-5 Meßwertgenauigkeit Hinterachse

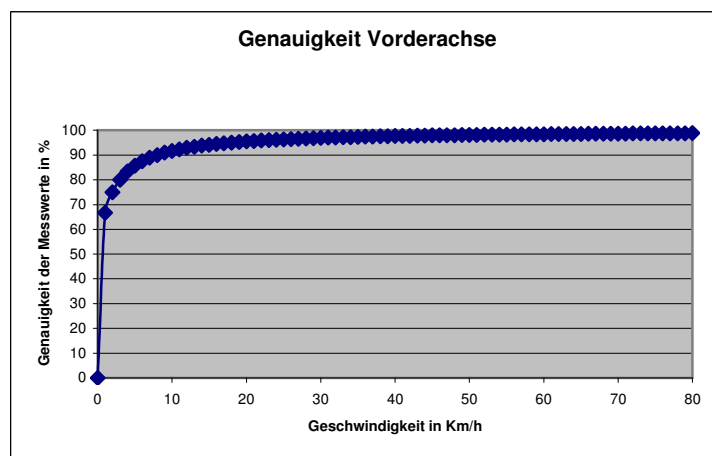


Bild 4-6 Meßwertgenauigkeit Vorderachse

Da die Geschwindigkeitsgenauigkeit 1Km/h beträgt, macht es auch nur Sinn, die Geschwindigkeit in 1Km/h Intervallen zu ermitteln. Das Ermittlungsintervall von einer Sekunde zu verfeinern, hätte hierbei gerade bei kleinen Geschwindigkeiten nur zur Folge, dass die Messwerte noch ungenauer werden.

Aus den Werten der Radsensoren können zudem noch weitere Informationen gewonnen werden, die Aufschluss über den Fahrzustand des Fahrzeuges geben können. Durch die Drehzahlunterschiede der Vorder- und Hinterachse lassen sich der sogenannte Schlupf ermittelt werden, was gerade bei der Beschleunigung interessant ist, um das Durchdrehen der Räder zu verhindern. Beim Bremsen kann hierbei zudem auch das blockieren der Räder verhindert werden, was bei dem von uns verwendeten Wagen bedeutet, dass die Hinterachse vor dem blockieren bewahrt werden kann, da eine Bremse nur an der Hinterachse vor dem Differential vorhanden ist. Die Vorderachse ist nicht mit Antriebs- oder Bremskräften belegt, so dass diese Geschwindigkeit des Fahrzeuges dem Mittel zwischen beiden Vorderrädern beträgt, solange sie Bodenkontakt haben. Durch eine Information über den zeitlichen Abstand zwischen 2 verschiedenen Messwerten kann zudem die Beschleunigung und die gefahrene Strecke in der Zeit ermittelt werden. Dadurch kann hier auch ein Abgleich mit den anderen Sensordaten vorgenommen werden.

4.2.2. Beschleunigungssensoren

Über den Beschleunigungssensor werden die Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte ermittelt, die auf das Fahrzeug einwirken. Ein Beschleunigungssensor kann dabei die auftretenden Beschleunigungen in den 3 Raumrichtungen aufnehmen. Für die Genauigkeit der ermittelten Beschleunigungswerte auf unserem Modellauto hat es zur Folge, das man hier wohl alle 3 Raumrichtungen erfassen muss. Die Ermittlung in nur einer Raumrichtung liefert nur bei ideal planen und ebenen Boden und idealer Ausrichtung und Bewegung in diese Raumrichtung einen genauen Wert. Bei nicht idealen Voraussetzungen wird die Beschleunigung des Fahrzeuges durch die Beschleunigungen in den zwei zusätzlichen Raumrichtungen beeinflusst. Bei idealer Ausrichtung auf dem Fahrzeug sind die Einflüsse der Beschleunigung in der Fläche unter einander vernachlässigbar, so dass die ermittelten Werte den tatsächlichen Werten entsprechen. Durch die Erdbeschleunigung wird jedoch der ermittelte Wert für die Fläche bei einer Steigungen oder einem Gefällen beeinflusst. Hierzu müssen geeignete Verfahren herangezogen werden, um die Genauigkeit der ermittelten Werte zu bewerten.

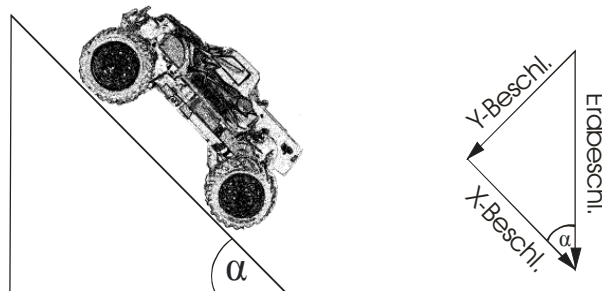


Bild 4-7 Betrachtung der Beschleunigung an einer Steigung

Bei einer ebenen Fahrstrecke, also ohne Störung des Beschleunigungssensors senkrecht zur Fahrrichtung, kann man folgende Rechnung zur Abschätzung der tatsächlichen Beschleunigung zu Grunde legen. Dabei ist zu beachten, das die ermittelten Werte aus der Formel für den Stillstand Entwickelt gelten und daher nicht hinreichend genau sind.

$$Beschl._{Abschätzung} = Beschl._{X-Achse} - \frac{Beschl._{X-Achse}}{\sqrt{Beschl._{X-Achse}^2 + Beschl._{Y-Achse}^2}}$$

Bei einer 45° Steigung ermittelt der Beschleunigungssensor im Stillstand eine Beschleunigung von $\sqrt{1/2}$. Dies würde bedeuten, wenn man die Ausgleichsrechnung nicht anwendet, dass sich das Fahrzeug mit einem Wert von 0,7g beschleunigen würde. Seine somit ermittelte Geschwindigkeit würde sich entgegen dem tatsächlichen Stillstand entsprechend beschleunigt verändern. Eine ermittelte Geschwindigkeit über den Beschleunigungssensor ohne eine entsprechende Ausgleichsrechnung ist daher immer auch mit der ermittelten Geschwindigkeit der Radsensoren zu vergleichen und zu bewerten. Hierzu müssen noch weitere geeignete Verfahren entwickelt und abgeschätzt werden, um eine genauere Ausgleichsrechnung vornehmen zu können. Durch die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den Radsensoren und der Berechnung über den Beschleunigungssensor lassen sich dann zudem auch Geländeeigenschaften ermitteln, wie zum Beispiel ob sich das Fahrzeug gerade in einem Gefälle oder einer Steigung befindet, oder ob sich das Fahrzeug über einen unebenen Untergrund bewegt. Über die Kenntnisse des Zeitintervalls in dem eine Messung erfolgt können sich zudem die Geschwindigkeit und die zurückgelegte Strecke ermittelt und für weitere Betrachtungen herangezogen werden.

4.2.3. Drehwinkelsensor

Ein Drehwinkelsensor oder auch Gyroskop ist ein sehr empfindliches Messinstrument was eine Winkeländerung z.B. bei einer Kurvenfahrt erfassen kann und somit einen Aufschluss darüber geben kann um wie viel Grad sich das Fahrzeuges innerhalb eines Zeitintervalls zum Ursprungszustand gedreht hat. Es ist daher ein relativ präzises Instrument um z.B. eine Kurvenfahrt zu überwachen. Über den Drehwinkelsensor können daher Kurskorrekturen und das einlenken bei Kurven überwacht werden. Zusammen mit anderen Sensoren und den ermittelten Werten kann zudem auch eine maximale Kurvengeschwindigkeit ermittelt und eingehalten und auch ein Schleudern des Fahrzeuges erfasst werden. Diese Information kann daher im Hauptrechner durch geeignete Eingriffe auf die Lenkungs- und Geschwindigkeitsservomotoren verwendet werden, um das Fahrzeug stabil zu halten, wobei die tatsächliche Drehwinkeländerung mit der zu erwartenden Drehwinkeländerung zu vergleichen ist.

4.3. Weitere Bauelemente

Zusätzlich zu den Sensoren auf dem Fahrzeug, kommen noch weitere Bauelemente zum Einsatz, die nicht unter dem Begriff der Sensoren fallen, aber Einfluss auf die gesamte Architektur nehmen und an der Steuerung des Fahrzeuges beteiligt sind. Diese Bauelemente nehmen dabei entweder direkt Einfluss auf die auf die Fahrt in dem sie zusätzliche Informationen liefern oder sie sind für die Kommunikation zuständig.

4.3.1. CAN-Bus

Die Kommunikation auf dem Fahrzeug wurde dahingehend abgestimmt, dass der CAN-Bus verwendet wird. Die AVR-Rechner sind schon mit einem CAN-Bus Anschluss ausgestattet. Bei dem Hauptrechner ist ein entsprechender Anschluss nicht vorhanden und wird über ein USB-Modul mit dem CAN-Bus verbunden. Über den CAN-Bus werden die entsprechenden Informationen zwischen dem Hauptrechner und den auf dem Fahrzeug befindlichen AVR-Rechnern als Datenpakete ausgetauscht. Der CAN-Bus ist damit das wichtigste Kommunikationsmedium auf dem Fahrzeug

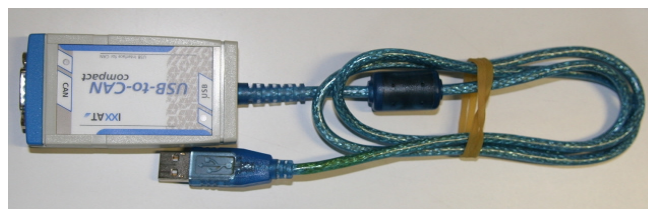


Bild 4-8 USB CAN-Bus Adapter

4.3.2. Kamera

Bei der Kamera handelt es sich um eine empfindliche Schwarz/Weiß Kamera die so gesteuert werden kann, das sie bestimmte Bildausschnitte fokussieren und vom Kontrast und der Ausleuchtung so einstellen kann, das Teil-Bild entsprechend bearbeitet werden kann. Die Kamera wird am Hauptrechner über einen USB-Anschluss betrieben. Eine selbst entwickelte Software auf Basis der LTI-Lib erkennt dabei bestimmte Marken. Diese Marken sind von der Art und vom Aussehen so selbst erstellt, das diese Marken Informationen in sich tragen, die bei der Erkennung der Marke dem Fahrzeug Information zum weiteren Fahrverfahren liefern können. Die Marken bestehen dabei aus Kreisen die bestimmte Proportionen zueinander haben. Die Kreise werden über einen Kantenfilter ermittelt und die Proportionen der Kreise zueinander liefern die weitere Wegstrecke, die das Fahrzeug zur nächsten Marke nehmen soll. Dabei kommen zurzeit drei verschiedene Marken zum Einsatz. Die Marken verschlüsseln dabei ob sich die nächste Marke Rechts, Links oder Geradeaus befindet. Dadurch das die Gesamtgröße einer Marke einheitlich ist, ist es möglich über die erkannte Größe der Marke im Kamerabild den Abstand zur Marke zu errechnen, und bei einer Annäherung und damit verbundenen Größenänderung des Bildes der Marke, auch die Geschwindigkeit zu ermitteln, mit der sich das Fahrzeug auf die Marke zu bewegt. Eine Genauigkeit ist dabei abhängig von der Entfernung zu der Marke. Die Größenänderung des Bildes nimmt bei einer entfernten Marke langsamer zu als bei einer nahen Marke. Das Verfahren wie die Software dabei aus dem Kamerabild eine Marke erkennt, bietet dabei noch weiteren Aufschluss über die Art, wie sich das Fahrzeug auf die Marke zu bewegt. Im ersten Schritt, wenn bisher keine Marke erkannt wurde, wird das gesamte Bild nach einer möglichen Marke durchsucht. Wird eine mögliche Marke erkannt, so wird nur der entsprechende Bildausschnitt weiter bearbeitet. Enthält dieser Bildausschnitt eine Marke, so wird diese entschlüsselt und die Entfernung berechnet. Im nächsten aufgenommen Bild wird genau dieser Bildausschnitt wieder auf die Marke untersucht. Wird die Marke nicht vollends oder gar nicht erkannt, wird in dem Bereich um diesen Bildausschnitt die Marke gesucht. Wird sie nicht erkannt, so wird wieder das ganze Bild durchsucht. Wird sie erkannt, so kann über die Bewegung des Bildausschnittes eine Abschätzung getroffen werden, wo die Marke im nächsten Bild zu suchen ist. Über die Verschiebung des Bildausschnittes kann somit auch ermittelt werden, ob das Fahrzeug sich direkt auf die Marke zu bewegt oder in welchen Winkel sich das Fahrzeug an der Marke vorbei bewegt. Dieser Winkel kann dazu genutzt werden das Fahrzeug entsprechend auf die Marke zugelenkt wird. Eine andere Möglichkeit um das Fahrzeug auf die Marke zu steuern liegt darin, dass wenn die Marke das gesamt Bild verlassen hat, zu registrieren in welcher Richtung sich die Marke bewegt hat und beim nicht mehr erkennen der Marke entsprechend gegenzusteuern. Dieses Verfahren ist ein ziemlich grobes Verfahren, was aber wesentlich weniger Rechenzeit benötigt. Es führt zu einem groben Zickzack-Kurs auf die Marke zu, insbesondere wenn die Marke weiter entfernt ist. Gerade für den Anfang ist dieses grobe Verfahren auslangend und weitere Verfahren müssen entsprechend der Rechenperformance betrachtet werden und gegebenenfalls optimiert werden.



