



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e della comunicazione DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Neue Ansätze zur zeitgemässen periodischen Kontrolle von Motorfahrzeugen

**New approaches to the contemporary periodical
technical inspection of motor vehicles**

**Nouvelles approches du contrôle technique périodique
contemporain des véhicules à moteur**

DTC Dynamic Test Center AG
Reto Röthlisberger
Marcel Strub

BFH-TI Fachhochschule
Peter Affolter

**Forschungsprojekt MFZ_20_08A_01 auf Antrag der Arbeitsgruppe Mensch
und Fahrzeug**
Dezember 2024 | 1785

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet. Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière. Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima. Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee. Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)

Neue Ansätze zur zeitgemässen periodischen Kontrolle von Motorfahrzeugen

New approaches to the contemporary periodical technical inspection of motor vehicles

Nouvelles approches du contrôle technique périodique contemporain des véhicules à moteur

DTC Dynamic Test Center AG

Reto Röthlisberger

Marcel Strub

BFH-TI Fachhochschule

Peter Affolter

Forschungsprojekt MFZ_20_08A_01 auf Antrag der Arbeitsgruppe Mensch und Fahrzeug

Dezember 2024 | 1785

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Reto Röthlisberger

Mitglieder

Marcel Strub

Peter Affolter

Raphael Murri

Marius Bloch

Alphonse Frésard

Felix Iseli

Benjamin Meister

Patrick Mury

Sharona Perrin

Christoph Reichenbach

Begleitkommission

Präsident

Niklaus Wysshaar

Mitglieder

Roland Scherwey

Philipp Fisch

Stefan Zuber

Stefan Wenger

Fabiano Assi

Jürgen Bönninger

Luigi Cescato

Antragsteller

Bundesamt für Strassen (ASTRA), Forschungsbereich ASTRA

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von
<https://www.mobilityplatform.ch/>
heruntergeladen werden.

Dezember 2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis.....	11
Abkürzungsverzeichnis	12
Zusammenfassung.....	13
Résumé	19
Summary.....	24
1 Einleitung	29
1.1 Problembeschreibung	29
1.2 Ansatz und Zielsetzung	33
1.3 Vorgehen, Grundlagen und Methodik	33
1.3.1 Arbeitspakete	34
1.3.1.1 AP1: Evaluierung aktueller und zukünftiger Stand der FAS	34
1.3.1.2 AP2: Prüfgrundlagen basierend auf Vorschriften.....	35
1.3.1.3 AP3: Lösungsansätze auf Basis von AP1 und AP2	35
1.3.1.4 AP4: Umsetzung und Konsequenzen	35
1.3.1.5 AP5: Verifizierung, o-Serie und Schlussbericht	36
1.3.2 Forschungsplan	36
2 Analyse (AP1)	37
2.1 Erfassung aktueller Systeme	38
2.1.1 Übersicht	38
2.1.2 Sensorik	43
2.2 Priorisierung der Systeme.....	45
2.2.1 Sicherheitsrelevanz.....	45
2.2.2 Spezifische Betrachtungen zu Verkehrssicherheit.....	46
2.3 Methode zur Einschätzung des Risikopotentials eines FAS.....	47
2.3.1 Funktionale Sicherheit	47
2.3.2 ASIL-Risikomatrix.....	48
2.3.3 Sicherheit der beabsichtigten Funktionalität ...	49
2.3.4 Herleiten von Abstraktionsebenen	49
2.4 Prämissen und zukünftige Systeme	49
3 Beurteilung Prüfgrundlagen FAS (AP2)	50
3.1 Übersicht.....	50
3.1.1 Übergeordnete gesetzliche Vorgaben	51

3.1.2	Grundlegende Normvorgaben	51
3.1.3	FAS-spezifische Vorgaben.....	54
3.2	Weitere Systeme (nicht berücksichtigte Systeme)	59
4	Lösungsansätze, Ergebnisse (AP3)	61
4.1	Hauptergebnisse.....	61
4.1.1	Übersicht der Mess- und Prüfscenarien.....	61
4.1.2	Annahmen, Abgrenzung	65
4.1.3	Verfügbarkeit der erforderlichen Daten.....	66
4.2	Abgeleitete Prüfprogramme	66
5	Umsetzung und Konsequenzen (AP4).....	67
5.1	Umsetzungsansätze	67
5.1.1	Kombinierte Prüfung	68
5.1.2	ESP-spezifische Prüfung	69
5.1.3	Umsetzungsplan.....	69
5.1.4	Verifizierung und o-Serie.....	71
5.1.5	Bedeutung für die Weiterentwicklung der Infrastruktur	71
5.1.6	Empfehlung für die Kompetenzen	72
5.1.7	Empfehlungen für die Prüfgeräte.....	72
5.2	Endgültige Bewertung	72
6	Fazit, Erkenntnisse (AP5)	72
6.1	Hauptempfehlungen.....	73
7	Anhänge	74
7.1	ANHANG I Excel Tabelle aus AP1.....	74
7.2	ANHANG II Herleitung einer Analyse-Methode	81
7.2.1	Ishikawa Diagramm	81
7.2.1.1	Aspekte zur Herleitung einer Analyse ...	81
7.2.2	Blockschaltbild ALKS.....	82
7.2.3	Mindmap ALKS.....	83
7.3	ANHANG III Target-Diagramme Lösungsansätze.....	84
7.3.1	Fahrwerk	84
7.3.2	Antriebsstrang.....	85
7.3.3	Sichtfeld	86
7.3.4	Innenausstattung	87
7.4	ANHANG IV Risikoanalyse	89
7.4.1	Fehlermodelle	89
7.4.2	Szenarien.....	89
7.4.3	Risikomatrix.....	90
7.4.4	Herleitung der Annahmen für die Risikobewertung	91
7.4.5	ASIL Bewertung	97
7.4.6	Übersicht.....	97
7.5	ANHANG V Prüfscenarien	98
7.5.1	Prüfscenarien ABS (VSo1).....	99
7.5.2	Prüfscenarien ESP (VSo2)	101

7.5.3	BAS (VSo3)	103
7.5.4	Prüfszenarien FCW, CAS (VSo4)	105
7.5.5	Prüfszenarien AEBS (VSo5)	107
7.5.6	Prüfszenarien ABL, ESS (VS14)	109
7.5.7	Prüfszenarien BSW, LCA (VSo6)	110
7.5.8	Prüfszenarien ACC, TJA (Vf03)	112
7.5.9	Prüfszenarien LDWS, LDA, LDP, LKA, ALKS, ELKS, ALC und ACSF (VSo7)	114
7.5.10	Prüfszenarien TPM, TPMS (VSo8)	116
7.5.11	Prüfszenarien GSI (UW01)	117
7.5.12	Prüfszenarien RSA (Vf01)	118
7.5.13	Prüfszenarien ISA (Vf02)	119
7.5.14	Prüfszenarien ALS-on, ALC (VS29)	121
7.5.15	Prüfszenarien AFS, AFLS (VS30)	123
7.5.16	Prüfszenarien GFHB, NVA (VS31)	125
7.5.17	Prüfszenarien IL (VSo9)	127
7.5.18	Prüfszenarien ACL (VS10)	129
7.5.19	Prüfszenarien PDC (VS11)	131
7.5.20	Prüfszenarien IPAS (Vf06)	132
7.5.21	Prüfszenarien RD, REIS (VS12)	134
7.5.22	Prüfszenarien RCTA, CTA (VS13)	136
7.5.23	Prüfszenarien RCAS (VS15)	138
7.5.24	Prüfszenarien TCS, TC, ASR (Vf04)	140
7.5.25	Prüfszenarien HH (Vf05)	142
7.5.26	Prüfszenarien DMS, DDAW, ADDW (VS16) ..	143
7.5.27	Prüfszenarien HDC (VS17)	145
7.5.28	Prüfszenarien ACN, eCall (VS18)	147
7.5.29	Prüfszenarien AFS, EPS (VS19)	149
7.5.30	Prüfszenarien AS, AF (VS20)	151
7.5.31	Prüfszenarien BSIS (VS21)	153
7.5.32	Prüfszenarien MOIS (VS22)	154
7.5.33	Prüfszenarien AAD (VS24)	156
7.5.34	Prüfszenarien EDR (VS34)	157
7.5.35	Prüfszenarien Alkolock (VS35)	159
7.5.36	Prüfszenarien TA (Vf07)	160
7.5.37	Prüfszenarien AROPS (VS25)	162
7.5.38	Prüfszenarien aktive Motorhaube (VS26)	163
7.5.39	Prüfszenarien Regensensor (VS28)	164
7.5.40	Prüfszenarien BDW (VS27)	165
7.6	ANHANG VI Anwendung auf verschiedene KP	167
7.6.1	Beispiel für eine kleine KP	167
7.6.2	Beispiel für eine mittlere KP	169
7.6.3	Beispiel für eine grössere KP	172
7.7	Versuchsprotokolle	173
7.7.1	Fahrzeug 1	173
7.7.2	Fahrzeug 2	175
7.8	ANHANG VII Ausschreibung	180
7.8.1	Zusatzinformationen der Geschäftsstelle	180

7.9	ANHANG VIII Bekannte Probleme.....	181
7.9.1	Unfälle Schweiz	181
7.9.2	Unfälle USA.....	181
7.9.3	Rückrufe USA.....	181
7.9.4	Einzelbeispiele	181
	Glossar.....	182
	Literaturverzeichnis	189
	Projektabschluss.....	195

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kombiinstrument MJ2012 Volvo V50 D3, Anzeigedauer der Lampenprüfung der Kontrollleuchten ca. 2 Sekunden.....	31
Abbildung 2: Kombiinstrument MJ2021 Volvo V60 B4, Anfangsphase der Lampenprüfung der Kontrollleuchten.....	31
Abbildung 3: Kombiinstrument MJ2021 Volvo V60 B4, Endphase der Lampenprüfung der Kontrollleuchten mit Statusanzeige der FAS.....	31
Abbildung 4: Gantt-Diagramm des Projekts (Einheit der Zeitachse: Monate)	36
Abbildung 5: Funktionsprinzip eines FAS, Beispiel Blockschaltbild des ABS.....	43
Abbildung 6: «Badewannenkurve» Ausfallverteilung von E/E-Systemen [83]	47
Abbildung 7: Risikomatrix zur Einstufung des ASIL, zusätzlich zu der Tabelle aus der ISO 26262 sind hier noch die Bewertungen für So, Eo und Co integriert.	48
Abbildung 8: ODD in Abhängigkeit des Fahrautomatisierungslevels gem. SAE J3016 [52].....	52
Abbildung 9: Schematische Darstellung der dynamischen Fahraufgabe (DDT) aus der SAE J3016 [52]	53
Abbildung 10: Störung der Kamerafunktion durch das Anbringen von Milchglasfolie auf der Frontscheibe	55
Abbildung 11: Target-Diagramm Fahrwerk.....	59
Abbildung 12: Beispiel: OBD2-Adapter und Smartphone-App (Carly).....	63
Abbildung 13: OBD-Tool für die PTI (HU-Adapter von FSD)	63
Abbildung 14: Beispiel: Infrastruktur für die Kontrolle von Heckradaren.....	64
Abbildung 15: Beispiel: Vorrichtung für die Kamerakalibrierung von Hella-Gutmann	64
Abbildung 16: Beispiel: Prüfzenario ABS – FCW/AEBS – RSA/ISA	65
Abbildung 17: Platzbedarf für den kombinierten Fahrversuch mit Anfangsgeschwindigkeit 30 km/h	68
Abbildung 18: Platzbedarf für die ESP-Prüfung (Sinus-Dwell-Test) mit Anfangsgeschwindigkeit 30 km/h	69
Abbildung 19: Ishikawa Diagramm (allgemeines Modell).....	81
Abbildung 20: Blockschaltbild (LKA).....	82
Abbildung 21: Mindmap (ALKS) ECE-R157 [47].....	83
Abbildung 22: Target-Diagramm Fahrwerk	84
Abbildung 23: Target-Diagramm Antriebsstrang.....	85
Abbildung 24: Target-Diagramm Sichtfeld	86
Abbildung 25: Target-Diagramm Innenausstattung	88
Abbildung 26: Fahrermodell für das Einscherszenario (cut-in) aus Anhang 3 der ECE-R157 automatisches Spurhalteassistenzsystem (ALKS) [47]	92
Abbildung 27: Blockschaltbild ABS (VS01)	100
Abbildung 28: Blockschaltbild ESP (VS02).....	102
Abbildung 29: Blockschaltbild BAS (VS03).....	104
Abbildung 30: Blockschaltbild FCW resp. CAS (VS04).....	106
Abbildung 31: Blockschaltbild AEBS (VS05)	108
Abbildung 32: Blockschaltbild ABL resp. ESS (VS14)	109
Abbildung 33: Blockschaltbild BSW resp. LCA (VS06)	111

Abbildung 34: Blockschaltbild ACC resp. TJA (VFO3).....	113
Abbildung 35: Blockschaltbild LDWS resp. LDA, LDP, LKA, ALKS, ELKS, ALC und ACSF (VSO7).....	115
Abbildung 36: Blockschaltbild TPM resp. TPMS (VSO8)	116
Abbildung 37: Blockschaltbild GSI (UW01).....	117
Abbildung 38: Blockschaltbild RSA (VFO1)	118
Abbildung 39: Blockschaltbild ISA (VFO2)	120
Abbildung 40: Blockschaltbild ALS-on resp. ALC (VS29)	122
Abbildung 41: Blockschaltbild AFS resp. AFLS (VS30)	124
Abbildung 42: Blockschaltbild GFHB resp. NVA (VS31)	126
Abbildung 43: Blockschaltbild IL (VSO9)	128
Abbildung 44: Blockschaltbild ACL (VS10)	130
Abbildung 45: Blockschaltbild PDC (VS11)	131
Abbildung 46: Blockschaltbild IPAS (VFO6).....	133
Abbildung 47: Blockschaltbild RD resp. REIS (VS12).....	135
Abbildung 48: Blockschaltbild RCTA resp. CTA (VS13)	137
Abbildung 49: Blockschaltbild RCAS (VS15)	139
Abbildung 50: Blockschaltbild TCS resp. TC resp. ASR (VFO4)	141
Abbildung 51: Blockschaltbild HH (VFO5).....	142
Abbildung 52: Blockschaltbild DMS resp. DDAW resp. ADDW (VS16)	144
Abbildung 53: Blockschaltbild HDC (VS17)	146
Abbildung 54: Blockschaltbild ACN resp. eCall (VS18)	148
Abbildung 55: Blockschaltbild AFS resp. EPS (VS19)	150
Abbildung 56: Blockschaltbild AS resp. AF (VS20)	152
Abbildung 57: Blockschaltbild BSIS (VS21)	153
Abbildung 58: Blockschaltbild MOIS (VS22).....	155
Abbildung 59: Blockschaltbild AAD (VS24).....	156
Abbildung 60: Blockschaltbild EDR (VS34)	158
Abbildung 61: Blockschaltbild Alkolock (VS35).....	159
Abbildung 62: Blockschaltbild TA (VFO7)	161
Abbildung 63: Blockschaltbild AROPS (VS25)	162
Abbildung 64: Blockschaltbild aktive Motorhaube (VS26).....	163
Abbildung 65: Blockschaltbild Regensensor (VS28).....	164
Abbildung 66: Blockschaltbild BDW (VS27).....	166
Abbildung 67: Katasterauszug kleine Prüfstelle.....	167
Abbildung 68: Kleine Prüfstelle mit Vorschlag für die Anordnung der Prüffläche (rot) und den Gleitbelag (dunkelblau).....	167
Abbildung 69: Einfahrt der Prüfbahnen	168
Abbildung 70: Prüfbahn mit Grube.....	168
Abbildung 71: Spurplatte und Bremsprüfstand	168
Abbildung 72: Prüfbahn	168
Abbildung 73: Wartebereich vor den Prüfbahn-Einfahrten (links)	168
Abbildung 74: Prüfbahn-Ausfahrt (rechts)	168
Abbildung 75: Katasterauszug mittlere Prüfstelle.....	169
Abbildung 76: Mittlere Prüfstelle mit Vorschlag für die Anordnung der Prüffläche (rot) und dem Gleitbelag (dunkelblau)	169
Abbildung 77: Wartebereich vor der Prüfbahn-Einfahrt	170
Abbildung 78: Motorradlift	170

