



Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Näher dran.



Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Weiterentwicklung eines Demonstrators für Fahrerassistenzsysteme und Implementierung einer Querverführung

Thesis
zur Erlangung des Grades
Master of Science (M. Sc.)

Christof Kary
geb. am 05.04.1993
in Rastatt
Matrikel-Nr.: 58516

Betreuer der Hochschule Karlsruhe
Herr Prof. Dr.-Ing. Ferdinand Olawsky

Betreuer am Arbeitsplatz
Herr Dipl.-Ing. (FH) Arthur Kessler

Flacht, 1. April 2018 bis 30. September 2018

Aufgabenbeschreibung

Eidesstattliche Erklärung

Der Verfasser erklärt, dass er die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt hat. Die aus fremden Quellen (einschließlich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind ausnahmslos als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise im Rahmen einer anderen Prüfung noch nicht vorgelegt worden.

Flacht, den 8. Juni 2018

Christof Kary

Vorwort

Danksagung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Kurzfassung

Titel der Arbeit in deutscher Sprache

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Abstract

Titel der Arbeit in englischer Sprache

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Abkürzungsverzeichnis

Kurzform	Bedeutung
μ C	Mikrocontroller
ACK	Acknowledgement
Bus	Binary Utility System
CAN	Controller Area Network
CAPL	Communication Access Programming Language
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
ECU	Electronic Control Unit
ID	Identifier
ISO	International Organization for Standardization
LIN	Local Interconnect Network
MOST	Media Oriented Systems Transport
OSI	Open System Interconnection
SG	Steuergerät

Nomenklatur

Zeichen	Einheit	Dimension
ϑ	C	Temperatur
ϱ	kg/m ³	Dichte
p	N/m ²	Druck

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	III
Abkürzungsverzeichnis	V
Nomenklatur	VII
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Zielsetzung der Arbeit	2
2. Grundlagen	5
2.1. Autonomes Fahren	5
2.1.1. Überblick Fahrerassistenzsysteme	5
2.1.2. Autonomiestufen	5
2.2. Bussysteme	6
2.2.1. Kommunikationsmodell	8
2.2.2. Controller Area Network CAN	9
2.2.3. CAN-Protokoll: Physical Layer	9
2.2.4. CAN-Protokoll: Data Link Layer	10
2.3. Hilfsmittel	14
2.3.1. Vector CANoe	14
2.3.2. Vector CANcaseXL	14
3. Ausgangssituation	15
3.1. Hardware	15
3.2. Software	15
3.3. Sensorik	16
4. Diagnosesystem	17
4.1. Konzept zur Fehlerdiagnose	17
4.2. Aufbau einer Diagnosekommunikation	17
4.3. Implementierung der Diagnosefunktion	17

Inhaltsverzeichnis

4.4. Ergebnisbetrachtung	17
4.4.1. Test und Validierung	17
4.4.2. Mehrwert der Diagnosefunktion	17
5. Dynamische Längs- und Querregelung	19
5.1. Umsetzung des Fahralgorithmus	19
5.2. Kritische Analyse der implementierten Algorithmen	19
5.3. Optimierung der Regelung	19
5.4. Implementierung der optimierten Spurregelung	19
5.5. Ergebnisbetrachtung	19
5.5.1. Test und Validierung	19
5.5.2. Mehrwert der optimierten Spurregelung	19
6. Zusammenfassung und Ausblick	21
6.1. Zusammenfassung	21
6.2. Ausblick	22
Tabellenverzeichnis	25
Abbildungsverzeichnis	27
Literaturverzeichnis	29
A. Anhang	31
A.1. Anhang 1	31
A.2. Anhang 2	31

1. Einleitung

1.1. Motivation

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea

1. Einleitung

dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

1.2. Zielsetzung der Arbeit

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend

1.2. Zielsetzung der Arbeit

consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

2. Grundlagen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.1. Autonomes Fahren

2.1.1. Überblick Fahrerassistenzsysteme

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.1.2. Autonomiestufen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero,