Bild 4-9 Kamera Bild



Bild 4-10 kodierte Marke

4.4. Zusammenfassende Kurzbetrachtungen bisher nicht zum Einsatz kommender Hardware

Wie in Kapitel 3 angesprochen, gibt es weitere Möglichkeiten wie man das Fahrzeug in einem Gelände bewegen kann und welche Art von Sensoren dabei zum Einsatz kommen können. Diese angesprochenen Sensoren liefern dabei ähnliche Informationen wie die bisher beschriebenen Sensoren. Sie können das Fahrverhalten entsprechend verfeinern und gesamt gesehen positiv beeinflussen. Ein GPS-Modul kann dabei zum Beispiel Informationen über den genauen Standort liefern. Mit der Information über einen zu erreichenden Punkt kann das Fahrzeug auf das diesen Punkt zugesteuert werden. Informationen die dabei ermittelt werden können, sind die Geschwindigkeit, der Abstand zum zu erreichenden Punkt und den relativen Winkel der Fahrzeugbewegung zum zu erreichenden Punkt.

Über Abstandssensoren kann ein Abstand zu einem Hindernis ermittelt werden. Solche Sensoren, rund um das Fahrzeug angebracht, können dabei auch dazu verwendet werden, einem Hindernis auszuweichen oder sich an einer Kante wie zum Beispiel eine Mauer entlang zu bewegen. Hierbei müssen die Abstandssensoren jedoch eine entsprechend große Messentfernung aufweisen, wo Ergebnisse ermittelt werden können. Die nötige Messentfernung ist dabei abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Messgeschwindigkeit und der Reaktionszeit des gesamten Systems inklusive der Zeit zum Abbremsen oder Ausweichen. Bei voller Geschwindigkeit erreicht unser Modellfahrzeug eine Geschwindigkeit von 22m/s so, das hier eine recht hohe Entfernung über diese Sensoren ermittelt werden muss.

Photosensoren, an der Unterseite des Fahrzeuges angebracht, können dabei dazu verwendet werden, dass sich das Fahrzeug in einen entsprechend auf dem Untergrund markierten Bereich bewegt. Über eine Information in welche Richtung das Fahrzeug den Bereich verlassen hat, kann entsprechend das Fahrzeug zurück in den Bereich gelenkt werden. Eine solche Information kann dabei über mehrere solcher Photosensoren ermittelt werden. Auch bei den Photosensoren gilt, dass sie entsprechend schnell reagieren können müssen, bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten. Bei schnelleren Fahrzeuggeschwindigkeiten machen sie nur dann Sinn, wenn die Hauptfahrzeugsteuerung über andere Sensoren oder Elemente übernommen wird, so dass ein Winkel in dem diese seitliche Grenze überschritten wird, relativ klein ist. Bei höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten stellen solche Sensoren einen Zusatz dar, sie können aber nicht für die Gesamtsteuerung herangezogen werden.

5. Elektrische Voraussetzungen

Die elektrischen Eigenschaften der einzelnen Bauelemente sind für das gesamte Projekt ein wichtiger zu betrachtender Punkt. Jede Komponente muss dabei über einen entsprechenden Zeitraum (ca. 0,5 bis 1 Stunde) ausreichend mit der notwendigen Spannung versorgt werden. Auch die dabei benötigte Stromstärke ist dabei relevant. Die Spannungsversorgung muss dabei auf dem Fahrzeug in Form von Akkus mitgeführt werden. Durch die räumliche Beschränkung auf dem Fahrzeug und die Beschränkung der Tragkraft des Fahrzeuges ist die mögliche Anzahl und Größe der Akkus nicht beliebig erweiterbar. Die entsprechenden Komponenten müssen daher somit auch den entsprechenden Voraussetzungen, die auf dem Fahrzeug bezüglich der Spannungsversorgung gegeben sind, ausgewählt und dahingehend betrachtet werden.

5.1. Beschreibung der Stromversorgung

Auf dem Fahrzeug kommen unterschiedliche Akkus zum Einsatz, die die Stromversorgung gewährleisten sollen. Hauptsächlich wurden dabei im Team abgesprochen, dass ein 14,4 Volt Racing Akku mit 3,6 Amperestunden zur Versorgung des Hauptrechners zum Einsatz kommt. Ein Racing Akku mit 7,2 Volt und 3 Amperestunden steht hauptsächlich den AVR-Rechnern zur Verfügung. Die Akkus der Fernsteuerungseinheit werden nicht für andere Zwecke verwendet, so dass ein Sicherheitseingriff von Außen über die Fernsteuerung jederzeit möglich ist. Das auf dem Fahrzeug eingesetzte Sicherheitsmodul erhält eine eigene Stromversorgung die anderen Projektteilen auch nicht zur Verfügung stehen. Dadurch dass die Kamera und die zum Einsatz kommenden Radsensoren eine Versorgungsspannung von 12 Volt benötigen, wurde auch ein entsprechende 12 Volt Anschlussschiene zur Verfügung gestellt. Die Spannungen von 7,2, 12 und 14,4 Volt sind über eine Steckerleiste den Projektteilen zum Abgriff bereit gestellt. Die Projektteile können daher von diesen Spannungsschienen durch eine entsprechende Verbindung versorgt werden

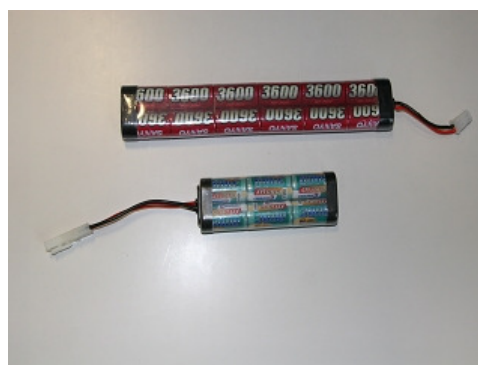


Bild 5-1 zum Einsatz kommende Akkus

5.2. Vorgaben für die Stromversorgung an die Einzelprojekte

Die Hardwareauswahl der einzelnen Projekte sollte sich entsprechend an die Vorhandenen Spannungen richten die zum Abgriff bereit stehen. Die Notwendigkeit für eine andere Spannung würde hier seitens eines zusätzlichen Akkus die Möglichkeit der Unterbringung des Akkus erschweren. Die Traglast die das Fahrzeug aufnehmen muss, würde sich damit zudem erhöhen. Dies hat in Abhängigkeit von der Unterbringung auf dem Fahrzeug, einen mehr oder weniger starken Einfluss auf das Fahrverhalten des Fahrzeuges. So kann zum Beispiel die Kippneigung in einer Kurvenfahrt zunehmen, wenn ein hoch angebrachter schwerer Akku den Schwerpunkt nach oben verlagert. Dies würde vorher ermittelte Messdaten über das Fahrverhalten verfälschen und diese müssten demnach neu ermittelt werden. Eine Bereitstellung der nötigen Spannung über einen Spannungswandler und dem Abgriff auf eine vorhandene Spannungsquelle hätte zudem eine erhöhte Verlustleistung zur Folge, die die Laufdauer des entsprechenden Akkus minimiert. Jedes Teilprojekt ist zudem dahingehend zu untersuchen, welche Leistungsaufnahme durch die benötigten Komponenten zu erwarten ist. Dies ist insbesondere für die Ermittlung der Akkulaufzeiten und Dimensionierungen der Akkus notwendig. Eine Verdoppelung der Leistungsaufnahme hat eine Halbierung der Akkulaufzeit zur Folge. Die zu erwartende Akkulaufzeit kann dabei überschlägig entsprechend der Formel

$$Laufzeit = \frac{Leistungsabgabe_{Akku}}{\sum Leistungsaufnahme_{Einzelkomponenten}}$$

wobei sich die Leistungsabgabe des Akkus aus den angebenen Amperestunden und der Spannung ergibt.

$$Leistungsabgabe_{Akku} = Spannung_{Akku} \cdot Amperestunden_{Akku}$$

Eine Laufzeitveränderung in Hinsicht einer neu hinzuzufügenden Komponente kann entsprechend mit der Formel

$$Laufzeit_{Neu} = Laufzeit_{Alt} \frac{Leistungsaufnahme_{Alt}}{Leistungsaufnahme_{Alt} + Leistungsaufnahme_{zusätzlich}}$$

berechnet werden. Hierbei sollte die mögliche Laufzeit, durch die an einen Akku angeschlossenen Komponenten und daraus resultierenden Leistungsaufnahme, 30 Minuten deutlich überschreiten. Besser ist hier eine Laufzeit von mindestens 45 Minuten als Maßstab, da der Tank des Fahrzeuges circa für 45 Minuten Fahrt Kraftstoff aufnehmen kann. Somit kann das Fahrzeug bei vollen Tank mindest so lange betrieben werden, bis der Kraftstoff verbraucht ist und die sich dadurch die mögliche Laufzeit des Fahrzeuges nicht durch die elektrische Versorgung beschränkt, sondern durch das Fassungsvermögen des Tankes.

Der zum Einsatz kommende Hauptrechner hat hierbei eine Maximale Laufdauer von über einer Stunde mit den dort drin verbauten Komponenten. Gemessen beträgt die Laufzeit an dem 14,4 Volt Akku mit 2 angeschlossenen USB-Sticks und einigen Kopiervorgängen knapp über 1,25

Stunden. Die dabei gemessene Leistungsaufnahme lag dabei zwischen 37 und 38 Watt. Rechnerisch würde der die Laufzeit 1,36 Stunden. Der Unterschied zwischen dem durch den Test ermittelten Werten und den rechnerischen Werten von weniger als 6 Minuten ist auf nicht vollkommen geladene Akkus und Fehler bei der Ermittlung der benötigten Leistung zurückzuführen. Theoretisch hätte der Entsprechende Akku 1 Stunde und 22 Minuten durchhalten müssen. Tatsächlich waren es 1 Stunde und 16 Minuten und 1 Stunde und 17 Minuten gemessen mit den beiden zur Verfügung stehenden Akkus. Die beiden angeschlossenen USB-Sticks hatten dabei den Grund, dass damit die Leistungsaufnahme der über den USB-Anschluss angeschlossenen Geräte wie die Kamera und den USB-CAN-Bus Adapter zu simulieren, da sie zum Testzeitpunkt nicht für den Test zur Verfügung standen. Das Kopieren von Daten bei dem Test sollte dabei das Rechendlastaufkommen und die Benutzung der angeschlossenen Geräte simulieren, um möglichst nahe an dem später auf dem Fahrzeug zu erwartenden Wert der Laufzeit zu liegen.

Entsprechende Abschätzungen und Testszenarien müssen auch über die anderen Komponenten getroffen und getätigt werden. Diese Ergebnisse sind dabei jeweils zu dokumentieren und dem Gesamtprojekt zur Verfügung zu stellen, da daran anhand dieser Werte weitere Abschätzungen bei neuer oder geänderter Hardware getroffen werden kann. Nur so lässt sich sicherstellen, dass eine neue zusätzliche Komponente zusammen mit den anderen verbauten Komponenten entsprechend lange genug betrieben werden können.

5.3. Fehlerbehandlung bei der Stromversorgung

Beim Aufbau des Rechners und des gesamten System kam es zu Problemen, die dazu führten das die Geräte nicht betrieben werden konnten.

Die ursprüngliche Netzteilauswahl des Rechners basierte auf einem relativ kleinen 60 Watt Netzteil was über einen Weitbereichseingang verfügte. Der zusammengebaute Rechner lief jedoch an diesem Netzteil nicht an und verweigerte den Dienst. An einem Standard PC-Netzteil lief der Rechner jedoch einwandfrei. Zuerst wurde vermutet, dass das Netzteil defekt sei. Die ordnungsmäßige Funktion des Netzteils wurde jedoch durch den Hersteller bestätigt. Die Problematik dazu musste somit woanders zu suchen sein. Daher wurden mit einem induktiven Amperemeter die aufgenommen Stromstärken auf den unterschiedlichen Leitungen des Netzteils im Betrieb ermittelt. Die Fehlerursache lag dabei auf der 12 Volt Leitung die vom Netzteil auf das Mainboard geht. Der Hersteller hat die maximale Stromstärke, die darüber abgegriffen werden kann, mit 0,4 Ampere angegeben. Tatsächlich benötigte das Mainboard jedoch über 1,2 Ampere. Unter anderem war die ausgewählte CPU dafür verantwortlich. Neuere CPU's benötigen eine Versorgung über die 12Volt Leitung um die benötigte Leistungsaufnahme bei den hohen Frequenzen sicherzustellen. Trotz Einhaltung der Gesamtleistungsaufnahme im bezug auf die maximale abzugebene Leistungsaufnahme war daher ein Betrieb mit dem gewählten Netzteil nicht möglich. Daher wurde ein neues, stärkeres Netzteil ausgewählt, was mit einer maximalen Abgabe von 8 Ampere auf der 12 Volt Leitung genügend Reserven bietet.

Diese Reserven haben uns im Team dazu veranlasst, dass wir die nötigen 12 Volt Spannungen für den Betrieb der Kamera und der Radsensoren über das PC-Netzteil realisieren wollten. Eine Messung der Leistungsaufnahme der Kamera hat ergeben, dass diese ca. 4 Watt an Leistung aufnimmt. Bei 12 Volt bedeutet dies eine Aufnahme von 3 Ampere. Dies hätte von dem Netzteil theoretisch geliefert werden können. Die Aufnahme der Radsensoren haben wir dabei nicht so hoch eingeschätzt, so dass wir angenommen haben, dass der Betrieb darüber möglich ist. Leider hat sich dann bei einer Testfahrt herausgestellt, dass ein Betrieb nicht darüber zu realisieren ist, da der Rechner nicht mehr ordnungsgemäß startete und sich nach kurzer Zeit abschaltete. Die Ursache ist hier auch die zu hohe Stromstärkeaufnahme durch die einzelnen Komponenten. Die Radsensoren alleine konnten gerade noch betrieben werden, was dadurch zu erkennen war, dass der

Rechner noch bis zum Betriebssystem hochfuhr. Das Einschalten der Kamera führte jedoch dazu, dass die maximale mögliche Aufnahme überschritten wurde und somit ein Reset des Rechners ausgeführt wurde.