Abbildung 79: Bremsprüfstand (Rollenprüfstand).....	170
Abbildung 80: Prüfbahn mit Grube.....	170
Abbildung 81: Zufahrt Prüfbahnen.....	171
Abbildung 82: Ausfahrt Prüfbahnen und Prüframpe (links).....	171
Abbildung 83: Prüfbahn-Ausfahrt und Kreisbahn	171
Abbildung 84: Ein- und Ausfahrt KP-Gelände.....	171
Abbildung 85: Grosse Prüfstelle mit Vorschlägen für die Anordnung der Prüffläche (rot) mit Gleitbelag (dunkelblau).....	172
Abbildung 86: Aussenansicht, Wartebereich vor der Prüfbahn-Einfahrt	172
Abbildung 87: Innenansicht	172

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fahrassistenzsysteme für leichte Motorfahrzeuge	41
Tabelle 2: Fahrassistenzsysteme für schwere Motorfahrzeuge	43
Tabelle 3: Von Fahrassistenzsystemen verwendete Sensoren	44
Tabelle 4: Sicherheitsrelevanz der verschiedenen FAS für leichte Motorfahrzeuge...	45
Tabelle 5: Vorgaben für die Ausbildung von Verkehrsexperten	57
Tabelle 6: Fahrassistenzsysteme mit Empfehlungen für die periodische Prüfung.....	62
Tabelle 7: Auswertung der Fahrversuche / FCW/AEBS-Test, μ -Split, 25-40 km/h...	68
Tabelle 8: Bewertung der FAS	80

Abkürzungsverzeichnis

Art.	Artikel
Bd.	Band
Bsp.	Beispiel
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heisst
etc.	etcetera
Fz.	Fahrzeug
GG	Gesamtgewicht
ggf.	gegebenenfalls
resp.	respektive
sog.	sogenannt
v.a.	vor allem

Zusammenfassung

Der überwiegende Teil der Unfälle im Strassenverkehr ist auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen. Um dieses Fehlverhalten zu kompensieren, kommen vermehrt Fahrassistenzsysteme (FAS) zum Einsatz. Dabei fokussieren sich diese Systeme auf die häufigsten Fehler im menschlichen Fahrverhalten, wie zu wenig Abstand, nicht angepasste Geschwindigkeit, das Ausführen von fahrfremden Aufgaben oder das Verlassen der eigenen Fahrspur.

Die regulatorisch vorgesehene, stufenweise Einführung von FAS leistet einen Beitrag an die Verbesserung der Verkehrssicherheit. Diese Entwicklung wird sich auf den Bedarf an Überwachung des technischen Fahrzeugzustandes auswirken, insbesondere auf die periodischen Kontrollen (PTI) und die Marktüberwachung. Im vorliegenden, vom Bundesamt für Strassen (ASTRA) ausgeschriebenem Projekt, werden Vorschläge für eine Prüfung von FAS im Rahmen der PTI erarbeitet und dabei neue Ansätze herangezogen, die diesen technischen Neuerungen Rechnung tragen.

Der Marktanteil von Fahrzeugen mit FAS steigt stetig an. Die Systeme können den Fahrer in seiner primären Fahraufgabe entlasten und kompensieren mögliche Fahrfehler. Beispielsweise verkürzen aktive Sicherheitssysteme die Reaktionszeit bei drohenden Kollisionen und mindern zumindest die potenziellen Unfallfolgen.

Strassenfahrzeuge entwickeln sich in eine Richtung, in welcher der Technik immer mehr Kontrolle über Fahrfunktionen übertragen wird. FAS sind in der Entwicklung der Technologie auch als Vorsysteme zum automatisierten Fahren zu sehen. Auch die Aus- und Weiterbildung von z.B. Mechanikern, Lernfahrern, Fahrlehrern, Verkehrsexperten und Blaulichtorganisationen muss mit dieser Entwicklung Schritt halten.

Neben der Verkehrssicherheit können FAS auch Einfluss auf den Verkehrsfluss und die Umwelt haben. Es ist zu erwarten, dass diese drei Parameter durch die laufende Einführung von FAS positiv beeinflusst werden. Die PTI soll mittels adäquater Methodik sicherstellen, dass die sich in Verkehr befindlichen Fahrzeuge während der gesamten Lebensdauer in periodischen Abständen auf deren technisch korrekte Funktion überprüft werden. Diese Anforderungen müssen auch die FAS erfüllen. Damit soll die Beibehaltung der hohen Standards, welche die Typengenehmigung verlangt, während der Lebensdauer der Fahrzeuge sichergestellt werden. Das ASTRA hat sich als Ziel gesetzt, bis 2030 die Unfallzahlen im Strassenverkehr auf jährlich 100 tödlich Verunfallte und 2500 Schwerverletzte zu reduzieren. Im selben Zeitraum bestehen in der EU Bestrebungen, ihre eigenen Verkehrsunfallzahlen zu halbieren.

Um zu ermitteln, ob und welche der derzeit gängigen Vorgehensweisen und Randbedingungen der PTI für eine Überprüfung der FAS angepasst werden müssen, hat das ASTRA im Rahmen seiner Forschungstätigkeiten das Projekt «Neue Ansätze zur zeitgemässen periodischen Kontrolle von Motorfahrzeugen» ausgeschrieben. Das Projektteam der DTC Dynamic Test Center AG (DTC AG), unterstützt durch den Fachbereich Automobil- und Fahrzeugtechnik der Berner Fachhochschule (BFH) sowie einer Begleitkommission (BK) mit spezifischem Fachwissen, hat die vorliegende Arbeit in fünf Teilprojekten gegliedert. Die nachstehenden Ausführungen

beschreiben die fünf Arbeitspakete (AP), die behandelt wurden, sowie die wesentlichen Ergebnisse.

AP1 Als erster Arbeitsschritt wurde der Stand der Technik analysiert.

In diesem AP wurde eine Tabelle erstellt, welche einerseits alle relevanten FAS erfasst und andererseits die notwendigen Attribute, welche die Beurteilungen betreffend Verkehrssicherheit, Verkehrsfluss und Umwelt zuweist.

Fahrzeughersteller und Zulieferer müssen nationale oder insbesondere auch international anerkannte Normen einhalten, welche Vorgaben zum Entwicklungsprozess oder zu konkreten technischen Anforderungen für ein FAS enthalten. Unfallstatistiken beinhalten vielfach nicht die notwendigen Informationen, um den Einfluss von FAS gezielt zu analysieren. Die FAS wurden darum von den Fachpersonen der BK im Hinblick auf deren Wirkung, sowie nach der Relevanz ihres Einflusses auf die drei grundlegenden Anforderungen Verkehrssicherheit, Verkehrsfluss und Umwelt bewertet (siehe Tabelle 4 Kapitel 2.2.1). Neben den spezifischen FAS wie z.B. ABS oder ESP wurden auch weitere von der Verordnung (EU) 2019/2144 (General Safety Regulation II) vorgeschriebene Einrichtungen wie z.B. die Ereignisbezogene Datenaufzeichnung (EDR), der Schutz gegen Cyberangriffe, Software-Updates oder die Schnittstelle für den Einbau der alkoholempfindlichen Wegfahrsperre beurteilt.

Mit diesem Schritt wurden die Systeme, welche die grösste Wirkung auf die Verkehrssicherheit haben, ermittelt. Die Einstufung betreffend Sicherheitsrelevanz der einzelnen FAS wurde ergänzt mit den ebenfalls wichtigen Aspekten Verkehrsfluss und Umwelt, wobei diese bei der PTI eine eher untergeordnete Rolle einnehmen.

AP2 Die FAS auf der erarbeiteten Liste wurden in diesem Arbeitsschritt betreffend Überprüfbarkeit / Kontrollierbarkeit und Relevanz genauer untersucht.

Der Meilenstein dieses AP war die Erstellung einer Zusammenfassung der für die Überprüfung notwendigen Systemparameter und technischen Informationen.

Die europäischen Regulatorien für die Durchführung der PTI werden auch in der Schweiz angewendet. Darin werden die Prüfmethoden und die Bewertung von Mängeln für die Systemkomponenten identifiziert und beschrieben, welche die Voraussetzung für das einwandfreie Funktionieren der FAS bilden. Ergänzend wurden technische Informationen der Hersteller herangezogen.

Im Detail untersucht wurde eines der derzeit komplexesten FAS: der automatische Spurhalteassistent (ALKS, ECE-R157). Alle Aspekte dieses Systems wurden betrachtet, auch qualitativ mittels Ishikawa-Diagramm, Blockschaltbild und Mindmap-Darstellung.

In einigen internationalen Vorschriften wird davon ausgegangen, dass bei der PTI die OBD-Schnittstelle zum Einsatz kommt. Für eine effiziente PTI der FAS muss eine einwandfreie Funktion seiner Komponenten bzw. deren Subsysteme erfüllt sein. Ein Beispiel hierfür ist das Steuergerät des hochentwickelten Notbremsassistenten (AEBS), das bei den meisten Fahrzeugen nicht nur auf die Informationen des Frontradars zugreift, sondern zur Plausibilitätsprüfung vor der Auslösung einer Notbremsung auch auf die Informationen der Kamera und die Bildanalyse angewiesen ist. Diese Voraussetzungen wurden bei der Erarbeitung der Prüfscenarien berücksichtigt und auf übersichtliche Weise in Form der eigens für diese Arbeit entwickelten Target-Diagramme zu den Prüfgruppen Fahrwerk, Antriebsstrang, Sichtfeld und Innenausstattung dargestellt. Diese erleichtern die Bestimmung der Elemente und Systeme, die anlässlich der PTI überprüft werden sollen, indem, ausgehend vom Mittelpunkt des Kreises, nach aussen hin die

einzelnen Elemente in ihrer Prüfgruppe zunehmen und damit der Evolution der Fahrzeugtechnik Rechnung tragen. Zukünftige FAS der Stufe 3 oder höher sind aufgrund der hohen Dynamik in der Fahrzeugentwicklung in die Bewertung miteingeflossen.

AP3 In diesem AP wurden Lösungsansätze basierend auf den vorangehenden AP erarbeitet. Die Erstellung der Übersicht mit Programmen/Prüfszenarien zur Überprüfung der gewählten FAS bildete den dritten Meilenstein.

Die Methoden zur Bewertung der korrekten Funktion der ermittelten FAS aus AP1 und AP2 wurden individuell untersucht und aufgeführt. Für die konkrete Erarbeitung eines mit der heutigen PTI kompatiblen Mess- und Prüfsystems, wurde nebst den gewonnenen Erkenntnissen, auf langjährige Erfahrung mit den verschiedenen Methoden der PTI abgestützt. Somit konnte ein Konzept entwickelt werden für die Untersuchung von FAS, mit Instrumenten, die sich in ihrer Effizienz und ihrem Aufwand unterscheiden. Die Möglichkeit einer kombinierten Prüfung (bei einer Durchfahrt der Prüfstrecke mehrere Systeme prüfen) wurde für folgende FAS entwickelt: FCW, AEBS, ABS, RSA und ggf. ISA. Zur Kontrolle des ESP wurde ein Ausweichmanöver bei niedriger Geschwindigkeit mit allen vier Rädern auf dem Gleitbelag durchgeführt. Folgende Methoden zur Prüfung von FAS wurden ermittelt:

- Die erste Methode basiert auf der integrierten Selbstdiagnose des Fahrzeugs.
- Die zweite Methode ist die Überprüfung von Fehlercodes mithilfe eines Diagnosegeräts, das an die OBD2-Schnittstelle des Fahrzeugs angeschlossen wird. Zur Aktivierung der fahrzeug-eigenen Plausibilisierungsfunktion wird empfohlen, eine kurze Probefahrt mit Betätigung von Bremse und Lenkung durchzuführen.
- Die dritte Methode bezieht sich auf die Prüfung der verschiedenen Sensoren, welche Informationen aus der Fahrzeugumgebung liefern (Radar, Kameras, LiDAR usw.).
- Die vierte Methode ist die Durchführung eines Fahrversuches auf der Strasse oder auf einer dafür vorgesehenen Teststrecke. In diesem Zusammenhang wurde noch nicht bewertet, ob diese Methode von einer kantonalen Prüfstelle (KP) oder einer Anerkannten Prüfstelle (APS), allenfalls auch von einer herstellerverbundenen Instanz (speziell ausgerüsteter Repräsentant, z.B. kompetenter Händlerbetrieb) angewendet wird. Die Komplexität der durchzuführenden Prüfung spielt dabei eine wesentliche Rolle.

AP4 Als vierter Meilenstein wurde das finale Prüfprogramm mit Auswertungen zu den einzelnen Tests und dem gesamten Ablauf inklusive Kompetenz- und weiteren Voraussetzungen erstellt. Aus den in AP3 erstellten Prüfprogrammen wurde ein Umsetzungsplan erstellt, welcher eine effiziente Durchführung der Tests ermöglicht.

In drei KPs unterschiedlicher Grösse wurde in einem empirischen Ansatz die Implementierung von zusätzlichen Kontrollen in den angepassten Prozess der PTI untersucht.

Für die Implementierung der neuen Prüfstrategie sind die konkreten Umgebungsbedingungen und die Ausstattung der einzelnen Prüfstellen massgebend, vor allem in Bezug auf allenfalls einzurichtende Prüfstrecken. Das entwickelte Konzept muss für sehr unterschiedliche Platzverhältnisse und Prüfdurchsätze flexibel anwendbar sein. Optimierungen sollten mindestens bei Um-/Neubauten von KPs einfließen können. Es soll definiert werden, wo Publikumsverkehr zulässig ist, welche Flächen gemeinsam genutzt werden und welche Zonen «Prüfbereiche» sind. Klare Signalisationen und Hinweise sowie eine gute Übersichtlichkeit sind zwingend erforderlich, damit die Sicherheit aller gewährleistet ist. Bei der Umsetzung des Kontrollkonzepts kann eine zeitlich und/oder räumlich gestaffelte Einführung vorgesehen werden. Priorität sollten die Tests für diejenigen FAS erhalten, welche in AP1 bei der Bewertung der grundlegenden

Anforderungen für FAS (Sicherheit, Verkehrsfluss und Umwelt), mit einer hohen Relevanz bewertet wurden.