2. Grundlagen

nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.2. Bussysteme

Die rasante Zunahme an elektronischen Systemen und *Steuergeräten* SG (englisch *Electronic Control Unit* ECU) in den letzten Jahrzehnten machten einen geregelten Datenaustausch in der Fahrzeugtechnik unerlässlich. Stetig steigende Anforderungen an Fahr-sicherheit, Motorsteuerung und Komfortsysteme erforderten zwingend einen sicheren und schnellen Informationsfluss zwischen den kommunizierenden Steuergeräten, sodass ein verteiltes und vernetztes Gesamtsystem entstand. Alle für eine jeweilige Funktion benötigten Daten konnten systemweit zur Verfügung gestellt werden. Aus dem zunehmenden Elektrifizierungsgrad ergaben sich heutige moderne Elektronikarchitekturen im Kfz in Form von seriellen Bussystemen. Das Akronym Bus stammt [12] nach von *Binary Utility System*, was auf ein drahtgebundenes Übertragungsmedium mit Anschluss an alle Systemkomponenten hinweist. Es werden komplexe Datenmengen über einzelne Leitungen bitweise übertragen, wodurch sich eine Vielzahl an Vorteilen ergibt: Der Verkabelungsaufwand sämtlicher elektrischer Leitungen wird minimiert, wodurch sich die Kosten, das Gewicht und die Fehleranfälligkeit reduzieren. Zudem wird eine Mehrfachnutzung von Informationen möglich, was die Anzahl der verbauten Sensoren senkt. Eine Diagnosefunktion wird umsetzbar und das Gesamtsystem ist flexibel für Änderungen und Erweiterungen. Die Kommunikation innerhalb eines Gesamtsystems, welches aus mehreren miteinander verknüpften Bussystemen bestehen kann, wird als *On-Board-Kommunikation* bezeichnet. Um eine übergeordnete Datenkommunikation einzelner Vernetzungsbereiche und Netzwerke zu erhalten, müssen die einzelnen Bussysteme mit unterschiedlichen Protokollen physikalisch und logisch miteinander verbunden werden. Diese Funktion wird von einem *Gateway* übernommen. Ein Gateway stellt sämtliche Daten netzwerkübergreifend zur Verfügung. Dabei kann die Funktion entweder in bereits vorhandene Steuergeräte integriert werden oder es kommen eigene zentrale oder dezentrale Gateway-Steuergeräte zum Einsatz. Bei einer *Off-Board-Kommunikation* stellt ein Gateway die Verbindung zwischen dem geschlossenen Gesamtnetz im Fahrzeug zu einem externen Gerät her.

Heute standardisierte und gängige Datenkommunikationssysteme sind in Tabelle 2.1 aufgeführt [13]. Auf die zur Anwendung wichtigste Form der Buskommunikation, dem *CAN-Bus*, wird an späterer Stelle näher eingegangen.

Neben dem heutzutage am häufigsten eingesetzten Bussystem (vgl. Unterabschnitt 2.2.2) haben sich aufgrund der speziellen Anwendungsfälle und der Eigenentwicklung unterschiedlichster Hersteller, vor allem aber zur Kostenreduzierung, weitere Systeme etabliert. Die kostengünstige Variante zur seriellen Datenübertragung *Local Interconnect Network* LIN weist eine vergleichsweise geringe Datenrate auf und wird daher mittlerweile lediglich in der Komfortelektronik als Kommunikationsschnittstelle zwischen Sensorik und Aktorik verbaut. Da als physikalisches Übertragungsmedium nur eine Eindrahtleitung zum Einsatz kommt, ist das Netzwerk relativ störanfällig, was eine Verwendung in sicherheitsrelevanten Bereichen ausschließt. Eine deutlich höhere Ausfallsicherheit, aber zugleich signifikant teurere Datenübertragung liefert der sog. *FlexRay*. Aufgrund der hohen Datenraten von bis zu 10 Mbit/s bietet dieses deterministische Feldbussystem ein hohes Potential für zeit- und sicherheitskritische Anwendungsfälle [Vector Homepage]. Für Multimediaanwendungen im Automobilbereich hat sich der *Media Oriented Systems Transport* MOST-Bus etabliert, der als Übertragungsmedium Lichtwellenleiter verwendet und damit sehr hohe Bitraten von bis zu 150 Mbit/s ermöglicht. Ein MOST-Netzwerk ist in der Regel als Ringtopologie aufgebaut und liefert daher eine lediglich geringe Ausfallsicherheit [8].