Andere mögliche Fehlerquellen wurden zudem durch die Teamarbeit auf dem System im Vorweg erkannt. Hier werden andere konstruktive Maßnahmen vorgenommen um diese Fehlerquellen zu beseitigen. Hierbei war eine provisorisch angelegte Verteilerplatine für die Versorgungsspannung nicht den Einflüssen im Fahrbetrieb nicht gewachsen. Die Stecker konnten nicht ausreichend befestigt werden und rutschten dadurch ab. Zudem gab es Probleme bei der Lötung der Platine, so dass nicht alle Anschlussstifte sauber verlötet wurden. Dieser Problematik fiel leider auch erst bei Testfahrten auf und werden entsprechend beseitigt.

Eine weitere mögliche Fehlerquelle in der Elektrik wurde schon im Vorweg erkannt. Die Zündung des Motors könnte Einfluss nehmen auf die elektrischen Bauelemente und die Verkabelung. Daher wurden zum Beispiel die Kabel für die hinteren Radsensoren so verlegt, dass sie in einem ausreichenden Abstand entfernt von der Zündung zum hinteren Teil des Fahrzeuges geführt werden. Zudem wurde für die Verkabelung der hinteren Radsensoren ein geschirmtes Kabel verwendet. Weiter führende Einflüssen müssen hierbei noch untersucht werden.

Es ist daher für das gesamte Projekt sehr wichtig, das die einzelnen Projektteile bezüglich ihrer Leistungsaufnahme, der benötigten Versorgungsspannung und den elektrischen Eigenschaften anzuwählen. Entscheidungen die dabei getroffen wurden und die zu erwartenden Eigenschaften sind zu dokumentieren. Zusätzliche Teile können somit bezüglich der Verträglichkeit mit den vorhandenen Möglichkeiten auf dem Fahrzeug abgeglichen werden. Zudem kann durch ein Redesign einer schon vorhandenen Arbeit, eine entsprechende Komponente zusätzlich verbaut werden, wenn man diese, anhand ihrer elektrischen Eigenschaften, auf das System anpasst.

6. Systemarchitektur

Auf den vorherigen ausgearbeiteten Einflüsse auf das Fahrzeugs beim Betrieb und die Möglichkeiten wie ein solches Fahrzeug im Gelände betrieben werden kann beruhen die Überlegungen wie Architektur aufzubauen ist. Eine verwendete Architektur sollte dabei die Möglichkeit haben, das neue zusätzliche Komponenten einfach eingefügt werden oder eine vorhandene Komponente einfach bearbeitet werden kann, ohne das es Einschränkungen im Betrieb gibt mit den bereits existierenden Komponenten.

Das gesamte Projekt kann dabei grob in

- Kamera und Sensor Auswertung
- Fahrzeugsteuerung
- Sicherheitsaspekte für den Betrieb
- Externe Kommunikationsmöglichkeiten

eingeteilt werden, wobei die einzelnen Punkte mehrere Teilprojekte beinhalten.

Jedes Projekt ist dabei im Bezug der Eigenschaften von

- Hardware
- Software
- Vernetzung
- Dokumentation

zu untersuchen und entsprechend in das gesamte System einzuführen und zu dokumentieren.

6.1. Aufbau der Systemarchitektur der Hardware

Da das Gesamtsystem Modular aus den Einzelsystemen aufgebaut werden soll besteht jedes einzelne Projekt aus einem Rechnersystem und Spannungsversorgung sowie in der Regel aus einem Ein- / Ausgabegabeelement wie Sensor, Aktor oder anderes Bauelement und ein Kommunikationselement zu anderen Komponenten.

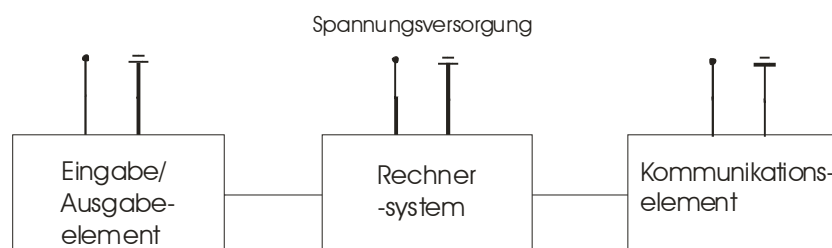


Bild 6-1 schematischer Aufbau Spannungsversorgung

Die jeweilige Versorgungsspannung kann dabei je nach Projekttyp unterschiedlich realisiert sein und dabei entweder für alle Komponenten getrennt oder auch zusammen realisiert sein.

Der Hauptrechner ist über den CAN-Bus mit den beiden AVR-Rechnern vernetzt. Über diesen CAN-Bus werden die Informationen, die die Sensoren liefern und die notwendigen Befehle für die Servomotoransteuerung übertragen. Ein AVR-Rechner, auf dem eine Überwachungssoftware läuft und der PC sind mit dem Sicherungsmodul verbunden. Die Rechnerarchitektur auf dem Fahrzeug kann somit wie folgt dargestellt werden.

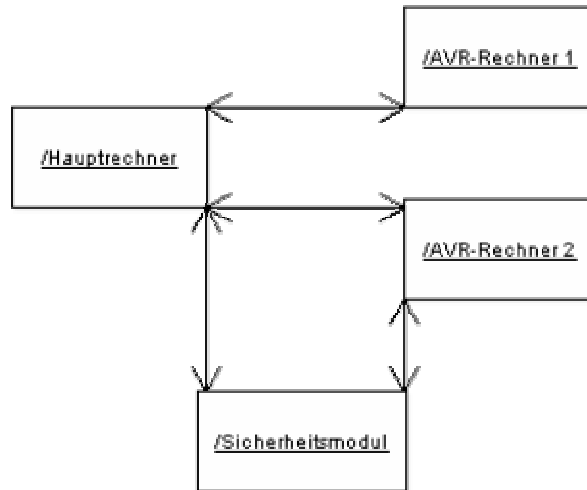


Bild 6-2 schematische Verteilung und Vernetzung der Rechnerarchitektur

Des Weiteren sind von Extern auch Zugriffsmöglichkeiten möglich, die einmal per WLAN über den Hauptrechner und zum anderen per Funk über ein Empfangsmodul realisiert sind.



Bild 6-3 schematische Vernetzung mit einem externen Steuerstand

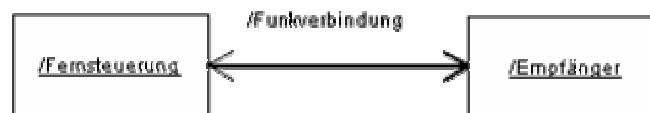


Bild 6-4 schematische Darstellung der Verbindung zur Fernsteuerung

Bei den ganzen Teilen ist darauf zu achten, soweit sie sich auf dem Fahrzeug befinden, dass diese konstruktiv sicher verbaut werden und gegen die Fahreinflüsse geschützt sind.

6.1.1. Aufbau und Befestigung des Hauptrechners

Der Hauptrechner ist aus den in Kapitel 4.1.1. beschrieben selbst ausgewählt und aufgebaut. Schematisch kann man diesen Rechner für das Projekt wie folgt darstellen:



Bild 6-5 schematischer Aufbau des Hauptrechners

über die externen Anschlussmöglichkeiten ist hierbei ein CAN-Modul zur Kommunikation auf dem Fahrzeug angeschlossen. Zusätzlich ist über die externen Anschlussmöglichkeiten eine Verbindung zu der Kamera über den USB-Anschluss realisiert und eine Verbindung zu dem Sicherheitsmodul ist über den Parallelport angedacht.

Für die Unterbringung auf dem Fahrzeug wurde zum einen an dem Rechneraufbau und auch auf dem Fahrzeug bauliche Veränderung vorgenommen.

Bei dem Rechner wurden hierbei zum einen bei dem gekauften Gehäuse die seitlichen Befestigungslaschen entfernt, da sie für die Befestigung auf dem Fahrzeug nicht benötigt werden und störten.



Bild 6-6 Gehäuse mit zu entfernenden Teilen (rot markiert)



Bild 6-7 bearbeitetes Gehäuse

Zudem wurden seitlich Löcher in das Gehäuse gebohrt. Vor diese Löcher wurden Gitter mit einem Staubschutzfilter angebracht. Auf der Seite, die der CPU zugewandt ist, wurde zudem ein 40mm Lüfter zur Kühlung angebracht.

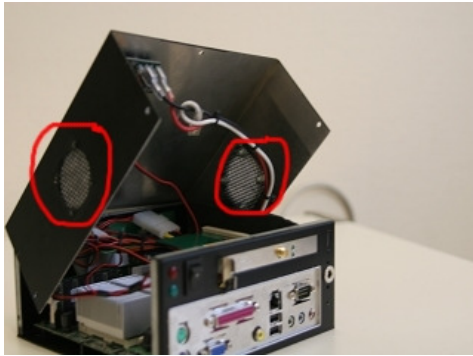


Bild 6-8 Gehäuse mit Belüftungslöchern

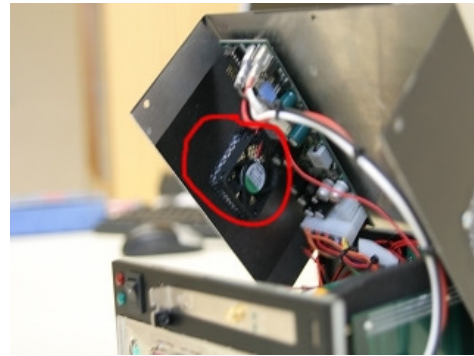


Bild 6-9 Gehäuse mit eingebauten Lüfter

Das Netzteil wurde unterhalb der der Gehäuseabdeckung angebracht und über Abstandshalter mit diesem verschraubt.

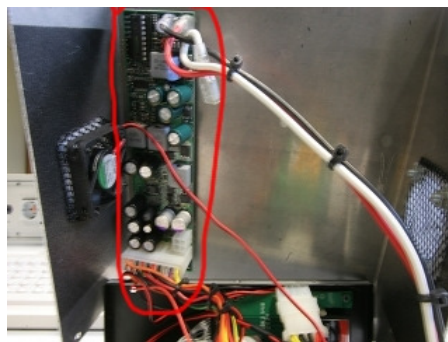


Bild 6-10 Gehäuse mit eingebauten Netzteil

An dem Fahrzeug selbst wurde der Platz zur Befestigung ausgewählt und Bauteile die nicht mehr in der Form benötigt wurden, wurden demontiert. Entfernt wurden dabei 2 Streben und die seitlichen Schweller.



Bild 6-11 Fahrzeug mit zu entfernenden Teilen (rot markiert)



Bild 6-12 Fahrzeug (entfernte Teile)

Anstelle der entfernten Teile wurden dann anhand von Pappmodellen als Prototypen neue Teile angepasst. Anhand dieser Prototypen wurden später Teile aus Metall gefertigt und mit dem Fahrzeug verschraubt.



Bild 6-13 Seitenschweller im Original, Prototyp und als fertiges Bauteil



Bild 6-14 Rechnerhalterung als Prototyp und fertiges Bauteil

Bei der Anbringung auf dem Fahrzeug wurde die Einbaurichtung des Rechners so angepasst, dass der Lüfter des Hauptrechners zur Fahrzeugfront sitzt und somit die Luft von vorne durch den Rechner gedrückt wird.

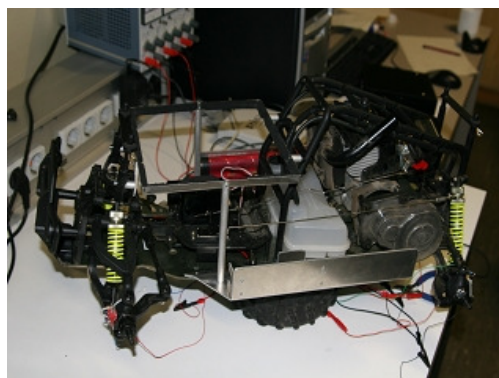


Bild 6-15 neue Schweller und Rechnerhalterung am Fahrzeug



Bild 6-16 Fahrzeug mit eingesetzten Hauptrechner

Auf den seitlichen Schwellern sind zudem Halterungen angebracht worden, in die die Akkus untergebracht werden können.

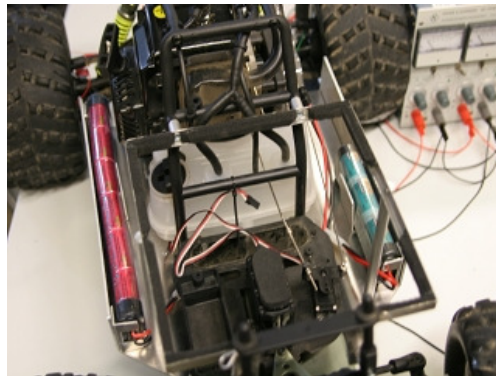


Bild 6-17 Fahrzeug mit eingesetzten Akkus

Der Rechner selbst wird im Rahmen selbst durch einen Neoprenrand gehalten und sitzt auf einem Neoprensockel zur Stoßdämpfung. Die Größe wurde dabei so gewählt, dass der Rechner nicht weiter auf dem Fahrzeug verschraubt werden muss und einfach in den Rahmen gedrückt werden kann. Somit ist ein einfaches Entfernen des Rechners sichergestellt. Auch die Akkus sind in diesem Entwurf nur eingesteckt und nicht weiter befestigt. Die Stabilität ist dabei bei Testfahrten zu überprüfen.