AP5 In diesem AP wurden die Erkenntnisse der Arbeit verifiziert und der Schlussbericht verfasst.

Es liegen die Antworten zu den Forschungsfragen vor, der Schlussbericht der Forschungsarbeit ist erstellt.

Basierend auf den grundlegenden Anforderungen Verkehrssicherheit, Verkehrsfluss und Umwelt soll die bestehende effiziente Arbeitsweise der schweizerischen Prüfstellen möglichst beibehalten werden. Mit Blick auf die etablierten zeitlichen Rahmenbedingungen (z.B. durchschnittlich maximal 20 min pro PTI bei leichten Fahrzeugen) ist das Hauptaugenmerk dort auf die Überprüfung der Kontrollleuchten zu legen, wo mit ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit relevante Aussagen möglich sind. Die Beurteilung mittels dieser Selbstdiagnosen der Systeme ist mit der Schwierigkeit verbunden, die zahlreichen Kontrollleuchten oder Anzeigetexte rasch, vollständig und korrekt zu erfassen. Ergänzend lassen sich temporäre und nicht mehr vorhandene Fehlermeldungen evtl. mittels geeigneter Probefahrt erkennbar machen. Hierbei bestehen Grenzen durch die vorhandene Infrastruktur. Bei nicht möglicher abschliessender Beurteilung können die entsprechenden Prüfungen z.B. durch eine APS ausgeführt werden. Damit können auch z.B. Systeme, die erst ab 60 km/h funktionieren und daher sehr grosse Testräume erfordern, getestet werden.

Die Systemüberwachung in den Fahrzeugen wird regulatorisch laufend weiterentwickelt. Damit wird die Zuverlässigkeit sowie die Fehlererkennungsfähigkeit über die Lebensdauer verbessert. Diese Überwachung kann aber nicht alle möglichen Einflussgrössen im Betrieb eines Fahrzeugs erfassen. Zum Beispiel übernehmen hinter Frontscheiben angebrachte Sensoren wie Kameras zusätzliche Funktionen für FAS, welche die erfassten Informationen verwenden. Die Frontscheibe wird damit zu einem Teil dieser Systeme. Änderungen an der Scheibe können demzufolge zu weiteren Risiken führen. Eine Störung der Kamerafunktion durch das Anbringen von Tönungsfolie auf der Frontscheibe wurde im Rahmen der Arbeit untersucht. Dies stellt eine typische und oft anzutreffende Änderung an Fahrzeugen dar, welche bei verschiedenen FAS eine weitreichende Auswirkung haben kann.

Der vorliegende Schlussbericht zeigt auf, wie die behandelten Themen weiterentwickelt werden können, um den Anforderungen einer zeitgemässen PTI durch eine gezielte Implementierung von Änderungen gerecht zu werden.

Das erarbeitete Konzept für eine weiterentwickelte PTI beschreibt deren Aspekte. Es wurde als Grundlage zuhanden der involvierten Stellen für die Umsetzung konzipiert und berücksichtigt die bestehenden Rahmenbedingungen (schweizerische und europäische Regulatorien). Besondere Aufmerksamkeit wurde den Werkzeugen der funktionalen Sicherheit gewidmet, die es ermöglichen, die den einzelnen elektronischen Systemen zugrundeliegenden Konzepte und Funktionen zu verstehen. Dabei kommt das Wissen über die systematische Vorgehensweise bei der Entwicklung eines Systems zum Einsatz.

Ein gutes Verständnis betreffend die Aktoren, Sensoren und Steuereinheiten ist notwendig, um einerseits mögliche Fehler und Manipulationen zu erkennen und zu bewerten, andererseits bedarf es der Kenntnisse in der Anwendung der Mittel, um diese aufzudecken.

Basierend darauf bietet dieser Bericht, einen aktuellen, umfassenden Überblick über alle Systemparameter und technischen Informationen, die für die Überprüfung der FAS erforderlich sind.

Bei der Entwicklung der Lösungsansätze wird der Fachkompetenz der prüfenden Verkehrsexperten ein hoher Stellenwert beigemessen, da die differenzierten Kontrollmethoden von einer Sichtprüfung über integrierte Selbstdiagnosesysteme und die Verwendung von Diagnosegeräten bis hin zu komplexeren Funktionskontrollen (Anregung verschiedener Sensoren und/oder Fahrversuche) reichen.

Empfehlungen

Die KP und deren Verkehrsexperten sollen in die Lage versetzt werden, die FAS adäquat zu überprüfen. Der Entwicklungsschritt in die entsprechende technische Umgebung (Prüfinfrastruktur) mit den weiterentwickelten Anforderungen soll umgesetzt werden können. Hierbei ist dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die Prüfzeiten pro Fahrzeug nicht beliebig erhöht werden können.

Eine Erweiterung der gültigen Vorschriften, wie unter anderem der Verkehrszulassungsverordnung (VZV, SR 741.11) und der Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS, SR 741.41), soll im Hinblick auf die FAS-spezifischen Anforderungen geprüft werden. Gleichzeitig soll die Kompetenzregelung zwischen KPs und weiteren Stellen wie v.a. den APS geklärt und die fachliche Weiterbildung sichergestellt werden.

Eine weitere Empfehlung betrifft die Datengrundlagen. Die KPs sollten Zugriff auf die relevanten Daten erhalten, um mittels geeigneter Hilfsmittel verbindliche Beurteilungen abgeben zu können. Die Einführung eines nationalen Registers oder eine gezielte Erweiterung bestehender Instrumente wie beispielsweise eines erweiterten Informationssystems des Bundes, z.B. des Informationssystems Verkehrszulassung (IVZ) oder der Vereinigung der Strassenverkehrsämter (asa) mit Angaben zu FAS wäre die Voraussetzung dafür. Wichtig dabei wäre, dass Daten von nicht bestandenen Prüfungen systematisch erfasst würden. Seit 2024 können per Meldedreh-scheibe (Traffic Certification Message Broker) an das IVZ auch nicht bestandene Prüfungen gemeldet werden. Solche Meldungen müssten flächendeckend und konsequent erfolgen. Ferner müssten auch Angaben zu den Gründen gemeldet werden, weshalb die Prüfung nicht bestanden wurde. Die kontinuierliche Erhebung von Zahlenmaterial im Rahmen der PTI sowie ggf. auch von Informationen der Marktüberwachungsbehörden (auch derjenigen der EU wie zum Beispiel angeordnete Rückrufe) würden die notwendige Datenbasis für die Beurteilung der Fahrzeuge anlässlich der PTI bilden. Sie würde bewirken, dass die Kontrolle der einzelnen Fahrzeuge effektiv gehalten werden kann, d.h. fokussiert auf bekannte Fehler und Schwächen sowie mit möglichst geringem Zeitbedarf. Aus dieser Datenbasis müsste für den Verkehrsexperten der Datensatz des konkret zu prüfenden Fahrzeugs zur Verfügung stehen. Damit könnte eine Fokussierung der Kontrollen ermöglicht werden. Diese Weiterentwicklung würde zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen.

Bei der Umsetzung des Kontrollkonzepts, welches im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurde, kann eine zeitliche Staffelung der Einführung von Massnahmen vorgesehen werden. Priorität sollen die Tests erhalten, welche einerseits einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Verkehrssicherheit leisten können und mit einfachen Mitteln zu überprüfen sind und andererseits eine möglichst grosse Anzahl an in Verkehr stehenden Fahrzeugen erreichen.

Schlusswort

Wir haben das Konzept der PTI in diesem Bericht wesentlich ergänzt und auf die mittel- bis langfristigen Herausforderungen der FAS-Technologien ausgerichtet. Die identifizierten Änderungen können differenziert und risikoorientiert vorgenommen werden.

Résumé

La majorité des accidents de la route sont dus à des erreurs humaines. Pour compenser ces erreurs, les systèmes d'assistance à la conduite (FAS) sont de plus en plus utilisés. Ces systèmes se concentrent sur les erreurs les plus fréquentes du comportement humain au volant, comme une distance insuffisante, une vitesse inadaptée, l'exécution de tâches étrangères à la conduite ou le fait de quitter sa propre voie de circulation.

L'introduction progressive des FAS, prévue par la réglementation, contribue à l'amélioration de la sécurité routière. Cette évolution aura des répercussions sur les besoins en matière de surveillance de l'état technique des véhicules, en particulier sur les contrôles techniques périodiques (PTI) et la surveillance du marché. Le présent projet, mis au concours par l'Office fédéral des routes (OFROU), vise à élaborer des propositions pour le contrôle des FAS dans le cadre des PTI, en utilisant de nouvelles approches qui tiennent compte de ces nouveautés techniques.

La part de marché des véhicules équipés de FAS ne cesse de croître. Les systèmes peuvent soulager le conducteur dans sa tâche principale de conduite et compensent les éventuelles erreurs de conduite. Par exemple, les systèmes de sécurité active réduisent le temps de réaction en cas de collision imminente et diminuent au moins les conséquences potentielles de l'accident.

Les véhicules routiers évoluent dans une direction qui confère à la technique de plus en plus de contrôle sur les fonctions de conduite. Dans l'évolution de la technologie, les FAS doivent également être considérés comme des systèmes préalables à la conduite automatisée. La formation initiale et continue des mécaniciens, des apprentis conducteurs, des moniteurs d'auto-école, des experts de la circulation et des organisations d'intervention d'urgence, par exemple, doit également suivre cette évolution.

Outre la sécurité routière, les FAS peuvent également avoir un impact sur la fluidité du trafic et l'environnement. On peut s'attendre à ce que ces trois paramètres soient influencés positivement par l'introduction en cours des FAS. Le PTI doit garantir, au moyen d'une méthodologie adéquate, que les véhicules en circulation sont contrôlés à intervalles réguliers pendant toute leur durée de vie pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement sur le plan technique. Les FAS doivent également satisfaire à ces exigences. Il s'agit ainsi de garantir le maintien des standards élevés exigés par la réception par type pendant la durée de vie des véhicules. L'OFROU s'est fixé comme objectif de réduire le nombre d'accidents de la route à 100 morts et 2500 blessés graves par an d'ici 2030. Dans le même temps, l'UE s'efforce de réduire de moitié son propre nombre d'accidents de la route.

Dans le cadre de ses activités de recherche, l'OFROU a lancé un appel d'offres pour le projet « Nouvelles approches pour le contrôle périodique moderne des véhicules à moteur » afin de déterminer si les procédures et les conditions-cadre du PTI actuellement en vigueur doivent être adaptées pour le contrôle des FAS et, le cas échéant, lesquelles. L'équipe de projet de DTC Dynamic Test Center AG (DTC AG), soutenue par le département de technique automobile et des véhicules de la Haute école spécialisée bernoise (HESB) ainsi que par une commission d'accompagnement (BK) disposant de connaissances spécifiques, a structuré le présent travail en cinq sous-projets. Les explications suivantes décrivent les cinq paquets de travail (AP) qui ont été traités ainsi que les principaux résultats.

AP1 La première étape de travail a consisté à analyser l'état de la technique.

Dans cet AP, un tableau a été établi qui, d'une part, recense tous les FAS pertinents et, d'autre part, assigne les attributs nécessaires aux évaluations concernant la sécurité routière, la fluidité du trafic et l'environnement.

Les constructeurs automobiles et les fournisseurs doivent respecter des normes nationales ou, en particulier, internationales reconnues, qui contiennent des directives sur le processus de développement ou des exigences techniques concrètes pour un FAS. Les statistiques des accidents ne contiennent souvent pas les informations nécessaires pour analyser de manière ciblée l'influence des FAS. C'est pourquoi les spécialistes de la BK ont évalué les FAS en fonction de leur impact et de la pertinence de leur influence sur les trois exigences fondamentales que sont la sécurité routière, la fluidité du trafic et l'environnement (voir tableau 4, chapitre 2.2.1). Outre les FAS spécifiques tels que l'ABS ou l'ESP, d'autres dispositifs prescrits par le règlement (UE) 2019/2144 (General Safety Regulation II) ont également été évalués, comme l'enregistrement des données en fonction des événements (EDR), la protection contre les cyberattaques, les mises à jour logicielles ou l'interface pour l'installation du dispositif antidémarrage sensible à l'alcool.

Cette étape a permis d'identifier les systèmes qui ont le plus d'impact sur la sécurité routière. Le classement de l'importance des différents FAS pour la sécurité a été complété par les aspects de la fluidité du trafic et de l'environnement, qui sont également importants, bien qu'ils jouent un rôle plutôt secondaire pour le PTI.

AP2 Les FAS figurant sur la liste élaborée ont été examinés plus en détail dans cette étape de travail en ce qui concerne leur vérifiabilité / contrôlabilité et leur pertinence.

L'étape clé de ce AP a été l'élaboration d'un résumé des paramètres du système et des informations techniques nécessaires à la vérification.

Les réglementations européennes relatives à la réalisation des PTI sont également appliquées en Suisse. Les méthodes de contrôle et l'évaluation des défauts des composants du système y sont identifiées et décrites, ce qui constitue la condition préalable au bon fonctionnement des FAS. Des informations techniques des fabricants ont été utilisées en complément.

L'un des FAS les plus complexes à l'heure actuelle a été examiné en détail : l'assistant de maintien de voie automatique (ALKS, ECE-R157). Tous les aspects de ce système ont été examinés, y compris sur le plan qualitatif, au moyen d'un diagramme d'Ishikawa, d'un schéma fonctionnel et d'une représentation sous forme de carte mentale.

Certaines réglementations internationales partent du principe que l'interface OBD est utilisée pour le PTI. Pour que le PTI du FAS soit efficace, il faut que ses composants ou leurs sous-systèmes fonctionnent correctement. Un exemple en est le calculateur du système avancé de freinage d'urgence (AEBS) qui, sur la plupart des véhicules, n'a pas seulement accès aux informations du radar avant, mais dépend également des informations de la caméra et de l'analyse des images pour le contrôle de plausibilité avant le déclenchement d'un freinage d'urgence. Ces conditions ont été prises en compte lors de l'élaboration des scénarios d'essai et présentées de manière claire sous forme de diagrammes de cible spécialement développés dans le cadre de ce travail pour les groupes d'essai châssis, transmission, champ de vision et équipement intérieur. Ceux-ci facilitent la détermination des éléments et des systèmes qui doivent être contrôlés lors du PTI en partant du centre du cercle et en augmentant vers l'extérieur les différents éléments dans leur groupe d'essai, tenant ainsi compte de l'évolution de la technique automobile. Les futurs FAS de niveau 3 ou supérieur ont été pris en compte dans l'évaluation en raison de la dynamique élevée du développement des véhicules.

AP3 Dans cette AP, des solutions ont été élaborées sur la base des AP précédents.

L'élaboration de la vue d'ensemble des programmes/scénarios de test pour la vérification des FAS sélectionnés a constitué le troisième jalon.

