

Fakultät Fahrzeugtechnik

Entwicklung eines Fahrerassistenzsystemes bestehend aus Notbrems- und Spurwechselassistent

Bericht zur Systems Engineering Laborveranstaltung

im Studiengang Fahrzeugtechnik

vorgelegt von



Betreuer: Michael Kolbus, Prof. Dr. M.Eng.
Erstkorrektor:

Wolfsburg, im 12.09.2022

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 5 |
| 1.1 | Meeting Protokoll | 6 |
| 2 | Stakeholder Analyse | 7 |
| 3 | Systemgrenzen | 9 |
| 3.1 | Schnittstellen | 9 |
| 3.2 | Externe Einflüsse auf das System | 10 |
| 4 | Anwendungsfälle | 12 |
| 5 | Anforderungen | 16 |
| 5.1 | Funktionale Anforderungen | 18 |
| 5.1.1 | Interaktion mit Fahrzeugführer und Cockpit | 18 |
| 5.1.2 | Objekterkennung | 21 |
| 5.1.3 | Betrachtung Umfeld | 24 |
| 5.1.4 | Eingriff in Brems- und Lenksystem | 27 |
| 5.1.5 | Erfüllung der Rechtlichen und Ostfälischen Vorgaben | 30 |
| 5.1.6 | Diagnose- und Updatefähigkeit | 31 |
| 5.2 | Nicht funktionale Anforderungen | 32 |
| 6 | Testfälle | 36 |
| 7 | Funktionaler Architekturentwurf | 48 |
| 7.1 | Blockdefinitionsdiagramm der funktionalen Architektur | 48 |
| 7.2 | Internes Blockdiagramm der funktionalen Architektur | 50 |
| 7.3 | Zuordnung der Anforderungen | 52 |
| 8 | Lösungskonzept | 53 |
| 8.1 | Teilsysteme | 53 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 8.2 | Lösungsalternativen der Teilkonzepte | 55 |
| 8.2.1 | Evaluierung der Lösungsansätze Umfeldwahrnehmung | 56 |
| 8.2.2 | Bewertungskategorien der Front und Seiten Sensorik | 57 |
| 8.2.3 | Zu bewertende Sensoren für den Frontalen Bereich | 66 |
| 8.2.4 | Endgültige Bewertungsmatrix der Frontsensorik | 68 |
| 8.2.5 | Zu bewertende Sensoren für den Seitlichen Bereich | 68 |
| 8.2.6 | Endgültige Bewertungsmatrix der Seitensensorik | 70 |
| 8.2.7 | Evaluierung der Lösungsansätze für Fahrerwarnung | 71 |
| 8.2.8 | Bewertungskategorien der Fahrerwarnung | 72 |
| 8.2.1 | Gewichtung der Warnungsalternativen nach Warnstufen | 78 |
| 8.2.2 | Endgültige Bewertungsmatrix der Warnungsalternativen Warnstu- | |
| | fe 1 | 79 |
| 8.2.3 | Endgültige Bewertungsmatrix der Warnungsalternativen Warnstu- | |
| | fe 2 | 80 |
| 8.2.4 | Realisierung Bremsengriff | 80 |
| 8.2.5 | Realisierung Lenkeingriff | 81 |
| 8.2.6 | Interface Spurwechselassistent | 81 |
| 8.2.7 | Evaluierung der Lösungsansätze für Kommunikation mit Bussys- | |
| | temen | 82 |
| 8.2.8 | Bewertungskategorien der Buskommunikation | 84 |
| 8.2.9 | Gewichtung der Bussysteme Alternativen | 88 |
| 8.2.10 | Endgültige Bewertungsmatrix der Bussysteme für Cockpit | 89 |
| 8.2.11 | Endgültige Bewertungsmatrix der Bussysteme für Diagnoseinterface | 90 |
| 8.3 | Gesamtkonzept | 91 |
| 9 | Technische Systemarchitektur | 92 |
| 9.1 | Internes Block Diagramm | 93 |
| 9.2 | Block Definitionsdiagramm | 95 |
| 9.3 | Informationsfluss Notbremsassistent | 98 |
| 9.4 | Informationsfluss Spurwechselassistent | 103 |

| | |
|---|------------|
| 9.5 Sequenzdiagramm Sensorauswertung bei Unterschreitung des Mindestab- | |
| standes | 108 |
| 9.6 Architekturdiagramm Buscontroller | 110 |
| 10 VDA | 112 |
| 10.1 VDA001 | 112 |
| 10.2 VDA002 | 112 |
| 10.3 Vorgaben zum Einzuhaltenen Abstand Bußgeldkatalog | 112 |
| 11 ODR | 113 |
| 11.1 ODR001 | 113 |
| 11.2 ODR002 | 113 |
| 11.3 ODR003 | 113 |
| 11.4 ODR004 | 113 |
| 11.5 ODR005 | 114 |
| 11.6 ODR006 | 114 |
| 12 Sonstiges | 114 |
| 12.1 Herstellkosten | 114 |
| 13 Begriffe | 115 |
| 13.1 Studie: Einfluss von Fahrerassistenzsystemen auf Fahrkomfort | 115 |
| 13.2 Studie: Einfluss von Warnungen auf Aufmerksamkeit im Fahrzeugbereich | 115 |
| 13.3 Formel zur Bremskraft um Ausbrechen zu vermeiden | 116 |

1 Einleitung

Zweck

In diesem Lastenheft wird ein Fahrerassistenzsystem, bestehend aus einem Notbrems- und Spurwechselassistent als System definiert. Das System soll in einem Fahrzeug eingesetzt werden, wo es Auffahrunfälle, sowie Gefährliche Spurwechselvorgänge verhindert. Ziel ist eine Reduzierung von Unfällen durch Fahrerwarnungen und Eingriffe in das Lenk- und Bremssystem. In diesem Lastenheft werden sämtliche Anwendungsfälle, Anforderungen, Testfälle sowie die Systemarchitektur beschrieben.

Das Fahrerassistenzsystem besteht im wesentlichen aus Software-Komponenten wobei alle physikalischen Elemente, bis auf der Sensorik und die Systembezogene-Hardware bereits im Fahrzeug vorhanden sind. Dieses Lastenheft beschäftigt sich überwiegend mit der Gestaltung der Software des Notbrems- und Spurwechselassistentes. Zusätzlich werden sämtliche Anforderungen an das Gesamtsystem behandelt.

Einsatzbereich

Der zu entwickelnde Notbrems- und Spurwechselassistent muss für unterschiedliche PKW ausgelegt sein. Hierzu zählen alle aktuellen Fahrzeuge in dem Ostfälischen Konzern. Das System muss nicht so vollständig bestimmt sein, dass es direkt in einem bestimmten Fahrzeug ohne Anpassungen eingebaut werden kann. Viel wichtiger ist, dass die Auslegung der Sensorik und der entsprechenden Verarbeitung durch Software in diesem Dokument so bestimmt wird, dass eine Umsetzung möglichst effizient erfolgen kann.

1.1 Meeting Protokoll

| Version | Datum | Änderungsgrund/Bemerkungen |
|---------|------------|--|
| 0.1 | 26.09.2022 | Erstellung Stakeholder |
| 0.2 | 10.10.2022 | Stakeholder Fertig, Erstellung Anwendungsfälle |
| 0.3 | 15.10.2022 | Anwendungsfälle fertig, Erstellung Anforderungen |
| 0.4 | 20.10.2022 | Anforderungen weiter machen |
| 0.5 | 27.10.2022 | Anforderungen weiter machen |
| 0.6 | 03.11.2022 | Anforderungen fertig, Testfälle anfangen |
| 0.7 | 10.11.2022 | Testfälle fertig |
| 0.8 | 17.11.2022 | Evaluierung Gesamtprojekt |
| 0.9 | 28.11.2022 | Beginn Architekturentwurf |
| 1.0 | 05.12.2022 | Ende Architekturentwurf |
| 1.1 | 12.12.2022 | Abgabe Entwurfsversion |
| 1.2 | 19.12.2022 | Abgabe Endversion |

2 Stakeholder Analyse

In diesem Abschnitt werden die Interessenten des Projektes vertreten. Erwähnenswert ist, dass die Externen Entwickler sowie die Produktion relativ nahe aneinander verbunden sind. Da der Notbremsassistent vor allem aus Software Komponenten besteht.

Auftraggeber

Der Auftraggeber gibt die Rahmenbedingungen und die grundlegenden Aufgaben vor, die das System zu erfüllen hat. Der Auftraggeber soll ein Unternehmen darstellen, in diesem Fall die Ostfalia-Fahrzeuge GmbH ©, welches seine Fahrzeuge mit einem Notbrems- und Spurwechselassistent ausstatten will. Dieses Fahrerassistenzsystem soll eine, für Kunden attraktive, Sicherheitsfunktion ermöglichen um die Unfallgefahr in Ostfälischen Fahrzeugen zu reduzieren.

Externe Entwickler

Die Absprache mit anderen bzw. externen Entwicklergruppen ist notwendig um die Integration des Systems zu koordinieren. Dabei ist beispielsweise, die Positionierung des Systems im Fahrzeug und der Zugriff auf notwendige Fahrdaten auch von anderen Steuergeräten zu berücksichtigen. Die externen Entwickler sind vor allem für die Kosten des Systems relevant.

Produktion

Die Produktion, als Hersteller des Endproduktes, stellt Vorgaben zu der Herstellung und Einbau des Produktes dar. Hier fallen auch alle Einflüsse der Integration des Notbremsassistenten in das Gesamtsystem, also das Ostfälische Fahrzeug, darunter. Die Produktion ist letztendlich für die Realisierung unseres Produktes zuständig. Sämtliche Sensorik und

Steuergeräte müssen bei der Produktion eingebaut werden. Zudem muss das System in der Lage sein, in existierende Fahrzeuge eingesetzt zu werden und sämtliche vorhandene Kommunikationsschnittstellen auszunutzen, ohne dass es hierbei zu Probleme kommt.

Fahrzeugführer

Der Fahrzeugführer stellt das Interesse in kritischen Fahrsituation durch sein Fahrzeug unterstützt zu werden. Darüber hinaus muss der Eingriff des Fahrerassistenzsystems in das Fahrverhalten des Fahrzeugs so erfolgen, dass es für den Fahrzeugführer nachvollziehbar ist. Denn die Irritation des Fahrzeugführers durch das Fahrerassistenzsystem wäre kontraproduktiv. Wichtig ist vor allem dass, das System den Fahrer vor Unfällen schützt und rechtzeitig eingreift.

Gesetzgeber

Der Gesetzgeber stellt die Vorgaben für die Sicherheitsbestimmungen im Straßenverkehr. Technische Systeme in Kraftfahrzeugen unterliegen diesen Sicherheitsbestimmungen und müssen diese für ihre Zulassung erfüllen. Durch die zunehmende komplexe Gesetzgebung bezüglich des Autonomen Fahren und Fahrerassistenzsystemen im Straßenverkehr könnte der Gesetzgeber einige wichtige Vorschriften vorgeben die der Assistent erfüllen muss.

3 Systemgrenzen

In diesem Abschnitt werden sämtliche Faktoren betrachtet, die sich auf die Umwelt in dem sich das System befindet auswirken. Die Systemgrenzen liefern Randbedingungen die für eine erfolgreiche Integration in ein größeres System essentiell sind.

3.1 Schnittstellen

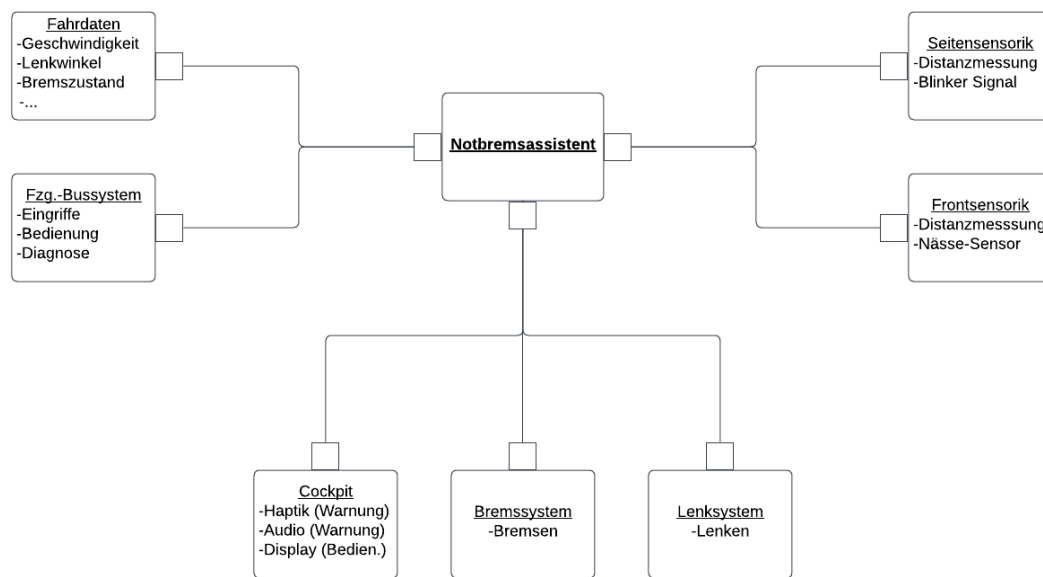


Abbildung 1: Schnittstellendiagramm welches alle für den Notbremsassistent relevanten Schnittstellen beinhaltet.

Die obige Abbildung **I** beinhaltet die wichtigsten Systemschnittstellen. Diese werden im Laufe des Lastenheftes berücksichtigt und für das System benötigt. Die verschiedenen Schnittstellen werden grundsätzlich über das, bereits vorhandene, Fahrzeug-Bussystem realisiert, sodass dieses eine eigene Schnittstelle bildet.

3.2 Externe Einflüsse auf das System

Witterung

Durch den Einfluss auf die Sensorik sowie auf der Bremswirkung an sich, stellt die Witterung eine wichtige Systemgrenze dar. Hierbei liegt der Fokus auf die Witterung im Umfeld in der sich das Fahrzeug befindet. Ein paar beispielhafte Witterungsbedingungen, die für den Notbremsassistenten relevant sind, sind Fahrbahn-Bedingungen, Temperatur, Vereisung (der Sensorik) oder Nebel und beliebige andere Konditionen die die Sensorik oder das Bremssystem des Fahrzeugs beeinflussen.

Fahrzeugführer

Da ein Notbremsassistent letztendlich dem Fahrzeugführer Unterstützung leisten soll, betrachten wir diesen als Systemgrenze. Beim Fahrzeugführer sind vor allem die Verhaltenseigenschaften des Fahrers zu betrachten, wie zum Beispiel die Reaktionszeit, Wahrnehmung von Gefahren und Räumliches Einschätzvermögen. Die Bedienung und Wahrnehmung des Systems gehören aber auch unter dieser Systemgrenze.

Verkehrsteilnehmer

Als mögliche Ursache für ein Eingriff des Notbremsassistenten, stellen andere Verkehrsteilnehmer eine wichtige Systemgrenze dar. Somit werden die Verkehrsteilnehmer im Umfeld des Notbremsassistenten als Systemgrenze betrachtet.

Fahrzeugeigenschaften

Da der Notbremsassistent in ein Fahrzeug eingesetzt wird, bilden dessen Eigenschaften eine wichtige Systemgrenze. In dieser Grenze sind alle Schnittstellen mit dem Fahrzeug an sich miteinbezogen. Unter Fahrzeugeigenschaften sind physikalische Eigenschaften wie Masse, Form und Bremskraft, aber auch mechatronische Eigenschaften wie Bedienungsschnittstellen und Bordnetzeigenschaften zu verstehen.

Gesetzliche Vorgaben

Zusätzlich zu den oben genannten, praktischen Systemgrenzen sind auch noch gesetzliche Vorgaben vorhanden, die der Notbremsassistent selbstverständlich einhalten muss. Die gesetzlichen Vorgaben müssen bereits in den frühesten Schritten beachtet werden.

4 Anwendungsfälle

| | |
|--------------|---|
| ID | (Anwendungsfall 1) |
| Name | Hindernis vorhersehen |
| Bereich | Sensorik |
| Hauptakteur | Fahrzeug und Hindernis |
| Vorbedingung | Mögliches Hindernis vorhanden |
| Ziel | Fahrzeugführer und Verkehrsteilnehmer |
| Ablauf | <p>Hindernis (z.B. sich annäherndes Objekt vor Fahrzeug) ist vorhanden,</p> <p>Hindernis wird mithilfe der Sensorik erfasst,</p> <p>Hindernis wird als Objekt erkannt,</p> <p>Gefahr wird von Software korrekt evaluiert/erkannt,</p> <p>Bei Unterschreitung des kritischen Abstandes nötige Prozesse einleiten</p> |

| | |
|--------------|--|
| ID | (Anwendungsfall 2) |
| Name | Fahrzeugführer auf Hindernis aufmerksam machen |
| Bereich | Innenraum/Cockpit |
| Hauptakteur | Fahrzeugführer |
| Vorbedingung | Gefahr vorhanden, Fahrzeugführer reagiert (noch) nicht |
| Ziel | Fahrzeugführer |
| Ablauf | Gefahr ist bereits erfasst und entsprechend erkannt, Warnprozess Stufenweise einleiten (haptisch, durch Beleuchtung, durch Audio...), Warnstufe 1 beschreibt die Erkennung einer Gefahr Warnstufe 2 beschreibt den Eingriff des Notbremsassistentens in das Lenk- oder Bremssystem, ansonsten ist das System in Warnstufe 0 (keine Gefahr) |

| | |
|--------------|--|
| ID | (Anwendungsfall 3) |
| Name | Abbremsen zur Unfallvermeidung |
| Bereich | Bremssystem |
| Hauptakteur | Fahrzeugführer |
| Vorbedingung | Fahrzeugführer reagiert nicht (rechtzeitig) |
| Ziel | Fahrzeugführer und Verkehrsteilnehmer |
| Ablauf | Bremsvorgang einleiten, Kollision vermeiden (verringern), |

| | |
|--------------|--|
| ID | (Anwendungsfall 4) |
| Name | Spurwechselwarnung |
| Bereich | Sensorik |
| Hauptakteur | Fahrzeug und Hindernis |
| Vorbedingung | Spurwechselassistent ist eingeschaltet, Hindernis beim Spurwechsel wird erfasst |
| Ziel | Fahrzeugführer |
| Ablauf | Wird beim Spurwechsel ein Hindernis erfasst, wird der Spurwechselassistent eingeleitet soweit dieser aktiv ist |

| | |
|--------------|--|
| ID | (Anwendungsfall 5) |
| Name | Spurwechselkollision Vermeiden |
| Bereich | Sensorik |
| Hauptakteur | Fahrzeug und Hindernis |
| Vorbedingung | Hindernis beim Spurwechsel wird nicht vom Fahrer wahrge- nommen |
| Ziel | Fahrzeugführer und Verkehrsteilnehmer |
| Ablauf | Assistent übernimmt Lenkung Spurwechsel wird abgebrochen |

| | |
|--------------|--|
| ID | (Anwendungsfall 6) |
| Name | Assistenten müssen ausschaltbar sein |
| Bereich | Steuerung der Bedienungselemente im Cockpit |
| Hauptakteur | Fahrzeugführer |
| Vorbedingung | Ggf. Geschwindigkeitsschwellen (Mindest- und/oder Maxgeschwindigkeit) |
| Ziel | Fahrzeugführer und Auftraggeber |
| Ablauf | Fahrer bedient ein Element, welches den Spurwechsel- und/oder Notbremsassistent deaktiviert. |

| | |
|--------------|--|
| ID | (Anwendungsfall 7) |
| Name | Interaktion Cockpit |
| Bereich | Steuerung der Bedienungselemente im Cockpit |
| Hauptakteur | Fahrzeugführer, Cockpit, Display, Audio, Beleuchtung, usw. |
| Vorbedingung | Assistenten sind aktiviert |
| Ziel | Fahrzeugführer und Auftraggeber |
| Ablauf | Audio, Beleuchtungs, Display und andere Innenraumelemente können vom Assistenten aktiviert werden, um den Fahrer aufmerksam zu machen. |

5 Anforderungen

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Festlegung und Erläuterung von Anforderungen, die der Notbremsassistent/ Spurwechselassistent zu erfüllen hat. Hierbei wird zwischen den funktionalen und nicht funktionalen Anforderungen unterschieden.