Tabelle 2.1.: Klassifikation serieller Bussysteme

Bussystem	Typische Anwendung	Maximale Datenrate	Übertragungsmedium	Sicherheitsanforderung
LIN	Komfort, Karosserie	20 kbit/s	Eindrahtleitung	gering
CAN (Low Speed)	Komfort, Karosserie	125 kbit/s	Verdrillte Zweidrahtleitung	hoch
CAN (High Speed)	Antrieb, Fahrwerk, Diagnose	1 Mbit/s	Verdrillte Zweidrahtleitung	hoch
FlexRay	Fahrwerk, X by Wire	10 Mbit/s	Verdrillte Zweidrahtleitung	sehr hoch
MOST	Infotainment	150 Mbit/s	Lichtwellenleiter	gering

2. Grundlagen

2.2.1. Kommunikationsmodell

Um einen reibungslosen und nachvollziehbaren Datenaustausch zu gewährleisten, mussten mit dem Einzug der Bussysteme in der Automobilentwicklung auch einheitliche, herstellerübergreifende Kommunikationsstrukturen eingeführt werden. 1983 wurde der gesamte Datentransfer in einem Datennetz von der *International Organization for Standardization* ISO in sieben einzelne *Layer* (Schichten) unterteilt und die komplexe Kommunikationshierarchie beschrieben. Durch das in *ISO/IEC 7498-1* festgehaltene *Open System Interconnection* OSI-Schichtenmodell kann eine standardisierte und herstellerübergreifende Kommunikation im gesamten Busnetzwerk erzielt werden [14]. Das OSI-Schichtenmodell wird in Tabelle 2.2 beschrieben. Für die Automobilindustrie und für Kfz-Anwendungen sind die grau hinterlegten Schichten noch nicht relevant. Wichtig sind vor allem die beiden untersten Layer *Physical* und *Data Link*. Diese Schichten werden an späterer Stelle genauer beschrieben.

Tabelle 2.2.: Zusammenfassung des OSI-Schichtenmodells aufgeteilt in Layer, Schicht und Funktionen

Layer	Schicht	Funktion
7	Application	Anwendung
6	Presentation	Darstellung
5	Session	Sitzungssteuerung
4	Transport	Datentransport
3	Network	Vermittlung
2	Data Link	Datensicherung
1	Physical	Bitübertragung

2.2.2. Controller Area Network CAN

Das Bussystem *Controller Area Network* CAN wurde erstmals in den 1980er Jahren von der *Robert Bosch GmbH* präsentiert und gilt seit 1994 als offener Industriestandard. Mit der ISO-Norm *ISO 11898* wurde die CAN-Spezifikation international vereinheitlicht. Heute stellt CAN durch seine hohe Datenübertragungsrate und der geringen Fehleranfälligkeit die am weitesten verbreitete Kommunikationsspezifikation in der Automobilindustrie dar, kommt jedoch auch häufig in industriellen Anwendungen zum Einsatz. Aufgrund der daraus resultierenden hohen Stückzahlen an CAN-Controllern ergibt sich ein stetig sinkender Stückpreis für die zugehörigen Steuergeräte, was als weitere Stärke dieses Bussystems zu zählen ist. Die Steuergeräte, oder auch *Bus-Knoten* bezeichnet, sind in einem CAN-Netzwerk üblicherweise in Form einer Linientopologie nach der *Multi-Master*-Architektur miteinander verbunden. Jeder Knoten ist berechtigt, den Datentransfer auf dem Bus ereignisgesteuert anzustoßen [15] [16].