6.1.2. Aufbau und Befestigung der Drehzahlermittlung

Die Drehzahlermittlung erfolgt hierbei einen AVR-Rechner mit angeschlossenen Rad-Sensoren. Die Kommunikation wird über den CAN-Bus des AVR-Rechners realisiert. Schematisch lässt sich die Hardware der Drehzahlermittlung der Räder wie folgt darstellen:

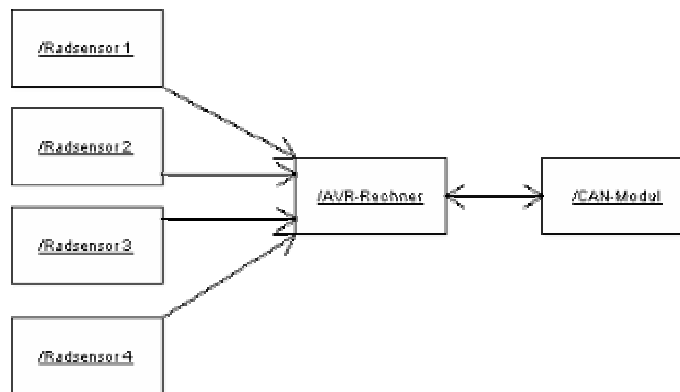


Bild 6-18 schematischer Aufbau der Raddrehzahlermittlung

Für den Aufbau am Fahrzeug mussten hierbei einige Halter entworfen werden, die die Befestigung ermöglichten. Dazu wurde versucht einen optimalen Einbauort auf dem Fahrzeug zu finden. Die örtlichen Gegebenheiten auf dem Fahrzeug selbst lassen keine Anbringung eines metallischen Gegenstücks für die Hall-Sensoren zu. Jedoch bildet der Aufbau der Achsen die Möglichkeit über die Hall-Sensoren Messwerte zu erfassen. Die Achsen sind vorne und Hinten aus Metall gefertigt. An der Vorderachse ist das Rad an einem Vierkant angebracht, der bis zur Aufhängung genügend Platz bereitstellt für die Anbringung der Sensoren

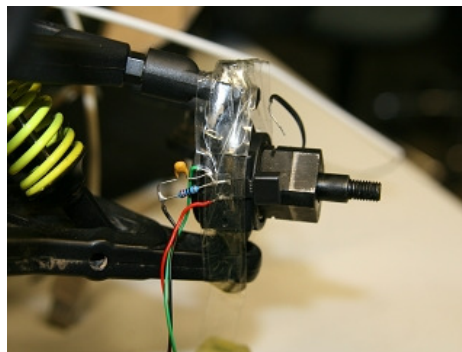


Bild 6-19 provisorische Befestigung eines Hall-Sensors an der Vorderachse

An der Hinterachse ist der Platz auf dem Vierkant auf dem das Rad befestigt ist, jedoch nicht gegeben. Hier bietet sich aber die Antriebswelle an zum als Signalquelle zu dienen.



Bild 6-19 Hall-Sensor an der Hinterachse

Für die Befestigung der Hallsensoren wurden hierbei Bleche so angepasst, das die Sensoren oberhalb der Messfläche angebracht werden konnten, wobei die Sensoren vor dem fertigen Verkleben probeweise mit Knetmasse für Versuchszwecke befestigt wurden.

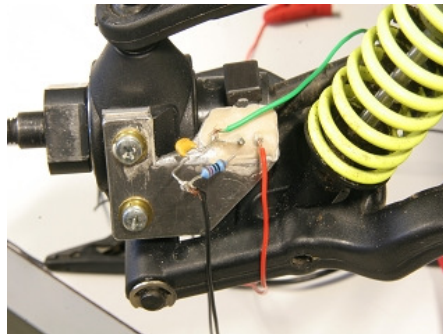


Bild 6-20 fertige Befestigung eines Hall-Sensors an der Hinterachse

Die Befestigung der Kabel und Stromversorgung wurde so gewählt, dass sie nicht entlang des Zündkabels läuft um so Störungen zu vermeiden.

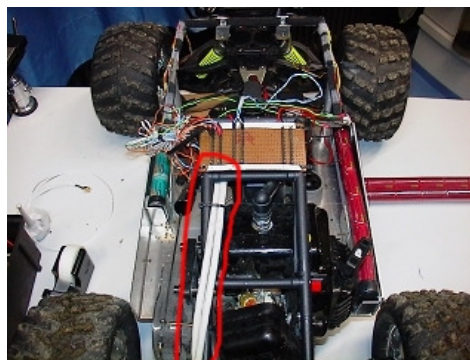


Bild 6-21 Kabelverlegung für die Sensoren und provisorische Spannungsverteilerplatine

Der AVR-Rechner wird über die ebenfalls im Bild abgebildete Stromverteilerplatine mit der Versorgungsspannung versorgt. Die Befestigung auf Fahrzeug wird voraussichtlich oberhalb des Hauptrechners erfolgen, jedoch ist hierfür noch kein entsprechendes Gehäuse entworfen. Die Anbringung muss hierfür noch konstruiert werden so dass der AVR-Rechner sicher und stabil untergebracht werden kann.

6.1.3. Aufbau und Befestigung der Beschleunigungsermittlung und Drehgeschwindigkeitsermittlung

Die Hardware für den Beschleunigungssensor und den Gyroskop basiert auf einer bereits abgeschlossenen Abschlussarbeit. Sie basiert auch auf einen AVR-Rechner mit den auf diesem verbauten Sensoren. Von der Bauform wurden hierbei keine Anpassungen vorgenommen. Das Schema für die Funktionsweise entspricht dabei im Prinzip auch dem Aufbau der Radsensoren.

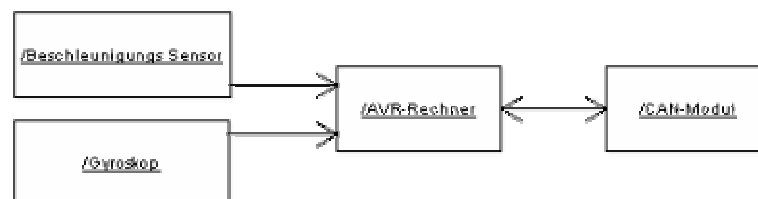


Bild 6-22 schematischer Aufbau der Beschleunigungsermittlung und Drehgeschwindigkeitsermittlung

Für den Einbau der Hardware muss auf dem Fahrzeug noch ein geeigneter Standort gefunden werden. Auch hier würde sich der Platz oberhalb vom Hauptrechner anbieten.

Hierbei ist jedoch auf die Ausrichtung zu achten, da die Sensoren auf dem Board angebracht sind und dadurch das Board mit den Sensoren höher ist als der andere AVR-Rechner. Hierbei muss die Position der Anbringung genau gewählt sein, da der Platz oberhalb des Rechners nicht an allen Stellen so gegeben ist, dass er auslangen würde für den AVR-Rechner mit seinen Sensoren.

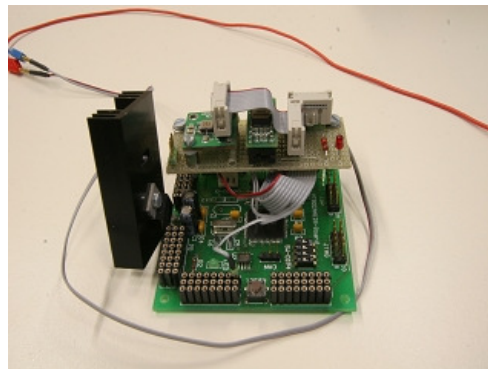


Bild 6-23 AVR-Rechner mit Beschleunigungsmesser und Gyroskop

zudem ist darauf zu Achten das die Ausrichtung der Sensoren stimmt. Eine nicht ausgerichtete Anbringung würde die Messwerte verfälschen. Zudem haben bei den Sensoren Vibrationen negative einfolgen auf die Genauigkeit der Messwerte. Die Sensoren benötigen keine weitere Spannungsversorgung, so dass hier der Anschluss des AVR-Rechners an die 7,2 Volt Versorgungsspannung auslangend ist. Freie Anschlussmöglichkeiten für andere Sensoren sind hierbei noch zu dokumentieren, beziehungsweise die verwendeten Anschlüsse.

6.1.4. Aufbau und Befestigung der Kamera

Die Kamera für die Geländemarkenauswertung stellt im Hardwareaufbau eine Besonderheit dar. Die nötige Software liegt auf demselben Rechner wie die Gesamtsteuerung. Daher wird gegenüber dem klassischen Aufbau einer Subkomponente im System kein eigenes Modul für die Vernetzung mit den anderen Komponenten in Hardware benötigt. Diese Verbindung vom Kameramodul zur Gesamtsteuerung ist daher in Software zu realisieren. Der Aufbau in Hardware besteht daher nur aus 2 Komponenten.

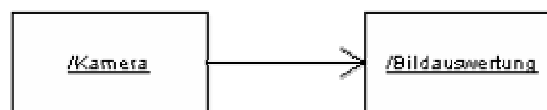


Bild 6-24 schematischer Aufbau der Bildauswertung

Dieser Aufbau betrifft jedoch nur die Hardwareseite. Die Kamera ist auch von der Auswahl her eine Besonderheit. Durch die Eigenschaften der Kamera, dass sie Bildausschnitte fokussieren und entsprechend durch die Software vom Kontrast her einstellen kann, stellt sie in der Form einen wichtigen Eckpfeiler im Gesamtsystem dar, der nicht so einfach austauschbar ist gegen andere auf dem Markt befindliche Geräte. Diese Kamera ist daher auch ein Hauptgrund dafür, dass zusätzlich zu den abgestimmten Spannungsversorgungen von 7,2 Volt und 14,4 Volt eine zusätzliche 12 Volt Spannungsversorgung bereitgestellt werden musste.



Bild 6-25 verwendete Kamera

Dadurch, dass die Bildauswertung eine hohe Rechenperformance benötigt, ist auch die Anbringung an dem Hauptrechner unbedingt von Nöten, da nur er in dem jetzigen Systemaufbau die nötige Leistung bringt. Die Anbringung der Kamera erfolgt auch oberhalb des Hauptrechners auf dem Fahrzeug. Im jetzigen Stand ist sie auf der Karosserie des Fahrzeuges angebracht. Hier sind die Eigenschaften der Anbringung zu untersuchen, ob somit die aufgenommene Bildqualität für die Auswertung ausreichend ist. Die Karosserie besteht aus relativ dünnem Kunststoff, die über

vier Auflagepunkte mit dem Chassis des Fahrzeuges verbunden ist. Es kann daher dazu führen, dass Vibrationen in der Karosserie entstehen, die die Bildauswertung negativ beeinflussen können. Bei der Anbringung der Kamera an der Karosserie wurde zudem darauf geachtet, dass die Verbindungsfläche zwischen Kamerabefestigung und Karosserie möglichst groß ist, um hier schon den Vibrationsproblem zu begegnen.



Bild 6-26 Fahrzeug mit Kamerahalterung



Bild 6-27 am Fahrzeug angebrachte Kamera

Eine Alternative für die Anbringung besteht darin, sie mit dem Befestigungsrahmen des Hauptrechners zu verbinden. Dieser Rahmen bildet eine relativ steife Verbindung mit dem Chassis, so dass hier nur die gesamten Fahrzeugschütterungen die Kamera beeinflussen würden. Hierbei kann es jedoch sein, dass die jetzige Anbringung sich als die bessere Kamerabefestigung erweisen kann. Durch die Flexibilität des Kunststoffes kann es zur einer Schwingungsdämpfung kommen, die vielleicht besser Aufnahmen ermöglichen. Wenn die jetzige Konstruktion und deren Bildergebnisse dazu führen, dass eine andere Konstruktion mit der Verbindung zum Chassis konstruiert wird, müssen hier Vergleichsfahrten vorgenommen werden um die stabilere Konstruktion für die Bildermittlung zu ermitteln.

6.1.5. Aufbau und Befestigung Der Fahrzeugsteuerung

Die Steuerung des Fahrzeuges wird von einem Modul auf Basis eines AVR-Rechners übernommen. Hierbei wird kein weiterer AVR-Rechner eingesetzt, sondern es wird ein bereits vorhandener Rechner dafür verwendet, der die nötigen Anschlüsse noch frei hat. Zum jetzigen Zeitpunkt wird der AVR-Rechner verwendet, der auch die Beschleunigungs- und Drehwinkelermittlung übernimmt. Der Aufbau der Hardware folgt dabei den bereits angesprochenen klassischen Aufbau in diesem Projekt und besteht dabei aus dem Vernetzungsmodul, der Recheneinheit und der Ausgabe zu den, in diesem Fall, Aktoren.

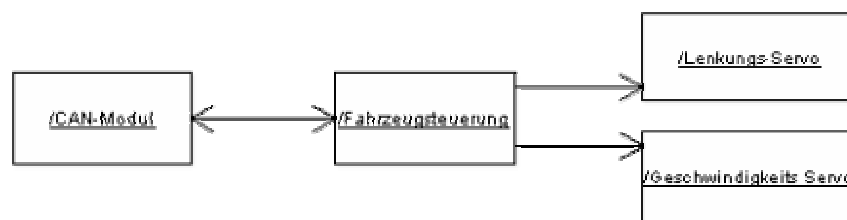


Bild 2-28 schematischer Aufbau der Fahrzeugsteuerung

Die Steuerung übersetzt dabei die geschickten Fahr- beziehungsweise den Steuerdaten in ein Pulsweiten moduliertes Signal um die Servomotoren der Steuerung anzusprechen.

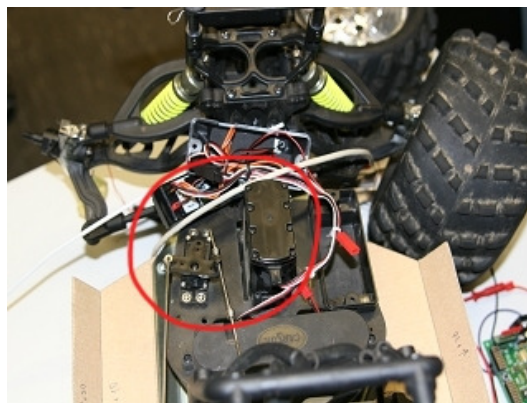


Bild 2-29 Abbildung der Servomotoren

Das erzeugte PWM-Signal muss dabei für die Ansteuerung der Servomotoren eine Periode von 17ms aufweisen. Der Highpegel des Signals für die Servomotoren liegt dabei bei 3,3 Volt. Der Highpegel muss dabei, je nach gewünschter Einstellung des Servomotors, zwischen 1ms und 1,9ms in der Gesamtperiode anliegen. Das Anlegen eines Highpegel von 1ms bedeutet dabei zum Beispiel bei dem Geschwindigkeitsservo die minimale Auslenkung des Servomotors und erzeugt hierbei das betätigt der Bremse am Fahrzeug. Bei einem Highpegel von 1,9ms wird der Servomotor voll aus Ausgelenkt und erzeugt die Vollgasstellung am Fahrzeug. Die mittlere Stellung wird dabei durch das Anlegen eines Highpegel von circa 1,6ms erreicht. Für die Verbindung der Anschlüsse des AVR-Rechners mit den Servomotoren sind dabei gegebenenfalls schaltungstechnische Maßnahmen vorzunehmen um das Ausgangssignal zu den Servomotoren auf 3,3 Volt zu begrenzen.