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an das Notbremsassistent Systems erwähnt. Vorerst wurden einige Diagramme zur Definition einiger Systemeigenschaften erstellt.

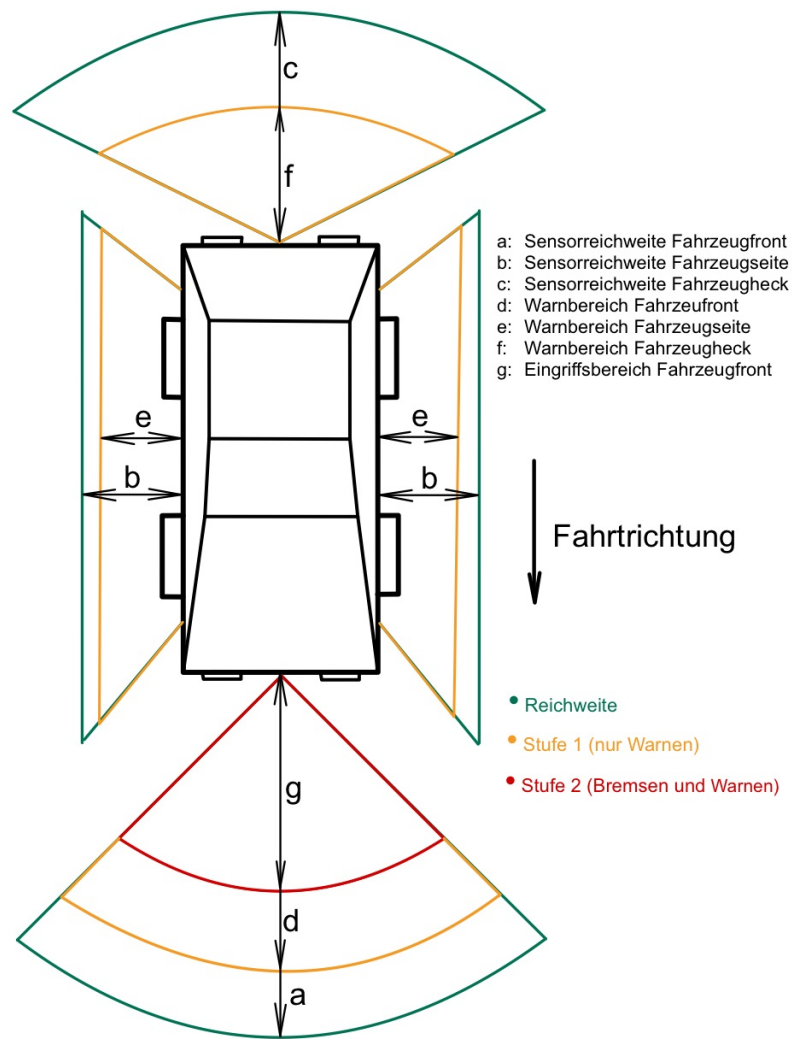


Abbildung 2: Beschreibung des Systemumfeldes mit einer Unterteilung der Bereiche in Warnstufen. Das System erkennt eine mögliche Gefahr, sobald ein Objekt in den Bereich der 1. Warnstufe eintritt. Das System greift erst ein, wenn das Fremdobjekt in den Bereich der 2. Warnstufe eintritt. Diese Bereiche sind geschwindigkeitsabhängig.

5.1 Funktionale Anforderungen

Die funktionalen Anforderungen beschreiben hierbei das Verhalten des Systems. Dabei stellen diese Anforderungen die Richtlinien auf, was das System können soll und welche Probleme es lösen muss.

5.1.1 Interaktion mit Fahrzeugführer und Cockpit

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 1) |
| Titel | Spurwechselassistent ist an- und ausstellbar |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Der Spurwechselassistent muss aktivierbar sowie deaktivierbar sein. Bei Aktivierung oder Deaktivierung des Assistenten muss das System den Fahrzeugführer darauf aufmerksam machen können (z.B.: LED im Cockpit). |
| Querbezüge | Anforderung (3), Anforderung (10) |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (9), Testfall (10) |
| Ziel | Gesamtsystem |

| | |
|--------------------|--|
| ID/Nummer | (Anforderung 2) |
| Titel | Warnstufen |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Das System muss je nach Gefahrenstufe den Fahrer Unterschiedlich warnen. Bei der Erkennung einer Gefahr (Warnstufe 1) und dem Eingriff des Systems (Warnstufe 2) können haptische sowie visuelle Warnungen und Töne auftreten, die den Fahrer aufmerksam machen. Die Anforderung (3) befasst sich genauer mit der Einleitung dieser Warnungen. Ist keine Gefahr vorhanden, so wird Warnstufe 0 als Signal gesendet |
| Begründung | Das System muss zwischen Warnstufen unterscheiden können, um eine unnötige Belästigung des Fahrers zu vermeiden und gleichzeitig den Fahrer auf Gefahren und Eingriffe in das Lenk- und Bremssystem aufmerksam zu machen. |
| Querbezüge | Anforderung (3) |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (2), Testfall (8) |
| Ziel | Gesamtsystem, Warnungen |

| | |
|--------------------|--|
| ID/Nummer | (Anforderung 3) |
| Titel | Zugriff auf Haptische, Akustische und Visuelle Funktionen im Innenraum |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Das System muss einen Zugriff auf sämtliche Innenraumsysteme besitzen. Hierzu zählt die Lenkhaptik, die Akustik sowie Beleuchtungselemente die zur Warnung des Fahrzeugführers angewendet werden können. |
| Querbezüge | Anforderung (1), Anforderung (2), |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (8) |
| Ziel | Systemschnittstelle mit Cockpit |

| | |
|--------------------|--|
| ID/Nummer | (Anforderung 4) |
| Titel | Lautstärke der Warntöne |
| Status | Erfüllt |
| Erklärung | Die Warntöne im Auto sollen mit 105db beim Spurwechselassistenten (und 120db beim Notbremsassistenten) |
| Querbezüge | |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (8) |
| Ziel | Steuerung Audio Cockpit |

5.1.2 Objekterkennung

| | |
|--------------------|--|
| ID/Nummer | (Anforderung 5) |
| Titel | Erfassung der Geschwindigkeit von Fremdobjekten |
| Status | Erfüllt |
| Begründung | Die Geschwindigkeiten anderer Objekte entscheiden in bestimmten Fällen ob ein Eingriff tatsächlich von Nöten ist |
| Erläuterung | Das System muss die Geschwindigkeiten anderer Objekte bestimmen können. |
| Querbezüge | Anforderung (6), Anforderung (7), |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (1), Testfall (6), Testfall (5) |
| Ziel | Sensorik und Software |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 6) |
| Titel | Identifizierung der Lage eines Fremdobjektes im Verhältnis zum Fahrzeug |
| Status | Erfüllt |
| Begründung | Das System muss je nach Lage des Fremdobjektes unterschiedlich reagieren. Vor allem bei einem Spurwechsel ist es wichtig dass, das System die Lage eines Fahrzeuges berücksichtigt, sodass Einscheren vermieden wird. |
| Erläuterung | Das System muss Fremdobjekte in unterschiedliche Bereiche außerhalb des Fahrzeugs einteilen können. |
| Querbezüge | Anforderung (7) |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (1), Testfall (5) |
| Ziel | Winkelmessung, Querschnittsflächenerkennung, Geschwindigkeitsmessung |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 7) |
| Titel | Identifizierung der Größe eines Fremdobjektes |
| Status | Erfüllt |
| Begründung | Das System muss die Größe eines Fremdobjektes beurteilen können, um zwischen einem gefährlichen oder nicht gefährlichen Objekt unterscheiden zu können. |
| Erläuterung | Das System muss die Größe von Fremdobjekte einschätzen können. |
| Querbezüge | Anforderung (6) |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (5) |
| Ziel | Winkelmessung, Querschnittsflächenerkennung, Geschwindigkeitsmessung |

5.1.3 Betrachtung Umfeld

| | |
|--------------------|--|
| ID/Nummer | (Anforderung 8) |
| Titel | Spurwechselassistent erkennt Überholende Fahrzeuge |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Der Spurwechselassistent erkennt Fremdfahrzeuge die das Fahrzeug überholen, und beurteilt ob ein Spurwechsel möglich ist oder nicht. |
| Querbezüge | Anforderung (6) |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (14) |
| Ziel | System Spurwechselassistent |

| | |
|--------------------|--|
| ID/Nummer | (Anforderung 9) |
| Titel | Schnittstelle für die Berücksichtigung von Fahrdaten |
| Status | Erfüllt |
| Begründung | Das System muss eine Schnittstelle zu allen relevanten Fahrdaten besitzen. Hierzu gehören die Fahrzeuggeschwindigkeit, Lenkwinkel, Bremszustand, usw. damit diese bei Eingriffen berücksichtigt werden können. Zum Beispiel muss das System bei höheren Fahrzeuggeschwindigkeit früher eingreifen können. Wichtige Fahrdaten/Signale, die gesendet werden müssen sind: Bremsdaten, Lenkwinkel, Rohwerte der Sensorik |
| Querbezüge | keine |
| Quelle | Intern |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (12) |
| Ziel | Datentransfersystem, Software |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 10) |
| Titel | Schnittstellen mit Bordnetzsystem |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Das System und alle dazugehörigen Komponenten müssen in einem Bordnetzsystem eingesetzt werden können, ohne dass physikalische Elemente des Bordnetzsystems angepasst werden müssen. Übliche Übertragungsmethoden wie CAN, LIN oder CAN FD müssen ggf. von dem System unterstützt werden. |
| Querbezüge | keine |
| Quelle | Hersteller |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (15) |
| Ziel | Fahrzeugsbussystem |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 11) |
| Titel | Spurwechsel Vorhersehen |
| Status | Erfüllt |
| Begründung | Um bei einem gefährlichen Spurwechsel eingreifen zu können, muss das System erkennen können ob der Fahrzeugführer tatsächlich einen Spurwechsel vor hat oder nicht. Hierzu können Verhalten wie, zum Beispiel das Blinken oder das Annähern an einer Spurmarkierung zählen. |
| Erläuterung | Das System muss vorhersehen können ob der Fahrzeugführer versucht einen Spurwechsel vornimmt. |
| Querbezüge | keine |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (13) |
| Ziel | Software |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 12) |
| Titel | Funktionstüchtigkeit bei unterschiedlichen Sichtverhältnissen |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Das System muss auch bei Dunklen oder Sichteingeschränkten Verhältnissen (Nebel) eingreifen können. |
| Querbezüge | keine |
| Quelle | Hersteller |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (5), Testfall (6) |
| Ziel | Sensorik |

5.1.4 Eingriff in Brems- und Lenksystem

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 13) |
| Titel | Steuerung Bremssystem |
| Status | Erfüllt |
| Begründung | Das System muss in der Lage sein einen Bremsvorgang einzuleiten. |
| Erläuterung | Das System muss ein Bremssystem steuern können um einen Bremsvorgang einleiten zu können. |
| Querbezüge | System |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (4) |
| Ziel | Software |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 14) |
| Titel | Steuerung Lenksystem |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Das System muss das Lenksystem steuern können um einen Lenkeingriff einleiten zu können, sofern der Spurwechselassistent aktiviert ist. |
| Querbezüge | keine |
| Quelle | Hersteller |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (3) |
| Ziel | Software |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 15) |
| Titel | Mindestreaktionszeit |
| Status | Erfüllt |
| Begründung | Das System muss deutlich schneller reagieren können als der Mensch, um überhaupt Vorteile bringen zu können. |
| Erläuterung | Das System muss Gefahren innerhalb von 100 ms nach Auftritt erkennen können. Zudem muss das System innerhalb von 100 ms nach Eintritt in den Gefahrenbereich den Lenk- und/oder Bremseneingriff einleiten können. |
| Querbezüge | Maximale Eigengeschwindigkeit |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | (17) |
| Ziel | Gesamtsystem, Software |

| | |
|--------------------|--|
| ID/Nummer | (Anforderung 16) |
| Titel | Maximale Eigengeschwindigkeit |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Das System muss bis zu einer Maximalen Fahrzeuggeschwindigkeit von 250 km/h funktionsfähig sein. |
| Querbezüge | keine |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (10) |
| Ziel | Gesamtsystem |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 17) |
| Titel | Geschwindigkeitsbereich |
| Status | Erfüllt |
| Begründung | Bei geringeren Geschwindigkeiten soll das System bei sich annähernden Objekten nicht eingreifen. Das System soll jedoch ein Einscheren in den Verkehr verhindern, z.B. bei Abbiegevorgängen oder das Verlassen eines Parkplatzes. |
| Erläuterung | Das System muss bei geringeren Geschwindigkeiten (unter 10 km/h) einen anderen Ablauf besitzen. |
| Querbezüge | 18 |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (2) |
| Ziel | Softwareablauf |

5.1.5 Erfüllung der Rechtlichen und Ostfälischen Vorgaben

| | |
|--------------------|--|
| ID/Nummer | (Anforderung 18) |
| Titel | Zulassung für Einsatz in den öffentlichen Verkehr |
| Status | Erfüllt |
| Begründung | Um in den Öffentlichen Straßenverkehr eingesetzt werden zu dürfen muss das System die Norm VDA02 erfüllen. |
| Erläuterung | Das System muss die Norm VDA02 (siehe Glossar 10.2) erfüllen. Hierzu müssen Vorschriften beachtet werden die grundsätzlich alle Aspekte des Systems betreffen. |
| Querbezüge | keine |
| Quelle | Gesetzgeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (11) |
| Ziel | Gesamtsystem |

5.1.6 Diagnose- und Updatefähigkeit

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Anforderung 19) |
| Titel | Speichern u. Diagnose der Fehler |
| Status | Erfüllt |
| Erklärung | Werden Fehler generiert, so müssen diese in einem Fehlerspeicher als Log gespeichert werden. Dort müssen Fehlernummer, Uhrzeit und sämtliche relevante Fahrzeuginformationen dokumentiert werden. Diese müssen die Entwickler in einer Tabelle übernehmen um das Auftreten besagter Fehler diagnostizieren zu können (z.B eine Leitung wurde unterbrochen). |
| Querbezüge | Anforderung (20) |
| Quelle | Entwickler |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (19) |
| Ziel | Systemdiagnose |

| | |
|--------------------|--|
| ID/Nummer | (Anforderung 20) |
| Titel | Fehlerspeicher auslesen und ggf. löschen |
| Status | Erfüllt |
| Erklärung | Der Fehlerspeicher muss auslesbar sein um den Entwickler Anpassungen an der Software einfacher zu machen. Auch soll der Speicher löschar sein. |
| Querbezüge | Anforderung (19) |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (19) |
| Ziel | Diagnosesystem |

| | |
|--------------------|--|
| ID/Nummer | (Anforderung 21) |
| Titel | Softwareupdates zulassen |
| Status | Erfüllt |
| Erklärung | Um auch in Zukunft die maximale Sicherheit des Fahrers zu gewährleisten muss die Software des Systems ohne weitere Komplikationen updatebar sein (über den CAN). |
| Querbezüge | keine |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (20) |
| Ziel | Diagnosesystem |

5.2 Nicht funktionale Anforderungen

Die nicht funktionalen Anforderungen beschreiben die Rahmenbedingungen in denen sich das System befinden muss. Diese berücksichtigen physikalische, gesetzliche und kommerzielle Aspekte. Darüber hinaus lässt sich mit den nicht funktionalen Anforderungen auch die Qualität des Systems regulieren. Denn diese Anforderungen definieren beispielsweise die Zuverlässigkeit, Wartbarkeit und Effizienz.

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Nicht Funktionale Anforderung 1) |
| Titel | Witterungsfestigkeit |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Das System muss die Richtlinie VDA01 (Glossar 10.1) sowie die Ostfälisch-Interne Regelung ODR001 (Glossar 11.1) erfüllen |
| Begründung | Das System muss die Mindestanforderungen an Witterungsfestigkeit einhalten, um die Funktion unter verschiedenen Bedingungen zu gewährleisten. |
| (Priorität) | hoch |
| Querbezüge | |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (16) |
| Ziel | Das System soll auch in schlechten Witterungsbedingungen auch funktionieren |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Nicht Funktionale Anforderung 2) |
| Titel | Physikalische Eigenschaften |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Das System muss innerhalb eines Fahrzeugs untergebracht werden können. Keine Komponenten des Systems dürfen das übliche Erscheinungsbild eines Fahrzeuges verletzen. |
| (Begründung) | Es ist wichtig das, dass System in seinen grundlegenden Konstruktionsmerkmalen, sich dem Konzept bestehender Fahrzeuge anpasst, um das gesamte Fahrzeug nicht nach dem System ausrichten zu müssen. |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (18) |
| Ziel | Das System soll einfach zu verbauen sein |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Nicht Funktionale Anforderung 3) |
| Titel | Herstellkosten des System |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Das System darf die vorgegebenen Herstellkosten (siehe Glossar 12.1) nicht überschreiten. |
| Querbezüge | |
| Quelle | Hersteller |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (7) |
| Ziel | Gesamtsystem Komponenten |

| | |
|--------------------|---|
| ID/Nummer | (Nicht Funktionale Anforderung 4) |
| Titel | geringer Energieverbrauch |
| Status | Erfüllt |
| Erläuterung | Das System soll bei aktiven Eingriffen max. 750mA verbrauchen, ansonsten soll es max. 250mA verbrauchen |
| Querbezüge | |
| Quelle | Auftraggeber |
| Akzeptanzkriterien | Testfall (7) |
| Ziel | Die Effizienz des Systems zu steigern und die Emission zu senken |

6 Testfälle

In diesem Abschnitt werden die Testfälle zur Validierung der Anforderungen definiert.