2.2.3. CAN-Protokoll: Physical Layer

Die unterste Schicht im OSI-Modell beschreibt die physikalische Busan Kopplung. Das Übertragungsmedium des CAN-Busses wird in den häufigsten Fällen als verdrehte Zweidrahtleitung, als sog. *Twisted-Pair-Leitung*, ausgeführt, wodurch sich die magnetischen Felder der beiden Leitungen weitestgehend gegenseitig neutralisieren. Eine hohe Datenrate und Busauslastung können zu Reflexionen im Bussystem führen. Um diesen unerwünschten Effekt zu minimieren, müssen die Enden der Busleitung mit einem Abschlusswiderstand versehen werden. Neben der physikalischen Busleitung kommen hardwareseitig weitere Bauteile wie der *Mikrocontroller* (μC), der CAN-Controller und der CAN-Transceiver zum Einsatz. Der Mikrocontroller verarbeitet die Kommunikationsdienste der höheren OSI-Schichten in der Kommunikationssoftware. Die grundlegenden Funktionen sind hingegen in den restlichen Bauteilen implementiert. Der CAN-Controller wickelt das Protokoll ab, während der Transceiver die physikalische Verbindung zum Übertragungsmedium herstellt. Der prinzipielle Aufbau eines CAN-Netzwerks wird in Abbildung 2.1 verdeutlicht.

Die physikalische Signalübertragung in einem CAN-Netzwerk basiert auf der Übertragung von Spannungsdifferenzen zwischen der *CAN-High*-Leitung (CANH) und der *CAN-Low*-Leitung (CANL). Wie in Tabelle 2-1 dargestellt, unterscheidet die ISO-Norm zwischen dem *Low-Speed-CAN* (Class B) und dem *High-Speed-CAN* (Class C). Der Low-Speed-CAN zeichnet sich durch seine auf 125 kbit/s begrenzte Datenrate aus. Dadurch findet er häufig in Komfortsystemen wie Klimasteuergeräten Anwendung. Die Signale werden über nominelle Potentiale auf dem Bus übertragen. Beim High-Speed-CAN hingegen werden differentielle Potentiale verwendet. Dieser besitzt eine maximale Datenrate

2. Grundlagen

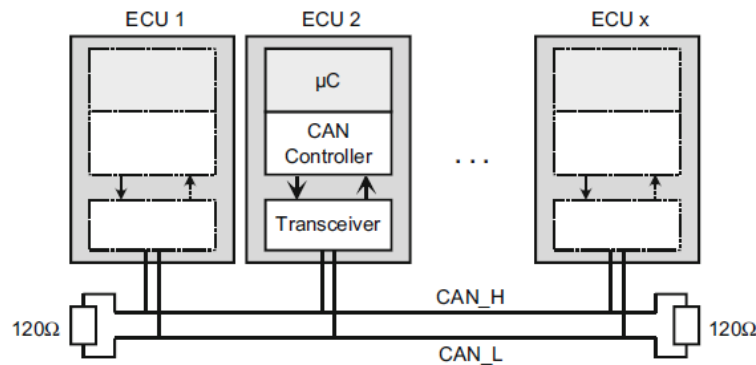


Abbildung 2.1.: CAN-Netzwerk: Ein einzelner CAN-Knoten besteht aus einem Mikrocontroller, einem CAN-Controller und einem CAN-Transceiver. Der Abschlusswiderstand unterdrückt Busreflexionen [16].

von bis zu 1 Mbit/s und eignet sich daher für zeitkritische Anwendungen wie Antriebs- und Fahrdynamikregelung. Die unterschiedlichen Signalpegel werden in Abbildung 2.2 erläutert. Aufgrund der Busankopplung ermöglicht der Low-Speed-CAN zusätzliche Mechanismen zur Fehlererkennung. Bei Ausfall einer Leitung bleibt er betriebsfähig und gilt daher gegenüber dem High-Speed-CAN als fehlertoleranter [16] [17].