Les méthodes d'évaluation du bon fonctionnement des FAS identifiés dans les AP1 et AP2 ont été examinées et répertoriées individuellement. Pour l'élaboration concrète d'un système de mesure et de contrôle compatible avec l'actuelle PTI, on s'est appuyé, outre sur les connaissances acquises, sur une longue expérience des différentes méthodes de la PTI. Il a ainsi été possible de développer un concept pour l'examen des FAS, avec des instruments qui se distinguent par leur efficacité et leur coût. La possibilité d'un contrôle combiné (contrôle de plusieurs systèmes en un seul passage sur la piste d'essai) a été développée pour les FAS suivants : FCW, AEBS, ABS, RSA et, le cas échéant, ISA. Pour contrôler l'ESP, une manœuvre d'évitement à faible vitesse a été effectuée avec les quatre roues sur la surface de revêtement de glissement. Les méthodes suivantes de contrôle du FAS ont été identifiées :

- La première méthode est basée sur l'autodiagnostic intégré du véhicule.
- La deuxième méthode consiste à vérifier les codes d'erreur à l'aide d'un appareil de diagnostic connecté à l'interface OBD2 du véhicule. Pour activer la fonction de plausibilité propre au véhicule, il est recommandé d'effectuer un bref essai routier en actionnant les freins et la direction.
- La troisième méthode concerne le contrôle des différents capteurs qui fournissent des informations sur l'environnement du véhicule (radars, caméras, LiDAR, etc.).
- La quatrième méthode consiste à effectuer un essai de conduite sur route ou sur une piste d'essai prévue à cet effet. Dans ce contexte, il n'a pas encore été évalué si cette méthode est appliquée par un organe cantonal de contrôle (KP) ou un organe d'expertise agréé (OEA), voire par une instance liée au constructeur (représentant spécialement équipé, p. ex. concessionnaire compétent). La complexité du contrôle à effectuer joue ici un rôle essentiel.

AP4 Le programme de contrôle final a été élaboré en tant que quatrième étape, avec des évaluations des différents tests et de l'ensemble du processus, y compris les conditions de compétence et autres. Un plan de mise en œuvre a été établi à partir des programmes de test élaborés dans le AP3, afin de permettre une réalisation efficace des tests.

Dans trois KP de tailles différentes, l'implémentation de contrôles supplémentaires dans le processus adapté de PTI a été étudiée de manière empirique.

Les conditions environnementales concrètes et l'équipement des différents sites de contrôle sont déterminants pour la mise en œuvre de la nouvelle stratégie de contrôle, notamment en ce qui concerne les pistes de contrôle à aménager le cas échéant. Le concept développé doit pouvoir être utilisé de manière flexible pour des conditions d'espace et des débits d'essai très différents. Les optimisations doivent pouvoir être intégrées au moins lors de la transformation ou de la construction de points de contrôle. Il convient de définir les endroits où le trafic public est autorisé, les surfaces qui sont utilisées en commun et les zones qui sont des « zones de contrôle ». Une signalisation et des indications claires ainsi qu'une bonne visibilité sont impératives pour garantir la sécurité de tous. Lors de la mise en œuvre du concept de contrôle, il est possible de prévoir une introduction échelonnée dans le temps et/ou dans l'espace. La priorité devrait être donnée aux tests des FAS qui ont été jugés très pertinents lors de l'évaluation des exigences de base pour les FAS (sécurité, fluidité du trafic et environnement) dans le AP1.

AP5 Dans cet AP, les conclusions du travail ont été vérifiées et le rapport final a été rédigé.

Les réponses aux questions de recherche sont disponibles, le rapport final du travail de recherche est rédigé.

En se basant sur les exigences fondamentales de la sécurité routière, de la fluidité du trafic et de l'environnement, il convient de conserver autant que possible la méthode de travail efficace actuelle des organismes de contrôle suisses. Compte tenu des conditions-cadres temporelles établies (p. ex. 20 minutes au maximum en moyenne par PTI pour les véhicules légers), l'accent doit être mis sur le contrôle des lampes de contrôle là où il est possible de tirer des conclusions pertinentes avec une probabilité suffisamment élevée. L'évaluation au moyen de ces autodiagnosics des systèmes est liée à la difficulté de saisir rapidement, complètement et correctement les nombreux témoins ou textes d'affichage. En complément, il est éventuellement possible de détecter les messages d'erreur à grande vitesse et ceux qui n'existent plus au moyen d'un essai routier approprié. L'infrastructure existante a ses limites. Si l'évaluation finale n'est pas possible, les contrôles correspondants peuvent être effectués par exemple par un OEA. Ainsi, il est possible de tester des systèmes qui ne fonctionnent qu'à partir de 60 km/h et qui nécessitent donc de très grands espaces d'essai.

La surveillance des systèmes dans les véhicules fait l'objet d'un développement réglementaire continu. Cela permet d'améliorer la fiabilité ainsi que la capacité de détection des erreurs sur toute la durée de vie. Cette surveillance ne peut toutefois pas prendre en compte tous les facteurs d'influence possibles dans le fonctionnement d'un véhicule. Par exemple, les capteurs installés derrière le pare-brise, comme les caméras, assurent des fonctions supplémentaires pour les FAS qui utilisent les informations recueillies. Le pare-brise devient ainsi une partie de ces systèmes. Des modifications du pare-brise peuvent donc entraîner des risques supplémentaires. Une perturbation de la fonction de la caméra par l'application d'un film teinté sur le pare-brise a été étudiée dans le cadre de ce travail. Il s'agit d'une modification typique et souvent rencontrée sur les véhicules, qui peut avoir un impact important sur différents FAS.

Le présent rapport final montre comment les thèmes traités peuvent être développés afin de répondre aux exigences d'une PTI moderne par une implémentation ciblée des modifications.

Le concept élaboré pour une PTI développée en décrit les aspects. Il a été conçu comme base pour la mise en œuvre à l'intention des services concernés et tient compte des conditions-cadres existantes (réglementations suisses et européennes). Une attention particulière a été accordée aux outils de la sécurité fonctionnelle, qui permettent de comprendre les concepts et les fonctions sous-jacents des différents systèmes électroniques. La connaissance de l'approche systématique mise en œuvre lors du développement d'un système est utilisée à cet effet.

Une bonne compréhension des actionneurs, des capteurs et des unités de commande est nécessaire, d'une part, pour identifier et évaluer les erreurs et les manipulations possibles et, d'autre part, pour savoir comment utiliser les moyens de les détecter.

Sur cette base, le présent rapport offre un aperçu complet et actualisé de tous les paramètres du système et des informations techniques nécessaires à la vérification des FAS.

Lors de l'élaboration des solutions, une grande importance est accordée à l'expertise des experts de la circulation chargés des contrôles, car les méthodes de contrôle différenciées vont d'une inspection visuelle à des contrôles fonctionnels plus complexes (stimulation de différents capteurs et/ou essais de conduite) en passant par des systèmes d'autodiagnostic intégrés et l'utilisation d'appareils de diagnose.

Recommandations

Les KP et leurs experts de la circulation doivent être mis en mesure de contrôler les FAS de manière adéquate. L'étape de développement dans l'environnement technique correspondant (infrastructure de contrôle) avec les exigences développées doit pouvoir être mise en œuvre. Il faut tenir compte du fait que les temps de contrôle par véhicule ne peuvent pas être augmentés à volonté.

Une extension des prescriptions en vigueur, telles que l'ordonnance réglant l'admission à la circulation routière (OAC, RS 741.51) et l'ordonnance concernant les exigences techniques requises pour les véhicules routiers (OETV, RS 741.41), doit être examinée en vue de répondre aux exigences spécifiques des FAS. Parallèlement, il convient de clarifier la réglementation des compétences entre les KP et les autres services, notamment les OEA, et de garantir la formation continue spécialisée.

Une autre recommandation concerne les données de base. Les KP devraient avoir accès aux données pertinentes afin de pouvoir effectuer des évaluations contraignantes à l'aide d'outils appropriés. L'introduction d'un registre national ou une extension ciblée d'instruments existants, comme un système d'information élargi de la Confédération, par exemple le système d'information sur l'admission à la circulation routière (IVZ) ou l'Association des services des automobiles (asa), avec des données sur les FAS, serait la condition préalable. Il serait important que les données relatives aux échecs aux examens soient systématiquement enregistrées. Depuis 2024, les échecs aux examens peuvent également être signalés à l'IVZ par le biais de la plaque tournante de notification (Traffic Certification Message Broker). Ces notifications devraient être généralisées et systématiques. En outre, les raisons pour lesquelles l'examen n'a pas été réussi devraient également être communiquées. La collecte continue de données chiffrées dans le cadre du PTI ainsi que, le cas échéant, d'informations provenant des autorités de surveillance du marché (y compris celles de l'UE, comme par exemple les rappels ordonnés) constituerait la base de données nécessaire à l'évaluation des véhicules lors du PTI. Cela permettrait de maintenir l'efficacité du contrôle des différents véhicules, c'est-à-dire de se concentrer sur les défauts et les faiblesses connus et d'y consacrer le moins de temps possible. À partir de cette base de données, l'expert de la circulation devrait disposer du jeu de données du véhicule à contrôler concrètement. Cela permettrait de focaliser les contrôles. Ce développement contribuerait à améliorer la sécurité routière.

Lors de la mise en œuvre du concept de contrôle développé dans le cadre de ce travail, il est possible de prévoir un échelonnement de l'introduction des mesures. La priorité doit être donnée aux tests qui, d'une part, peuvent apporter une contribution essentielle à l'amélioration de la sécurité routière et être vérifiés avec des moyens simples et, d'autre part, qui touchent le plus grand nombre possible de véhicules en circulation.

Mot de la fin

Nous avons considérablement complété le concept de PTI dans ce rapport et l'avons orienté vers les défis à moyen et long terme des technologies FAS. Les modifications identifiées peuvent être effectuées de manière différenciée et en fonction des risques.

Summary

The majority of road accidents are caused by human error. Advanced driver assistance systems (ADAS) are increasingly being used to compensate for this misconduct. These systems focus on the most common errors in human driving behavior, such as not keeping enough distance, not adapting speed, performing non-driving related tasks or leaving one's own lane.

The gradual introduction of ADAS, as provided for in the regulations, will help to improve road safety. This development will have an impact on the need to monitor the technical condition of vehicles, in particular to the periodical technical inspections (PTI) and market surveillance. In the present project, which was put out to tender by the Federal Roads Office (FEDRO), proposals are being drawn up for testing ADAS as part of the PTI, using new approaches that take into account these technical developments.

The market share of vehicles with ADAS is steadily increasing. The systems can relieve the driver of their primary driving task and compensate for possible driving errors. For example, active safety systems shorten the reaction time in the event of an impending collision and at least reduce the potential severity of an accident.

Road vehicles are developing in a direction in which technology is being given more and more control over driving functions. In the development of technology, ADAS can also be seen as pre-systems for automated driving. The training and further education of e.g. mechanics, learner drivers, driving instructors, Inspectors and blue light organizations must also keep pace with this development.

In addition to road safety, ADAS can also have an impact on traffic flow and the environment. It is to be expected that these three parameters will be positively influenced by the ongoing introduction of ADAS. The PTI should use adequate methods to ensure that vehicles in circulation are periodically checked for technically correct functioning throughout their service life. The ADAS must also meet these requirements. This is intended to ensure that the high standards required by the type approval are maintained throughout the service life of the vehicles. FEDRO has set itself the target of reducing the number of road traffic accidents to 100 fatalities and 2500 serious injuries per year by 2030. During the same period, efforts are being made in the EU to halve the number of road accidents.

In order to determine whether and which of the current procedures and boundary conditions of the PTI need to be adapted for a testing of ADAS, FEDRO has launched the project «New approaches to the contemporary periodical technical inspection of motor vehicles» as part of its research activities. The project team of DTC Dynamic Test Center AG (DTC AG), supported by the Department of Automotive and Vehicle Technology of the Bern University of Applied Sciences (BFH) and a Monitoring Committee (BK) with specific expertise, has divided the present work into five sub-projects. The following sections describe the five work packages (AP) that were dealt with and the main results.

AP1 The first step was to analyze the state of the art.

In this AP, a table was created which, on the one hand, records all relevant ADAS and, on the other hand, assigns the necessary attributes for the assessments relating to road safety, traffic flow and the environment.

Vehicle manufacturers and suppliers must comply with national or, in particular, internationally recognized standards that contain specifications for the development process or specific technical requirements for an ADAS. Accident statistics often do not contain the necessary information to specifically analyze the influence of ADAS. The ADAS were therefore evaluated by the BK experts with regard to their impact and the relevance of their influence on the three fundamental requirements of road safety, traffic flow and the environment (see Tabelle 4, Chapter 2.2.1). In addition to the specific ADAS such as ABS or ESP, other devices prescribed by Regulation (EU) 2019/2144 (General Safety Regulation II) such as Event Data Recording (EDR), protection against cyberattacks, software updates or the interface for the installation of the alcohol-sensitive immobilizer were also assessed.

This step was used to identify the systems that have the greatest impact on road safety. The classification of the safety relevance of the individual ADAS was supplemented with the equally important aspects of traffic flow and the environment, although these tend to play a subordinate role for the PTI.

AP2 In this work step, the ADAS on the compiled list were examined in more detail with regard to verifiability / monitorability and relevance. The milestone of this AP was the preparation of a summary of the system parameters and technical information required for the review.

The European regulations for conducting the PTI are also applied in Switzerland. These identify and describe the test methods and the assessment of defects for the system components, which are the prerequisite for the proper functioning of the ADAS. Technical information from the manufacturers was also consulted.

One of the currently most complex ADAS was examined in detail: the automatic lane keep assist system (ALKS, ECE-R157). All aspects of this system were considered, including qualitatively using Ishikawa diagrams, block diagrams and mind maps.

In some international regulations, it is assumed that the OBD interface is used for PTI. For an efficient PTI of the ADAS, its components or their subsystems must function properly. An example of this is the control unit of the advanced emergency brake assist system (AEBS), which in most vehicles not only accesses the information from the front radar, but also relies on the information from the camera and image analysis for a plausibility check before triggering emergency braking. These requirements were taken into account when developing the test scenarios and presented clearly in the form of target diagrams developed specifically for this project for the chassis, powertrain, field of vision and the interior test groups. These make it easier to determine the elements and systems to be tested during the PTI by increasing the individual elements in their test group from the center of the circle outwards, thus taking into account the evolution of vehicle technology. Future ADAS of level 3 or higher are included in the assessment due to the highly dynamic nature of vehicle development.

AP3 In this AP, solution approaches were developed based on the previous APs. The third milestone was the creation of the overview with programs/testing scenarios for testing of ADAS.

The methods for evaluating the correct function of the ADAS determined in AP1 and AP2 were individually examined and listed. For the concrete development of a measurement and testing system compatible with the current PTI, in addition to the knowledge gained, many years of

experience with the various PTI methods were drawn upon. This made it possible to develop a concept for testing ADAS with instruments that differ in terms of efficiency and effort. The possibility of combined testing (testing several systems in one pass of the test track) was developed for the following ADAS: FCW, AEBS, ABS, RSA and, where applicable, ISA. To check the ESP, an evasive maneuver was performed at low speed with all four wheels on the slippery test track. The following methods for testing ADAS were identified:

- The first method is based on the vehicle's integrated self-diagnostics.
- Method two is to check diagnostic trouble codes using a diagnostic device connected to the vehicle's OBD2 interface. To activate the vehicle's own plausibility function, it is recommended to carry out a short test drive with the brakes and steering activated.
- The third method involves testing the various sensors that provide information from the vehicle's surroundings (radar, cameras, LiDAR, etc.).
- The fourth method is to carry out a road test on the road or on a dedicated test track. In this context, it has not yet been assessed whether this method is to be used by a cantonal inspection body (KP) or a recognized test laboratory (APS), or possibly also by a manufacturer-affiliated entity (specially equipped representative, e.g. competent dealership). The complexity of the test to be carried out plays a key role here.