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 1) |
| Titel | Senden des Signals von der Sensorik |
| Status | offen |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Senden des Signals bei Erkennung einer Gefahr</p> <p>Parameter: Ein sich annäherndes Objekt mit Abständen (zum Testaufbau): Frontal: 2m, 1.5m, 1m, 0.5m... Seitlich: 1m, 0.75m, 0.5m, 0.25m...</p> <p>Ablauf: Ein Objekt (welches ein Fremdobjekt/Fremdfahrzeug simulieren soll) wird der Sensorik näher gebracht. An der Sensorik wird das zu verwertende Signal gemessen.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (2) |

| | |
|-------------|--|
| ID/Nummer | (Testfall 2) |
| Titel | Gefahrenbeurteilung |
| Status | Nicht erfüllt |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Die Software kann je nach Objektlage effektiv beurteilen ob tatsächlich eine Gefahr vorhanden ist.</p> <p>Parameter: Unterschiedliche Lagen eines Fremdobjektes.</p> <p>Ablauf: Der Software werden unterschiedliche Situationen übergeben. Diese muss beurteilen ob tatsächlich eine Gefahr vorhanden ist oder nicht.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (2), Anforderung (5), Anforderung (6), Anforderung (7) |

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 3) |
| Titel | Angemessener Lenkeingriff |
| Status | Nicht erfüllt |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Die Software kann angemessene Lenkvor- gänge steuern, um Gefahren zu vermeiden bei aktivem Spur- wechselassistenten.</p> <p>Parameter: Unterschiedliche Lagen eines Fremdobjektes, Fahrzeuglage und Geschwindigkeit.</p> <p>Ablauf: Die Software muss je nach Gefahrensituation unter- schiedliche Lenkvorgänge einleiten. Hierbei ist es vor allem wichtig, dass die Software eine Lenktrajektorie bestimmt die nicht zu scharf oder schwach ist, damit das Hindernis sicher Umgangen werden kann.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (14) |

| | |
|-------------|--|
| ID/Nummer | (Testfall 4) |
| Titel | Angemessener Bremseingriff |
| Status | Nicht erfüllt |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Die Software kann angemessene Bremsvorgänge steuern, um Gefahren zu vermeiden.</p> <p>Parameter: Unterschiedliche Lagen eines Fremdojektes, Fahrzeuglage und Geschwindigkeit.</p> <p>Ablauf: Die Software muss je nach Gefahrensituation unterschiedliche Bremsvorgänge einleiten. Hierbei ist es vor allem wichtig, dass die gewollte Bremskraft nicht zu scharf oder schwach ist, damit das Hindernis sicher Umgangen werden kann. Zum Beispiel dürfen bei bestimmten Geschwindigkeiten und Lenkvorgängen keine schärferen Bremsvorgänge eingeleitet werden. Hierzu wurde die Formel (siehe Glossar 13.3) definiert, um ein Ausbrechen beim Lenkvorgang zu verhindern.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (13) , Anforderung (15) |

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 5) |
| Titel | Erfassung der vorderen Sensoriksignale |
| Status | Nicht erfüllt |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Software kann die Sensordaten für den Notbremsassistent erfassen und speichern um die Entfernung/Geschwindigkeit, Position und Querschnittsfläche des Objekt zu bestimmen. Es befindet sich auf den Frontalen Bereich a) laut Abbildung 2.</p> <p>Parameter: Sichtbedingungen, Helligkeit, Abstand des Objektes, Querschnittsfläche des Objektes, Position des Objektes.</p> <p>Ablauf: An den Sensoren werden Objekte angenähert. Es muss nun in Echtzeit über ein angeschlossenen Rechner die errechneten bzw. gemessenen Daten auf Richtigkeit überprüft werden.</p> |
| Querbezüge | Anforderung 7), Anforderung 12) |

| | |
|-------------|--|
| ID/Nummer | (Testfall 6) |
| Titel | Erfassung der seitlichen Sensoriksignale |
| Status | Nicht erfüllt |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Software kann die Sensordaten für den Spurwechselassistent erfassen und speichern um die Entfernung und Position des Objektes zu bestimmen. Es befindet sich auf den Seitlichen Bereich c) laut Abbildung 2</p> <p>Parameter: Sichtbedingungen, Helligkeit, Abstand des Objektes, Querschnittsfläche des Objektes, Position des Objektes.</p> <p>Ablauf: Da die selben Sensoren vorne sowie seitlich benutzt werden, genügt der selbe Ablauf wie im vorherigen Testfall.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (7), Anforderung (12) |

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 7) |
| Titel | Überprüfung Stromverbrauch |
| Status | Nicht erfüllt |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Es soll überprüft werden ob max 250mA fließt wenn die Assistenten nicht aktiv eingreifen. Beim aktivieren der Assistenten soll max 750mA Strom fließen</p> <p>Parameter: Strom, Verbrauch, Effizienz</p> <p>Ablauf: An dem angeschlossenen System werden Messgeräte angeschlossen und es werden unterschiedliche Szenarien simuliert. Dabei wird der Gesamtstrom gemessen</p> |
| Querbezüge | Nichtfunktionale Anforderung (4) |

| | |
|-------------|--|
| ID/Nummer | (Testfall 8) |
| Titel | Lautstärke/ visuelle Signale vom Spurwechselassistenten/ Notbremsassistenten |
| Status | Realisiert |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Beim einleiten des Spurwechselassistenten müssen die Lautsprecher mit 105db \pm1db (beim Notbremsassistenten 120db \pm1db) Warntöne geben.</p> <p>Parameter: Lautstärke, Akustik,</p> <p>Ablauf: Die Assistenten werden simuliert und geben das Signal für die Warntöne frei, es müssen nun die Lautsprecher auf Einhaltung der Lautstärke überprüft werden.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (4) |

| | |
|-------------|--|
| ID/Nummer | (Testfall 9) |
| Titel | Überprüfung des Spurwechselassistenten im Fahrzeug |
| Status | Realisiert |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Der Fahrer soll den Spurwechselassistenten an und ausschalten können und je nach Zustand soll sich das Signal, dass an die LED gesendet wird im HUD ändern</p> <p>Parameter: Spurwechselsignal, Fahrerbereich</p> <p>Ablauf: Spurwechsel an" wird simuliert. Ein Spurwechsel wird angestrebt. Dabei ist ein Objekt im weg, der Assistent soll das Signal zum Eingreifen senden. Test nochmal mit Spurwechsel äusksimulieren. Es soll kein Signal zum Eingreifen gesendet werden.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (2) |

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 10) |
| Titel | Gesamtsystemtest |
| Status | Realisiert |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Überprüfung des Systems in verschiedenen Szenarien (und bis 250km/h)</p> <p>Parameter: Systemtest, Situationsbedingt</p> <p>Ablauf: Das System wird unter verschiedensten Tastverhältnissen unterzogen. Dabei ist die Variation der Verhältnisse wichtig.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (16) |

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 11) |
| Titel | Konformitätsprüfung |
| Status | Realisiert |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Überprüfung auf Einhaltung aller Regularien</p> <p>Parameter: Regularien, Gesetze, Recht</p> <p>Ablauf: Eine Liste von relevanten Gesetze/Normen wird erstellt. Das System mit seinem gesamten Umfang muss diese Gesetze/Normen entsprechen</p> |
| Querbezüge | Anforderung (18) |

| | |
|-------------|--|
| ID/Nummer | (Testfall 12) |
| Titel | Überprüfung Schnittstelle zu Fahrdaten |
| Status | Realisiert |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Die von über der Schnittstelle empfangenen Lenkwinkel, Geschwindigkeits- und Bremszustandsdaten stimmen mit den gesendeten Werten überein.</p> <p>Parameter: Signale, Sender</p> <p>Ablauf: Die gesamten Wertebereiche eines Lenk- und Bremsystems werden als realistische Signale von einem Prüfstand emuliert und über der Schnittstelle übertragen. Das System erfasst und protokolliert die eingelesenen Werte, sodass diese mit den simulierten verglichen werden können, um festzustellen ob diese tatsächlich passend sind.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (10) |

| | |
|-------------|--|
| ID/Nummer | (Testfall 13) |
| Titel | Einleitung eines Spurwechselforganges Erkennen |
| Status | Realisiert |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Die von über der Schnittstelle empfangenen Lenkwinkel, Geschwindigkeits- und Bremszustandsdaten stimmen mit den gesendeten Werten überein.</p> <p>Parameter: Signale, Sender</p> <p>Ablauf: Die gesamten Wertebereiche eines Lenk- und Bremsystems werden als realistische Signale von einem Prüfstand emuliert und über der Schnittstelle übertragen. Das System erfasst und protokolliert die eingelesenen Werte, sodass diese mit den simulierten verglichen werden können, um festzustellen ob diese tatsächlich passend sind.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (11) |

| | |
|-------------|--|
| ID/Nummer | (Testfall 14) |
| Titel | Erkennung Überholende Fremdfahrzeuge |
| Status | Realisiert |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Das System erkennt mit hoher Zuverlässigkeit ob ein Fremdfahrzeug das Systemfahrzeug überholt.</p> <p>Parameter: Geschwindigkeit, Lage, Sichtverhältnisse, Lenkwinkel, Straßenbahnrichtung (Kurvenwinkel)</p> <p>Ablauf: Es werden einige Überholvorgänge simuliert, wonach das System erkennen soll ob tatsächlich ein Überholvorgang stattfindet oder nicht.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (8) |

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 15) |
| Titel | Integration in Bordnetzsystem |
| Status | Realisiert |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Das System ist in dem gewünschten Bordnetzsystem einsatzfähig.</p> <p>Parameter: Betriebsmodi nach Auftraggeber</p> <p>Ablauf: Das System wird an dem Bordnetzsystem des Fahrzeugs angeschlossen und eine Bordnetzsystemüberprüfung nach der Ostfälsch-Internen Vorschrift ODR 002 (siehe Glossar Abschnitt 11.2)</p> |
| Querbezüge | Anforderung (10) |

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 16) |
| Titel | Alle Systemkomponenten erfüllen die Normen des Auftraggebers |
| Status | Realisiert |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Das System erfüllt die Ostfälsch-Interne Norm ODR 001 (siehe Glossar Abschnitt 11.1).</p> <p>Parameter: Vibration, Feuchtigkeit, Temperatur, UV-Strahlung, Spannungsinduktion (Störsignale)</p> <p>Ablauf: Das System wird auf dem Ostfalia Prüfstand für Witterungsfestigkeit nach dem, in der Norm ODR 001 beschriebenen, Ablauf getestet (siehe Glossar Abschnitt 11.1).</p> |
| Querbezüge | nichtfunktionale Anforderung (1) |

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 17) |
| Titel | Reaktionszeit |
| Status | Nicht erfüllt |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Das Gesamtsystem reagiert innerhalb 250 ms zu einer Gefahr.</p> <p>Parameter: Abstand zwischen Fahrzeug und Objekt, Fahrzeugeschwindigkeit</p> <p>Ablauf: Ein gefährliches, sich annäherndes Objekt wird simuliert und die Reaktionszeit (von Eintritt in Gefahrenbereich bis zum Bremsengriff) wird messtechnisch erfasst.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (15) |

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 18) |
| Titel | Physikalische Eigenschaften |
| Status | Nicht erfüllt |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Das System passt in dem gewünschten Fahrzeugbereich ohne dass das Fahrzeug umgerüstet werden muss.</p> <p>Parameter: Fahrzeugbereich, Dimensionen</p> <p>Ablauf: Der Auftraggeber gibt einige Physikalischen Eigenschaften vor die für Steuergeräte in unterschiedlichen Bereichen gelten. Diese werden in der Ostfälisch Internen Norm ODR 003 (siehe Glossar Abschnitt 11.3) beschrieben.</p> |
| Querbezüge | nichtfunktionale Anforderung (2) |

| | |
|-------------|---|
| ID/Nummer | (Testfall 19) |
| Titel | Fehlerspeicher lesen und löschen |
| Status | Nicht erfüllt |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Der Fehlerspeicher muss gelesen werden und gelöscht werden.</p> <p>Parameter: Fahrzeugbereich, Dimensionen</p> <p>Ablauf: Unterschiedliche Fehler (z.B. Leitungsunterbrechung) werden generiert. Diese werden an das Gateway gesendet. Dort werden diese gelesen, auf Richtigkeit überprüft und gelöscht.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (19), Anforderung (20) |

| | |
|-------------|--|
| ID/Nummer | (Testfall 20) |
| Titel | Software Updaten |
| Status | Nicht erfüllt |
| Erläuterung | <p>Erfolgskriterium: Die Software soll per softwareupdate neugeflasht werden und das System soll sich dementsprechend verhalten.</p> <p>Parameter: Fahrzeugbereich, Dimensionen</p> <p>Ablauf: Über den CAN wird die Software mit den Nachbesserungen neugeflasht, das System soll sich dann dementsprechend bei Tests verhalten.</p> |
| Querbezüge | Anforderung (21) |

7 Funktionaler Architekturentwurf

Die funktionale Architektur des Fahrerassistenzsystemes, bestehend aus Notbrems- und Spurwechselassistent, wird im folgenden mithilfe eines Blockdefinitionsdiagrammes und eines internen Blockdiagrammes beschrieben.

7.1 Blockdefinitionsdiagramm der funktionalen Architektur

Das folgende Blockdefinitionsdiagramm zeigt über welche grundlegenden Funktionselemente der Notbrems- und Spurwechselassistent verfügen muss. Zum einen muss das System das Umfeld um das Fahrzeug, in dem eingehend erläuterten Wahrnehmungsbereich, überwachen können. Das System muss in der Lage sein eine Interaktion mit dem Fahrer herzustellen. Dies umfasst zu einem die Warnung des Fahrers beim Eintritt definierter Ereignisse und zum anderen die Betätigung bzw. das Ein- und Ausschalten des Spurwechselassistenten. Dem System müssen des Weiteren alle relevanten Fahrdaten zugeführt werden, welche nicht bereits selbst vom System erfasst werden. Diese Fahrdaten müssen durch das System ausgewertet werden. Das System muss in der Lage sein aus den verschiedenen Daten die Situation beurteilen zu können. Gegebenenfalls muss der Eingriff des Systems in die Fahrzeugführung erfolgen können. Dies geschieht zu einem über den Eingriff in die Lenkung und zum anderen über den Eingriff in die Bremse. Abschließend muss das System auch dem Wartungs- und Serviceangebot von Werkstätten zugänglich gemacht werden. Dies wird vor allem auf Seite 111 verdeutlicht.

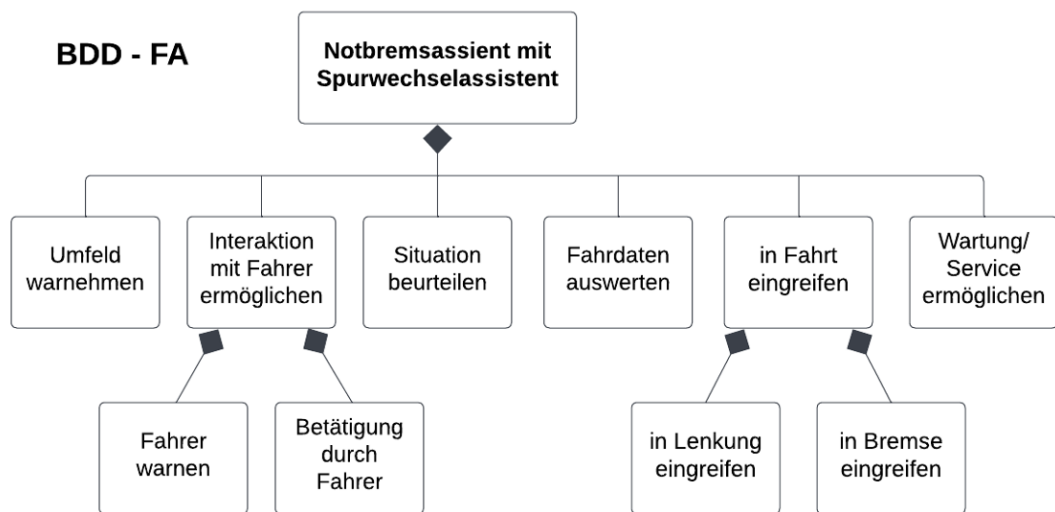


Abbildung 3: Das Blockdefinitionsdiagramm der funktionalen Architektur zeigt über welche grundlegenden Funktionselemente das System verfügen muss.

7.2 Internes Blockdiagramm der funktionalen Architektur

Das interne Blockdiagramm der funktionalen Architektur beschreibt den Austausch der Informationen, die zwischen den Funktionselementen, welche bereits im Blockdefinitionsdiagramm definiert wurden, ausgetauscht werden. Von der Umfeldwahrnehmung werden die Objektdaten wie Objektquerschnitt, Objektposition, Objektentfernung und Objektschwindigkeit in die Situationsbeurteilung überführt. Des Weiteren werden von der Fahrdatenauswertung Daten wie die Fahrgeschwindigkeit, das Fahrverhalten oder der Lenkwunsch bzw. der Wunsch des Fahrers die Spur zu wechseln ebenfalls der Situationsbeurteilung zugeführt. Die Situationsbeurteilung tauscht mit der Schnittstelle welche Wartung und Service ermöglicht Diagnosedaten aus. Der Betriebszustand des Assistenten wird über die Schnittstelle, welche die Interaktion mit dem Fahrer ermöglicht, ebenfalls der Situationsbeurteilung zugeführt. Mit den gesamten Daten kann das System die Fahrsituation beurteilen und gegebenenfalls die Information zum Eingriff in die Lenkung und Bremse an die jeweilige Aktorik übermitteln. Nach der Beurteilung der Situation werden ebenfalls die Informationen über die Warnstufe, an die jeweilige Warnaktorik übermittelt.

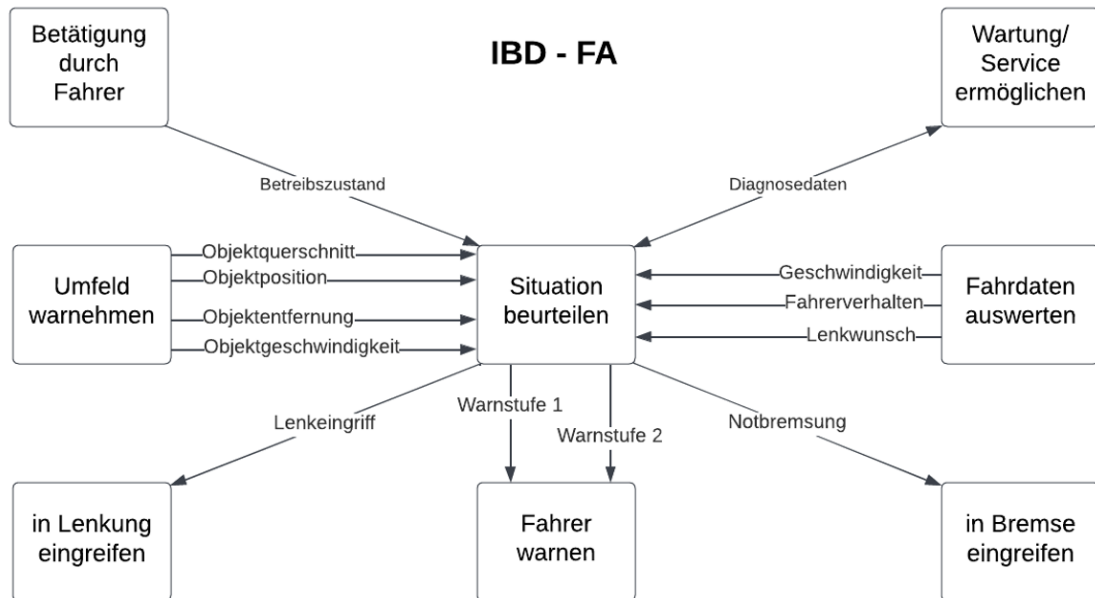


Abbildung 4: Das interne Blockdiagramm der funktionalen Architektur beschreibt den Austausch der Informationen, die zwischen den Funktionselementen, welche bereits im Blockdefinitionsdiagramm definiert wurden, ausgetauscht werden.

7.3 Zuordnung der Anforderungen

Um bei der nachträglicher Änderung oder Optimierung von Anforderungen einen Überblick darüber zu behalten, welche Anforderungen von welcher Funktionalität erfüllt werden soll, macht es Sinn die Zusammenhänge in einer Tabelle darzustellen. Die folgende Abbildung zeigt welche Anforderungen in welcher Funktionalität erfüllt werden.

| Interaktion mit Fahrer | Objekter- kennung | Betrachtung Umfeld | Eingriff in Fahrmanöver | Erfüllung Vorgaben | Diagnose- fähigkeit |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|
| F.Anf. (1) | F.Anf. (5) | F.Anf. (8) | F.Anf. (13) | F.Anf. (18) | F.Anf. (19) |
| F.Anf. (2) | F.Anf. (6) | F.Anf. (9) | F.Anf. (14) | N.F.Anf (1) | F.Anf (20) |
| F.Anf. (3) | F.Anf. (7) | F.Anf. (10) | F.Anf. (15) | N.F.Anf (2) | F.Anf (21) |
| F.Anf. (4) | | F.Anf. (11) | F.Anf. (16) | N.F.Anf (3) | |
| | | F.Anf. (12) | F.Anf. (17) | N.F.Anf (4) | |

Abbildung 5: Zuordnung der Anforderungen zu den funktionalen Eigenschaften

8 Lösungskonzept

Um auf effizientem Wege zu einem optimalen Lösungskonzept zu gelangen, ist eine strukturierte Herangehensweise notwendig. Hierfür wurde in unserem Entwicklungsprozess das zu entwickelnde System, dessen Funktion bereits durch die Anforderungen festgelegt ist, in mehrere Teilsysteme zerlegt. Die Teilsysteme bestehen aus Komponenten, die sich aus den Blöcken des funktionalen Architekturentwurfs extrahieren lassen.