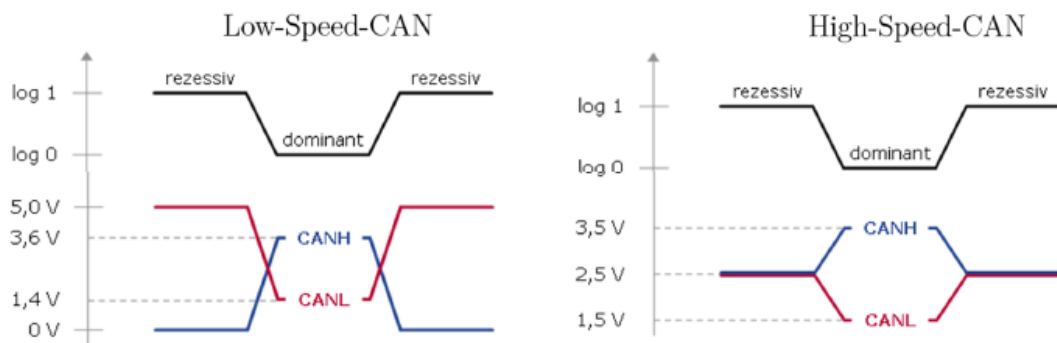


Abbildung 2.2.: Signalpegel Low-Speed-CAN (links) und High-Speed-CAN (rechts) [17].

2.2.4. CAN-Protokoll: Data Link Layer

Der *Data Link Layer* beschreibt das Zugriffsverfahren und den strukturellen Aufbau eines CAN-Frames. Unter einem Frame versteht man den gesamten Datenrahmen, der in einer einzelnen Botschaft über den CAN-Bus übermittelt wird. Zwischen den Begriffen Frame, Botschaft und Nachricht wird nachfolgend keine Unterscheidung getroffen.

Typischerweise gibt es mehrere Arten von CAN-Frames, die in verschiedene Kategorien unterteilt werden:

- *Data Frame* zur Übertragung von Nutzdaten.
- *Remote Frame* zur Anforderung von Nutzdaten (also Data Frames) von beliebigen CAN-Knoten. Setzt sich bis auf das fehlende Data Field wie ein Data Frame zusammen.
- *Error Frame* zur Signalisierung entdeckter Fehler während des Kommunikationsbetriebs. Mit dem Übertragen eines Error Frames geht der Abbruch der laufenden Botschaftsübertragung einher.

Das Botschaftenformat eines Data Frames ist in Abbildung 2.3 dargestellt [17]. Die einzelnen Komponenten und deren Aufgaben werden nachstehend in der zugehörigen Tabelle 2.3 näher erklärt.

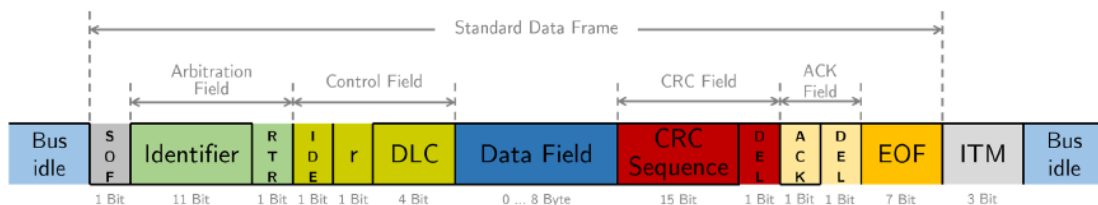


Abbildung 2.3.: Aufbau des Standard CAN Data-Frames [17].