AP4 The fourth milestone was the creation of the final test program with evaluations of the individual tests and the entire process, including competence and other requirements. The test programs designed in AP3 were used to create an implementation plan that enables the tests to be carried out efficiently.

In three KP of different sizes, the implementation of additional controls in the adapted PTI process was examined in an empirical approach.

The implementation of the new test strategy depends on the specific environmental conditions and equipment of the individual test sites, particularly with regard to any test tracks that need to be set up. The developed concept must be flexibly applicable for very different spatial conditions and test throughputs. It should be possible to incorporate optimizations at least when renovating / building new KP. It should be defined where visitor traffic is permitted, which areas are shared and which zones are «test areas». Clear signaling and instructions as well as a good overview are essential to ensure everyone's safety. When implementing the control concept, a staggered introduction in terms of timing and/or spatial distribution can be planned. Priority should be given to the tests for those ADAS that were rated as highly relevant in the assessment of the fundamental requirements for ADAS (safety, traffic flow and environment) in AP1.

AP5 In this AP, the findings of the study were verified and the final report was written. The answers to the research questions are available and the final report on the research work has been compiled.

Based on the fundamental requirements of road safety, traffic flow and the environment, the existing efficient working methods of the Swiss test centers should be maintained as far as possible. In view of the established time constraints (e.g. an average maximum of 20 minutes per PTI for light vehicles), the main focus should be on checking the telltales where there is a sufficiently high probability that relevant conclusions can be drawn. The assessment by means of these self-diagnoses of the systems is associated with the difficulty of recording the numerous telltales and/or display texts quickly, completely and correctly. In addition, temporary and no longer existing error messages can possibly be identified by means of a suitable test drive. There are limits here due to the existing infrastructure. If a conclusive assessment is not possible, the

corresponding tests can be carried out by an APS, for example. This also makes it possible to test systems that only function at speeds above 60 km/h and therefore require very large test areas.

The system monitoring in the vehicles is constantly being further developed in line with regulatory requirements. This improves reliability and fault detection capability over the vehicle's service life. However, this monitoring cannot cover all possible influencing variables in the operation of a vehicle. For example, sensors fitted behind windscreens, such as cameras, take on additional functions for ADAS, which use the information collected. The windshield thus becomes part of these systems. Changes to the windshield can therefore lead to further risks. A disruption of the camera function by applying tinted foil to the windshield was investigated as part of the work. This is a typical and frequently encountered modification to vehicles, which can have a significant impact on various ADAS.

This final report shows how the topics discussed can be further developed in order to meet the requirements of a modern PTI through the targeted implementation of modifications.

The concept developed for a further advanced PTI describes its aspects. It was designed as a basis for implementation for the offices involved and takes into account the existing framework conditions (Swiss and European regulations). Particular attention was paid to the functional safety tools that make it possible to understand the underlying concepts and functions of the individual electronic systems. Knowledge of the systematic approach to developing a system is used here.

A good understanding of the actuators, sensors and control units is necessary in order to recognize and evaluate possible faults and manipulations on the one hand, and to know how to apply the means to detect them on the other.

Based on this, this report provides an up-to-date, comprehensive overview of all system parameters and technical information required for the testing of ADAS.

In developing the solutions, the expertise of the Inspectors carrying out the checks is given high priority, as the differentiated inspection methods range from a visual inspection to integrated self-diagnostic systems and the use of diagnostic devices through to more complex functional checks (activation of various sensors and/or road tests).

Recommendations

KP and its Inspectors should be enabled to adequately review the testing of ADAS. It should be possible to implement the development step in the corresponding technical environment (test infrastructure) with the further developed requirements. The fact that the test times per vehicle cannot be increased indefinitely must be taken into account.

An extension of the applicable regulations, such as the Traffic Licensing Ordinance (VZV, SR 741.51) and the Ordinance on the Technical Requirements for Road Vehicles (VTS, SR 741.41), should be examined with regard to the ADAS-specific requirements. At the same time, the regulation of responsibilities between KP and other entities such as the APS in particular should be clarified and further technical training ensured.

Another recommendation concerns the data foundations. The KPs should be given access to the relevant data in order to be able to make binding assessments using suitable tools. The introduction of a national register or a targeted expansion of existing instruments such as an

extended federal information system, e.g. the Information System for Traffic Licensing (IVZ) or the Association of Road Traffic Offices (asa) with information on ADAS would be a prerequisite for this. It would be important for data on failed tests to be systematically recorded. Since 2024, failed tests can also be reported to the IVZ via the Traffic Certification Message Broker. Such reports would have to be comprehensive and consistent. Furthermore, information on the reasons why the examination was not passed should also be reported. The continuous collection of figures as part of the PTI and, where applicable, information from the market surveillance authorities (including those of the EU, such as ordered recalls) would form the necessary database for the assessment of vehicles during the PTI. This would ensure that the inspection of individual vehicles can be carried out effectively, i.e. focusing on known defects and weaknesses and taking as little time as possible. From this database, the data set of the specific vehicle to be checked should be available to the Inspectors. This would make it possible to focus the inspections. This further development would contribute to an improvement in road safety.

When implementing the control concept developed as part of this project, the introduction of measures can be staggered over time. Priority should be given to tests that can make a significant contribution to improving road safety and can be tested with simple means on the one hand and reach the largest possible number of vehicles on the road on the other.

Closing words

In this report, we have made significant additions to the PTI concept and focused on the medium to long-term challenges of ADAS technologies. The identified changes can be made in a differentiated and risk-oriented manner.

1 Einleitung

Das Forschungspaket Mensch und Fahrzeug MFZ 8 des ASTRA befasst sich unter anderem mit der Problematik von nicht ordnungsgemäss funktionierenden Fahrassistenzsystemen bei Fahrzeugen, die sich bereits in Betrieb befinden. Die vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zum methodischen Vorgehen bei der Bewertung ihrer Qualität und damit der Funktionssicherheit solcher Systeme. Gemäss Art. 33 VTS [7] werden die vorgegebenen Prüfungen im Rahmen der periodischen Kontrolle, d.h. während der ganzen Betriebsdauer der Fahrzeuge, durch die dafür zuständigen **kantonalen Prüfstellen (KP)** durchgeführt.

Das Durchschnittsalter der sich in Verkehr befindlichen Motorfahrzeuge ändert sich über die Zeit nicht stark. Dies hat zur Folge, dass ein kontinuierliches Wachstum der Anzahl in Verkehr stehender Fahrzeuge mit einer immer grösseren Anzahl und Vielfalt an **Fahrassistenzsystemen (FAS)** stattfindet. Die Bedeutung von einwandfrei funktionierenden FAS steigt somit schon rein aufgrund der hohen Verbreitung an. Die am häufigsten auftretenden Unfallursachen wurden zum Anlass genommen, um in der Verordnung über die allgemeine Sicherheit (GSR II) (EU) 2019/2144 [21] unter anderem Funktionen zu definieren, welche der Entstehung dieser Unfallursachen entgegenwirken. Basierend auf dieser Verordnung wurden Arbeitsgruppen von Normungsgremien beauftragt, Vorschriften auszuarbeiten, welche den Mindeststand der Technik definieren und so den Fahrzeugherstellern vorgeben, mit welchen FAS ihre Fahrzeuge künftig ausgerüstet sein müssen. Gegenwärtig sind in der GSR II Vorschriften Vorgaben für mindestens zehn FAS definiert, welche in zweijahresabständen gestaffelt eingeführt und verschärft werden (siehe Kapitel 2). Da die Technologie einiger dieser FAS auf komplexen Funktionen basiert, welche ihren Ursprung in der Robotik haben, ist davon auszugehen, dass technische Schwierigkeiten in diesem Zusammenhang auftreten werden. Wie sich die Einführung der FAS auf das Verkehrsgeschehen auswirkt, muss auf jeden Fall beobachtet werden. Nebst den beabsichtigten Vorteilen werden sich möglicherweise auch negative Effekte manifestieren.

1.1 Problembeschreibung

Für die Typengenehmigung und die Erstzulassung von Fahrzeugen ist die Einhaltung der geltenden Vorschriften Voraussetzung. Die Konformität mit diesen Vorgaben wird durch das Erbringen definierter Nachweise gewährleistet.

Während in diesen Fällen selbst hochkomplexe Systeme durch spezialisierte technische Dienste wie Prüflabore oder Prüfstellen behandelt werden können, beschränken sich die möglichen Kontrollen von sich bereits im Verkehr befindlichen Fahrzeugen, gemäss aktuellen Vorgehensweisen und Möglichkeiten, meist auf Stichproben von ausgewählten Systemen. Durch die vorhandenen Möglichkeiten der **On-Board Diagnose (OBD)** eines jeden FAS und der damit verbundenen Informationssysteme, namentlich Kontrollleuchten oder Textmitteilungen, kann auf das Funktionieren bzw. mindestens auf das Vorhandensein der Selbstdiagnose geschlossen werden. Eine systematische Prüfung der Integrität und der Funktionsfähigkeit dieser sicherheitsrelevanten Elektronikkomponenten wird nicht durchgeführt.

Heute sind die KP als beauftragte Stellen nur eingeschränkt in der Lage, eine Aussage über die Qualität und die sichere Funktion von verbauten FAS zu machen.

Diese Situation ist nicht zufriedenstellend. Der Ausfall eines Systems wird mit hoher Wahrscheinlichkeit von der Selbstdiagnose festgestellt und angezeigt (meist mit einer Warnlampe). Es ist jedoch nicht möglich, direkt eine detailliertere Bewertung anderer Fehler vorzunehmen, die entweder gar nicht oder mit einem weniger leicht erkennbaren Fehlercode angezeigt werden.

Zudem können FAS während des Fahrzeuglebens Updates mit Korrekturen und Funktionserweiterungen erfahren. Über die Präzision eines Systems, die korrekte Einstellung usw. lassen sich aktuell bei den periodischen oder anderen Kontrollen von sich im Verkehr befindlichen Fahrzeugen keine qualifizierten Aussagen treffen.

FAS wie **Antiblockiersysteme (ABS)**, **elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)** oder **Antriebs-Schlupf-Regelung (ASR)** kommen schon seit längerem zum Einsatz, immer häufiger sind moderne Fahrzeuge aufgrund regulatorischer Vorgaben (siehe Kapitel 2) auch mit Spurhalteassistenten, Notbremsassistenten und weiteren FAS ausgestattet. Systeme wie ABS, ESP und ASR sind mit einer robusten Fehlererkennung ausgestattet und können so z.B. einen defekten Sensor mittels Warnleuchte im Armaturenbrett anzeigen. Dadurch wird der Fahrer über die Fehlfunktion eines Assistenzsystems in Kenntnis gesetzt und kann seine Fahrweise entsprechend anpassen. Spätestens bei der periodischen Kontrolle (**P**eriodical **T**echnical **I**nspection; PTI) wird dies von einem Verkehrsexperten bemängelt.

Gemäss Vermeulen et al. [78] kann es aber sein, dass die Warnleuchte oder Fehlermeldung so manipuliert wurde, dass die Warnung nicht angezeigt wird. Mögliche Absichten dahinter sind die Vermeidung kostspieliger Reparaturen, die Verschleierung von Manipulations- und Umgehungsversuchen oder die Beeinflussungen der Motorleistung bzw. des Geräuschverhaltens. Die Warnleuchten-Kontrolle beim Einschalten der Zündung kann solche Vorhaben offenbaren, aufwändigere Manipulationen berücksichtigen aber auch diesen Aspekt. Bei der genannten Studie wird ebenfalls beobachtet, dass diese Einrichtungen bei Personenwagen mit Emissionsstufe Euro 6d **Worldwide harmonized Light Duty Test Procedure (WLTP)** schwieriger zu umgehen sind. Seit der Umstellung auf den WLTP-Fahrzyklus mittels Emissionsverordnung (EU 2017/1151 Anhang I Kap. 2.3.2) [28], müssen die Hersteller wirkungsvolle Massnahmen im Fahrzeugnetz vorsehen, um die Fälschung des Kilometerstands in der Steuerung des Antriebsstrangs sowie in der Übertragungseinheit für den Datenfernaustausch (falls vorhanden) zu verhindern. Die Hersteller müssen systematische Techniken zum Schutz gegen unbefugte Benutzung sowie Schreibschutzvorrichtungen anwenden, die die Integrität z.B. des Kilometerstands sichern. Die Genehmigungsbehörde genehmigt Verfahren, die einen ausreichenden Schutz gegen unbefugte Eingriffe bieten. An dieser Stelle mag man sich fragen, wieso diese Anforderungen in der Emissionsverordnung platziert wurden, die generellen Anforderungen an den Tachometer sind ansonsten in der ECE-R39 (siehe auch Art.55 VTS [7]) gesammelt. Die oben genannten Emissionsvorschriften enthalten Anforderungen für die **In-Service Conformity (ISC)**. Dabei müssen WLTP geprüfte Fahrzeuge bis zu einer bestimmten Streckenleistung oder einem bestimmten Alter (gem. Art. 9.3 ECE-R83 [35], 100'000 km oder 5 Jahre), je nachdem was zuerst eintritt, die von einem Akkreditierten Prüflabor stichprobenmässig durchgeführten Emissionsprüfungen weiterhin bestehen. In den neuen Emissionsvorschriften für Euro 7, im Anhang II der Verordnung (EU) 2024/1257 [29] werden diese Anforderungen verschärft. Durch illegales Zurückdrehen des Kilometerstandes wird beabsichtigt, den Restwert des Fahrzeuges auf dem Gebrauchtwagenmarkt zu steigern. Nebst dem negativen Einfluss auf die Verkehrssicherheit besteht für den Hersteller so die Gefahr, dass ein Fahrzeug mit eigentlich hohem km-Stand wieder in den Fokus der ISC-Anforderungen gerät. So kann das Nichtbestehen dieser Nachprüfungen für den Hersteller kostspielige Folgen haben, wie etwa Rückrufe oder Straffzahlungen. Abgesehen davon gibt es im Bericht zur Vision Zero des europäischen Parlaments [80], das Pilotprojekt ODOCAR, wo die bei der PTI erhobenen Kilometerstände länderübergreifend in einer Datenbank gesammelt werden, um einen weiteren Mechanismus dafür zu haben, manipulierte Kilometerstände aufzudecken. Gemäss einer von Netherlands Vehicle Authority (RDW) publizierten Studie über die Manipulation von Tachometern [79], steht eines von fünf Fahrzeugen im Verdacht, manipuliert worden zu sein.