Für die verschiedenen Teilsysteme wurden in einem nächsten Schritt, jeweils einige realisierbare Teilkonzepte entworfen. Die Teilkonzepte wurden dann hinsichtlich verschiedener Aspekte bewertet. Der weitere Entwicklungsprozess orientiert sich an dem jeweils je Teilsystem bestbewerteten Teilkonzept. Aus den bestbewerteten Teilkonzepten, wurden darauffolgend ein realisierbares Gesamtkonzept kombiniert. Für das im Anschluss ein technischer sowie dynamischer Architekturentwurf entworfen wird.

8.1 Teilsysteme

Um das Gesamtsystem geschickt in mehrere Teilsysteme zu zerlegen, empfiehlt es sich, sich an den funktionalen Architekturentwurf zu orientieren. Aus diesem lassen sich die folgenden Teilsysteme extrahieren.

Umfeldwahrnehmung/ Hinderniserkennung

Das Gesamtsystem soll in der Lage sein, Hindernisse auf der eigenen Spur, den Nachbarspuren sowie das Herannahen rückwärtiger Fahrzeuge zu detektieren. Das Teilkonzept für die Umfeldwahrnehmung und Hinderniserkennung befasst sich damit wie das System das Umfeld um das Fahrzeug herum in dem relevanten Bereich wahrnehmen soll. Hierbei werden verschiedene Sensorkonzepte und die Nutzung der Daten, welche durch die bestehende Sensorik bereitgestellt werden, durchdacht.

Zudem muss das Gesamtsystem erkennen können, wenn der Fahrer des Fahrzeugs einen Spurwechsel anstrebt. Das Teilkonzept Erkennung Spurwechselwunsch befasst sich konkret mit der Betrachtung verschiedenster technischer Möglichkeiten, die es ermöglichen sicher zu erkennen, wann der Fahrer einen Spurwechsel anstrebt. Hierbei liegt der Fokus auf der Wahrnehmung verschiedenster typischer Handlungsabläufe des Fahrers, die einen Spurwechsel einleiten.

Fahrerwarnung und Interaktion

Das Gesamtsystem soll in der Lage sein, den Fahrer beispielsweise vor einem bevorstehenden Auffahrunfall zu warnen. Insgesamt gibt es wie eingehend erläutert zwei Warnstufen. Das Teilkonzept der Fahrerwarnung befasst sich konkret damit wie diese Warnung des Fahrers geschehen soll. Hierbei werden verschiedenste Warnkonzepte erarbeitet die mit unterschiedlichen Sinnen des Menschen interagieren sollen.

Um den Fahrer die Wirkung des Systems zu visualisieren, sollen Eckdaten des Systems an das Fahrzeug übermittelt werden, um diese darstellen zu können. Gleichzeitig muss der Fahrer den Spurwechselassistent deaktivieren können. Um die Interaktion des Fahrers mit dem Gesamtsystem zu ermöglichen, betrachtet das Teilkonzept Benutzerinterface, verschiedenste Möglichkeiten, die es dem Fahrer ermögliche Eingaben zu tätigen oder den Systemstatus abzufragen.

Lenkeingriff

Das Gesamtsystem muss in die Lenkung eingreifen können, um eine Kollision zu verhindern. Das Teilkonzept Lenkeingriff befasst sich konkret damit, über welche technische Lösung der Eingriff in die Lenkung vollzogen wird. Hierbei werden verschiedene Möglichkeiten betrachtet wie durch verschiedenste Aktorik, ein Eingriff in die Lenkung erfolgen kann.

Bremseingriff

Das Gesamtsystem muss ebenfalls das Fahrzeug abbremsen können, um eine Kollision zu verhindern. Das Teilkonzept Bremsenriff befasst sich konkret damit, über welche technische Lösung der Eingriff in das Bremssystem vollzogen wird.

Kommunikation

Um die oben genannten Funktionen umsetzen zu können, muss das Gesamtsystem aus eingehend erläuterten Gründen mit dem restlichen Fahrzeug kommunizieren können, um gewünschte Interaktionen ausführen zu können. Hierfür gibt es verschiedenste Möglichkeiten wie die Kommunikation erfolgen kann. Das Teilkonzept Kommunikation betrachtet konkret verschiedenste Methoden wie Daten zwischen dem Gesamtsystem und restlichen Systemen im Fahrzeug, ausgetauscht werden können.

Wartungs- und Serviceschnittstelle

Das Gesamtsystem soll über eine Serviceschnittstelle verfügen über die Änderungen am System erfolgen können. Beispielsweise das der Spurwechselassistent bei geänderter Gesetzeslage nichtmehr deaktiviert werden kann. Darüber hinaus muss zu Wartungs- und Instandhaltungszwecken ebenfalls ein Einblick in das System möglich sein. Das Teilkonzept Wartungs- und Serviceschnittstelle betrachte verschiedenste Möglichkeiten wie es dem Instandhalter ermöglicht werden kann auf das System zuzugreifen.

8.2 Lösungsalternativen der Teilkonzepte

Nachdem das Gesamtsystem erfolgreich in verschieden Teilsysteme separiert wurde, können nun für die verschiedenen Teilsysteme jeweils mehrere Teilkonzepte ausgearbeitet werden.

8.2.1 Evaluierung der Lösungsansätze Umfeldwahrnehmung

Die folgenden drei Konzepte stellen eine Lösung für das Teilkonzept Umfeldwahrnehmung und Hinderniserkennung dar. Es werden die Möglichkeiten bestehende Sensorik, Radar- und Ultraschallsensoren und Lidarsensor- und Kamera zu nutzen näher betrachtet.

Bestehende Sensorik

Eine Möglichkeit das Umfeld um das Fahrzeug herum und somit Hindernisse wahrzunehmen, ist es die bereits für das Fahrzeug vorgesehene Sensorik und Auswertelogik zu nutzen. Dies wäre eine hohe Kostenersparnis da keine weiteren Sensoren eingebaut werden müssen. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass bestehende Sensorik vorhanden ist und diese die in den Anforderungen erläuterten Bereiche abdecken kann. Der Nachteil sich auf bestehende Sensorik zu verlassen ist, dass diese gegebenenfalls nicht in jedem Fahrzeug vorgesehen ist und somit gegebenenfalls weitere ergänzende Sensorik nachgerüstet werden muss. Dies führt dazu, dass von dem fertigen Gesamtsystem mehrere Varianten bestehen müssen, die jeweils mit verschiedenen Sensorkonfigurationen arbeiten müssen.

Zudem ist es unwahrscheinlich dass, das Fahrzeug bereits existierende Sensorik besitzen wird, da diese Sensorik hauptsächlich zum Zwecke der Fahrerassistenzsysteme dient, die bereits in diesem System gedeckt werden. Daher wurde diese Lösungsalternative ausgeschlossen.

8.2.2 Bewertungskategorien der Front und Seiten Sensorik

Für die Auswahl einer Sensorik für den Notbrems- und Spurwechselassistenten, wurde vorerst eine Bewertung der einzelnen Sensoreigenschaften vorgenommen, wobei die Eigenschaften, wie Preis, Genauigkeit und maximaler Abstand, in Bereiche unterteilt wurden und mit einer Anzahl von Punkten versehen wurden. Ziel ist es, mit diesem Bewertungssystem eine Bewertungsmatrix aufzustellen um die Lösungsalternativen der Sensorik zu bewerten.

Die Sensorik für die Front und Seite des Fahrzeugs wurden zusammen beurteilt, um eine unnötige Unübersichtlichkeit zu vermeiden. Die unterschiedlichen Prioritäten und Eigenschaften der Sensoren wurden durch eine andere Gewichtung berücksichtigt.

Preis

Da unsere Sensorik einen Teil der Gesamtkosten des Systems bildet, wurde der Preis der Sensorik bei der Entwicklung entsprechend gewichtet. Dazu haben wir die Preisbereiche der Sensoren in Bereiche unterteilt, denen Gewichtung zugeteilt wurde.

Da der Notbremsassistent nicht mehr als 500 EUR kosten darf (siehe Glossar Seite 114), kann unser Front-Distanzsensor nicht mehr als 250 EUR kosten. Erwähnenswert ist jedoch dass unterschiedliche Preisspannen für die unterschiedlichen Sensorbereiche angewendet werden. Grund hierfür ist, dass der Front-Distanzsensor den größten Abstandsbereich erfassen muss, und daher entsprechend teuer sein darf. Die seitlichen Sensoren müssen allerdings nur maximal die Straßenbreite erfassen können, bzw. einen Bereich der $< 3\text{m}$ ist.

| Preisspanne Seitlich (1 Seite) | Preisspanne Front | Punkte |
|--------------------------------|-------------------|--------|
| 1..10 EUR | 1..40 EUR | 10 |
| 11..30 EUR | 41..70 EUR | 9 |
| 31..40 EUR | 71..100 EUR | 8 |
| 41..50 EUR | 101..130 EUR | 7 |
| 51..60 EUR | 131..160 EUR | 6 |
| 61..70 EUR | 161..190 EUR | 5 |
| 71..80 EUR | 191..220 EUR | 4 |
| 81..90 EUR | 221..250 EUR | 3 |
| >90 EUR | >250 EUR | A* |

A*=Ausschluss

Tabelle 1: Tabelle zur Gewichtung der Preisspannen der Sensorik

Maximaler Abstand

Damit die Sensoren eine hohe Zuverlässigkeit bieten, müssen sie einen bestimmten Bereich abdecken. Um dies in die Gewichtung mit einbeziehen zu können, wurden der Maximaler Abstand des Sensors gewertet und in eine Skala unterteilt.

Die Mindestlängen stammen aus Daten des Bußgeldkataloges, (siehe Glossar Abschnitt [10.3](#)), die bei dem vorderen Fahrzeug einen Mindestabstand von 50% der Tachometergeschwindigkeit (in Meter) vorgeben. Da der Notbremsassistent bis zu einer Maximalgeschwindigkeit von 250 km/h tauglich sein soll, muss unser Sensor mit einer Zuverlässigkeit von mindestens 99% Objekte von einer Entfernung von 125 Metern erkennen müssen.

Bei den seitlichen Sensoren richten wir uns nach den Vorgaben zu den Mindestabständen bei Überholen von Fahrrädern, die auch von dem Bußgeldkatalog vorgegeben werden (siehe Glossar Abschnitt [10.3](#)). Dieser besagt, dass ein Fahrzeug Außerorts mindestens 2 Meter Abstand zu dem zu überholenden Fahrrad einhalten muss. Somit muss der Sensor mit einer Zuverlässigkeit von mindestens 99% Objekte im Seitlichen Bereich des Fahrzeuges erkennen können, wenn die sich weniger als 2m entfernung befinden.

| Maximalabstand Seitlich (1 Seite) | Maximalabstand Front | Punkte |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|
| <2m | <125m | A* |
| 2..3m | 125..150m | 5 |
| >3..4m | 151..175m | 6 |
| >4..5m | 176..200m | 7 |
| >5..6m | 201..225m | 8 |
| >6..7m | 226..250m | 9 |
| >7m | >250m | 10 |

A*=Ausschluss

Tabelle 2: Tabelle zur Gewichtung des maximal erfassbaren Abstandes der Sensorik

Minimaler Abstand

Da der Notbremsassistent, sowie Spurwechselassistent auch bei sehr naheliegenden Objekten eingreifen muss, wird auch der Minimaler Abstand der Sensoren bewertet. Vor allem der Spurwechselassistent muss bei sehr geringen Abständen noch Objekte erfassen können.

Die jeweiligen Abstände wurden mit dem Gedanken bestimmt, dass das System mindestens 10cm zum Seitlichen Fahrzeug und/oder 5m zum Vorderen Fahrzeug einhalten muss um eine Kollision vermeiden zu können. In dem Fall dass sich ein Objekt in einem Bereich befindet der so nahe ist, dass die Sensoren dieses Objekt nicht mehr erfassen können, tritt eine mit der Software realisierte Logik ein. Diese Logik schätzt dann ob sich ein Objekt in dem Gefahrenbereich befindet, so lange es den Bereich nicht wieder verlässt. Bis das Objekt den nicht erfassbaren Bereich verlässt, wird ein unplausibles Signal emittiert, also würde der Assistent z.B. die Notbremsung weiterführen bis ein Plausibles Signal wieder erhalten wird, woraus ein Abstand berechnet werden kann.

| Mindestabstand Seitlich (1 Seite) | Mindestabstand Front | Punkte |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|
| >10cm | >5m | A* |
| 8..<10cm | 4..<5m | 2 |
| 6..<8cm | 3..<4m | 4 |
| 4..<6cm | 2..<3m | 6 |
| 2..<4cm | 1..<2m | 8 |
| 0..<2cm | 0..1m | 10 |

A*=Ausschluss

Tabelle 3: Tabelle zur Gewichtung des kleinsten erfassbaren Abstandes der Sensorik

Genauigkeit

Für eine hohe Zuverlässigkeit des Systems ist eine Bereichsabhängige Genauigkeit erforderlich. Vor allem der Front Sensor muss eine hohe prozentuale Genauigkeit besitzen, da bei Größeren Abständen, eine entsprechend größere Abweichung vorhanden sein kann.

Bei der Genauigkeit wurden die maximale Abweichungen in Bereiche unterteilt und mit einer Punktzahl versehen. Bei den Ausschlusskriterien wurden die Maximalabweichungen in Meter betrachtet. Bei dem Frontsensor, der Objekte mit mindestens 125 Meter Entfernung erkennen muss, würde eine Prozentuale Abweichung größer als 5% eine Abweichung von >6.25 Meter bedeuten. Dies ist für einen Notbremsassistent nicht tolerierbar. Zudem könnte es die Geschwindigkeitsermittlung des Objektes beeinflussen.

Bei dem Seitlichen Sensor ist die Abweichung bei größeren Abständen noch tolerierbar. Hierbei muss nur auf eine angemessene Abweichung geachtet werden, sodass es nicht zu einer Unfallgefahr wegen Sensorfehler kommen kann.

| Maximale Abweichung Seitlich (1 Seite) | Maximale Abweichung Front | Punkte |
|--|---------------------------|--------|
| >10% | >5% | A* |
| 9..<10% | 4,5..<5,0% | 2 |
| 8..<9% | 4,0..<4,5% | 3 |
| 7..<8% | 3,5..<4,0% | 4 |
| 6..<7% | 3,0..<3,5% | 5 |
| 5..<6% | 2,0..<2,5% | 6 |
| 4..<5% | 1,5..<2,0% | 7 |
| 3..<4% | 1,0..<1,5% | 8 |
| 2..<3% | 0,5..<1,0% | 9 |
| <2% | 0,0..<0,5% | 10 |

A*=Ausschluss

Tabelle 4: Tabelle zur Gewichtung der Genauigkeit der Sensorik

Nebelfestigkeit

Bei der Nebelfestigkeit geht es nicht ausschließlich um den Nebel, sondern generell um den Einfluss von Witterungsbedingten Sichteinschränkungen auf Sensorleistung. Genauer gesehen, geht es um die Reduktion der Prozentualen Genauigkeit der Sensoren bei einer Luftfeuchtigkeit größer als 100%. Die hohe Luftfeuchtigkeit soll auch andere Sichteinschränkungen simulieren, wie z.B. Smog oder Schwerer Regen. Betrachtet wird hier die prozentuale Zuverlässigkeit der Sensoren bei Sichteinschränkungen. Die Sichteinschränkung wird anhand der Lichtstreuung gemessen. Sollten die Sensoren gegen Lichtstreuung oder andere sich im Umfeld befindenden Substanzen zu empfindlich sein, gelten sie als nicht einsatzfähig.

Bei dieser Skala ist die Ausschluss-schwelle für die seitlichen Sensoren geringer als bei dem Frontsensor. Grund hierfür ist, dass der Frontsensor größere Abstände zu messen hat, als die Seitlichen. Bei den Seitlichen Sensoren muss, wie bereits im Abschnitt [8.2.2](#) erwähnt, maximale Abstände von 2 Metern erfasst werden. Somit wäre bei einer Abweichung von maximal 10% eine Abweichung von 20 cm vorhanden. Auch wenn das nicht ideal ist, reicht es für den geplanten Einsatz aus. Natürlich muss diese Abweichung bei der Auswertung berücksichtigt werden. Bei dem Frontsensor ist eine solche Abweichung wiederum nicht tolerierbar, da es, vor allem bei eingeschränkten Sichtverhältnissen, besonders gefährlich sein könnte. Daher werden alle Sensoren mit einer Zuverlässigkeit $<98\%$ bei Nebel ausgeschlossen.

| Zuverlässigkeit bei Nebel Seitlich | Zuverlässigkeit bei Nebel Front | Punkte |
|---------------------------------------|------------------------------------|--------|
| <91% | <95,0% | A* |
| >91% | >95,0% | 2 |
| >92% | >95,5% | 3 |
| >93% | >96,0% | 4 |
| >94% | >96,5% | 5 |
| >95% | >97,0% | 6 |
| >96% | >97,5% | 7 |
| >97% | >98,0% | 8 |
| >98% | >98,5% | 9 |
| >99% | >99,0% | 10 |

A*=Ausschluss

Tabelle 5: Tabelle zur Gewichtung der Nebelfestigkeit der Sensorik

Gewichtung der Kategorien

Bei der Gewichtung geht es darum wieviel Wert auf den einzelnen Kategorien plziert wird. Die Gewichtung erfolgt nach der Einstufung der Kriterien nach Rang von der wichtigsten Kategorie bis zur unwichtigsten Kategorie.

Da die Kriterien Maximaler Abstand und Genauigkeit nicht einzeln betrachtet werden können, bekommen sie die gleiche Gewichtung von 4. Der Preis ist zwar sehr wichtig, allerdings muss die Genauigkeit und Funktionalität der Sensoren, in Bezug auf der Sicherheit, höher eingestuft werden. Der minimale Abstand kann wiederum mit einer geringeren Priorität versehen werden, da dieser nicht direkt Sicherheitsrelevant ist und bereits mit einem Ausschlusskriterium versehen ist.

| Rang | Ziel | Gewichtung |
|------|-------------------|------------|
| 1 | Maximaler Abstand | 4 |
| 2 | Genauigkeit | 4 |
| 3 | Nebelfestigkeit | 4 |
| 4 | Preis | 3 |
| 5 | Minimaler Abstand | 1 |

Tabelle 6: Tabelle der Gewichtung für die Sensorik, basierend auf den in Tabellen 1 bis 5 definierten Kategorien.

8.2.3 Zu bewertende Sensoren für den Frontalen Bereich

Radar Der Radarsensor eignet sich hervorragend um auch bei schlechten Witterungsverhältnissen ausreichend weit in die Ferne blicken zu können.

Lidarsensor und Kamera Eine dritte Möglichkeit wäre beispielsweise ausschließlich auf die Verwendung von Lidarsesoren und einem Kamerasystem zurückzugreifen. Dies

Sensorik hat jedoch den Nachteil das sie bei schlechten Witterungsverhältnissen nur eingeschränkt nutzbar ist. Wichtig ist, dass der Lidarsensor nur in Verbindung mit einer Kamera verwendet werden kann, da sie sonst eine deutlich geringere Zuverlässigkeit bietet. Daher werden diese Sensoren nur zusammen betrachtet.

Ultraschall und Infrarot Die Lösungsalternativen Ultraschall und Infrarot werden bei der Seitlichen Sensorik genauer besprochen, da sie für diesen Einsatz eher geeignet sind als für den Frontalbereich. Grund hierfür sind, vor allem, die geringen Maximalabständen die zu einem Ausschluss der beiden Sensoren führen.