Während der gesamten Laufzeit der Netzwerkverbindung senden die Busknoten ihre Botschaften nach dem *Broadcast*-Verfahren unaufgefordert und ereignisgesteuert auf den Bus. Jeder Empfänger einer Botschaft entscheidet, ob der Inhalt relevant ist und er damit die Nachricht auswertet oder ignoriert. Diese *Akzeptanzfilterung* findet auf Basis der inhaltsbasierten Adressierung eines Frames statt. Hierzu kennzeichnet der *Identifier* ID den spezifischen Inhalt einer Botschaft. Der Identifier ist in einem herkömmlichen CAN-Protokoll 11 Bit lang. Somit lassen sich bis zu $2^{11} = 2.048$ Botschaften eindeutig unterscheiden. Aufgrund der stetig wachsenden Komplexität moderner Busarchitekturen besteht zudem die Möglichkeit, einen Identifier im Extended-Format aufzubauen. Der ID umfasst dann 29 Bit, wodurch $2^{29} = 536.870.912$ unterschiedliche Botschaften differenziert werden können.

Durch den ereignisgesteuerten Kommunikationsaufbau kann es häufig vorkommen, dass mehrere Busteilnehmer eine Botschaftsübertragung zum gleichen Zeitpunkt beginnen möchten. Da eine Übertragung aber nicht unterbrochen werden kann und oftmals essentielle sicherheitsrelevante Nachrichten unmittelbar mit vergleichsweise marginalen Botschaften versendet werden, ist es von hoher Bedeutung, sämtliche Botschaften mit Prioritäten zu versehen. Es wird das *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*

2. Grundlagen

Tabelle 2.3.: Funktionen der einzelnen Felder im Data-Frame [15, 16].

Feld	Name	Länge	Funktion
kein Feld	SOF	1 Bit	Der dominante <i>Start of Frame</i> signalisiert den Start eines Frames. Durch den Wechsel von einem rezessiven (Buspegel im Ruhezustand) auf ein dominantes Bit findet eine netzwerkweite Synchronisation statt.
Arbitration Field	Identifier	11 Bits	Der Identifier dient der bitweisen Arbitrierung und beschreibt die logische Adressierung der Botschaft.
	RTR	1 Bit	Der <i>Remote Transmission Request</i> kennzeichnet den Frametyp. Im Fall des Data Frames wird das Bit dominant übertragen.
Control Field	IDE	1 Bit	Die <i>Identifier Extension</i> legt fest, ob der Identifier im Standard-Format (11 Bit) oder im Extended-Format (29 Bit) vorliegt.
	r	1 Bit	Dieses Bit ist für künftige Erweiterungen reserviert.
	DLC	4 Bits	Der <i>Data Length Code</i> übermittelt die Anzahl der nachfolgenden Nutzbytes.
Data Field	Data Field	0...64 Bits	Im Datenfeld werden bis zu acht Bytes an Nutzdaten übertragen. Es beinhaltet die zu übermittelnden Signalwerte und Nutzinformationen.
CRC-Feld	CRC	15 Bits	Der <i>Cyclic Redundancy Check</i> bildet eine Prüfsumme der Nutzdaten und dient der Fehlererkennung bei der Botschaftsübertragung.
	DEL	1 Bit	Auf das CRC-Feld folgt ein rezessives <i>Delimiter</i> -Bit.
ACK-Feld	ACK	1 Bit	Der Sender einer Botschaft setzt das <i>Acknowledgment</i> -Bit auf rezessiv, der Empfänger quittiert das korrekte Ergebnis des CRC-Feldes mit einem dominanten Bit.
	DEL	1 Bit	Das ACK-Feld wird ebenfalls durch ein <i>Delimiter</i> -Bit begrenzt.
kein Feld	EOF	7 Bit	Der <i>End of Frame</i> markiert das Ende einer Botschaft mit sieben rezessiven Bits.