6.1.6. Aufbau des Sicherheitsmoduls

Das Sicherheitsmodul besteht aus einem in VHDL programmierten CPLD-Chip. Dieser Chip ist dabei unter anderem zwischen dem Ausgangssignal des AVR-Rechners der die Fahrzeugsteuerung übernimmt und der Servomotoren geschaltet. Ein anderer Eingang des CPLD-Chips wird dabei mit den Ausgängen des Funkmoduls der Fernsteuerung belegt. Somit soll durch eine entsprechende Programmierung des CPLD-Chips ein Eingriff über die Fernsteuerung im Notfall gewährleistet werden. Der CPLD-Chip wird zudem über weitere Eingänge mit dem AVR-Rechner, der die Fahrzeugsteuerung übernimmt, und dem Hauptrechner verbunden. Über diese Verbindung soll das Signalisieren einer Störung dem CPLD-Chip realisiert werden. Durch diese doppelte Verbindungsauslegung ist dabei die Erkennung eines Ausfalls einer Komponente im Gesamtsystem sichergestellt. Hierbei erfolgt die Überwachung des Hauptrechners durch den AVR-Rechner mit der Fahrzeugsteuerung. Der Hauptrechner überwacht dabei die anderen Komponenten. Sind alle Komponenten dabei in einem ordnungsgemäßen Zustand, so ist an den Eingängen ein „Highsignal“ anzulegen. Wird über den Anschluss eine Störung gemeldet, so ist das Signal auf low zu setzen. Durch die Verwendung eines Highsignals zur Meldung des einwandfreien Zustands ist gewährleistet, dass bei einem Spannungsausfall bei einer der signalisierenden Geräte, die Störung implizit durch den Wegfall der Spannung gemeldet wird. Der Hardwareaufbau des Sicherheitsmodul unterscheidet sich hierbei Grundlegend von den anderen Aufbauten. Der CPLD-Chip arbeitet dabei auf Signalebene und hat kein Vernetzungsmodul wie den CAN-Bus. Es verfügt dabei auch über eine gesonderte Spannungsversorgung, so dass sie von den anderen Spannungsquellen unabhängig ist und beim versagen dieser nicht beeinträchtigt wird. Ein entsprechende Auswahl eines CPLD-Chips, mit den nötigen Speicherzellen und entsprechenden Eigenschaften zur Unterbringung im Fahrzeug, ist zurzeit noch in der Evaluierung. Ein Versuchsaufbau, mit einem anderen Modell auf einer Entwicklungsplatine, hat die Funktionsweise einer solchen Schaltung/Programmierung schon hinreichend bewiesen.

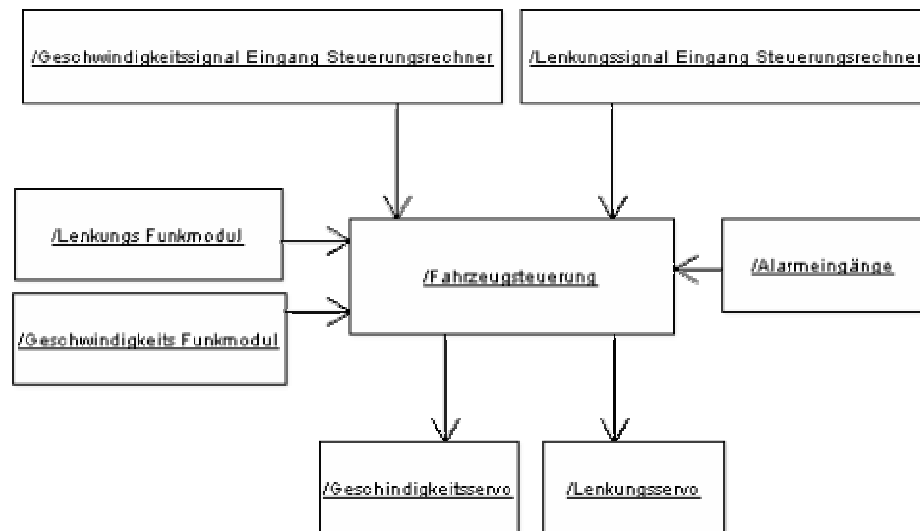


Bild 6-30 schematischer Aufbau des Sicherungsmodul

6.1.7. Richtlinien für den Einbau weiterer Hardware

Sollten sich aus dem Projekt heraus ergeben, dass zusätzliche Hardware auf dem Fahrzeug verbaut werden soll, so ist dabei sicherzustellen, dass diese Hardware bei der Stromversorgung nach Möglichkeit auf die bereits vorhandenen Spannungsquellen zurückgreift. Die Verwendung einer neuen Spannungsquelle ist dabei nach Möglichkeit zu vermeiden. Sollte dies nicht möglich sein, so sollte versucht werden, aus den vorhandenen Spannungsquellen die Versorgungsspannung mittels eines Spannungswandlers zu erzeugen. Die neue Hardware ist dabei auf jeden Fall im Bezug auf die Leistungsaufnahme zu untersuchen und die Tragbarkeit im Bezug auf die Akkulaufzeiten zu betrachten.

Zudem muss für jede neue Hardware ein entsprechender Platz auf dem Fahrzeug ausgesucht werden, der andere Komponenten nicht behindert und den eigenen Betrieb sicherstellt. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass auch die Gesamtsilhouette in den Grundzügen erhalten bleibt und das Fahrzeug als solches noch zu erkennen ist. Das bedeutet im Besonderen, dass die Karosserie des Fahrzeuges weiterhin sicher auf dem Fahrzeug befestigt werden kann. Eine sichere Verkabelung der Komponenten ist dabei sicherzustellen und entsprechend am Fahrzeug zu befestigen.

6.2. Aufbau der Systemarchitektur der Software

Der Aufbau der Software orientiert sich in der Regel an den Aufbauten der Hardware. Sie besteht dabei in der Regel aus einem Eingangsmodul, einem Rechenmodul und einem Ausgangsmodul. Bei der Sensorerfassung erfolgt die Eingabe über das Eingabemodul mittels eines Signals. Das Signal kann dabei entweder die reine Bedeutung eines Events haben oder auch Informationen beinhalten. Als Signal als reines Event stellt dabei zum Beispiel die Drehzahlermittlung dar, wo ein durch die Hall-Sensoren erzeugtes Signal einen Interrupt auslöst. Ein mit Informationen versehenes Signal ist zum Beispiel die Beschleunigungsmessung, die dabei einen Wert der entsprechend auftretende Beschleunigung dem Rechenmodul zur Verfügung stellt. Bei den Sensorerfassungen ist das Ausgangsmodul ein Kommunikationsmodul. Hierüber werden Nachrichten mit anderen Modulen ausgetauscht. Es können dabei Nachrichten gesendet, sowie empfangen werden.



Bild 6-31 schematischer Aufbau einer Sensorerfassung

Der Aufbau der Software für die Aktorsteuerung sieht dabei ähnlich aus. Nur ist das Eingangsmodul als Kommunikationsmodul ausgebildet und das Ausgangsmodul arbeitet auf einer Signalebene.

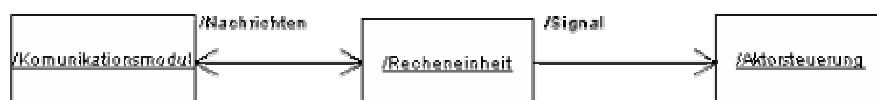


Bild 6-32 schematischer Aufbau einer Servosteuerung

Die Software für die Bilderfassung ist hierbei ähnlich der Module bei der Sensorerfassung aufgebaut. Das heißt sie besteht auch aus den im Aufbau ähnlichen angesprochenen Eingangs- und Ausgangsmodulen. Der Aufbau der Hauptfahrzeugsteuerung verfügt dabei im Gegensatz zu den anderen Softwaremodulen über zwei Kommunikationsmodule über die Nachrichten ausgetauscht werden. Ein reines Signal wird von der Hauptfahrzeugsteuerung nur in Richtung dem Sicherheitsmodul gesendet.

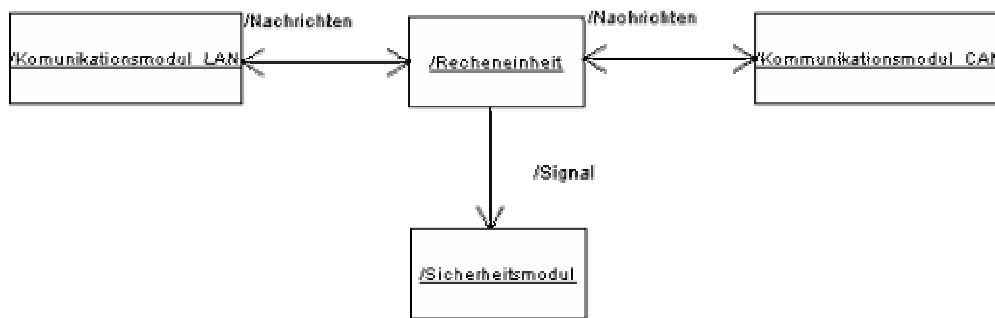


Bild 6-33 schematischer Aufbau des Hauptrechners

Durch diesen modularen Aufbau der einzelnen Komponenten soll sichergestellt werden, dass jede Komponente für sich alleine lauffähig ist. Sie ist dabei nicht abhängig von einer anderen Komponente und deren vorhanden sein. Nur das Gesamtverhalten des Systems stellt sich aus dem vorhanden sein der einzelnen Komponenten dar und kann dadurch durch verschiedene einzelne Komponenten beeinflusst werden. Durch diese Art des Aufbaus erreicht man ein gewisses „Plug and Play“ Verhalten der Software.

Um dieses Verhalten des Gesamtsystems zu erreichen sind jedoch einige Vorgaben und Annahmen für die Software zu treffen. Zudem sind gewisse Schnittstellen sauber abzustimmen und zu dokumentieren.

Eine Grundsatzvorgabe, die innerhalb des Teams abgesprochen wurde, ist hierbei das ein Software Modul in sich abgeschlossen ist. Ein bestimmte Hardware auf dem diese Software läuft ist dem Softwaremodul nicht bekannt. Daraus ergibt sich unter anderem auch, dass die Ansteuerung des CAN-Busses als eigenes Softwaremodul ausgebildet werden muss. Es hat dabei auf der einen Seite eine Verbindung zu einer oder mehreren Softwaremodulen und auf der anderen Seite wird die Nachricht, die über bestimmte Schnittstellen zur Verfügung gestellt wird, über den CAN-Bus gesendet. Durch diese Entkopplung von Rechen- und Kommunikationsmodul und dem Festlegen von bestimmten Schnittstellen zwischen diesen beiden Modulen, kann zudem auch die Verteilung der Softwaremodule im Gesamtsystem verändert werden. Jedes Rechensystem ist dabei mit mindestens einem (AVR-Rechner) oder mehreren (zwei beim Hauptrechner) Softwaremodulen ausgestattet, die die Kommunikation zu anderen Komponenten realisiert. Über die Schnittstellen kann einem Softwaremodul eine Nachricht von anderen Komponenten übergeben werden oder das Softwaremodul kann darüber Nachrichten an andere versenden. Wer dabei eine Nachricht erhält, ist dem Softwaremodul unbekannt und es selbst muss dem Kommunikationsmodul bekannt geben, welche Art von Nachrichten es erhalten möchte.

Durch diesen Aufbau wird erreicht, dass das Verhalten des Gesamtsystems durch das vorhanden sein bestimmter Softwaremodule, beziehungsweise durch das Auftreten bestimmter Nachrichten, beeinflusst wird und darüber verändert werden kann.

Diese Architektur für die Software spiegelt also somit auch die Gedanken der in Kapitel 3 beschriebenen Verhaltensmuster bei einer Fahrt durch ein Gelände wieder. Eine neue Hardwarekomponente kann daher in das System aufgenommen werden und das Gesamtsystem kann dahingehend beeinflusst werden, welche Art von Nachricht, beziehungsweise Information, die dazugehörige Software dem Gesamtsystem zur Verfügung stellt. Die Eigenschaften des Gesamtsystems werden daher durch die auftretenden Nachrichten bestimmt.

6.2.1. Vorgaben für die Software

Um die Software in so einem Aufbau zu betreiben, in dem die Rechnergrundlage verändert werden kann und eine unterschiedliche Menge an Programmen auf einer Rechnergrundlage laufen sollen, sind diverse Vorgaben an die Software zu treffen. Eine dabei sehr wichtige Eigenschaft, die die Software dabei hat, ist ihr Zeitverhalten. Die Software muss dabei so entwickelt werden, dass diese ein klar definiertes Zeitverhalten hat und dieses ist auch zu protokollieren. An diesem Zeitverhalten kann im weiteren Verlauf des Projektes unter anderem eine Auswahl getroffen werden, welche Programme auf einem Rechnersystem zum Einsatz kommen können. Insbesondere sind dabei wichtig die Laufzeit eines Softwaremoduls als Maximum und die Periode mit der es aufgerufen werden muss. Aus diesen Werten lassen sich auch Abschätzungen herleiten, in welcher Häufigkeit dieses Modul dem Gesamtsystem Daten zur Verfügung stellen kann. An der Häufigkeit, beziehungsweise der Periode in der die Daten auftreten, kann im Gesamtsystem eine Abschätzung getroffen werden, ob ein Softwaremodul noch richtig funktioniert. Das Ausbleiben einzelner weniger Daten kann dabei als Störung in diesem System interpretiert werden. Der totale Wegfall dieser Daten kann dabei einen Alarm auslösen, wenn es sich bei diesen Daten um wichtige Daten für das Gesamtsystem handelt und diese dabei nicht durch andere Daten zu kompensieren sind.