Die vorliegend beschriebenen Verhältnisse, die im Bereich der Abgas- und Geräuschemissionen hinlänglich bekannt und etabliert sind, sind auch für FAS zu erwarten. Bei den FAS ist hingegen kaum die Tuningszene als Treiber des Problems zu erwarten. Im Kontext der Vermeidung, resp. Reduktion von Reparaturkosten stellt sich hingegen das Problem, dass bei den FAS die Sicherheit tangiert ist. Die Ansprüche an eine adäquate Behandlung des Themas sind damit mindestens genauso gegeben.



Abbildung 1: Kombiinstrument MJ2012 Volvo V50 D3, Anzeigedauer der Lampenprüfung der Kontrollleuchten ca. 2 Sekunden



Abbildung 2: Kombiinstrument MJ2021 Volvo V60 B4, Anfangsphase der Lampenprüfung der Kontrollleuchten



Abbildung 3: Kombiinstrument MJ2021 Volvo V60 B4, Endphase der Lampenprüfung der Kontrollleuchten mit Statusanzeige der FAS

Die Vielfalt der anzutreffenden Anzeige- und Warnkonzepten ist auf die Empfehlungen für die Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) 2007/78/EG [14] zurückzuführen. Dadurch wird es schwierig für die Verkehrsexperten, jede Anomalie der Anzeige eindeutig als Mangel zu klassifizieren (siehe Abbildung 1). Bei moderneren Fahrzeugen mit zahlreichen FAS kann die Kontrollleuchten-Lampenprüfung beim Aufstarten des Kombiinstrumentes sogar mit einer Statusanzeige für jedes einzelne FAS ausgestattet sein (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3). Weitergehende missbräuchliche Praktiken wie das bewusste Löschen von allen gespeicherten Fehlercodes in der Electronic Control Unit (ECU) über die OBD-Schnittstelle kurz vor der PTI gilt es mitzuberücksichtigen. Weiter wird es immer Fälle geben, bei denen die Systemüberwachung des Herstellers unbeabsichtigt Lücken aufweist und damit Systemfehler nicht angezeigt werden. Mit einem frei auf dem Markt erhältlichen OBD-Dongle (siehe Abbildung 12) und einer entsprechenden Mobiltelefon-Applikation können Fehlercodes auf einfache Weise gelöscht werden. Daher wird eine kurze Probefahrt mit Betätigung der Bremsen und der Lenkung vor der Prüfung der Warnleuchten empfohlen. Bei komplexeren FAS, welche teilweise aus Kamera, Radar, LiDAR oder einer Kombination mehrerer solcher Systeme bestehen, kann eine Fehlfunktion nicht immer mit einer Selbstdiagnose erkannt werden. Laut TÜV Rheinland und britischem Transport Research Laboratory (TRL) werden bis zu 790'000 «Risikoereignisse» auf EU-Strassen im Jahr 2029 auf Grund verminderter Leistung von Spurhalteassistenzsystemen erwartet [63]. Die verminderte Leistung sei auf Unfälle, unsachgemässe Reparaturen und Verschleiss zurückzuführen. Gemäss den Autoren müssen die Zusammenhänger aber noch genauer erforscht werden.

Für die Typengenehmigung des Fahrzeuges werden FAS also anhand der spezifischen EU-Verordnungen oder UNECE-Regelungen sehr genau überprüft und getestet und müssen für die Typengenehmigung hohe Sicherheitsstandards erfüllen. Mittels Simulationen, Software-in-the-Loop (SiL), Hardware-in-the-Loop (HiL) und realen Testfahrten wird eine zuverlässige Funktionalität sichergestellt. Während der Lebenszeit des Fahrzeuges werden die FAS hauptsächlich durch die Selbstdiagnose überwacht. Eine Fehlfunktion, welche von dieser Selbstüberprüfung nicht erfasst wird, kann möglicherweise bis ans Lebensende des Fahrzeuges unerkannt bleiben. Nur eine genaue Inspektion des spezifischen FAS führt zur Erkennung der Fehlfunktion. Solche Inspektionen werden jedoch in der Regel nicht durchgeführt, solange das jeweilige FAS nicht beschädigt, repariert oder ausgetauscht wurde. Die genannte Studie [63] besagt, dass nur regelmässige Wartungen und technische Überprüfungen zeigen können, ob ein FAS über seine gesamte Lebensdauer korrekt funktioniert. Solche Überprüfungen müssen von Fachkräften durchgeführt werden, welche über die richtige Aus-/Weiterbildung sowie die Ausrüstung und das Prüfgelände verfügen. Für einen normalen Garagenbetrieb wäre der Kostenaufwand hierfür vermutlich zu hoch. Spezialisierte Unternehmen bieten Produkte oder Dienstleistungen für die präzise Überprüfung der FAS an [63], [64], [65].

Bei der Überprüfung können markenspezifische Systemdaten (z.B. Sensordaten), welche für Dritte womöglich nicht zugänglich sind, Probleme verursachen. Für die Überwachung der FAS können solche jedoch substanziell sein. Dass Hersteller gewisse Daten nicht zugänglich machen, kann mit dem freien Markt und dem Innovationsgeist begründet werden. Andererseits gibt es bereits EU-Verordnungen, welche die Offenlegung der Daten fordern, welche nötig sind, um die Sicherheit im Strassenverkehr sicherstellen zu können [20], [24] sowie Art. 4 Richtlinie 2014/45/EU [12]. Das Erstellen, der Betrieb und der Unterhalt einer solchen Datenbank ist aber mit einem erheblichen Arbeitsaufwand verbunden, da die Daten der zahlreichen Hersteller zusammengetragen, aufbereitet und bei Erscheinen von neuen Modellen laufend ergänzt werden müssen.

Verschiedene Ereignisse wie zum Beispiel Unfälle oder der Austausch von einzelnen Bauteilen aber auch Alterung können dazu führen, dass FAS Fehlfunktionen aufweisen, welche von der Selbstdiagnose nicht erfasst werden. Auch erfasste Fehlfunktionen können problematisch sein, wenn z.B. der Spurhalteassistent auf Grund einer defekten oder verschmutzten Windschutzscheibe in einem Moment abschaltet, in dem der Fahrer bspw. unkonzentriert ist und ein Eingriff des FAS notwendig wäre. Die ISO/TR 9839 [62] ist an Hersteller gerichtet und befasst sich mit der Anwendung vorausseilender Wartung an elektrisch/elektronischen Systemen (E/E-Systeme). Diese technische Regel enthält Techniken, wie die vorausseilende Wartung bei Strassenfahrzeugen realisiert werden kann und hat somit massgeblichen Einfluss auf die Fähigkeiten der Selbstdiagnose eines jeden Systems. Um die Sicherheit im Strassenverkehr auf einem vertretbaren Niveau zu halten, ist aufgrund der Erhöhung der Anzahl der Fahrzeuge mit FAS eine periodische Prüfung gewisser Systeme wie Spurhalte- oder Notbremsassistenten unumgänglich.

1.2 Ansatz und Zielsetzung

Forschungsziel dieser Arbeit ist es, den verschiedenen betroffenen Stellen (Behörden, Ämter etc.) einen Überblick vorzulegen, ob und wie bestimmte FAS zum aktuellen Zeitpunkt kontrolliert bzw. geprüft werden können. Dabei soll aufgezeigt werden, auf welche Systeme in welcher Weise (Art der Prüfung, Intervalle etc.) der Fokus gelegt werden sollte. Für nicht auf bisheriger Infrastruktur und Prüftechnik basierende Prüfungen sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie diesen neuen Herausforderungen Rechnung getragen werden kann, z.B. wer zusätzlich zu einer KP was wann und wie prüft. Angelehnt an Vorschriften sowie Herstellerangaben wurden die Prüfgrundlagen und Lösungsansätze definiert. So wurde gewährleistet, dass technisch durchführbare Vorgehensweisen festgelegt werden konnten. Durch eine adäquate Durchführung von eins zu eins Prüfungen (sogenannte o-Serien) wurde der Transfer von der Theorie zur Praxis realisiert und verifiziert. Damit stand der Anspruch auf möglichst praxisnahe und effiziente Lösungsansätze durchgängig im Fokus.

Folgende Punkte wurden mit diesem Projekt untersucht:

- Welche FAS heute und in Zukunft an Relevanz gewinnen werden und welche neuen FAS hinzukommen werden.
- Wie sich die FAS der verschiedenen Hersteller unterscheiden.
- Welche Daten benötigt werden, um die Funktionstüchtigkeit des FAS zu überprüfen und wie man an die Daten gelangt.
- Welche Ausrüstung für die Überprüfung des FAS benötigt wird.
- Wie oft ein prüfpflichtiges FAS überprüft werden soll.
- Welche Instanz für die Überprüfung verantwortlich ist (KP, Garagenbetrieb, Anerkannte Prüfstelle (APS), etc.).

1.3 Vorgehen, Grundlagen und Methodik

Basierend auf den Vorgaben der Ausschreibung liegt der Fokus der vorliegenden Untersuchung primär bei im Verkehr zugelassenen Fahrzeugen, welche im teilautomatisierten Betrieb verwendet werden können (Klassen M und N bis Stufe 2 nach SAE J3016 [52], Erläuterung unter Kapitel 3.1.2). Dabei werden die Resultate des bfu-Projektes «Automatisierte Fahrzeuge in der Fahrausbildung» berücksichtigt [66]. Der Bericht beinhaltet eine Beschreibung von aktuell prioritären FAS für Personenwagen und Motorräder und eine Evaluation ihrer Sicherheitsrelevanz.

Diese qualitative Abschätzung wird in der vorliegenden Arbeit durch andere relevante Aspekte ergänzt.

Die periodischen Fahrzeugprüfungen bei KP werden künftig mit heute zum Teil noch unbekannten Anforderungen konfrontiert. Ein Ziel dieses Projekts ist es, die für die FAS-Überprüfungen notwendigen Anpassungen und Erneuerungen bei periodischen Fahrzeugprüfungen (PTI) hervorzuheben.

Die anzustrebende Praxistauglichkeit der Prüfverfahren beinhaltet die bestmögliche Einbindung in die bekannten Prüfverfahren und Infrastrukturen. Die Evaluation, inwieweit eine Einbindung umsetzbar ist, ist Teil der Arbeit. Dies hängt von den aussagekräftigen und reproduzierbaren Verfahren, Prüfungen, Intervallen und Mitteln, welche für die FAS relevant sind, ab. Der Projektablauf gestaltete sich so, dass als Erstes die aktuellen und zukünftig sicherheitsrelevanten FAS evaluiert wurden. Auf dieser Basis wurde entschieden, welche Systeme genauer überprüft werden sollen. Gleichzeitig befasste sich die Projektgruppe mit dem Erarbeiten von Prüfgrundlagen. Anschliessend wurden mit Hilfe der Resultate aus den vorherigen Arbeitsschritten konkrete Lösungsansätze erarbeitet. Schlussendlich wurden die Prüfungen durchgeführt und mittels o-Serien die Ergebnisse verifiziert.

Die Methodik bestand aus:

- Literaturanalyse, d.h. Auswertung der einschlägigen nationalen und internationalen Vorschriften und Normen.
- Expertengesprächen, d.h. Interviews mit ausgewiesenen Fachexperten (Automobiltechnik).
- Inputs aus der Begleitkommission und eigenen Einschätzungen.

1.3.1 Arbeitspakete

Für die Erarbeitung der projektrelevanten Punkte wurde gemäss folgenden Arbeitsschritten (Arbeitspakete kurz AP) vorgegangen: In AP1 werden die aktuellen und zukünftigen sicherheitsrelevanten FAS evaluiert und es wird entschieden, welche Systeme genauer überprüft werden sollen. AP2 befasst sich mit dem Erarbeiten von Prüfgrundlagen. In AP3 werden mit Hilfe der Resultate von AP1 und AP2 konkrete Lösungsansätze erarbeitet. Schlussendlich werden in AP4 die Prüfungen durchgeführt und in AP5 mittels o-Serien die Ergebnisse verifiziert und der Schlussbericht erstellt.

1.3.1.1 AP1: Evaluierung aktueller und zukünftiger Stand der FAS

Es wird überprüft, welche FAS heute und in Zukunft eine wichtige Rolle spielen werden. Als Basis dienen die Zusatzinformationen der Ausschreibung 7.8.1. Anschliessend wird die Frage beantwortet, für welche FAS eine regelmässige Überprüfung angebracht ist. Hierzu dienen unter anderem nationale und internationale Studien, welche Unfälle und deren Ursachen erforschen. Können Unfälle mit spezifischen FAS vermieden oder ihre Anzahl verringert werden, wird das FAS in die Auswahl der zu überprüfenden Systeme aufgenommen.

In diesem AP werden auch FAS verschiedener Hersteller miteinander verglichen. So gibt es z.B. Notbremsassistenten, welche nur auf Fahrzeuge reagieren, andere hingegen erkennen auch Fussgänger oder Fahrradfahrer bzw. Motorräder. Daher muss eine Diversifizierung auch innerhalb eines FAS gemacht werden, um die Inhalte des Projektes eindeutig zu definieren.

Output AP1: Liste mit allfällig zu überprüfenden FAS. Dieser Output wird als Meilenstein 1 (MS1) gesetzt.

1.3.1.2 AP2: Prüfgrundlagen basierend auf Vorschriften

Die aus AP1 resultierenden FAS werden betreffend Überprüfbarkeit/Kontrollierbarkeit und Relevanz genauer untersucht. Durch im Projekt involvierte Fachpersonen wird sichergestellt, dass sowohl die Theorie als auch die Praxis miteinbezogen werden. Etablierte Systeme wie etwa ABS oder ESP sind zwar sicherheitstechnisch sehr relevant, ihre regelmässige Kontrolle ist aber nicht nötig, da ihre Selbstdiagnosen erwiesenermassen zuverlässig funktionieren. Bei komplexeren FAS, wie z.B. dem Notbremsassistenten, wird die Frage beantwortet, bis zu welchem Grad die Überprüfung stattfinden kann. Hierfür werden Vorgaben der Hersteller berücksichtigt, was auch bedingt, dass Systemdaten aus den Fahrzeugen ausgelesen werden können. Mit Beachtung gesetzlicher Vorschriften und der in Kapitel 2 genannten Normen wird entschieden, welche Parameter des Fahrzeuges für die Überprüfung des jeweiligen FAS relevant sind. An dieser Stelle wird evaluiert, welche Systemdaten notwendig sind und ob diese ohne zu grossen zusätzlichen Aufwand erfasst werden können. Dies hängt davon ab, wie gut die Systemdaten der einzelnen Hersteller zugänglich sind. An diesem Punkt wird entschieden, ob die auf diese Weise verfügbaren Daten ausreichen, oder ob weitere Schritte notwendig sind (z.B. Anschaffung weiterer Ausrüstung oder übergeordnete regulatorische Schritte, damit Hersteller die Systemdaten zugänglich machen). Die Anzahl relevanter Systemparameter wird auf eine übersichtlich kurze Liste gebracht.

Parallel dazu werden technische Informationen zu Soll-Angaben wie Abstände und Winkel relevanter Sensoren und Kameras der FAS von den Herstellern in Erfahrung gebracht. Auch hier besteht die Frage, welche Daten die einzelnen Hersteller gewillt sind, an Dritte zu geben, oder ob allenfalls (allgemeingültige) Lösungsansätze definiert werden können. Das weitere Vorgehen und die Art der Lösungsansätze in AP3 hängen teilweise von diesem Vorhaben ab.