8.2.4 Endgültige Bewertungsmatrix der Frontsensorik

| Ziel | Gewichtung | Radar | Lidar/ Kamera | Ultraschall | Infrarot |
|----------------------|------------|-------|------------------|-------------|----------|
| Preis | 3 | 6 | 4 | 10 | 10 |
| Max. Abstand | 4 | 10 | 10 | A* | A* |
| Min. Abstand | 2 | 10 | 10 | 10 | 8 |
| Genauigkeit | 4 | 9 | 10 | 5 | 6 |
| Nebelfestig- keit | 4 | 10 | 6 | 10 | A* |
| Gesamt | - | 154 | 136 | A* | A* |

Tabelle 7: Bewertungsmatrix der Frontalen Sensorik, basierend auf den in Tabellen 1 bis 5 definierten Kategorien und der in Tabelle 6 bestimmten Gewichtung.

8.2.5 Zu bewertende Sensoren für den Seitlichen Bereich

Radar und Lidar/Kamera

Wie bereits in dem vorherigen Abschnitt 8.2.3 erwähnt, weisen Radar und Lidar/Kamera Sensoren sehr hohe Genauigkeiten und Maximalabstände auf. Auch bei geringen Abständen sind diese beiden Lösungsalternativen gut einsetzbar und sehr zuverlässig. Die positiven Eigenschaften der Sensoren bringen jedoch sehr hohe Kosten mit sich, sodass diese für den Seitlichen Bereich direkt ausgeschlossen sind. In dem Seitlichen Bereich des Fahrzeugs ist eine solch hohe Genauigkeit nicht notwendig, somit bieten die Stärken der Radar und Lidar/Kamera Sensoren keine Vorteile für die Seitensensorik.

Ultraschall

Ultraschallsensoren bieten eine günstige und zuverlässige Möglichkeit um geringe Abstände im Umfeld eines Fahrzeuges zu erfassen. Zudem sind Ultraschallsensoren auch bei geringeren Sichtverhältnissen gut einsetzbar, da diese nicht besonders empfindlich gegen Luftfeuchtigkeit oder sonstige sich in der Luft befindende Partikel sind.

Infrarot

Infrarotsensoren bieten eine günstige Möglichkeit um geringe Abstände zu messen. Da Infrarot Sensoren einen Lichtstrahl für die Erfassung von Abständen verwenden, können diese so platziert werden, dass eine sehr genaue Bereichszuordnung möglich ist. Dies ist im Fahrzeugbereich jedoch nicht erforderlich, da hier sehr großflächige Bereiche (in diesem Fall der Seitliche Bereich des Fahrzeuges) zu messen sind, welche von einem einzigen IR-Lichtstrahl nicht abgedeckt werden können. Zudem weisen Infrarot-Lichtstrahlen eine sehr hohe Streuung bei hoher Luftfeuchtigkeit oder Partikeldichte auf, welches bei einem Fahrzeug nicht akzeptabel ist.

8.2.6 Endgültige Bewertungsmatrix der Seitensensorik

| Ziel | Gewichtung | Radar | Lidar/ Kamera | Ultraschall | Infrarot |
|----------------------|------------|-------|------------------|-------------|----------|
| Preis | 3 | A* | A* | 10 | 10 |
| Max. Abstand | 4 | 10 | 10 | 10 | 7 |
| Min. Abstand | 1 | 10 | 10 | 10 | 9 |
| Genauigkeit | 4 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Nebel- festigkeit | 4 | 10 | 9 | 10 | 6 |
| Gesamt | - | A* | A* | 160 | 131 |

Tabelle 8: Bewertungsmatrix der Seitlichen Sensorik, basierend auf den in Tabellen 1 bis 5 definierten Kategorien und der in Tabelle 6 bestimmten Gewichtung.

8.2.7 Evaluierung der Lösungsansätze für Fahrerwarnung

Die folgenden drei Konzepte führen zur Auswahl einer Lösung für das Teilkonzept der Fahrerwarnung dar. Es werden die Möglichkeiten betrachtet den Fahrer durch eine visuelle, akustische, haptische oder eine Kombination aus mehreren Möglichkeiten, zu warnen um auf eine bevorstehende Kollision hinzuweisen. Hierbei werden die zwei unterschiedlichen Warnstufen 1 und 2 berücksichtigt (siehe Glossar [13](#) über Warnstufen).

Visuelle Warnung

Eine Möglichkeit ist es den Fahrer vor einer Kollision durch eine visuelle Warnung im Cockpit zu warnen. Dies könnte beispielsweise das Aufleuchten einer Status LED oder die Anzeige der Warnung auf einem Display sein. Naheliegend ist jedoch das der Fahrer die visuelle Warnung nicht wahrnehmen wird, wenn er nicht bereits selbst die bevorstehende Kollision wahrgenommen hat. Die visuelle Wahrnehmung eines Fahrers ist während der Fahrt, erfahrungsgemäß bereits stark ausgelastet.

Akustische Warnung

Eine weitere Möglichkeit ist es, die visuelle Warnung mit einer akustischen Warnung wie beispielsweise einen Piepton zu untermauern. Die Tatsache, dass so die Sinne des Fahrers angesprochen werden, steigert die Wahrscheinlichkeit, dass dieser die Warnung wahrnimmt, deutlich.

Haptische Warnung

Eine dritte Mögliche wäre es den Fahrer durch eine haptische Warnung, wie beispielsweise eine starke Vibration des Sitzes oder des Lenkrades, auf eine bevorstehende Kollision hinzuweisen. Das Problem hierbei ist, dass der Fahrer die Vibration als unangenehm empfinden könnte oder gar erschrecken könnte was erst recht einen Unfall hervorprovozieren könnte.

8.2.8 Bewertungskategorien der Fahrerwarnung

Um die verschiedenen Möglichkeiten für die Fahrerwarnung objektiv bewerten zu können, wurden folgende Kategorien bestimmt:

Belästigungsfaktor

Diese Kategorie bezieht sich auf der Belästigung des Fahrers durch die Warnung. Die Warnungen werden mit einem Belästigungsfaktor versehen, welcher aus einer Studie über den Einfluss von Fahrerassistenzsystemen auf Fahrkomfort analysiert hat (siehe Glossar [13.1](#)). Diese Studie hat verschiedene Warnungsmöglichkeiten bewertet und mit einem Belästigungsfaktor versehen. Dieser Belästigungsfaktor wurde in dieser Bewertung berücksichtigt, in dem die Visuelle, Audio, und Haptische Warnungen mit einem Faktor von 0.4 von 4 versehen wurden, wobei 3 die Nervigste Warnung (Haptik) dar stellt. Diese Bewertungen wurden auf einer Skala von 0..6 von 6 skaliert, wobei der Größere Bereich daraus resultiert, dass kombinationen der jeweiligen Warnungen höhere Punktzahlen räsentieren.

| Alternative | Belästigungsfaktor** | Punkte |
|----------------------------------|----------------------|--------|
| Visuell | 1 | 4 |
| Audio | 2 | 3 |
| Haptisch | 3 | 2 |
| Visuell + Haptisch | 4 | 1 |
| Visuell + Audio | 3 | 2 |
| Visuell + Audio + Haptisch | 6 | 0 |

Tabelle 9: Tabelle der Einteilung der Warnungs-Alternativen nach Belästigung. Hierbei stellt der höchste Belästigungsfaktor die niedrigste Punktzahl dar, da diese den Fahrer am meisten Belastet, was in dieser Kategorie als unerwünscht betrachtet wird. **Die Bewertung des Belästigungsfaktors stammt aus der in, Glossar [13.1](#), beschriebenen Studie zum Einfluss von Warnungen auf Fahrkomfort.

Aufmerksamkeitsfaktor

Diese Kategorie beschreibt die Wirksamkeit der Warnmöglichkeiten. Mit Wirksamkeit ist gemeint, wie viel Aufmerksamkeit die Warnungen gewinnen, um den Fahrer auf eine Gefahr aufmerksam zu machen. Der Aufmerksamkeitsfaktor stammt aus einer Studie zum Einfluss von Warnungen auf Aufmerksamkeit im Fahrzeugbereich (siehe Glossar [13.2](#)). Hierbei wird der Aufmerksamkeitsfaktor der jeweiligen Systeme in eine Punktzahl, nach dem Rang der Alternativen konvertiert. Die Alternative mit dem höchsten Aufmerksamkeitsfaktor wurde also mit einer 3 von 3 Punkten versehen, die Mittlere mit einer 2 und die schlechteste mit einer 1. Kombinationen der jeweiligen Warnmöglichkeiten führten wiederum zu höheren Gesamtpunktzahlen, sodass es hier auch zu Punktzahlen von bis zu 6 kommt. Einen weiteren Abstand zwischen den Bewertungen ist, aufgrund der geringen Unterschiede zwischen den Aufmerksamkeitsfaktoren, nicht nötig.

| Alternative | Aufmerksamkeitsfaktor** | Punkte |
|----------------------------------|-------------------------|--------|
| Visuell | 60% | 1 |
| Audio | 75% | 2 |
| Haptisch | 83% | 3 |
| Visuell + Haptisch | 87% | 5 |
| Visuell + Audio | 83% | 4 |
| Visuell + Audio + Haptisch | 87% | 6 |

Tabelle 10: Tabelle der Einteilung der Warnungs-Alternativen nach Aufmerksamkeitsgewinnung. Hierbei stellt der höchste Aufmerksamkeitsfaktor in Prozent, die höchste Punktzahl (6) dar, da diese den Fahrer am meisten Belastet, was in dieser Kategorie als erwünscht betrachtet wird. **Der Aufmerksamkeitsfaktor stammt aus der im Glossar [13.2](#) beschriebenen Studie zum Aufmerksamkeitsfaktor von Warnsystemen im Fahrzeugbereich.

Umsetzbarkeit

Da die Warnungen von dem System nur eingeleitet werden, wird das System in Fahrzeugen eingesetzt wo die notwendige Aktorik bereits vorhanden ist. Die Umsetzbarkeit bezieht sich auf den Aufwand für den Fahrzeughersteller diese Warnungen im Cockpit zu ermöglichen. Das System liefert die Ansteuerung, während der Hersteller sicher stellen muss, dass diese Botschaft tatsächlich umgesetzt wird. Die Bewertung dient vor allem dazu, dem Hersteller über den Aufwand informieren zu können. Die Bewertung erfolgt mit einer Bewertung aus 5 Punkten, wobei 1 Punkt einen sehr großen Aufwand beschreibt, und 5 einen eher geringen Aufwand beschreibt. Die Aufwände stammen aus einer Internen Evaluierung des Auftraggebers, welcher festlegt welche Anforderungen an das Fahrzeug gestellt werden dürfen. Diese Evaluierung befindet sich in dem Glossar [11.4](#).

Die Tabelle [11](#) zeigt dass Visuelle und Audio Warnungen bereits vorhanden sind. Somit stellen diese Warnungen keinen Umsetzungsaufwand dar. Haptische Warnungen sind jedoch noch nicht in allen Ostfalia Fahrzeugen vorhanden, sodass diese Alternative einen gewissen Umsetzungsaufwand darstellt.

| Alternative | Umsetzbarkeits- aufwand** | Punkte |
|-------------|------------------------------|--------|
| Visuell | 0/10 | 3 |
| Audio | 0/10 | 3 |
| Haptisch | 2/10 | 2 |

Tabelle 11: Einteilung der Warnungs-Alternativen nach Umsetzbarkeit. Hierbei stellt der geringste Aufwand die höchste Punktzahl dar. Bei einer Kombination von mehreren Warnsystemen, wird die Umsetzbarkeit mit dem Höchsten Umsetzbarkeitsaufwand verwendet. **Der Umsetzbarkeitsfaktor stammt aus einer Ostfälisch-Internen Richtlinie ODR001, welche im Glossar [11.4](#) beschrieben ist. Ein Umsetzbarkeitsaufwand von 0 von 10 Punkten beschreibt eine bereits umgesetzte Komponente, die mit sehr wenig aufwand aktiviert werden kann. Eine Bewertung von 2 von 10 Punkten beschreibt eine leicht aufwendige Komponente, die noch nicht in allen Fahrzeugen vorhanden ist.

8.2.1 Gewichtung der Warnungsalternativen nach Warnstufen

In diesem Abschnitt wurde eine Gewichtung der Kategorien vorgenommen. Da das System über zwei Warnstufen verfügt (diese sind in dem Anwendungsfall (2) genauer beschrieben), werden die alternativen zur Fahrerwarnung für die Warnstufe 1 und 2 separat betrachtet. Erwähnenswert ist, dass die Umsetzungen dieser Warnungen außerhalb des Systems erfolgen und dass das System nur in der Lage sein muss folgende Warnungsmöglichkeiten anzusteuern.

| Kategorie | Gewichtung | |
|----------------|-------------|-------------|
| | Warnstufe 1 | Warnstufe 2 |
| Belästigung | 5 | 2 |
| Aufmerksamkeit | 4 | 5 |
| Umsetzbarkeit | 2 | 2 |

Tabelle 12: Tabelle der Gewichtung der, in den Tabellen 9, 10 und 11, beschriebenen Kategorien. 5 stellt die höchste Priorität dar, und 2 die geringste.

8.2.2 Endgültige Bewertungsmatrix der Warnungsalternativen Warnstufe 1

Bei der endgültigen Bewertungsmatrix der Warnungsalternativen, wurden sämtliche Warnungsalternativen und Kombinationen bewertet.

| Ziel | Gewichtung | Visuell | Visuell + Haptik | Visuell + Audio | Alle |
|----------------|------------|---------|---------------------|--------------------|------|
| Belästigung | 5 | 4 | 1 | 2 | 0 |
| Aufmerksamkeit | 4 | 1 | 5 | 4 | 6 |
| Umsetzbarkeit | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| Gesamt | - | 30 | 29 | 32 | 28 |

Tabelle 13: Bewertungsmatrix der Warnungsalternativen für die Warnstufe 1, basierend auf den in Tabellen [9](#) , [10](#) und [11](#), beschriebenen Kategorien und der in Tabelle [12](#) bestimmten Gewichtung.

8.2.3 Endgültige Bewertungsmatrix der Warnungsalternativen Warnstufe 2

Bei der endgültigen Bewertungsmatrix der Warnungsalternativen, wurden sämtliche Warnungsalternativen und Kombinationen bewertet.

| Ziel | Gewichtung | Visuell | Visuell + Haptik | Visuell + Audio | Alle |
|----------------|------------|---------|---------------------|--------------------|------|
| Belästigung | 2 | 4 | 1 | 2 | 0 |
| Aufmerksamkeit | 5 | 1 | 5 | 4 | 6 |
| Umsetzbarkeit | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| Gesamt | - | 19 | 30 | 31 | 34 |

Tabelle 14: Bewertungsmatrix der Warnungsalternativen für die Warnstufe 2, basierend auf den in Tabellen 9 , 10 und 11, beschriebenen Kategorien und der in Tabelle 12 bestimmten Gewichtung.

8.2.4 Realisierung Bremseingriff

Für die Realisierung eines Bremseingriffes wurden verschiedene Systeme in Betrachtung gezogen. Grundsätzlich bieten alle Lösungsalternativen Sinnvolle Möglichkeiten an, jedoch ist eine Realisierung eines zusätzlichen Systems zur Einleitung eines Bremsvorganges eher unerwünscht. Aus diesem Grunde beinhaltet der Notbremsassistent in diesem System keine zusätzliche Aktorik zur Steuerung des Bremssystems. Stattdessen, beinhaltet das System einen konfigurierbaren Buscontroller, welcher an verschiedene Bussysteme Signale zur Einleitung eines Bremsvorganges liefern kann. Es ist dem Fahrzeughersteller überlassen inwiefern diese Botschaften empfangen werden, und wie darauf reagiert wird. Zudem kann der Hersteller die zu sendenden Botschaften beliebig konfigurieren, sodass

diese leicht integrierbar sind. Dies geschieht über dem Diagnosesystem, welches in der Abbildung [19](#) genauer beschrieben wird.

8.2.5 Realisierung Lenkeingriff

Da ein zusätzliches System zur Einleitung von Lenkeingriffen von dem Auftraggeber unerwünscht ist, geschieht die Einleitung eines Lenkeingriffes über das Senden eines Signals auf einem bereits im Fahrzeug vorhandenen Bussystem. Das Empfangen der Nachricht sowie die umsetzung einer Reaktion darauf, werden dem Hersteller überlassen. Zur Ansteuerung der im Fahrzeug vorhandenen Aktorik, besitzt der Spurwechselassistent einen Konfigurierbaren Buscontroller, der mit verschiedenen Bussystemen kompatibel ist. Der Buscontroller wird vom Hersteller über das Diagnosesystem, welches im Abschnitt [19](#) genauer beschrieben wird, konfiguriert.

8.2.6 Interface Spurwechselassistent

Da von dem Auftraggeber erwünscht ist, dass der Spurwechselassistent auch deaktivierbar ist, muss das System erkennen können ob tatsächlich eine Deaktivierung vorgenommen wird. Die Realisierung einer Möglichkeit zum An- und Ausschalten des Systems wird von dem Hersteller vorgenommen. Das System muss jedoch ein Signal bzw. eine Busbotschaft empfangen können, die diesen Befehl enthält. Das Empfangen von Botschaften geschieht über den konfigurierbaren Controller, welcher in Abbildung [18](#) beschrieben ist.

8.2.7 Evaluierung der Lösungsansätze für Kommunikation mit Bussystemen

Die Ostfälisch-Interne Regelung ODR 005 (siehe Glossar [11.5](#)) gibt vor, dass sämtliche Diagnose- und Flashvorgänge von Fahrzeugkomponenten über CAN oder MOST Systeme erfolgen müssen. Der Physikalische Anschluss zu dem Bussystem geschieht mithilfe eines Diagnosegerätes an dem Gateway. Somit muss das gesamte Fahrerassistenzsystem einen Diagnoseinterface zur Verfügung stellen, welches mit CAN und ggf. auch MOST kompatibel ist. Hierzu wird ein separates Diagnose-Modul in dem System hinzugefügt welches Fehler speichert und auch in der Lage ist über MOST Software Updates vorzunehmen. Die Botschaften werden über einem Konfigurierbaren Controller realisiert.

In diesem Abschnitt wird bewertet, welche Protokolle von dem Controller unterstützt werden sollen, und mit welchem Aufwand dies verbunden ist. Die Informationen zu den im Folgenden beschriebenen Bussystemen werden in der Ostfälisch-Internen Regelung ODR 006 definiert (siehe Glossar [11.6](#)).

LIN-Bus

Da in Ostfälischen Fahrzeugen häufig LIN als Protokoll verwendet wird, ist es möglicherweise nötig dass, das System mit LIN-Systemen Kompatibel sein muss. Da LIN jedoch überwiegend für lokalisierte Komfort Funktionen verwendet wird, ist es eher unwarscheinlich dass, das System diesen Protokoll verwenden muss.

CAN-Bus

Einer der häufigsten Bussystemen in modernen Fahrzeugen stellt der CAN-Bus dar. Somit ist es wichtig, dass das System über eine Möglichkeit verfügt mit einem CAN Bus zu kommunizieren. Bei dem CAN wird zwischen CAN-Lowspeed und dem deutlich schnelleren CAN-Highspeed unterschieden.

MOST-Bus

Bei größeren Datenmengen, wird der etwas teurere MOST Bus verwendet. Eine verwendung des MOST Systemes in einem Elektronischen Komponent soll im Interesse der Herstellkosten seitens Zulieferer sowie Hersteller möglichst vermieden werden (siehe Glossar [11.6](#)).

8.2.8 Bewertungskategorien der Buskommunikation

Da es verschiedene Anwendungen der Kommunikation innerhalb des Systems gibt, wurde für jede Anwendung eine unterschiedliche Bewertung vorgenommen. Die Anwendungen für die, die jeweiligen Buskommunikationssysteme notwendig sind, werden im folgenden beschrieben:

Fahrwerk

Das System soll sämtliche Fahrdaten wie Lenkwinkel, Bremszustand und Fahrzeuggeschwindigkeit über das bereits vorhandene Bussystem empfangen können. Zudem muss das System die Lenk- und Bremseingriffe über den vorhandenen Fahrwerkbus einleiten können (siehe Abbildung [18](#)). Die Ostfälisch-Interne Regelung ODR 006 (siehe Glossar [11.6](#)) gibt vor, dass hierzu das CAN-Lowspeed Netzwerk verwendet wird. Somit muss der Controller in der Lage sein, CAN-Lowspeed Nachrichten zu senden und Empfangen.