CSMA/CA-Verfahren angewendet. Durch eine *bitweise Arbitrierung* wird dafür gesorgt, dass bei einer Kollision auf dem Bus die Botschaft mit der höchsten Priorität weiterhin übertragen wird. Die höchst priorisierte Botschaft weist immer den niedrigsten nominalen ID auf. Durch den Vergleich der dominanten und rezessiven Buspegel ist jeder Knoten darüber informiert, welche Botschaft gerade auf dem Bus übertragen wird. Stellt ein Knoten fest, dass der Pegel auf dem Bus nicht seiner gesendeten Botschaft entspricht, stellt dieser umgehend den Sendevorgang ein. Die Echtzeitfähigkeit des Gesamtsystems wird somit nicht gefährdet und Botschaften mit hoher Priorität bleiben deterministisch.

Neben einer korrekten Zugriffsfolge sind besonders die Datensicherung und eine zuverlässige Fehlererkennung von großem Stellenwert. Hierzu kommen Mechanismen wie der *Cyclic Redundancy Check* CRC, *Acknowledgement* ACK oder *Bitstuffing* zum Einsatz. In der CRC-Sequenz wird aus dem Frame ein Polynom gebildet, welches durch Division mit einem Modulo-Operator eine Prüfsumme ergibt. Der Empfänger berechnet bei Erhalt einer Botschaft ebenfalls eine CRC-Prüfsumme. Stimmen die erhaltenen und berechneten Sequenzen überein, war der strukturelle Aufbau der Botschaftsübertragung korrekt. Mindestens ein Empfänger bestätigt den positiven Erhalt, indem er das ACK-Bit auf einen dominanten Pegel setzt. Liegt ein ACK-Fehler vor, wurde also entweder vom Sender ein Fehler verursacht oder es befinden sich keine weiteren Teilnehmer am Bus.

Die Bitstuffing-Methodik dient der zeitlichen Nachsynchronisation während der Übertragungslaufzeit. Die Synchronisation der Busteilnehmer erfolgt eigentlich über den Flankenwechsel zwischen unterschiedlichen Bits. Liegen jedoch mehrere homogene Bits hintereinander vor, kann diese Synchronisation nicht stattfinden. Um eine korrekte Übertragung zu gewährleisten, fügt der Sender bis zum Ende der CRC-Sequenz nach fünf homogenen Bits immer ein komplementäres Bit ein. Der Empfänger entfernt seinerseits diese Stuff-Bits, bevor das empfangene Datenpaket ausgewertet wird. Wird von einem Empfänger eine Folge von mehr als fünf homogenen Bits erkannt, liegt ein Bitstuffing-Fehler vor. Bei der Übertragung eines Data Frames mit 11 Bit Identifier kann der gesamte Botschaftsrahmen also um 29 Bit¹ auf bis zu 132 Bit anwachsen.

Wurde einer der genannten Fehler erkannt, wird ein Fehlersignal gesetzt, welches aus sechs dominanten Bits besteht und damit bewusst gegen die Bitstuffing-Regel verstößt. In diesem Fall wird ein aktives *Error Flag* in einem Error Frame von dem Knoten versendet, welcher den Sendefehler zuerst detektiert hat. Die beteiligten CAN-Knoten stellen den Sendevorgang umgehend ein. Wird ein Fehler eines Knoten mehrfach detektiert, kann diesem das Senden verweigert werden. Zur Sicherstellung der systemweiten Datenkonsistenz und zur Reduzierung der Busauslastung kann ein fehlerhafter Knoten vollständig von der Buskommunikation ausgeschlossen werden [15] [16] [17].

¹im Worst Case bei acht Datenbytes

2. Grundlagen

2.3. Hilfsmittel

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Hilfsmittel vorgestellt, die während der Erstellung der vorliegenden Arbeit und den nachfolgend beschriebenen Abschnitten genutzt wurden.