Output AP2: Zusammenfassung der für die Überprüfung notwendigen Systemparameter und technischen Informationen. Als Meilenstein 2 (MS2) werden die vorliegenden Prüfgrundlagen gesetzt.

1.3.1.3 AP3: Lösungsansätze auf Basis von AP1 und AP2

Mit Hilfe der vorhandenen Daten werden konkrete Mess- und Prüfscenarien erstellt. Diese können je nach zu prüfendem FAS von der Art und Komplexität her unterschiedlich ausgeprägt sein:

- Auslesung der Systemparameter
- Simulationen (z.B. Alterung)
- Statische Messungen
- Messfahrten

Kombinationen der genannten Szenarien sind möglich. Stellt sich heraus, dass der Output von AP2 für die Umsetzung (AP4) zu umfangreich ist, wird AP2 revidiert. Es ist möglich, dass nicht alle gewünschten Parameter eingesehen und/oder überprüft werden können, und dass eine starke Abhängigkeit von der Zugänglichkeit zu den Herstellerdaten besteht.

Output AP3: Übersicht mit Programmen/Prüfscenarien zur Überprüfung der gewählten FAS. Dieser Output wird als Meilenstein 3 (MS3) gesetzt.

1.3.1.4 AP4: Umsetzung und Konsequenzen

Aus den in AP3 erstellten Prüfprogrammen wird ein Umsetzungsplan erstellt, welcher eine effiziente Durchführung der Tests ermöglicht. Diese werden anschliessend auf dem Testgelände der DTC AG realisiert. Hierbei ist die Anlehnung an die Bedingungen und Möglichkeiten in einer KP ein wichtiges Kriterium bei der Ausgestaltung der Prozesse. Die Tests resp. Prüfungen werden analysiert und validiert und nötigenfalls modifiziert, wodurch ggf. notwendige

Anpassungen am Umsetzungsplan gemacht werden können. Dieses AP lässt Schlüsse darüber zu, welchen (Prüf-) Aufwand welche FAS zur Folge haben und wer allenfalls geeignet ist (personelle, messtechnische und infrastrukturseitige Voraussetzungen), die Prüfungen durchzuführen. Des Weiteren kann mit Hilfe dieses APs abgeschätzt werden, wie sich der zeitliche Prüfaufwand präsentieren wird.

Output AP4: Finales Prüfprogramm mit Auswertungen zu den einzelnen Tests und dem gesamten Ablauf inklusive erforderliche Kompetenz- und weiteren Voraussetzungen. Dieses Prüfprogramm gilt als Meilenstein 4 (MS4).

1.3.1.5 AP5: Verifizierung, 0-Serie und Schlussbericht

Die Verifikation der erarbeiteten Umsetzungsplanung samt Modifikationen wird in einer finalen Phase durchgeführt. Anhand der Ergebnisse dieser Überprüfung wird eine endgültige Bewertung der Erkenntnisse und Resultate des Projekts vorgenommen. Dieses AP wird als Meilenstein 5 (MS5) gesetzt. Die Frage, welche FAS einer regelmässigen Untersuchung bedürfen und in welchem Umfang, kann abschliessend beantwortet werden. Es wird sich herausstellen, ob die Selbstdiagnose-Fähigkeit gewisser FAS ausreichend ist, wodurch die standardmässige PTI genügt, da eine Fehlfunktion mittels optischem Signal dem Fahrer mitgeteilt würde – oder ob spezifische FAS künftig von einer KP unter zusätzlichem Aufwand von Material und Infrastruktur oder von einer separaten Fachstelle auf ihre Funktionstüchtigkeit geprüft werden müssen. Eine weitere mögliche Schlussfolgerung wäre, dass für gewisse FAS ein regelmässiger Test bei einem qualifizierten Garagenbetrieb notwendig wird, ähnlich dem obligatorischen Abgastest für bestimmte Fahrzeuge (kein oder nicht anerkanntes OBD-System, kein Katalysator). Dieser letztgenannte Ansatz könnte das Problem des Zugriffs auf markenspezifische Daten und Informationen umgehen, da die Hersteller in diesem Fall keinen direkten Zugang Dritter auf diese Daten zulassen müssten.

Output AP5: Beantwortung der in Kapitel 2 genannten Fragen, Schlussbericht der Forschungsarbeit. MS5 ist der erstellte Bericht.

1.3.2 Forschungsplan

In der Summe erstreckte sich das Forschungsprojekt auf rund 2 Jahre. Die einzelnen AP und Meilensteine (jeweils zum Ende der Perioden dunkler dargestellt; funktional ergab sich die Anforderung, dass der Meilenstein 3 vor dem Meilenstein 2 erreicht werden sollte) sind im folgenden Gantt-Diagramm abgebildet:

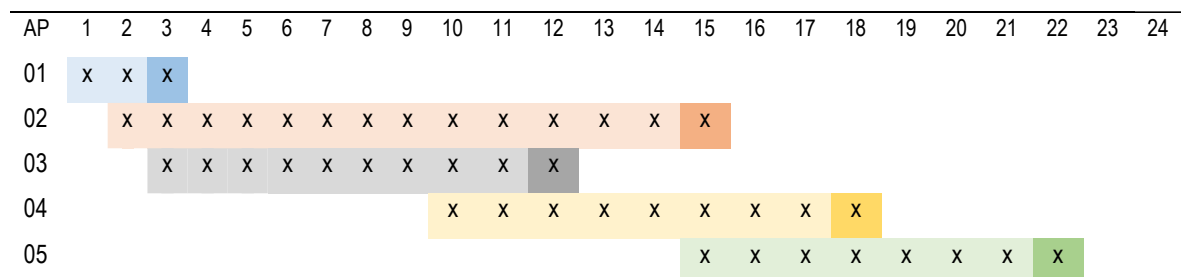


Abbildung 4: Gantt-Diagramm des Projekts (Einheit der Zeitachse: Monate)

Die hohen Überschneidungsgrade der AP basierten einerseits darauf, dass in den ersten drei AP eine rasche Entwicklung in Richtung Praxistauglichkeit angestrebt wurde. Andererseits galt es,

evtl. Entwicklungsschleifen auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse bei der Projektplanung zu berücksichtigen.

2 Analyse (AP1)

Als erster Arbeitsschritt wurde der Stand der Technik der FAS analysiert. Fahrzeughersteller bedienen sich, je nach Wirtschaftsraum, an verschiedenen regional oder international anerkannten Dokumenten (wissenschaftliche Paper, Herstellerpublikationen), welche den jeweiligen Stand der Technik repräsentieren und Vorgaben zum Entwicklungsprozess oder konkrete technische Anforderungen für ein FAS enthalten. Innerhalb des Europäischen Binnenmarkts sind die Hersteller aus Produkthaftungs- und Typengenehmigungsgründen angehalten, zahlreiche ISO-, EN- und IEC-Normen, die UNECE-Regelungen, sowie die Verordnungen und Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft anzuwenden.

Gestützt auf die Verordnung über die allgemeine Sicherheit (EU) 2019/2144 Anhang 2 [21] sind in der EU ab 6. Juli 2022 folgende FAS und weitere Systeme für neue EU-Fahrzeugtypengenehmigungen sowie ab dem 7. Juli 2024 in der EU neu zugelassene bzw. in die Schweiz importierte Fahrzeugtypen Pflicht:

- Notbremsassistent ECE-R152 [44]
- Notfall-Spurhalteassistent (EU) 2021/646 [22]
- Intelligenter Geschwindigkeitsassistent (EU) 2021/1958 [26]
- Müdigkeits- und Konzentrationswarner (EU) 2021/1341 [25]
- Rückfahrassistent ECE-R158 [48]
- Abbiegeassistenten- und Kollisionsswarnsysteme ECE-R159 [49]
- Notbremslicht (EU) 2019/2144 [21]
- Unfalldatenspeicher ECE-R160 [50]
- Reifendrucküberwachung (bereits Pflicht für PKW, neu auch für Nutzfahrzeuge, LKW, Busse, Anhänger) ECE-R141 [42], ECE-R64 [33]

Die Schweiz hat sich aufgrund bilateraler Abkommen [3] zum Erlass gleichwertiger Sicherheitsvorschriften verpflichtet.

- Nebst den aufgeführten FAS, welche verpflichtend sind, existiert noch eine Vielzahl von FAS, die herstellerspezifisch sind und somit nur in Fahrzeugen bestimmter Hersteller verbaut werden. Die Verordnung (EG) 661/2009 [14], auch **General Safety Regulation 1** (GSR I) genannt, sowie die Nachfolgereverordnung (EU) 2019/2144 [21], d.h. GSR II, liefern zusätzliche Informationen zum Kontext der Einführung. Dabei wurden die Wirksamkeit und Machbarkeit der Einführung der jeweiligen FAS berücksichtigt.
- Eine ganzheitliche Evaluation dieser technologischen Entwicklung durch die **Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu)** [66], ergibt zusätzlich eine Bewertung zur Sicherheitsrelevanz des jeweiligen FAS (Unterscheidung zwischen «gering», «mittel» und «hoch»). Folgende Systeme werden betreffend Sicherheitsrelevanz mit «hoch» eingestuft:
 - Elektronisches Stabilitäts-Programm (ESP)
 - Automatischer Notbremsassistent (AEBS)
 - Notfall-Spurhalteassistent (ELKS)
 - Intelligenter Geschwindigkeitsassistent (ISA).

Das Anti-Blockier-System (ABS) wird in dieser Auflistung nicht explizit genannt, es bestehen jedoch keine Zweifel, dass auch dieses System eine zentrale Bedeutung für die aktive Sicherheit einnimmt. Zusammen mit dem ESP und dem Reifendruckkontrollsystem ist das Vorhandensein des ABS bei neu zugelassenen Fahrzeugen der Klassen M und N verpflichtend. Für letztere Fahrzeugkategorie ist zudem auch der automatische Notbremsassistent und der Notfall-Spurhalteassistent obligatorisch. Die Systeme werden zurzeit nicht periodisch geprüft, sondern per Selbstdiagnose des Fahrzeuges überwacht.

Weiterführende Informationen und Übersichten der gängigsten, sich heute im Einsatz befindlichen FAS sind auch der Fachliteratur zu entnehmen [72].

2.1 Erfassung aktueller Systeme

2.1.1 Übersicht

Die Kernaufgabe im Rahmen der Erarbeitung dieses Berichts bestand in der Erstellung einer Tabelle, welche einerseits alle relevanten FAS auflistet und andererseits die notwendigen Attribute zur Beurteilung enthält (siehe ANHANG I Excel Tabelle aus AP1).

Es wurde überprüft, welche FAS heute und in Zukunft eine wichtige Rolle spielen werden. Als Basis dienen die Zusatzinformationen der Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Mensch und Fahrzeug (AG MFZ) zum vorliegenden Projekt (siehe 7.8 ANHANG VII Ausschreibung). Anschliessend wurde die Frage beantwortet, für welche FAS eine regelmässige Überprüfung angebracht ist. Hierzu dienen unter anderem nationale und internationale Studien, welche Unfälle und deren Ursachen erforschen (Road Safety - European Commission, NHTSA Crash Reporting). Können Unfälle mit spezifischen FAS vermieden oder ihre Anzahl verringert werden, wurde das FAS in die Auswahl der zu überprüfenden Systeme aufgenommen.

Die heute gängigen Unfallstatistiken enthalten jedoch nicht die notwendigen Attribute, um den Einfluss von FAS gezielt zu analysieren. Die Fahrzeuge, welche bereits mit fortschrittlichen FAS ausgerüstet sind, machen nur einen Teil der landesweiten Fahrzeugflotte aus und deren Ausstattung und Funktionen variieren in Abhängigkeit von Alter und Hersteller. Im Bericht über den EU-Politikrahmen für die Strassenverkehrssicherheit im Zeitraum 2021 bis 2030 [80] sind Aspekte dafür dargelegt, warum es nötig und sinnvoll ist, gewisse Daten zu erheben, damit die Wirkung von bereits umgesetzten Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit im Strassenverkehr beurteilt werden kann. Da sich in Abhängigkeit von der Verbreitung und der Leistungsfähigkeit der FAS auch die Verhaltensgewohnheiten der Fahrer verändern werden, gilt es, sich künftig ungewollt entwickelnde Verhaltensweisen zu erkennen und zu korrigieren. In einer Arbeitsgruppe der UNECE wurde ein Bericht [81] geteilt, welcher sich mit dem Verhalten von Fahrern auseinandersetzt, welche FAS verwenden. Die bei der PTI festgestellten Beanstandungen, sowie bei Unfallanalysen einem FAS zuweisbare Ursachen, sollen mit einer zu definierenden Detailierung protokolliert werden, welche zur Erstellung von Statistiken nötig sind. Des Weiteren könnten Leistungsindikatoren der einzelnen Massnahmen etabliert werden, welche es erlauben, die Investitionen zu Gunsten von effizienteren Massnahmen zu vergeben. So muss entschieden werden, ob das Geld in Verkehrsinfrastruktur, Ausbildungs- und Präventionsmassnahmen oder technische Überwachung investiert wird, bzw. ob durch das Vorschreiben von neuen FAS-Funktionalitäten eine messbare Verbesserung der Sicherheit im Strassenverkehr erreicht wurde bzw. wird. Damit diese Entscheidungsprozesse auf politischer Ebene durchgeführt werden können, sind detaillierte Statistiken unerlässlich.

Die FAS wurden nach Messgrössen und Wirkung eingeteilt. Auch die zugrundeliegenden Technologien (Sensoren und Aktoren) wurden erfasst. Unterschiede zwischen FAS-Konzepten verschiedener Fahrzeughersteller (Beispiel: Radar vs. LiDAR) wurden erfasst, diese fliessen in die vorgeschlagenen Prüfgrundlagen ein. Es wurden die aktuellen technischen Umsetzungen erfasst, das Feld entwickelt sich aber hochdynamisch.

Bei leichten Motorfahrzeugen (Gesamtgewicht (GG) höchstens 3.5 t) wurden 42 FAS und bei schweren Motorfahrzeugen (GG über 3.5 t) 27 FAS in Bezug auf deren Wirkung bewertet. Da die europäischen Regelungen und Verordnungen für diese FAS je nach Fahrzeugkategorie (EU-Fahrzeugklassen gem. Art. 12 VTS [7]) unterschiedlich sind, werden einige FAS in den folgenden Tabellen doppelt aufgeführt: einmal in der Liste der leichten Motorfahrzeuge und ein zweites Mal in der Liste der schweren Motorfahrzeuge. Diese FAS wurden von den Mitgliedern der Projektbegleitkommission (BK) nach der Relevanz ihres Einflusses auf die Verkehrssicherheit, den Verkehrsfluss und die Umwelt in drei Kategorien eingeteilt. Neben den spezifischen FAS wurden auch andere von der Verordnung (EU) 2019/2144 [21] vorgeschriebene Einrichtungen wie z.B. die Ereignisbezogene Datenaufzeichnung (EDR) ECE-R160 [50], der Schutz gegen Cyberangriffe ECE-R155 [45], die Software-Updates ECE-R156 [46] und die Schnittstelle für den Einbau der alkoholempfindlichen Wegfahrsperre Verordnung (EU) 2021/1243 [23] berücksichtigt. Anschliessend wurden sie entsprechend dieser Einteilung nummeriert:

- **V**erkehrssicherheit: VS01, VS02, usw.,
- **V**erkehrsfluss: VF01, VF02, usw.,
- **U**mwelt: UW01, UW02, usw.