Eine weitere wichtige Eigenschaft auf die eine Software untersucht werden muss, sind die verwendeten Ressourcen. Insbesondere hierbei der Speicherverbrauch, verwendete Interrupts und benutzte Timer der Rechnerbasis. Dies hat dabei auch den Nutzungen eine Abschätzungen machen zu können, in welcher Mischung verschiedene Softwaremodule auf einem Rechnersystem betrieben werden können. Hierbei können zudem auch Abschätzungen betrieben werden, wie sich eine Veränderung der Rechnerbasis auswirken. Bei der Änderung einer Rechnerbasis können sich zum Beispiel die verwendbaren Ressourcen verändern, so dass dies eine Auswirkung auf die Anzahl der möglichen Softwaremodule, die auf dem System betrieben werden können, beeinflussen kann. Eine Veränderung der Rechnerbasis kann zudem einen Einfluss auf das Zeitverhalten haben. Die Beeinflussung auf das Zeitverhalten kann dabei eine gesamte Geschwindigkeitsveränderung in der Bearbeitung aller Befehle zur Folge haben, wenn sich zum Beispiel der Takt des Rechnersystems bei gleicher Struktur ändert. Die Auswirkungen können aber auch nur einzelne Befehle treffen, wenn sich die nötigen Takte zur Bearbeitung verändern. Hierbei können zum Teil recht hohe Veränderungen auftreten, die sich auch zur Optimierung einer Software verwenden lassen. Ein Optimierungspotential liegt in der Regel aber auch bei einer identischen Rechnerbasis vor, in dem man die verwendeten Befehle optimiert. Zum Teil gibt es bei einer Rechnerbasis unterschiedliche Befehle, die das selbe Ergebnis erzeugen, aber in der Laufzeit sehr unterschiedlich sind. Ein solches Optimierungspotential kann dabei auch darin liegen, was man zum Beispiel berechnen will, beziehungsweise wie sich die Berechnungsparameter zusammensetzen. Dabei benötigt zum Beispiel eine Division wesentlich mehr Rechenzeit als eine Shift-Operation. Eine Shift-Operation ist dabei immer vorzuziehen, wenn es sich bei dem Divisor um eine Zweierpotenz handelt. Ähnlich sieht es dabei auch bei der Multiplikation aus.

Eine weitere Vorgabe die an die Software gestellt wird, ergibt sich aus dem Projekt heraus. Es wurde dabei als Vorgabe um eine Namensdoppelung zu vermeiden und die Module einheitlich zu benennen eine Vorgabe gemacht, dass die Namen in der Software der Module aus drei prägnanten Buchstaben bestehen, die als Abkürzung des englischen Begriffs dient. In unserem Projekt kommen daher die zur Zeit die folgenden Module zum Einsatz.

- Main Car Control – MCC (Hauptfahrzeugsteuerung)
- Hall Sensor Control – HSC (Drehzahlermittlung)
- Acceleration Sensor Control – ASC (Beschleunigungsermittlung)
- Centrifugal Sensor Control – CSC (Drehwinkelermittlung)
- Image Processing Control – IPC (Bildbearbeitungssystem)
- Steering Actor System – SAC (Lenkungssteuerung)
- Motor Actor System – MAC (Geschwindigkeitssteuerung)
- Remote Monitoring System – RMS (Kontrollrechner)
- Main Safety Control – MSC (Hauptsicherheitsmodul)

Wobei sich das Hauptsicherheitsmodul (MSC) in der Software auf dem Rechnersystem in 2 Teilen darstellt, die zum einen auf einem AVR-Rechner läuft und zum anderen auf dem Hauptrechner. Es kommen daher die Module

- Safety Control AVR – SCA (Sicherheitsmodul auf dem AVR-Rechner)
- Safety Control Mainsystem – SCM (Sicherheitsmodul auf dem Hauptsystem)

noch hinzu. Sensoren, Aktoren und Bauelemente werden in diesem Zusammenhang mit Buchstaben versehen und können über eine angehängte Zahl verfügen.

- Camera Device – CD (Kamera)
- Hall Sensor – HS (Drehzahlsensor hier 1 bis 4)
- Acceleration Sensor – AS (Beschleunigungssensor)
- Centrifugal Sensor – CS (Drehwinkelsensor)
- Steering Servo – SS (Steuerungsservomotor)
- Motor Servo – MS (Geschwindigkeitsservomotor)
- Remote Control – RC (Fernsteuerung)

Diese Begrifflichkeiten sollten in der Software umgesetzt werden, so dass eine Übersicht erhalten bleibt im gesamten System.

6.2.2. Gesonderte Betrachtung des Softwaresystems in speziellen Situationen

Für das Verhalten des Gesamtsystems in bestimmten Situationen ist es wichtig die Reaktionen der Softwaremodule zu beschreiben und zu analysieren. Hierbei gibt es in der Regel drei Hauptsituationen die eintreten können. Den Start des Systems, den Betrieb und den Fehlerfall/Alarmfall.

Bei dem Start des Systems ist darauf zu achten, dass das Starten des Hauptrechners bis zu Einsatz wesentlich länger dauert, als das Starten eines AVR-Rechners. Daher muss der Hauptrechner mittels einer Nachricht die er versendet, dafür sorgen, dass alle Komponenten in einen definierten Zustand gehen. Zudem über eine Antwortnachricht dafür gesorgt, dass der Hauptrechner in Erfahrung bringt, welche Softwaremodule vorhanden sind. Der Hauptrechner sendet für diesen speziellen Fall eine spezielle Reset Nachricht über den CAN-Bus in das System. Module die dabei nur der Kommunikation dienen, schicken darauf keine Antwort. Module die Informationen liefern können schicken eine spezielle Antwortnachricht. Hierbei ist am besten ein Reset der Software durchzuführen. Das schicken dieser Antwortnachricht nach einem Reset hat zudem zur Folge, dass ein Fehlerfall im System erkannt wird, wenn ein Softwaremodul im Betrieb einen Reset

durchführt. Der Hauptrechner würde dadurch eine Nachricht erhalten, die er zu dem Zeitpunkt nicht erwartet und könnte daraus abschätzen, wie gefährdet der sichere Betrieb ist und könnte nachfolgend in einen Fehlerzustand übergehen.

Der Normalbetrieb sieht vor, dass die Softwaremodule für die Sensordatenermittlung ihre Informationen an das Hauptsystem verschicken. Das Hauptsystem generiert daraus dann Fahrdaten in Abschätzung aller Informationen die es einsammelt. Der Zeitpunkt wann welche Informationen dabei beim Hauptsystem eintrifft, ist in soweit nicht relevant, da die Fahrdaten aus den alten und neuen Informationen generiert werden. Die Informationen von einem Softwaremodul müssen nur in einer bestimmten Periode ankommen, da sonst von einer Störung einer Komponente ausgegangen werden kann. Im nachfolgenden Sequenzdiagramm habe ich mich nur auf eine Sensorauswertung bezogen. Diese Auswertungen kann man auf alle Sensorauswertungen beziehen, die dann ein ähnliches Verhalten haben.

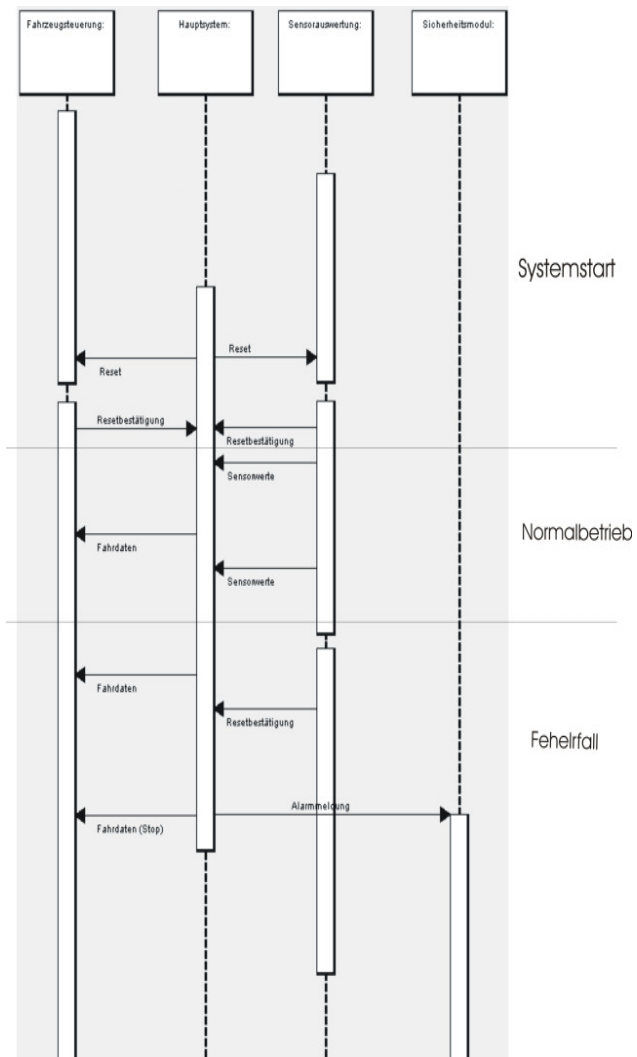


Bild 6-34 Sequenzdiagramm spezieller Anwendungsfälle

6.2.3. Zusammenfassung der Softwarearchitektur

Wie in den vorherigen Punkten beschrieben, baut sich das System aus den unterschiedlichsten Modulen zusammen. Sie alle versenden Informationen, die dann das gesamte System beeinflussen. Der jetzige Gesamtaufbau des Systems aus seinen Komponenten kann demnach wie folgt dargestellt werden.

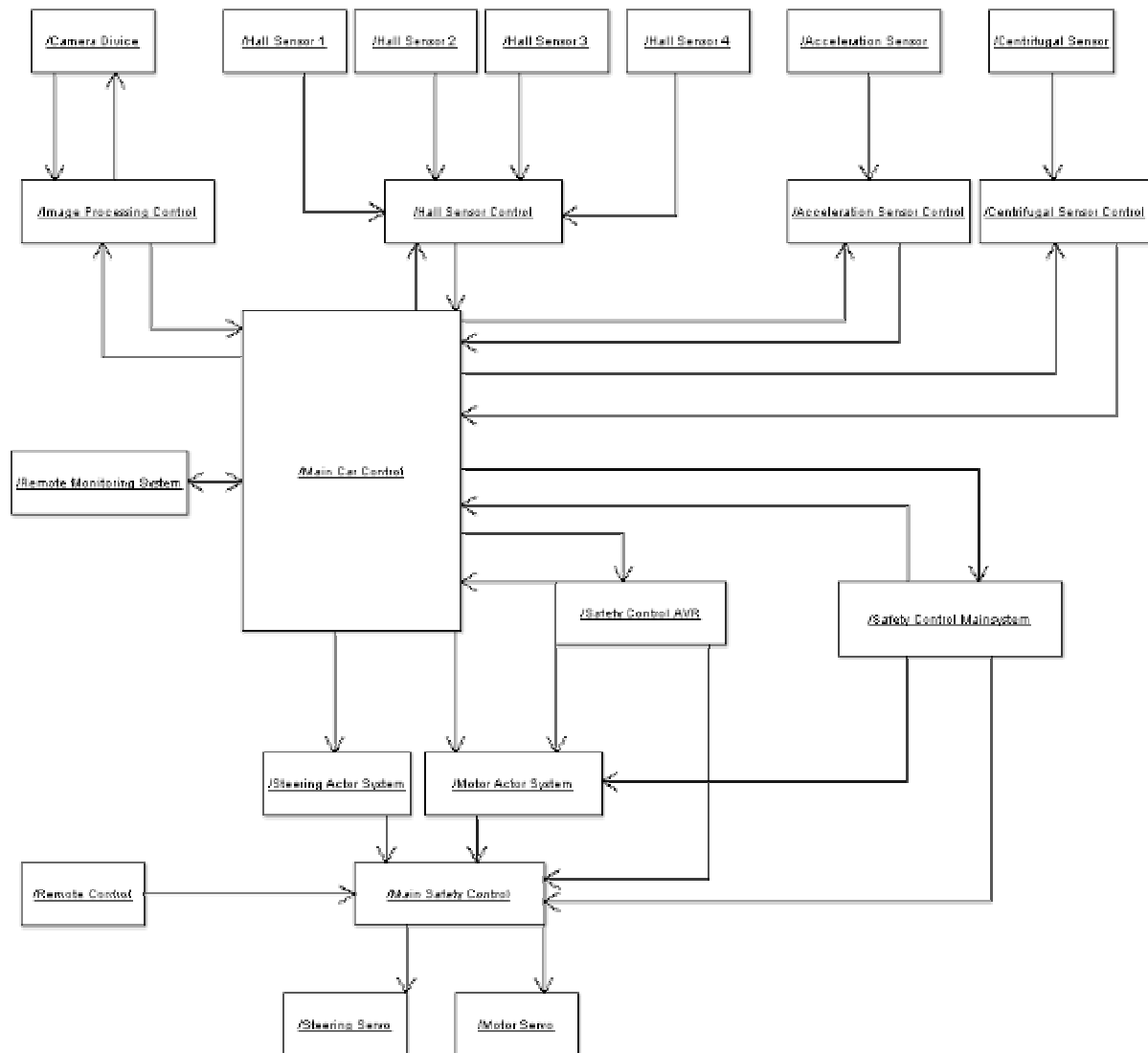


Bild 6-35 Kollaborationsdiagramm des Gesamtsystems ohne Nachrichten

In diesem Aufbau wurde auf die versendeten Nachrichten verzichtet. Die Nachrichten bedürfen einer gesonderten Betrachtung. Der Systemaufbau in der Software orientiert sich dabei an dem Aufbau der Hardware wobei hierbei die Softwaremodule die für die Nachrichtenversendung zuständig sind ausgespart wurden, da sie keinen reaktiven Einfluss auf das Gesamtsystem haben sondern nur eine Schnittstelle zwischen den Komponenten bildet.