Cockpit

Für die Einleitung der Warnstufen, sowie für das Empfangen von Ein- und Ausschaltbefehlen von dem Fahrzeugführer, muss das System in der Lage sein, mit dem existierenden Fahrzeugcockpit zu kommunizieren (siehe Abbildung [18](#)). Hier bestehen jedoch zwei Möglichkeiten, da laut der Ostfälischen Regelung ODR 006 (siehe Glossar [11.6](#)), der Cockpit CAN-Highspeed und MOST unterstützt. Darum muss entschieden werden, ob das System, bzw. der darin enthaltene Controller zusätzlich zu der CAN-Highspeed auch MOST Kompatibilität unterstützen muss.

Diagnose

Unter dem Begriff Diagnose, wird das Auslesen der Fehlerspeicher des Systems, sowie das Flashen mit neuer Software verstanden. Zwar gibt die Ostfälisch-Interne Regelung ODR 006 (siehe Glossar [11.6](#)) bereits vor, dass diese Vorgänge über dem Gateway stattfinden müssen, jedoch bietet die Regelung zusätzlich zum CAN-Highspeed auch die Möglichkeit

sämtliche Vorgänge über MOST zu realisieren. Daher muss bewertet werden ob die Diagnose über MOST oder CAN-Highspeed geschehen soll. Der Diagnoseablauf des Systems wird in der Abbildung 19 veranschaulicht.

Somit muss entschieden werden ob der Controller für die Cockpit Kommunikation sowie für den Diagnoseprozess CAN-Highspeed oder MOST verwenden soll.

Kosten für den Auftraggeber

Bei den Kosten für den Auftraggeber, werden die beiden Bussysteme nach ihren Kosten eingeordnet, woraus die Bewertung analog übernommen wird. Diese Kosten beinhalten vor allem die durch den zusätzlichen Leitungsstrang inklusive Stecker entstehenden Kosten. Die durch den aufwendigeren Controller entstehenden Systemkosten, werden bei dieser Bewertung nicht betrachtet.

| Alternative | Kosten | Punkte |
|---------------|--------|--------|
| CAN-Highspeed | gering | 2 |
| MOST | mäßig | 1 |

Tabelle 15: Tabelle der Einteilung der Bussysteme nach Herstellerkosten beim Auftraggeber.

Systemkosten (Controller)

Bei der Betrachtung der mit den Bussystemen verbundenen Systemkosten, werden nur die Kosten betrachtet die durch den Controller und Anschlüsse verursacht werden.

| Alternative | Kosten | Punkte |
|---------------|--------|--------|
| CAN-Highspeed | gering | 2 |
| MOST | mäßig | 1 |

Tabelle 16: Tabelle der Einteilung der Bussysteme nach Herstellkosten des Systems.

Übertragungsgeschwindigkeit

Eine Hohe Übertragungsgeschwindigkeit von der Verbindung mit dem Cockpit bringt weniger Vorteile mit sich, da hier nur sehr wenig Daten übertragen werden. Bei der Diagnose, bringt eine MOST Verbindung den Vorteil, dass schneller geflashed werden kann.

| Alternative | Baudrate (nach ODR006) | Punkte |
|---------------|------------------------|--------|
| CAN-Highspeed | 1MBit/s | 1 |
| MOST | 21MBit/s | 2 |

Tabelle 17: Tabelle der Einteilung der Bussysteme nach Übertragungsgeschwindigkeit.

Zuverlässigkeit

Ein wichtiger Aspekt eines Bussystemes ist die Zuverlässigkeit bei der Botschaftsübertragung. Beide Alternativen bieten eine sehr hohe zuverlässigkeit an, jedoch ist der MOST Bus bei Ostfälisch-Internen Fahrzeugen etwas störanfälliger als der CAN-Highspeed (siehe ODR 006 im Glossar [11.6](#)).

| Alternative | Zuverlässigkeit | Punkte |
|---------------|-----------------|--------|
| CAN-Highspeed | 99.99% | 2 |
| MOST | 99.9% | 1.5 |

Tabelle 18: Tabelle der Einteilung der Bussysteme nach Zuverlässigkeit. Die Evaluierung basiert auf der Ostfälisch-Internen Richtlinie ODR 006 für Bussysteme im Fahrzeug.

8.2.9 Gewichtung der Bussysteme Alternativen

In diesem Abschnitt, wird die Gewichtung der Kategorien der Tabellen 15- 18 bestimmt. Bei der Gewichtung der Übertragungsgeschwindigkeit, wird diese Kategorie bei dem Cockpit nicht miteinbezogen, da die Verbindung zwischen dem System und dem Cockpit nur sehr wenige Daten umfasst, sodass eine hohe Übertragungsrate keine Vorteile bringen würde.

| Kategorie | Gewichtung Cockpit | Gewichtung Diagnose |
|------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Kosten Auftraggeber | 2 | 2 |
| Kosten System | 2 | 2 |
| Übertragungs- ge- schwindigkeit | 0 | 2 |
| Zuverlässigkeit | 1 | 2 |

Tabelle 19: Tabelle der Gewichtung der Bewertungskategorien der Bussysteme.

8.2.10 Endgültige Bewertungsmatrix der Bussysteme für Cockpit

| Ziel | Gewichtung | CAN-Highspeed | MOST |
|-----------------------------|------------|---------------|------|
| Kosten Auftraggeber | 2 | 2 | 1 |
| Kosten System | 2 | 2 | 1 |
| Übertragungsgeschwindigkeit | 0 | 1 | 2 |
| Zuverlässigkeit | 1 | 2 | 1.5 |
| Gesamt | - | 10 | 5.5 |

Tabelle 20: Bewertungsmatrix der Bussysteme, basierend auf den in Tabellen 15 bis 18 definierten Kategorien und der in Tabelle 19 bestimmten Gewichtung für die Verbindung zwischen dem System und dem Cockpit. Sichtbar ist, dass hier der CAN gewinnt. Dies ist jedoch nicht unerwartet, da CAN eine deutlich angemessenere, günstigere Alternative zum MOST darstellt.

8.2.11 Endgültige Bewertungsmatrix der Bussysteme für Diagnoseinterface

| Ziel | Gewichtung | CAN-Highspeed | MOST |
|-----------------------------|------------|---------------|------|
| Kosten Auftraggeber | 2 | 2 | 1 |
| Kosten System | 2 | 2 | 1 |
| Übertragungsgeschwindigkeit | 2 | 1 | 2 |
| Zuverlässigkeit | 2 | 2 | 1.5 |
| Gesamt | - | 14 | 11 |

Tabelle 21: Bewertungsmatrix der Bussysteme, basierend auf den in Tabellen 15 bis 18 definierten Kategorien und der in Tabelle 19 bestimmten Gewichtung für die Verbindung zwischen dem Systemdiagnoseinterface und dem Fahrzeug Gateway. Sichtbar ist, dass auch hier das CAN-Highspeed Protokoll gewinnt, trotz Vorteile des schnelleren MOST-Busses. Grund hierfür sind überwiegend die Höheren Kosten des MOST-Busses, sowie die etwas geringere Zuverlässigkeit bei Ostfälischen Fahrzeugen.

8.3 Gesamtkonzept

Da in den bisherigen Abschnitten die Wesentlichen Systemkomponenten bereits evaluiert wurden, wird nun eine Tabelle erstellt, worin alle Komponenten aufgelistet werden. Ziel ist es, sicher zu stellen dass die Zusammenstellung der Systeme möglich ist.

| Komponente | Gewählte Alternative | Quelle |
|------------------------------|----------------------------|--|
| Front Sensorik | Radar | Bewertungsmatrix in Tabelle 7 |
| Seiten Sensorik | Ultraschall | Bewertungsmatrix in Tabelle 8 |
| Fahrerwarnung Warnstufe 1 | Audio + Visuell | Bewertungsmatrix in Tabelle 13 |
| Fahrerwarnung Warnstufe 2 | Audio + Visuell + Haptisch | Bewertungsmatrix in Tabelle 14 |
| Bremseingriff | Botschaft auf CAN-Fahrwerk | Auftraggeber |
| Lenkeingriff | Botschaft auf CAN-Fahrwerk | Auftraggeber |
| Interface Spurwechselsch. | Botschaft auf CAN-Cockpit | Auftraggeber |
| Datenaustausch Fahrwerk | CAN-Lowspeed | ODR 006 in Glossar 11.6 |
| Datenaustausch Cockpit | CAN-Highspeed | Bewertungsmatrix in Tabelle 20 |
| Datenaustausch Diagnose | CAN-Highspeed | Bewertungsmatrix in Tabelle 22 |

Tabelle 22: Tabelle zur Beschreibung des Gesamtsystemkonzeptes.

9 Technische Systemarchitektur

In diesem Kapitel wird der Aufbau des Systems anhand der Diagramme in den Abbildungen [6](#)–[19](#) erläutert. Hierbei geht es vor allem um die Technische Systemarchitektur. Diese definiert die wesentlichen Komponenten aus dem das System besteht. Zudem beschreibt die Technische Architektur alle Schnittstellen zwischen den Komponenten sowie zwischen dem System und dem Umfeld.

9.1 Internes Block Diagramm

Das interne Block Diagramm definiert die einzelnen Komponenten und deren Schnittstellen. Das interne Blockdiagramm der technischen Systemarchitektur ist eine Art von Diagramm, das verwendet wird, um die verschiedenen Komponenten und eines technischen Systems darzustellen und ihre Beziehungen zueinander zu verdeutlichen. Es ist ein sehr nützliches Werkzeug, um das Verständnis des Systems zu verbessern und dessen Funktionsweise zu analysieren.

Das interne Blockdiagramm ist ein hierarchisches Diagramm, das aus verschiedenen Blöcken besteht, die die einzelnen Komponenten des Systems darstellen. Jeder Block repräsentiert eine bestimmte Komponente des Systems und zeigt ihre Funktionen und Eigenschaften. Jeder Block kann dabei in Unterblöcke unterteilt werden, um die verschiedenen Teile einer Komponente darzustellen. Die Blöcke sind in der Regel miteinander verbunden, um die Beziehungen zwischen den Komponenten darzustellen.

Ein interne Blockdiagramm kann auch dazu verwendet werden, um die Leistung des Systems zu messen und zu analysieren. Es kann zeigen, welche Komponenten die größte Belastung für das System darstellen und wo eventuell Verbesserungen vorgenommen werden können.

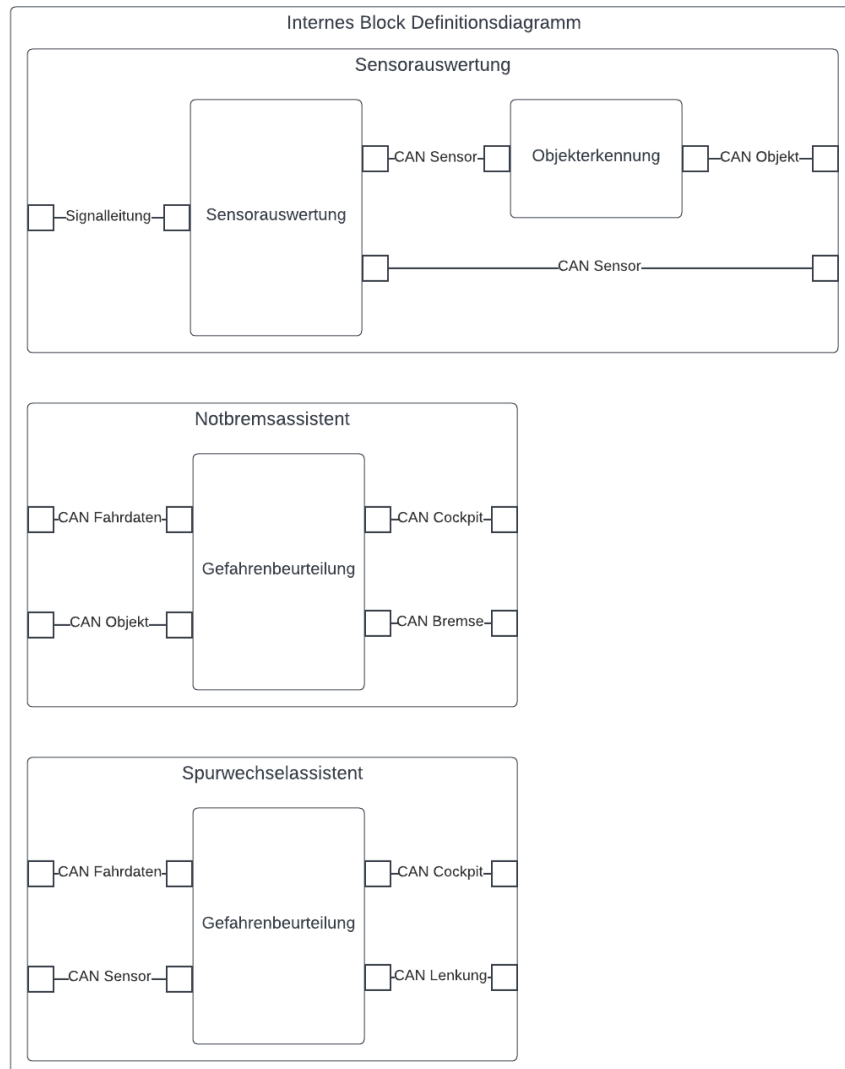


Abbildung 6: Das Interne Block Diagramm stellt den internen Systemaufbau dar, wobei die Kommunikationsschnittstellen mit viereckigen Verbindungsstücken gekennzeichnet sind.

9.2 Block Definitionsdiagramm

Das Block Definitionsdiagramm beschreibt die Systemkomponenten aus hierarchischer Sicht. Das Blockdefinitionsdiagramm ist ein wichtiges Werkzeug in der technischen Architektur, das dazu dient, die verschiedenen Komponenten eines Systems zu identifizieren und ihre Beziehungen zueinander darzustellen. Es zeigt auf, wie die verschiedenen Komponenten des Systems zusammenarbeiten, um die Anforderungen des Systems zu erfüllen.

Ein Blockdefinitionsdiagramm besteht aus einer Reihe von Blöcken, die die verschiedenen Komponenten des Systems darstellen. Die Beziehungen zwischen den Blöcken werden durch Linien dargestellt, die zeigen, wie die Komponenten miteinander kommunizieren und zusammenarbeiten.

Das Blockdefinitionsdiagramm ist ein nützliches Werkzeug, um die Architektur eines Systems zu verstehen und zu dokumentieren. Es hilft bei der Identifikation von Schwachstellen und potenziellen Verbesserungen und kann als Grundlage für die Realisierung eines Systems dienen.

Um bei nachträglicher Änderung oder Optimierung von Anforderungen einen Überblick darüber zu behalten, welche Anforderungen von welcher Funktionalität erfüllt werden soll, macht es Sinn die Zusammenhänge in einer Tabelle darzustellen. Die folgende Abbildung zeigt welche Anforderungen in welcher technischen Komponente erfüllt werden.

Die Anforderungen an ein System werden normalerweise zu Beginn des Entwicklungsprozesses definiert. Diese Anforderungen können von verschiedenen Stakeholdern wie dem Kunden, dem Management oder dem Entwicklungsteam selbst kommen.

Sobald die Anforderungen festgelegt sind, ist es wichtig, sie bei der Entwicklung der technischen Systemarchitektur zu berücksichtigen. Die Blöcke der Systemarchitektur müssen so organisiert werden, dass sie die Anforderungen des Systems erfüllen können. Auf diese

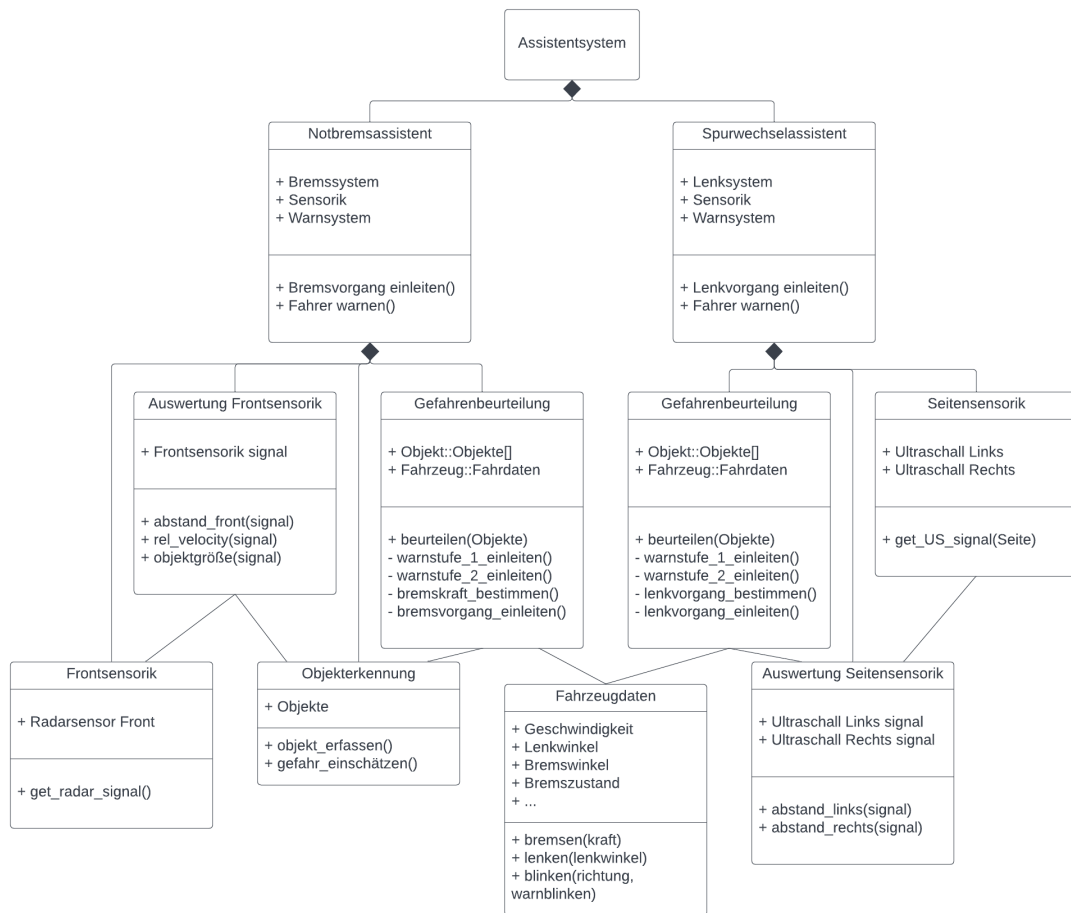


Abbildung 7: Das Block Definitionsdiagramm stellt den Systemaufbau dar, wobei die Kommunikationsschnittstellen mit viereckigen Verbindungsstücken gekennzeichnet sind.

Weise wird sichergestellt, dass das System die gewünschten Funktionen und Eigenschaften besitzt und die Anforderungen der Stakeholder erfüllt.