2.3.1. Vector CANoe

CANoe ist ein vielseitiges Software-Werkzeug der Firma *Vector Informatik GmbH*. Es bedient Anwendungsgebiete wie Analyse, Diagnose, Simulation, Stimulation und Test während dem gesamten Entwicklungsprozess von Steuergeräten und Netzwerken. *CANoe* unterstützt dabei sämtliche gängigen Bussysteme sowie die normierten Transport- und Diagnoseprotokolle. Neben der Überwachung des realen Busverkehrs bietet die Software die Möglichkeit, einfache Teilsysteme bis hin zu komplexen Restbussystemen zu simulieren. Dabei kann die Buskommunikation jederzeit textuell dargestellt und die Signale visuell veranschaulicht werden [25].

Das Softwaretool liefert zusätzlich die integrierte und firmeneigene Programmiersprache *Communication Access Programming Language* CAPL. Die auf *C* basierte Sprache wurde speziell für die Anforderungen zur Entwicklung von Bussystemen angepasst. CAPL bietet als eventorientierte Skriptsprache die Möglichkeit, bequem auf Signale zuzugreifen und die Signalwerte zu verändern. Es steht eine Vielzahl an vordefinierter Funktionen zur Verfügung. Ebenso können eigene grafische Benutzeroberflächen erstellt werden, wodurch komplexe Simulationsumgebungen erleichtert werden [26].

2.3.2. Vector CANcaseXL

Das *CANcaseXL* der Firma *Vector Informatik GmbH* ist ein USB-Interface, das eine physikalische Ankopplung eines Computers mit der Software *CANoe* an ein reales Bussystem erlaubt. Mithilfe dieser Ankopplung ist es möglich, sowohl Busbotschaften zu generieren und diese auf den Bus zu senden, als auch reale Botschaften von angekoppelten Systemen zu auszulesen und auszuwerten. Über die beiden D-Sub Anschlüsse ist eine Verbindung zu CAN- oder LIN-Netzwerken realisierbar. Zwar wurde das *CANcaseXL* inzwischen von neueren Modulen abgelöst und bietet lediglich einen eingeschränkten Funktionsumfang gegenüber der weiteren Produktpalette der *Vector Informatik GmbH*, jedoch eignet es sich aufgrund der vergleichsweise kompakten Bauform besonders für die in dieser Arbeit beschriebenen Anwendung. Zudem ist der integrierte Funktionsumfang für den Einsatz als CAN-Interface völlig ausreichend [27].

3. Ausgangssituation

3.1. Hardware

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3.2. Software

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3. Ausgangssituation

3.3. Sensorik

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

4. Diagnosesystem

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

4.1. Konzept zur Fehlerdiagnose

4.2. Aufbau einer Diagnosekommunikation

4.3. Implementierung der Diagnosefunktion

4.4. Ergebnisbetrachtung

4.4.1. Test und Validierung

4.4.2. Mehrwert der Diagnosefunktion

5. Dynamische Längs- und Querregelung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

5.1. Umsetzung des Fahralgorithmus

5.2. Kritische Analyse der implementierten Algorithmen

5.3. Optimierung der Regelung

5.4. Implementierung der optimierten Spurregelung

5.5. Ergebnisbetrachtung

5.5.1. Test und Validierung

5.5.2. Mehrwert der optimierten Spurregelung

6. Zusammenfassung und Ausblick

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

6.1. Zusammenfassung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

6.2. Ausblick

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante.

Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Tabellenverzeichnis

2.1. Klassifikation serieller Bussysteme	7
2.2. Zusammenfassung des OSI-Schichtenmodells aufgeteilt in Layer, Schicht und Funktionen	8
2.3. Funktionen der einzelnen Felder im Data-Frame [15, 16].	12

Abbildungsverzeichnis

2.1. CAN-Netzwerk	10
2.2. CAN-Signalpegel	10
2.3. CAN-Signalpegel	11

Literaturverzeichnis

A. Anhang

A.1. Anhang 1

A.2. Anhang 2