6.3. Aufbau der Systemarchitektur der Nachrichten

In den vorigen Kapiteln wurde beschrieben wie das gesamte System reagieren könnte bei einer Fahrt im Gelände, aus was für Bauteile das System aufgebaut und wie die Systemarchitektur im Bereich Software und Hardware aufgebaut ist. Aus den Überlegungen ergibt sich das ein wichtiges Augenmerk auf die versendeten Nachrichten zu legen ist, die das reaktive Verhalten des gesamten System ausmachen. Einen wichtigen Bereich bilden dort die CAN-Nachrichten die auf dem System versendet werden. Die CAN-Nachrichten haben dabei einen wichtigen Einfluss auf das System da sie durch ihre Art und Auftreten ein bestimmtes Verhalten und eine bestimmtes Bewegungsmuster des Fahrzeuges bei der Fahrt im Gelände definieren.

6.3.1. Grundüberlegungen zu den CAN-Nachrichten

Eine CAN-Nachricht besteht aus einem Header und einem Datenteil. Da wir bei dem Gesamtsystem den Ansatz verfolgen, das die Software in unterschiedlichen Kombinationen auf den jeweiligen Rechnertypen betreiben wollen können und jedes Rechnersystem nur einen CAN-Bus, beziehungsweise ein Softwaremodul für den Betrieb des CAN-Busses besitzt, haben wir uns dazu entschieden die einen weiteren Header im Datenteil hinzuzufügen, der für unseren Betrieb verantwortlich ist. Der Header der gesamten CAN-Nachricht wird fest für jedes Rechnermodul vorgegeben. Der Header besteht dabei aus einer 8 Bit CAN-ID und einer Länge die mit 8 vorgegeben ist. Dies bedeutet dass jede verschickte CAN-Nachricht einen Datenteil besitzt, der 8 Byte lang ist. Für die CAN-ID's haben wir im Team die folgenden Vorgaben getroffen:

- CAN-ID 123 => Hauptrechner
- CAN-ID 112 => AVR 1 der zurzeit die Steuerungssoftware beinhaltet
- CAN-ID 101 => AVR 2 der zurzeit die Raddrehzahlen ermittelt.

Weitere CAN-Empfänger sind dabei entsprechend dem zuzufügen. Eine Grundüberlegung bei den CAN-Nachrichten sie kompatibel mit anderen Projekten, die im Department Informatik laufen, wurden dahingehend verworfen, das diese Nachrichten nicht zu unserem Hardwareaufbau passen. Zum einen gibt es das Projekt FAUST im Department Informatik in dem die Knotenrechner sich auf PC-Hardware aufbaut, die die Steuerung übernehmen. Versendete Nachrichten sind deshalb auf einer Floating-Point-Arithmetik aufgebaut. Da unser verwendeter AVR-Rechner keine Floating-Point-Einheit besitzt, ist er bei der Berechnung in der Floating-Point-Arithmetik sehr langsam. Das zeitliche Verhalten wäre dabei schlecht Vorhersehbar und die Laufzeiten der Softwaremodule wären recht hoch. Zudem setzt das verwendete Protokoll im FAUST-Projekt darauf, dass die Softwaremodule bekannt sind und zudem bekannt ist auf welchen Rechner dieses Softwaremodul läuft. Das heißt die Empfänger beziehungsweise die Sender können direkt adressiert werden.

Ähnlich sieht es im Fall des Projektes aus, das einen ferngesteuerten LKW mit Hilfe eines WLAN CAN-Bus Modul von einem PC aus steuern soll. Auch hier wird davon ausgegangen, dass die Softwaremodule und ihr Standort bekannt sind. Dieses Projekt setzt wie unserem Projekt die AVR-Rechner ein, weswegen sich dieses Projekt auch schon nicht an das Protokoll aus dem FAUST-Projekt orientiert. In beiden Fällen sind die Protokolle genau auf das Projekt und ihre Sensordaten abgestimmt und es besteht dabei keine Möglichkeit diese Protokolle für unser Projekt zu übernehmen und sie für uns anzupassen. Wir haben uns daher dazu entschieden, für unser Projekt ein eigenes CAN-Protokoll zu entwickeln, was jedoch ein wenig Flexibler sein sollte.

Eine Kompatibilität unseres Protokolls mit den anderen Projekten kann dabei dennoch realisiert werden. In beiden Fällen wird eine CAN-Nachricht verpackt in einer Netzwerknachricht über ein

WLAN-Modul auf dem zu steuernden Fahrzeug empfangen. Bei unserem Fahrzeug haben wir eine WLAN-Karte auf dem Hauptrechner installiert. Es ist daher möglich eine Übersetzung der unterschiedlichen Nachrichten in Software auf dem Hauptrechner zu realisieren um sie mit den anderen Projekten kompatibel zu machen, wobei die spezifischen Merkmale der einzelnen Netzwerknachrichten ausgenutzt werden können.

Eine entsprechende Umsetzung kann dabei in unserem Aufbau innerhalb dem Softwaremodul vorgenommen werden, was bei uns WLAN Verbindung bereitstellt.

6.3.2. Aufbau der im Monstertruck Projekt verwendeten CAN-Nachrichten

Wie angesprochen verwenden wir bei unseren CAN-Bus Protokoll eine festgegebene CAN-ID ein, die an sich nur den Sender beschreiben. Alle CAN-Nachrichten werden daher ähnlich einem Broadcast von allen CAN-Modulen empfangen. Die darauf laufende Software entscheidet dabei selbst, welche Arten von Nachrichten von der Software bearbeitet werden können.

Ein früher Ansatz für die Definition unserer CAN-Nachrichten sah im 8 Byte Datenteil einen Header von 2 Byte für unseren CAN-Bus Protokoll auf dem Fahrzeug vor. Diese 2 Byte im Header setzten sich aus 3 Bit für eine Versionsnummer des Protokolls, 3 Bit für eine Priorität der Nachricht, sowie 5 Bit jeweils für eine Bezeichnung des Sender Task (Sendendes Softwaremodul) und Nachrichtenart zusammen. Diese Idee des Nachrichten-Header hätte nur 6 Byte in einer CAN-Nachricht für Informationen gelassen, was sich als zu gering herausstellte. Der Header wurde dahingehend modifiziert und besteht wie im Team abgesprochen aus einer 4 Bit Versionsnummer und 4 Bit Nachrichtentyp. Der Header hat daher nur noch 1 Byte und es stehen damit 7 Byte für Informationen zur Verfügung. Diese Menge ist im Projekt als auslangend empfunden worden, damit alle auftretenden Informationen auf einmal gesendet werden können. Die 4Bit Nachrichtentyp bezeichnen die Art der Nachricht die gesendet werden, beziehungsweise geben Aufschluss von welchem Modul sie kommen. Diese Nachrichten beinhalten dabei genau definierte Informationen.

Zurzeit sind dabei 5 Nachrichtentypen abgesprochen.

- 0001 => Informationen vom Acceleration Sensor Control zum Main Car Control
- 0010 => Informationen vom Hall Sensor Control zum Main Car Control
- 0011 => Informationen vom Main Car Control zum Acceleration Sensor Control
- 0100 => Informationen vom Main Car Control zum Hall Sensor Control
- 0101 => Systemkommandos

Hierbei ist zur zeit zu beachten, das in der jetzigen Version der Acceleration Sensor Control mehrere Softwaremodule vereinigt und von den nur eine Nachricht gesendet wird, oder empfangen wird für alle Module zusammen. Im Moment sind es die Module Acceleration Sensor Control, Steering Actor System, Motor Actor System und Safety Control AVR. Von diesen Systemen ermittelte Daten werden innerhalb einer Nachricht gesendet. Der hierbei abgesprochene Aufbau beinhaltet 1 Byte Check für zusätzliche Kommandos oder Informationen, 2 Byte für eine ermittelte Geschwindigkeit, 2 Byte für eine ermittelte zurückgelegte Wegstrecke und 2 Byte für einen Drehwinkel.

Die versendeten Nachrichten sehen somit wie folgt aus

Bezeichnung	Quelle	Software version	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
			Header								
Beschleunigungs-sensor	ASC	1.0	Version	Type	Check	Geschwindigkeit		Wegstrecke		Winkel	
			0 0 0 1	0 0 0 0		x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x		

Bild 6-36 Aufbau der Nachricht vom Beschleunigungsmesser

Als Steuerdaten für das Fahrzeug werden diesem Modul, 2 Bytes Check für zusätzliche Informationen, 2 Byte Errorcodes, sowie jeweils 2 Byte für die Aktor-Ansteuerung von Lenkungs- und Motorservomotor, übermittelt. Die Entsprechende Nachricht beinhaltet somit die folgenden Informationen.

Bezeichnung	Quelle	Software version	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
			Header		Daten		Daten		Daten	
			Version	Type	Check	Fehlerdaten		Geschwindigkeit		Winkel
Steuerdaten	MCC	1.0	0 0 0 1	0 0 1 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x

Bild 6-37 Aufbau einer Nachricht zur Fahrzeugsteuerung

Die Geschwindigkeitsermittlung liefert insgesamt 4 einzelne Umdrehungszahlen beziehungsweise Geschwindigkeiten der Räder mit einer Länge von je 1 Byte, so wie 1 Byte für einen Zeitstempel und 2 Byte als Check für weitere Informationen. Der Zeitstempel ist dabei ein einfacher Zähler, der umlaufend von 0 bis 255 jeweils erhöht wird. Dieser umlaufende Zähler gibt dabei Aufschluss über die verstrichene Zeit zwischen 2 erfassten und gesendeten Messwerten. Da die Geschwindigkeitsermittlung derzeit alle Sekunde die Anzahl der Auslösung des Hall-Sensor pro Rad zusammenträgt und versendet, bedeutet dieser umlaufende Zähler das eine Erhöhung um 1 eine verstrichene Zeit von einer Sekunde bedeutet.

Die versendete Nachricht der Geschwindigkeitsermittlung sieht demnach so aus

Bezeichnung	Quelle	Software version	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	
			Header		Daten		Daten		Daten		Daten
			Version	Type	Check	Check	Raddrehzahl 1	Raddrehzahl 2	Raddrehzahl 3	Raddrehzahl 4	Zeitstempel
Raddrehzahlsensor	HSC	1.0	0 0 0 1	0 0 1 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x

Bild 6-38 Aufbau einer Nachricht der Geschwindigkeitsermittlung

Das senden von speziellen Informationen vom Main Car Control zum Hall Sensor Control wird zurzeit noch nicht weiter verwendet, ist aber im CAN-Protokoll schon soweit definiert.

Bezeichnung	Quelle	Software version	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
			Header		Daten		Daten		Daten	
			Version	Type	nicht definiert		nicht definiert		nicht definiert	
Nachricht vom MCC an HSC	MCC	1.0	0 0 0 1	0 1 0 0	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x

Bild 6-39 Aufbau einer Nachricht an die Geschwindigkeitsermittlung

Ein wichtiger Punkt bei den Nachrichten sind die Systemkommandos. Sie sind insbesondere beim Start des Systems und für die Fehlerübermittlung zuständig. Abgestimmt sind dabei unterschiedliche Kommandos die in den ersten 4 Bit des zweiten Byte der CAN-Nachricht verschlüsselt sind. Zurzeit sind dabei Kommandos wie Alarm, Fehler, Reset, Reset_OK und Control-Nachrichten abgestimmt. Alarm bedeutet dabei das entweder das Safety Control AVR Modul oder das Safety Control Mainsystem Modul den Ausfall einer wichtigen Komponente festgestellt hat. Das Fahrzeug muss daher beim Auftreten dieser Nachricht in einen sicheren Zustand gebracht werden, was bedeutet, das eine Vollbremsung eingeleitet werden muss. Fehler sind sonstige Fehler, die hierbei zum Beispiel die Fahrzeugsteuerung dazu veranlassen können die maximale Geschwindigkeit herab zu setzen, um verlangsamt, aber weiterhin sicher navigieren zu können.