Die Zuordnung der Anforderungen zu den Blöcken der technischen Systemarchitektur ist also wichtig, um sicherzustellen, dass das System den Anforderungen entspricht und die gewünschten Funktionen erfüllt. Es hilft auch dabei, die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Systems zu verbessern und potenzielle Schwachstellen zu identifizieren. In erster Linie dient es aber der Verifikation.

| Frontsensorik und Aus- wertung | Seiten- sen- sorik und Auswertung | Objekter- kennung | Gefahren- beurteilung Notbrem- sassistent | Gefahren- beurteilung Spurwech- selassistent | Diagnose und Hard- ware |
|--------------------------------------|---|----------------------|--|---|-------------------------------|
| Anf. (5) | Anf. (8) | Anf. (6) | Anf. (2) | Anf. (1) | Anf. (3) |
| Anf. (6) | Anf. (6) | Anf. (7) | Anf. (4) | Anf. (11) | Anf. (4) |
| Anf. (7) | Anf. (12) | | Anf. (13) | Anf. (2) | Anf. (9) |
| Anf. (12) | N.F.Anf. | | Anf. (15) | Anf. (3) | Anf. (10) |
| N.F.Anf. | (1) | | Anf. (16) | Anf. (4) | Anf. (13) |
| (1) | | | Anf. (17) | Anf. (14) | Anf. (14) |
| | | | Anf. (18) | Anf. (15) | Anf. (19) |
| | | | | Anf. (16) | Anf. (20) |
| | | | | Anf. (17) | Anf. (21) |
| | | | | Anf. (18) | N.F.Anf. |
| | | | | | (1) |
| | | | | | N.F.Anf. |
| | | | | | (2) |
| | | | | | N.F.Anf. |
| | | | | | (3) |
| | | | | | N.F.Anf. |
| | | | | | (4) |

Abbildung 8: Zuordnung der Anforderungen

9.3 Informationsfluss Notbremsassistent

In diesem Abschnitt werden die Abläufe des Notbremsassistenten durch mehrere Sequenzdiagramme erläutert. Der Kommunikationsablauf des Notbremsassistenten beschreibt den Informationsfluss zwischen den verschiedenen Software-Modulen, die zusammenarbeiten, um eine Notbremsung auszuführen. In einem typischen Setup werden die Fahrdaten von verschiedenen Sensoren im Fahrzeug, wie zum Beispiel Geschwindigkeitssensoren und Kameras, an eine zentrale Steuereinheit gesendet. Diese Steuereinheit verarbeitet die Fahrdaten und führt gegebenenfalls eine Notbremsung aus, indem sie die Bremsen des Fahrzeugs aktiviert und gegebenenfalls auch den Motor abstellt.

In der folgenden Abbildung wird der genauere Ablauf des Notbremsassistenten veranschaulicht. Die Sensoren im Fahrzeug sammeln Fahrdaten und senden sie an die zentrale Steuereinheit. Die Steuereinheit verarbeitet die Fahrdaten und bestimmt, ob eine Notbremsung notwendig ist. Wenn eine Notbremsung notwendig ist, aktiviert die Steuereinheit die Bremsen des Fahrzeugs und gegebenenfalls auch den Motor. Die Bremsen des Fahrzeugs werden betätigt und das Fahrzeug wird verzögert. Der Fahrer wird über die Notbremsung informiert und kann gegebenenfalls manuell eingreifen.

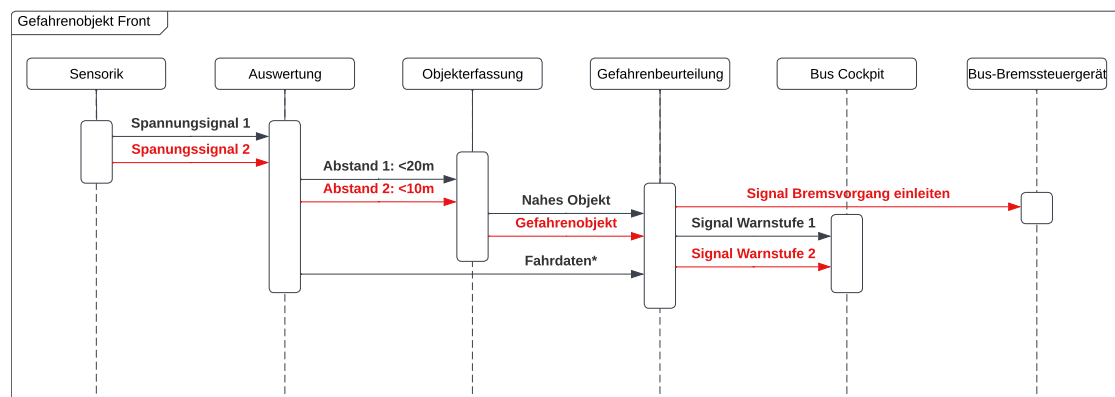


Abbildung 9: Der Kommunikationsablauf des Notbremsassistenten beschreibt den Informationsfluss zwischen den Software-Modulen innerhalb des Notbremsassistenten. Dieses Diagramm dient zur Übersicht des Informationsflusses. Der Genauere Ablauf wird in den Folgenden Abbildungen veranschaulicht.
 *Fahrdaten beinhalten alle Fahrzeugbezogenen Daten wie Geschwindigkeit, Lenkwinkel, Bremszustand usw.

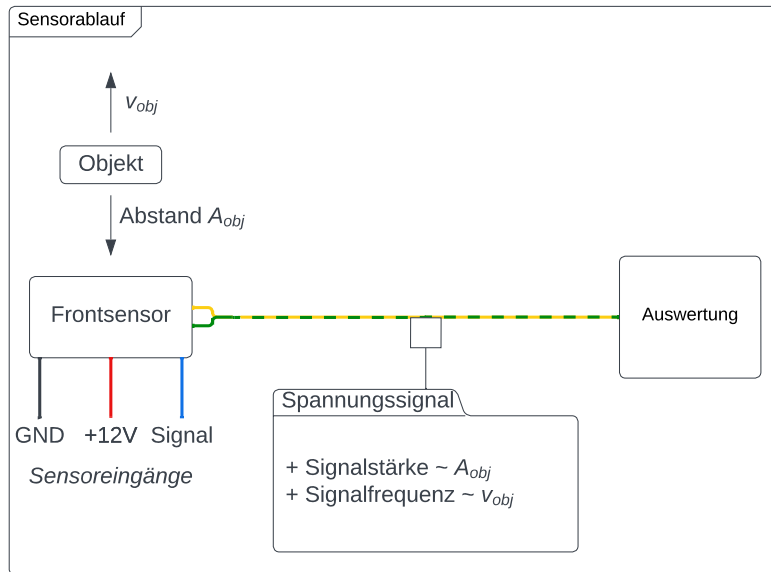


Abbildung 10: Zeigt den Informationsfluss der Sensorrohwerter von dem Sensor (mit Anschlüssen gekennzeichnet) zu der Sensorauswertung, wo aus den Rohwerten der Abstand berechnet wird.

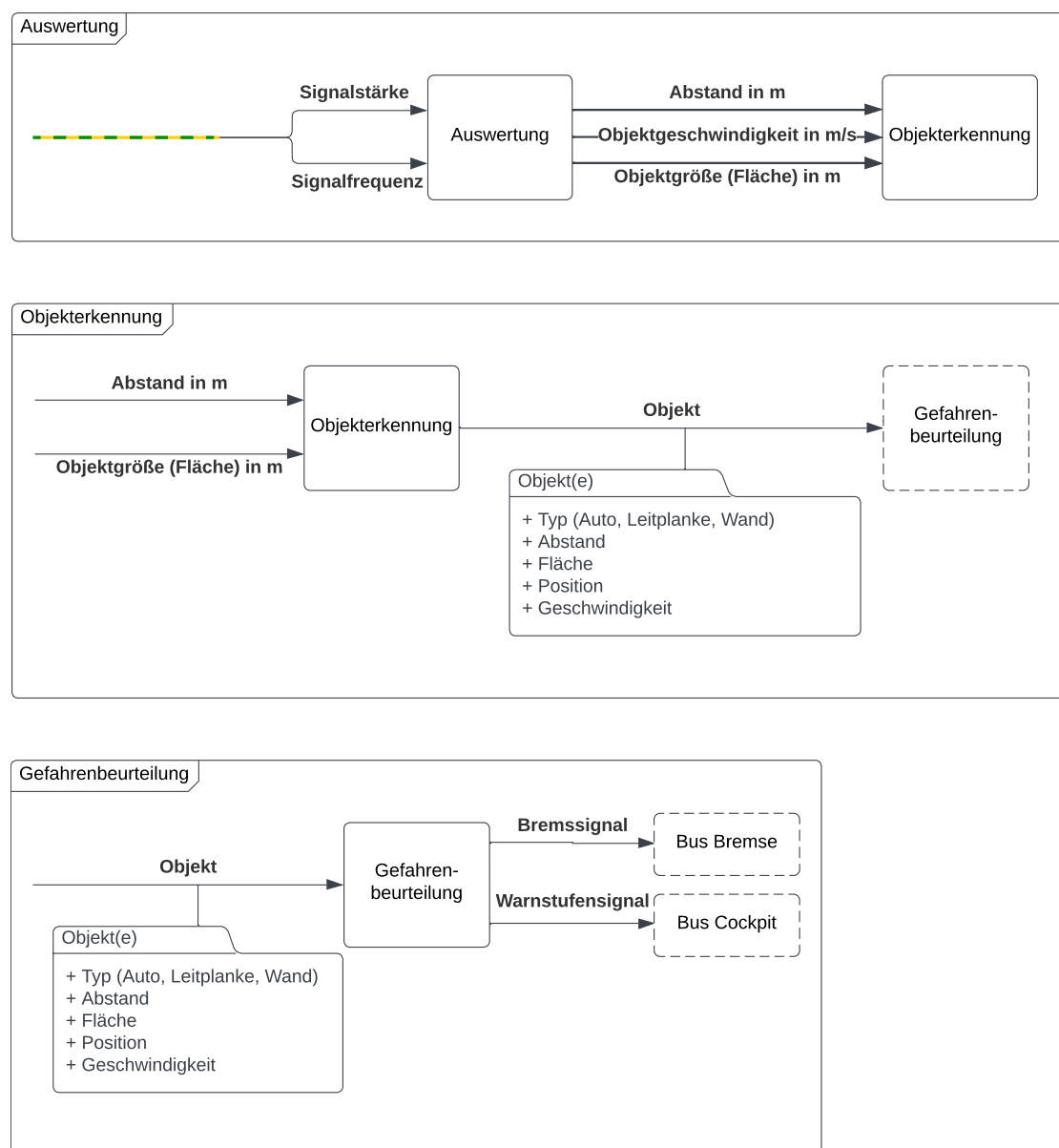


Abbildung 11: Zeigt den weiteren Verlauf der Daten von der Sensorauswertung bis hin zu der Gefahrenbeurteilung, wo letztendlich die Signale zur Einleitung des Bremsvorganges an den CAN weitergegeben werden. Die Signalübertragung an den CAN ist in dieser Abbildung vereinfacht und wird in der Abbildung 18 genauer dargestellt.

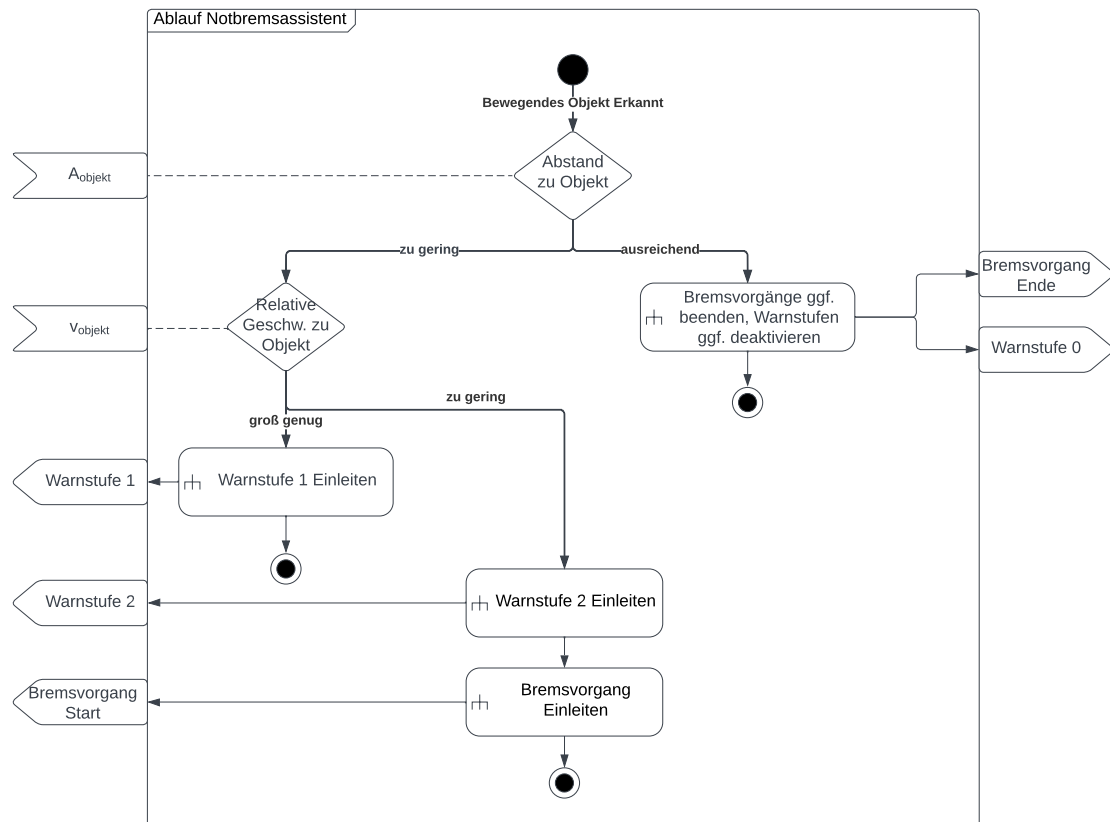


Abbildung 12: Sequenzdiagramm welches die Gefahrenbeurteilung des Notbremsassistenten beschreibt. Die Signalübertragung auf den CAN werden in der Abbildung 18 genauer beschrieben.

9.4 Informationsfluss Spurwechselassistent

In diesem Abschnitt werden die Abläufe des Spurwechselassistenten durch mehrere Sequenzdiagramme erläutert. Der Kommunikationsablauf des Spurwechselassistenten beschreibt den Informationsfluss innerhalb des Systems. Im Allgemeinen werden die Fahrdaten des Fahrzeugs von verschiedenen Sensoren erfasst und an die Steuerungseinheit des Spurwechselassistenten gesendet. Die Steuerungseinheit verarbeitet diese Fahrdaten und entscheidet, ob ein Spurwechsel möglich ist. Wenn ein Spurwechsel nicht möglich ist, sendet die Steuerungseinheit Anweisungen an das Lenksystem des Fahrzeugs, um den Spurwechsel nicht durchzuführen.

Der Informationsfluss innerhalb des Systems kann in verschiedenen Schritten veranschaulicht werden. Die Sensoren erfassen die Fahrdaten des Fahrzeugs, wie Geschwindigkeit, Lenkwinkel, Bremszustand usw.. Die erfassten Fahrdaten werden an die Steuerungseinheit des Spurwechselassistenten gesendet. Die Steuerungseinheit verarbeitet die Fahrdaten und entscheidet, ob ein Spurwechsel nicht erforderlich ist. Wenn ein Spurwechsel nicht möglich ist, sendet die Steuerungseinheit Anweisungen an das Lenksystem des Fahrzeugs, um den Spurwechsel zu verhindern.

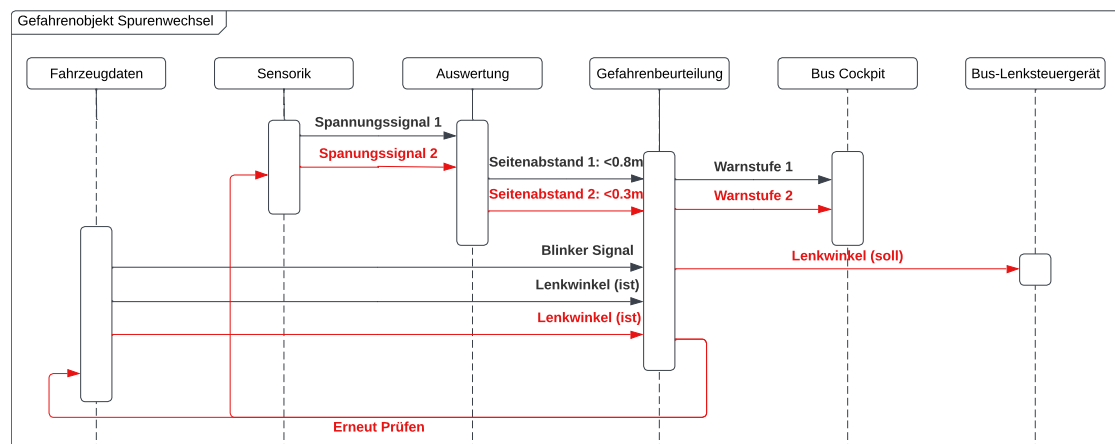


Abbildung 13: Der Kommunikationsablauf des Spurwechselassistenten beschreibt den Informationsfluss zwischen den Software-Modulen innerhalb des Systems. Dieses Diagramm dient zur Übersicht des Informationsflusses. Der Genauere Ablauf wird in den Folgenden Abbildungen veranschaulicht. *Fahrdaten beinhalten alle Fahrzeugbezogenen Daten wie Geschwindigkeit, Lenkwinkel, Bremszustand usw.

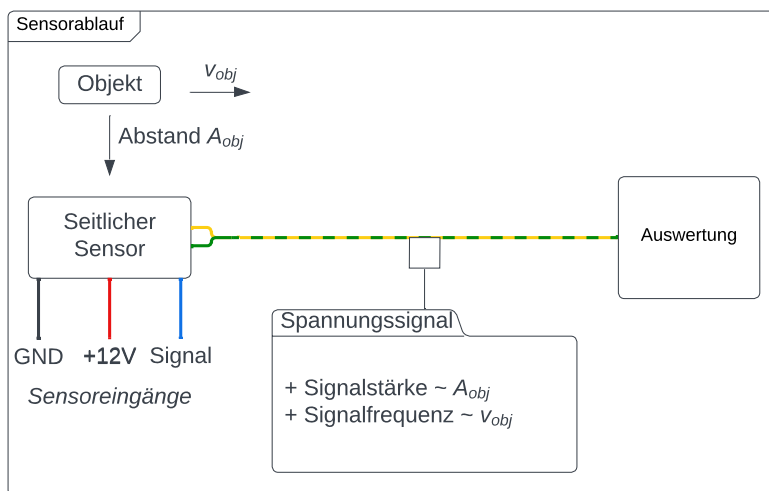


Abbildung 14: Zeigt den Informationsfluss der Sensorrohwerter von dem Sensor (mit Anschlüssen gekennzeichnet) zu der Sensorauswertung, wo aus den Rohwerten der Abstand berechnet wird.

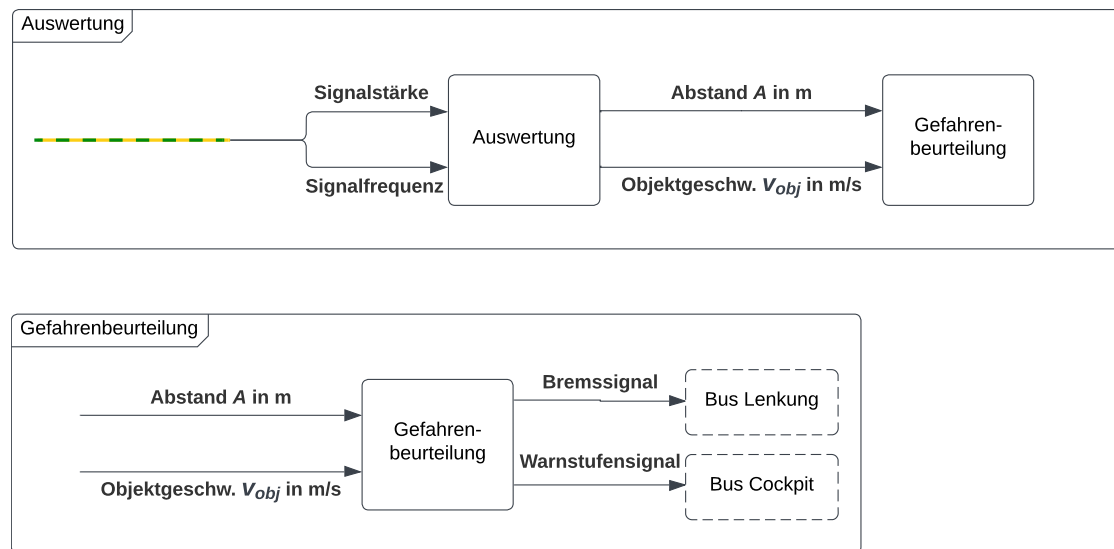


Abbildung 15: Zeigt den weiteren Verlauf der Daten von der Sensorauswertung bis hin zu der Gefahrenbeurteilung, wo letztendlich die Signale zur Einleitung des Lenkvorgangs an den CAN weitergegeben werden. Die Signalübertragung an den CAN ist in dieser Abbildung vereinfacht und wird in der Abbildung 18 genauer dargestellt.