Bezeichnung	Quelle	Software version	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
			Header		Daten		Daten		Daten	
			Version	Type	Type	TX-Modul	Alarmdaten		Fehlerdaten	
Kommando Alarm	MCC ASC	1.0	0 0 0 1	0 1 0 1	0 0 0 1	x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x
Kommando Fehler	Alle	1.0	0 0 0 1	0 1 0 1	0 0 1 0	x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x x x

Bild 3-40 Aufbau einer Fehler- oder Alarmnachricht

Reset und Reset_OK sind zusammenhängende Nachrichten, die für den Systemstart benötigt werden. Ist die Hauptfahrzeugsteuerung fertig gestartet und will den Betrieb der Autonomen Steuerung übernehmen, schickt sie eine Reset Nachricht an alle Komponenten. Die jeweiligen Komponenten führen einen Reset der Anwendung durch und melden den Erfolg mittels der Reset_OK Nachricht. Alle Systemkommandos haben in den vier letzten Bits des zweiten Byte der CAN-Nachricht eine Sender ID verschlüsselt die für jedes Softwaremodul eindeutig vergeben wird. Dabei sind zurzeit folgende ID's

- ID 0 für Safety Control AVR
- ID 1 für Motor Actor System
- ID 2 für Steering Actor System
- ID 3 für Centrifugal Sensor Control
- ID 4 für Acceleration Sensor Control
- ID 5 für Hall Sensor Control
- ID 6 für Main Car Control
- ID 10 als Summe der Systeme mit der ID 0-4

vergeben. Die ID's 7-9 und 11 bis 15 sind bisher nicht zugeteilt. Sinnvoll für unseren Betrieb sind zudem bei den Nachrichtenpaar Reset und Reset_OK das folgend auf diese ID die Versionsnummer des der Nachricht und eine Versionsnummer des Softwaremoduls gesendet wird. Dies hat den Sinn, dass die Hauptfahrzeugsteuerung daran erkennen kann, mit welchen Informationen es in den gesendeten Nachrichten rechnen kann. Sollte sich dabei der Gesamte Nachrichtenaufbau ändern, erhält das Hauptsystem eine Information darüber, dass sich die zurückgesendete Versionsnummer geändert hat. Sollte sich der Informationsgehalt oder Zusammensetzung eines übermittelten Wertes eines Softwaremoduls geändert haben, so würde sich die Versionsnummer der Software ändern. Anhand dieser Information kann die Hauptfahrzeugsteuerung anhand einer Konfigurationsdatei die Informationen ermitteln um die Nachrichten im Datenteil zu entschlüsseln und richtig interpretieren zu können. Es kann dabei die Geschwindigkeitsermittlung über eine Veränderung der Versionsnummer eine andere Abstufung der Messwerte anzeigen. Dabei sind in der Konfigurationsdatei der Hauptfahrzeugsteuerung beide Werte für die Version und ihre Dateninterpretation einzutragen. Durch diese Überlegungen erhalten wir ein gewisses Plug and Play Verhalten bei angeschlossenen neuen Sensoren und deren dazugehörigen Softwaremodulen für die Sensorauswertung.

Bezeichnung	Quelle	Software version	CAN Message Structure							
			Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Kommando Reset	MCC	1.0	Header		Erw. Header		Daten			
			Version	Type	Type	Tx-Modul	Vers.	Nicht definiert		
Kommando Reset_OK	SCA	1.0	Header		Erw. Header		Daten			
			Version	Type	Type	Tx-Modul	Vers.	Vers.	Nicht definiert	
Kommando Reset_OK	MAC	1.0	Header		Erw. Header		Daten			
			Version	Type	Type	Tx-Modul	Vers.	Vers.	Nicht definiert	
Kommando Reset_OK	SAC	1.0	Header		Erw. Header		Daten			
			Version	Type	Type	Tx-Modul	Vers.	Vers.	Nicht definiert	
Kommando Reset_OK	CSC	1.0	Header		Erw. Header		Daten			
			Version	Type	Type	Tx-Modul	Vers.	Vers.	Nicht definiert	
Kommando Reset_OK	ASC	1.0	Header		Erw. Header		Daten			
			Version	Type	Type	Tx-Modul	Vers.	Vers.	Nicht definiert	
Kommando Reset_OK	HSC	1.0	Header		Erw. Header		Daten			
			Version	Type	Type	Tx-Modul	Vers.	Vers.	Nicht definiert	
Kommando Reset_OK	MMC	1.0	Header		Erw. Header		Daten			
			Version	Type	Type	Tx-Modul	Vers.	Vers.	Nicht definiert	
Kommando Reset_OK	SCA/MAC/SMS/CSC/ASC	1.0	Header		Erw. Header		Daten			
			Version	Type	Type	Tx-Modul	Vers.	Vers.	Nicht definiert	

Bild 6-41 Aufbau der Nachrichten für den Systemstart

Um dieses System auch für weitere Module offen zu halten, die dabei den bisher vorhanden Platz der vorhandenen beziehungsweise freien ID's mehr als ausschöpft, wird bei dieser Überlegung vorgeschlagen die ID 15 für diese Zwecke zu sperren und für weitere Nummerierungen nach der Versionsnummer genügend Platz vorzusehen.

Bezeichnung	Quelle	Software version	Byte 0		Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4		Byte 5		Byte 6		Byte 7				
			Header				Erw. Header				Daten										
Kommando Reset_OK	MCC	1.0	Version	Type	CMD-Type	TX-Modul	CAN-Vers.	Soft-Vers.	TX-Modul Fortsetzung	Nicht definiert											
			0 0 0 1	0 1 0 0	1 0 1 0	1 1 1 1	0 0 0 1	0 0 0 1	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x

Bild 6-42 Aufbau einer Reset_OK - Nachricht für weitere unbedachte Bauteile

Durch diese Überlegung für die Nachrichten werden wir der Überlegung für das gesamte System gerecht. Wir erhalten eine flexible Nachrichtenstruktur, die gegebenenfalls verändert werden kann und wir erhalten eine Flexible Sensoren- und Aktorenstruktur, die veränderlich ist und wo sich die entsprechenden Softwaremodule am System anmelden.

Ein weiteres Kommando, was verwendet werden kann ist eine Funktion um den Wegstreckenzähler, der von Beschleunigungsmodul berechnet wird, wieder auf 0 zu setzen.

Bezeichnung	Quelle	Software version	Byte 0		Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4		Byte 5		Byte 6		Byte 7		
			Header				Erw. Header				Daten								
Zurücksetzen des Wegstreckenzählers	MCC	1.0	Version	Type	CMD-Type	TX-Modul	Check				Kommando								
			0 0 0 1	0 1 0 0	1 0 1 0	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x

Bild 6-43 Aufbau der Nachricht zum zurücksetzen des Wegstreckenzählers

Weitere Nachrichten, insbesondere die einzelnen Daten die der Acceleration Sensor Control noch in sich vereinigt, die Meldung vom Main Control System zum Hall Sensor Control und weitere Systemkommandos, werden derzeit nicht versendet. Sollten hier eine Besondere Nachricht benötigt werden, so ist sie entsprechend den Vorgaben aufzubauen und in das System einzufügen und zu protokollieren.

6.4. Zusammenfassung der Systemarchitektur

In den vorigen Punkten wurde beschrieben, welche Vorgaben zum Einbau neuer Hardware vorhanden sind, welche Vorgaben und Überlegungen für die Softwareentwicklungen zu treffen sind und wie sich die Nachrichtenstruktur zusammensetzt. Diese Überlegungen sollen dazu führen, dass wir entsprechend den Anfangsüberlegungen, ein flexibles System erhalten, das in der Form entsprechend erweiterbar ist. Resultierende Vorgaben sind im Anhang angefügt beziehungsweise werden, als Einzeldokumente für weitere Betrachtungen, Entscheidungsfindungen und Veränderungen beziehungsweise Erweiterungen des Gesamtsystems, bereitgestellt. Insbesondere sind es die Dokumente zum Aufbau der Nachrichten, Vorgaben bei der Stromversorgung mit der Möglichkeit der Abschätzungen bei Hardwareerweiterungen und Vorgaben und Abschätzungen der Softwaremodule. Zudem ist ein Dokument beigefügt, was versucht ein gesamtes Teilsystem beschreibt. Dieses Dokument beinhaltet dabei die bisher getroffenen und dokumentiert sie für das Teilprojekt. Es stellt somit eine Zusammenfassung eines Teilprojektes dar und es kann daran das Projekt nachvollzogen werden.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Steuerung von autonomen Fahrzeugen wird in der Industrie immer wichtiger. Dabei ein Fahrzeug in einem freien Gelände zu bewegen und es sich dabei selbständig lenken und betreiben lassen, stellt hohe Anforderungen und ein hohes Maß an Flexibilität für ein solches System dar. In dieser Arbeit wurde versucht eine Architektur für ein autonom betriebenes Fahrzeug zu entwickeln, was ausreichend flexibel gegenüber den Komponenten ist, die dabei zum Einsatz kommen. Dies wurde anhand des im Department Informatik zur Verfügung stehenden Monstertruck aufgezeigt und für diesen entwickelt. Dazu wurden Überlegungen angestellt, was es bedeutet sich in einem freien Gelände zu bewegen. Hierbei wurden mögliche Arten von Sensoren oder Informationen für das System betrachtet. Dazu wurde versucht das mögliche Verhalten des Fahrzeuges im freien Gelände aufgrund eines vorhanden sein von möglichen Sensorwerten oder Informationen zu erarbeiten.

Die Schlussfolgerung daraus, das die unterschiedlichen Eingabewerte das Verhalten des Fahrzeug im Gelände beeinflussen und damit unterschiedliche Verhaltensmuster erzeugt werden können, führen dazu, das man ein solches System vom Aufbau her flexibel halten sollte. Darauf aufbauend wurden anhand bestimmter Komponenten, die zurzeit schon im Projekt vorhanden sind, aufgezeigt, in wie weit diese auf dem Modellfahrzeug verbaut werden können und was dabei zu beachten ist. Zudem wurden die einzelnen Bauteile im Bezug auf ihre Werte und Möglichkeiten dahingehend begutachtet, welche Art von Information sie liefern können und was dabei zu beachten ist. Rechnersysteme wurden dahingehend beschrieben, wie sie einzusetzen sind und welchen Einfluss sie auf das System oder darauf laufender Software nehmen können.

Zudem wurde kurz auf mögliche Fehler bei der Spannungsversorgung eingegangen, die einen autonomen Betrieb beeinflussen.

Letztendlich wurde versucht aus den Vorbetrachtungen System- und Kommunikationsarchitektur zu entwickeln, die ein flexibles System ermöglichen. Dazu wurden Vorgaben für die Hard- und Software und die Kommunikation auf dem Fahrzeug erarbeitet, die dem Projekt als Basis dienen sollen. Diese Arbeit soll dabei dazu dienen, anderen Arbeiten diese Vorgaben bereit zu stellen, so dass diese in das Gesamtprojekt eingefügt werden können.

Die Weiterentwicklung des Fahrzeuges, beziehungsweise der zum einsatzkommenden Bauteile soll dahingehend vereinfacht werden, das Eckpfeiler des Gesamtaufbaus umrissen sind und das daran andere Projekte auf ihre Kompatibilität zu dem Monstertruck-Projekt bewertet und Abschätzungen über die nötigen Veränderungen getroffen werden können.

Diese Arbeit stellt daher ein Teil einer Mehrzahl von Arbeiten dar, die bisher in der Bearbeitung oder die möglich sind und soll diesen als Fundament dienen und Vorgaben dokumentieren. Hierzu können auch schon im Department Informatik vorhandene abgeschlossene Arbeiten an dieses System angepasst werden und somit ihre Ergebnisse in das System eingebracht werden. Dies soll dabei auch den Anreiz geben bereits vorhandene Ergebnisse neu zu bewerten und zu verändern.

Bei dem Gesamtprojekt handelt es sich um ein recht aktives Projekt, in dem jederzeit neue Einflüsse und Eindrücke entstehen, um dem Ziel des autonomen Betriebes näher zu kommen. Diese Arbeit ist daher dabei nicht das Ende der von nötigen Überlegungen die getroffen werden müssen um das Fahrzeug autonom zu betreiben, sondern stellt mögliche Eckpfeiler für zukünftige Betrachtungen dar. Im allen soll es dadurch möglich sein, ein Fahrzeug autonom zu betreiben oder einem Fahrer Hilfsmitteln zu geben, die ihn beim Betrieb eines Fahrzeuges unterstützen. Die gewonnen Rückschlüsse lassen sich dabei auch für andere Projekte nutzen, die eine reine Sensorerfassung zur Aufgabe haben.

Diese Arbeit ist größtenteils durch Überlegungen im Monstertruck-Team entstanden, die dann weiter ausgearbeitet wurden. Sie stellt daher eine Mischung von selbsterarbeiteten und aus dem Monstertruck-Team entstandenen Teilen dar. Die Aufarbeitung wurde jedoch alleine für diese Arbeit vorgenommen.

Literaturverzeichnis

- [Atme-06]** Atmel Dokumentation zum 8-Bit AVR- Microcontroller Rev. 4250H–CAN–05/06, 2006
- [Comm-05]** Unterlagen zum Commel LV-675 Mainboard, 2005
- [M2PO-01]** Unterlagen zum M2 ATX Power Supply
- [Rupp-02]** Agile Softwareentwicklung für Embedded Real-Time Systems mit der UML von Chris Rupp und Peter Hruschka, 2002

Projektname: _____

Versionsnummer: _____

Allgemein

Bearbeiter	Name	Vorname	E-Mail Adresse	Zusätzliches	
Verbindung zum Projekt	Projektname	Name	Vorname	E-Mail Adresse	Zusätzliches
Projektziel					

Hardware

Verwendetes Rechnersystem	Name	Bedeutung			
Zusätzliche Hardware	Name	Bedeutung		Begleitdokumente	
Elektrische Eigenschaften vom Rechnersystem	Versorgungsspannung	Stromverbrauch	Verbrauchsleistung	Zusätzliche Informationen	
Elektrische Eigenschaften der zusätzlichen Hardware	Name	Versorgungsspannung	Stromverbrauch	Verbrauchsleistung	Zusätzliche
Systemaufbau					
Verwendete Anschlüsse	Name	Bedeutung			
Freie Anschlüsse	Name	Bedeutung			

Software

zusätzlich verwendete Software	Name	Bedeutung	Instalationshinweise	
zusätzlich verwendete Softwaremodule	Name	Bedeutung	Hinweise zur Einrichtung	
Aufbau der Software				
Verwendete Interrupts	Interrupt- Name	Verwendungszweck	Einstellungen	
Verwendete Timer	Timer-Name	Verwendungszweck	Einstellungen	
Abschätzung Zietscheibenverbrauch	Bezeichnung Softwaremodul	Bedeutung im Projekt	Zeitverbr.	Periode
Ergebniswerte der Software	Wertvariable	Bedeutung	Ausgabewert (Ja/Nein)	

Versicherung über die Selbständigkeit

Hiermit versichere ich, dass die vorgelegte Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §22(4) ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Pinneberg, den 07.03.07 _____

Natzke