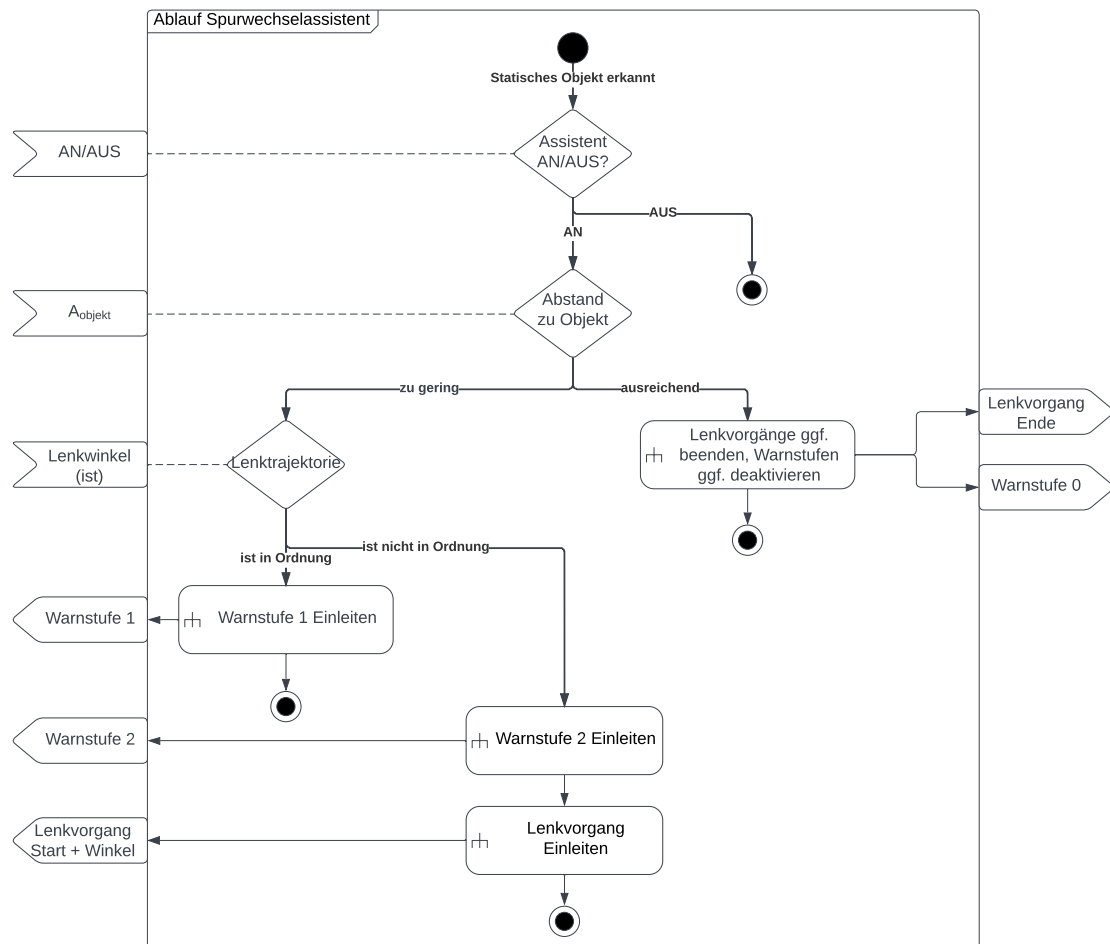


Abbildung 16: Sequenzdiagramm welches die Gefahrenbeurteilung des Spurwechselassistenten beschreibt. Die Signalübertragung auf den CAN werden in der Abbildung 18 genauer beschrieben.

9.5 Sequenzdiagramm Sensorauswertung bei Unterschreitung des Mindestabstandes

Da die eingesetzten Sensoren auch nur bis zu einem kleinstmöglichen Abstand messen können, muss das System entsprechend reagieren können, wenn ein Objekt in diesen Minimalbereich eintritt. Hierzu soll die Sensorauswertung eingreifen, und verhindern das unplausible Abstände an die Gefahrenbeurteilung weitergegeben werden.

Ein Sequenzdiagramm ist ein grafisches Tool, das dazu verwendet wird, um die Interaktionen zwischen verschiedenen Entitäten in einem System zu visualisieren. In diesem Fall könnte ein Sequenzdiagramm verwendet werden, um die Interaktionen zwischen verschiedenen Komponenten des Systems zur Sensorauswertung bei der Überwachung des Mindestabstandes darzustellen.

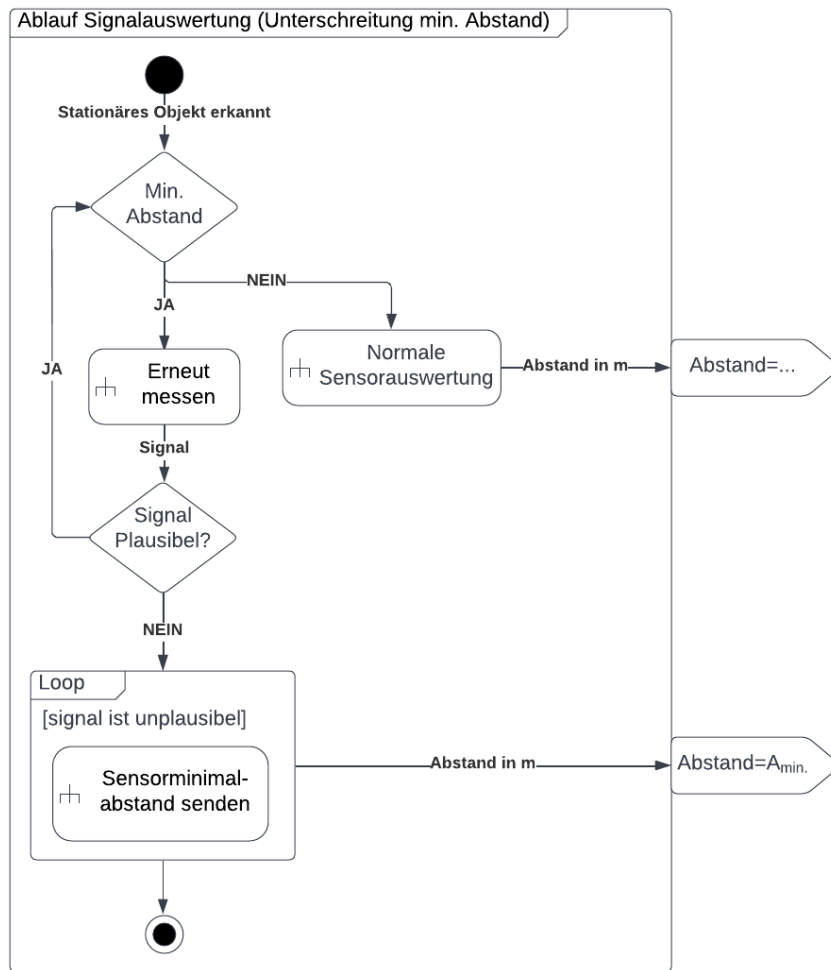


Abbildung 17: Sequenzdiagramm welches das Verhalten der Sensorauswertung, im Falle eines unterschreiten des Minimalabstandes zum Sensor, beschreibt. Sichtbar ist, dass die Sensorauswertung einen Minimalabstand A_{min} . weitergibt, bis das Objekt wieder in dem Plausiblen Bereich des Sensors ist. Es erfolgt die logik, dass ein Objekt welches in diesem Bereich eintritt, auch wieder aus diesem Bereich austreten muss, sodass daraus bestimmt werden kann ob tatsächlich ein Objekt in dem Unmessbaren bereich ist oder nicht.

9.6 Architekturdiagramm Buscontroller

Ein Architekturdiagramm des Buscontrollers zeigt die verschiedenen Komponenten und ihre Beziehungen zueinander. Der Buscontroller ist ein wichtiger Bestandteil eines Spurwechselassistenten mit Notbremsassistent und ist verantwortlich für die Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten im System.

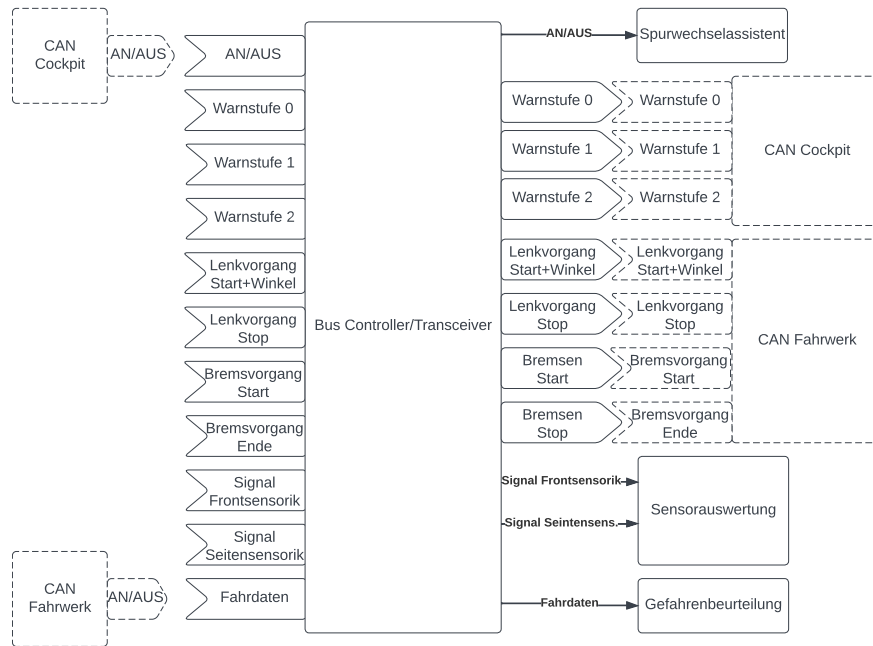


Abbildung 18: Stellt den Bus-Controller dar, der sämtliche für die Gefahrenbeurteilung notwendige Signale empfängt, und an die jeweiligen Module weiterleitet. Zudem werden alle in den Sequenzdiagramm in Abbildung [16](#) und [12](#) beschriebenen Botschaften von diesem Controller versendet.

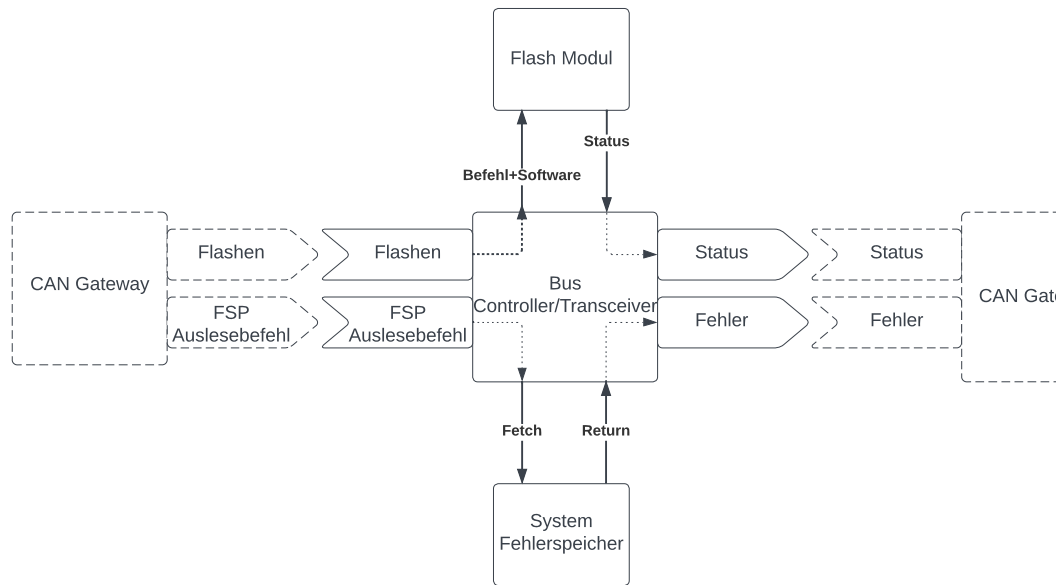


Abbildung 19: Stellt die Verbindungen zwischen dem Bus-Controller und dem Diagnoseinterface über CAN-Bus dar, der sämtliche für den Flasch und Fehlerausleseprozess notwendige Signale empfängt, und an die jeweiligen Module weiterleitet.

10 VDA

10.1 VDA001

Die Norm VDA001 stellt gewisse Anforderungen an das Elektronische Module in Fahrzeugen, bezüglich dessen Witterungsfestigkeit. Die Richtlinie beinhaltet Vorgaben zur Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Vibrationen und Spannungsversorgung.

10.2 VDA002

Die Norm VDA002 beschreibt ein Testverfahren zur Prüfung der Einsatzreife eines Fahrerassistenzsystems in den öffentlichen Straßenverkehr. Diese Norm muss erfüllt werden damit ein Fahrerassistenzsystem in den öffentlichen Straßenverkehr eingesetzt werden darf (laut Gesetzgeber).

10.3 Vorgaben zum Einzuhaltenen Abstand Bußgeldkatalog

Der Bußgeldkatalog gibt vor dass bei einer Geschwindigkeit größer als 100 km/h einen Mindestabstand zum Vorderen Fahrzeug von 50% der Tachometergeschwindigkeit betragen muss um eine Sicherheit bei scharfen Bremsvorgängen zu gewährleisten. Quelle: <https://www.bussgeldkatalog.org/abstand/>

Zudem gibt der Bußgeldkatalog vor dass Außerorts einen Mindestabstand 2 Metern zu Fahrrad Fahrern, E-Scootern und andere Verkehrsteilnehmern eingehalten werden muss. Quelle: <https://www.bussgeldkatalog.org/seitenabstand/>

11 ODR

Das ODR beinhaltet alle Ostfälisch-Internen Vorgaben zu Fahrzeugkomponenten und Richtlinien des Auftraggebers (Ostfalia).

11.1 ODR001

Die Ostfälisch interne Regelung ODR001 beinhaltet Vorgaben zur Witterungs- und Vibrationsfestigkeit von Elektronischen Komponenten in deren Fahrzeugen. Die Regelung ist in verschiedenen Bereichen Unterteilt. Die Norm beinhaltet auch ein komplettes Testverfahren zur Einhaltung der Normen.

11.2 ODR002

Die Ostfälisch interne Regelung ODR002 beinhaltet einen Testprozess für die Gesamtintegration eines Systems in ein Fahrzeugbordnetz.

11.3 ODR003

Die Ostfälisch interne Regelung ODR003 gibt die Dimensionen verschiedener Steuergeräte je nach Einbaulage vor. Hersteller müssen sich hier nach richten.

11.4 ODR004

Die 4. Richtlinie gibt vor, welchen Aufwand mit der Integration von Fahrzeugkomponenten verbunden ist. Der Aufwand basiert sich auf vergangene Erfahrung des Ostfälischen Konzerns und wird aus einer Skala von 0..10 beschrieben, wobei 10 den größten Aufwand darstellt und 0 den Fall einer bereits existierenden Komponente beschreibt.

11.5 ODR005

Die 5. Regelung des Ostfälischen Regelungsbuches gibt vor, dass zu integrierende Fahrzeugkomponenten keine zusätzlichen Elektronischen Service-Schnittstellen benötigen können. Daher müssen alle Steuergeräte über die Möglichkeit verfügen, über CAN oder wenn nötig MOST Protokolle Diagnostiziert und Geflasht werden zu können.

11.6 ODR006

Die 6. Richtlinie der Ostfalia ordnet die jeweiligen Bussysteme zu den Fahrzeugbereichen vor. Diese Einordnung betrifft die gesamte Serie an Neufahrzeugen die der Konzern entwickelt.

Fahrwerk: - Lokal: CAN-Highspeed (1 MBit/s) - Global: CAN-Lowspeed (125 kbit/s)

Cockpit: - Lokal (Beleuchtung und Komfort): LIN - Lokal (Display und Kamera): MOST (21 Mbit/s)

Diagnose (Gateway): - CAN-Highspeed (1 MBit/s) und MOST (21 Mbit/s)

12 Sonstiges

12.1 Herstellkosten

Das Endprodukt darf bei einer Bestellung von 10.000 Modulen Gesamtkosten von 800 EUR pro Modul nicht übersteigen. Diese Kosten beinhalten alle Sensorik, Herstell- und Entwicklungskosten des Systems. Zudem dürfen die Herstell und Teilekosten einen Maximalpreis von 200 EUR betragen.

13 Begriffe

Warnstufe 1: Die erste Warnstufe beschreibt den eingeleiteten Warnprozess bei Erkennung eines Hindernisses. Ziel der Warnstufe 1 ist, dass der Fahrer auf eine Gefahr die er möglicherweise nicht erkannt hat aufmerksam gemacht wird.

Warnstufe 2: Die zweite Warnstufe beschreibt den eingeleiteten Warnprozess bei Eingriff des Systems in den Brems- oder Lenkvorgang.

13.1 Studie: Einfluss von Fahrerassistenzsystemen auf Fahrkomfort

Diese Studie besagt dass bestimmte Warnungen sehr belastend sein können. Eine unnötige Fahrerwarnung kann mehr Verwirrung als Unterstützung bringen. Insgesamt wurden Haptische Warnungen als sehr belastend, Audio Warnungen als mäßig belastend und Visuelle Warnungen als kaum belastend beurteilt. Es wurden unterschiedlichste Realisierungen der Warnungen beurteilt, wobei, vor allem bei Haptischen und Visuellen Warnungen, große Unterschiede zwischen den Realisierungen vorhanden waren.

13.2 Studie: Einfluss von Warnungen auf Aufmerksamkeit im Fahrzeugbereich

Diese Studie besagt dass bestimmte Warnungen mehr Aufmerksamkeit gewinnen als andere. Es wurden verschiedene Szenarien betrachtet, wie z.B.: ein geistig abwesender, betrunkenener, eingeschlafener oder auch sich im Koma befindener Fahrer. In jedem Szenario wurden die unterschiedlichen Warnungen bewertet und dann anschließend in einer, nach der Häufigkeit der Szenarien gewichteten, Gesamtbewertung beurteilt. Es hat sich rausgestellt dass die Haptische und Audio Warnung zu 90% effektiv sind, während Visuelle Warnungen nur zu 60% effektiv waren den Fahrer in verschiedenen Szenarien auf Gefahren aufmerksam zu machen.

13.3 Formel zur Bremskraft um Ausbrechen zu vermeiden

Zwar wird diese Formel öfters nicht explizit erwähnt, jedoch stellt sie ein wichtigen Aspekt des Notbremsassistenten dar. Die Formel wird für jeden Bremseneingriff verwendet, und muss von dem Hersteller über der Diagnoseschnittstelle kalibriert werden. Da unsere Mathematiker zum aktuellen Abgabzeitpunkt diese Formel noch nicht vollständig entwickelt haben, präsentieren wir hier nur die zu beachtenden Parameter: -Bremskraft

-Lenkwinkel

-Nässe