Damit die Abkürzungen der FAS in den folgenden Tabellen mit den Bezeichnungen, die in den EU-Verordnungen und UNECE-Regelungen sowie von den Herstellern verwendet werden, übereinstimmen, wurden diese aus dem Englischen übernommen. Systeme, die speziell für automatisierte Fahrzeuge (Stufe 3, siehe 3.1.2, und höher) bestimmt sind, sind nicht Teil des Auftrags und wurden daher in diesem Bericht nicht berücksichtigt. Die Angaben zu Systembezeichnung, Stufe, Einführungsdatum, Gesetzgebung und Normen wurden erfasst. Für 27 Systeme konnte die gesetzliche Grundlage ermittelt werden. Für 42 leichte und für 27 schwere Fahrzeug-Systeme konnten internationale Normen bestimmt werden.

Fahrassistenzsysteme für leichte Motorfahrzeuge

Nr.	Abk.	Bezeichnung	Regelung	Zeitpunkt der Einführung ¹	Referenzen/ Bemerkungen
VS01	ABS	Antiblockiersystem	UN-Regelung Nr. 13H	24.02.2011	[30]
VS02	ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm	UN-Regelung Nr. 13H UN-Regelung Nr. 140	01.11.2011/01.11.2014	[30] [41]
VS03	BAS	Bremsassistentensystem	UN-Regelung Nr. 139	06.07.2020/06.07.2022	[40]
VS04	FCW	Frontalkollisionswarnung	-	-	siehe AEBS
VS05	AEBS	Notbremsassistentensystem	UN-Regelung Nr. 152	06.07.2022/07.07.2024	[44] / + ESS
VS06	BSW	Totwinkel-Warnsystem	-	-	-
VS07	ELKS	Notfall-Spurhalteassistent	VO (EU) 2021/646	06.07.2022/07.07.2024 ²	[22] / LKA, LDA, LDP
VS08	TPMS	Reifendrucküberwachungs-System	UN-Regelung Nr. 64 UN-Regelung Nr. 141	01.11.2011/01.11.2014 06.07.2022/07.07.2024	[33] ⇒ M1 ≤ 3,5t [42] ⇒ N1
VS09	IL	Automatisches Abbiegelicht	UN-Regelung Nr. 119	-	[36] / bis 70 km/h
VS10	ACL	Adaptives Kurvenlicht	UN-Regelung Nr. 123	-	[37] / siehe AFS
VS11	PDC	Einparkhilfe	-	-	-
VS12	RD	Rückfahrassistent	UN-Regelung Nr. 158	06.07.2022/07.07.2024	[48]
VS13	RCTA	Querverkehrswarnung hinten	-	-	siehe RD
VS14	ESS	Notstoppsignal	UN-Regelung Nr. 48	06.07.2022/07.07.2024	[32] / siehe BAS
VS15	RCAS	System zur Vermeidung von Heckkollisionen	-	-	-
VS16	DDAW ADDW	Warnsystem bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit des Fahrers	VO (EU) 2021/1341	06.07.2022/07.07.2024	[25] / ADDW ab 07.07.2024 / 01.07.2026 Pflicht
VS17	HDC	Bergabfahrlilfe	-	-	Gelände-Fz.
VS18	ACN	Automatisches Notrufsystem	VO (EU) 2015/758	31.08.2018	[18] / eCall
VS19	AFS	Aktivlenkung	UN-Regelung Nr. 79	-	[34]
VS20	AS	Adaptives Fahrwerk	-	-	Federung
VS24	AAD	Adaptive Luftleiteinrichtung	-	-	z.B. Audi TT
VS25	AROPS	Aktives Überrollschutzsystem	-	-	Cabriolets
VS26	-	Aktive Motorhaube	-	-	Fussgänger-schutz
VS27	BDW	Bremsscheibenwischer	-	-	-

¹ Erstes Datum: gültig für neue Fahrzeugtypen, zweites Datum: gültig für die erste Inverkehrsetzung von Neufahrzeugen / Import in die Schweiz.

² Fahrzeuge mit hydraulischer Servolenkung: 07.07.2024/07.07.2026, diese Fahrzeuge müssen jedoch stattdessen mit einem Spurhaltewarnsystem (LDWS) ausgerüstet sein

Fahrassistenzsysteme für leichte Motorfahrzeuge

Nr.	Abk.	Bezeichnung	Regelung	Zeitpunkt der Einführung ¹	Referenzen/ Bemerkungen
VS28	-	Regensensor	-	-	Wichtig für FAS mit Kamera und LiDAR
VS29	ALS-on	Automatisches Einschalten der Scheinwerfer	-	-	-
VS30	AFS	Adaptive Frontbeleuchtungssysteme	UN-Regelung Nr. 123	-	[37] / autom. Abblend-/Fernlicht-Umschalten
VS31	GFHB / NVA	Blendfreies Fernlicht / Nachtsichtassistent	-	-	-
VS32	HUD	Head-up-Display	-	-	-
VS33	-	Sprachsteuerung	-	-	-
VS34	EDR	Ereignisbezogene Datenaufzeichnung	UN-Regelung Nr. 160	06.07.2022/07.07.2024	[50] / EDR
VS35	Alcolock	Alkohol-Sperrsystem	VO (EU) 2021/1243	06.07.2022/07.07.2024	[23] / Vorbereitung zum Einbau
VS36	Cyber-security	Schutz gegen Cyberangriffe	UN-Regelung Nr. 155	06.07.2022/07.07.2024	[45]
VS37	-	Software-Updates	UN-Regelung Nr. 156	06.07.2022/07.07.2024	[46]
VFo1	RSA	Verkehrszeichenassistent	-	-	Geschwindigkeit Überhohlverbot
VFo2	ISA	Intelligenter Geschwindigkeitsassistent	VO (EU) 2021/1958	06.07.2022/07.07.2024	[26]/ Warnung / Verzögerung
VFo3	ACC / TJA	Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregler / Stauassistent	-	-	-
VFo4	TCS	Anti-Schlupf-Regelung	-	-	ASR
VFo5	HH	Berganfahrhilfe	-	-	Hill Holder
VFo6	IPAS	Intelligente Einparkhilfe	-	-	Park Assist
VFo7	TA	Anhänger-Rückfahr-Assistent	-	-	Trailer Assist
UW01	GSI	Gangwechselanzeige	VO (EU) 65/2012	01.11.2012/01.11.2014	[15] / Schaltgetriebe

Tabelle 1: Fahrassistenzsysteme für leichte Motorfahrzeuge

Fahrassistenzsysteme für schwere Motorfahrzeuge

Nr.	Abk.	Bezeichnung	Regelung	Zeitpunkt der Einführung ³	Referenzen/ Bemerkungen
VS01	ABS	Antiblockiersystem	71/320/EWG	01.01.2001/01.10.2001	
VS02	ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm	UN-Regelung Nr. 13	01.11.2011/01.11.2014 11.07.2012/15 bis 2014/16 anhand der Kategorie und der Kraftübertragung	[30] / Geländefahrzeuge ausgenommen
VS05	AEBS	Notbremsassistentensystem	VO (EU) 347/2012 UN-Regelung Nr. 131	01.11.2013/01.11.2015	[16] / [39] / Ausnahme: - N2-SZM < 8t - N3 > 3 Achse - Gelände-Fz.
VS06	BSW	Totwinkel-Assistentensystem	VO (EU) 351/2012 UN-Regelung Nr. 151	06.07.2022/07.07.2024	[17] / [43] / siehe BSIS
VS07	LDWS	Spurhaltewarnsystem	UN-Regelung Nr. 130	01.11.2013/01.11.2015	[38]
VS08	TPMS	Reifendrucküberwachungssystem	UN-Regelung Nr. 141	06.07.2022/07.07.2024	[42]
VS09	IL	Automatisches Abbiegelicht	UN-Regelung Nr. 119	-	[36] / bis 70 km/h
VS10	ACL	Adaptives Kurvenlicht	UN-Regelung Nr. 123	-	[37] / siehe AFS
VS12	RD REIS	Rückfahrassistent	UN-Regelung Nr. 158	06.07.2022/07.07.2024	[48]
VS14	ESS	Notstoppsignal	UN-Regelung Nr. 48	06.07.2022/07.07.2024	[32]
VS16	DDAW ADDW	Warnsystem bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit des Fahrers	VO (EU) 2021/1341	06.07.2022/07.07.2024	[25] / ADDW ab 07.07.2024 / 01.07.2026 Pflicht
VS21	BSIS	Totwinkel-Assistent zur Erkennung von Fahrrädern	UN-Regelung Nr. 151	06.07.2022/07.07.2024	[43] / nur für N2 > 8t GG und N3
VS22	MOIS	Kollisionswarnsystem für Fussgänger und Radfahrer bei geringer Geschwindigkeit	UN-Regelung Nr. 159	06.07.2022/07.07.2024	[49] / Moving Off Information System
VS23	-	Unmittelbarer Sichtbereich	-	07.01.2026/07.01.2029	-
VS28	-	Regensensor	-	-	Wichtig für FAS mit Kamera oder LiDAR
VS29	ALS-on	Automatisches Einschalten der Scheinwerfer	-	-	-

³ Erstes Datum: gültig für neue Fahrzeugtypen, zweites Datum: gültig für die erste Inverkehrsetzung von Neufahrzeugen.

Fahrassistenzsysteme für schwere Motorfahrzeuge

Nr.	Abk.	Bezeichnung	Regelung	Zeitpunkt der Einführung ³	Referenzen/ Bemerkungen
VS30	AFS	Adaptive Frontbeleuchtungssysteme	UN-Regelung Nr. 123	-	[37] / autom. Abblend-/Fernlicht Umschalten
VS31	GFHB / NVA	Blendfreies Fernlicht / Nachtsichtassistent	-	-	-
VS32	HUD	Head-up-Display	-	-	-
VS33	-	Sprachsteuerung	-	-	-
VS34	EDR	Ereignisbezogene Datenaufzeichnung	UN-Regelung Nr. 160	07.01.2026/07.01.2029	[50] / EDR
VS35	Alcolock	Alkohol-Sperrsystem	VO (EU) 2021/1243	06.07.2022/07.07.2024	[23] / Vorbereitung zum Einbau
VS36	Cyber-security	Schutz gegen Cyberangriffe	UN-Regelung Nr. 155	06.07.2022/07.07.2024	[45]
VS37	-	Software-Updates	UN-Regelung Nr. 156	06.07.2022/07.07.2024	[46]
VF01	RSA	Verkehrszeichenassistent	-	-	Geschwindigkeit Überhohlverbot
VF02	ISA	Intelligenter Geschwindigkeitsassistent	VO (EU) 2021/1958	06.07.2022/07.07.2024	[26] / Warnung / Verzögerung
VF03	ACC / TJA	Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregler / Stauassistent	-	-	-

Tabelle 2: Fahrassistenzsysteme für schwere Motorfahrzeuge

2.1.2 Sensorik

FAS bestehen in der Regel aus Sensoren, die die notwendigen Informationen an das jeweilige Steuergerät liefern, das die Daten verarbeitet und den Fahrer ggf. warnt und/oder die Aktuatoren der verschiedenen Stellglieder des Fahrzeugs betätigt:

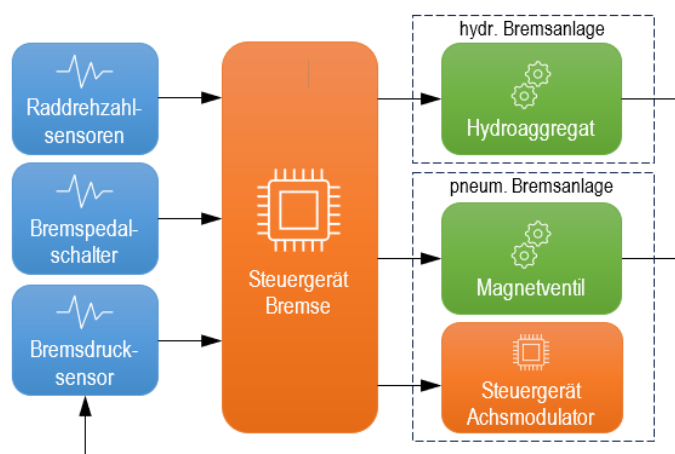


Abbildung 5: Funktionsprinzip eines FAS, Beispiel Blockschaltbild des ABS

Sensoren können einfache Schalter (z.B. Bremspedalschalter), Potentiometer (z.B. Lenkradwinkelsensor), Hallsensoren (z.B. Raddrehzahlsensoren), piezoelektrische Sensoren (z.B. Beschleunigungsmesser, Erfassung des Fahrbahnzustandes), Radarsensoren (Radiowellen-, Ultraschall- oder Laserradar, z.B. GNSS-Empfänger, Einparkhilfe), Kameras (Mono-, Stereo-, Thermobild- oder Infrarotkameras, z.B. Spurhalteassistent, Nachtsichtassistent) oder LiDAR (optisches Messsystem zur Erkennung von Objekten, z.B. Notbremsassistent) sein. Oft wird ein Sensor von mehreren Systemen parallel genutzt.

Die Daten von Radar, LiDAR, Kameras, Ultraschallsensoren und anderen Sensoren, können mit Hilfe der sogenannten Sensorfusion intelligent und in Echtzeit miteinander verknüpft werden. Dieses Prinzip bildet künftig auch die Grundlage für das automatisierte Fahren. Redundanzen, d.h. die teilweise Überlagerung der Ergebnisse bei der Erkennung der Umgebung, sind ausdrücklich erwünscht. Die redundante Erfassung der Umwelt mit Sensoren unterschiedlicher Technologien kann und sollte zur Plausibilisierung der Daten verwendet werden, d.h. eine systeminterne Kontrolle, ob die Umweltdaten korrekt erfasst wurden, verhindert eine Fehlinterpretation der Daten weitgehend. Je nach FAS, Automatisierungsgrad (SAE Levels nach SAE J3016 [52]) und Fahrzeugklasse hat man es also mit einer wachsenden Anzahl an Informationen und Sensordaten zu tun, die in Echtzeit verarbeitet werden müssen.

Von Fahrassistenzsystemen verwendete Sensoren

Bezeichnung	Funktion / Signal	Reichweite	Anwendungsbeispiel(e)
Schalter	Ein/Aus	-	Bremsleuchten
Potentiometer	Analoge Spannung, Widerstand	-	Motorsteuerung, LDWS, ELKS
Hallsensor	Magnetisch, Digital (0-1)	-	Raddrehzahl, ABS, ESP, TC
Piezoelektrischer Sensor	Bewegung, Beschleunigung, Druck, Geräusche	-	ESP, Pre-Crash, Fahrbahnzustand
Ultraschallsensor	Abstandsradar	30 – 250 cm	PDC, RD, BSW, BSIS
Radiowellen	Elektromagnetisch, Abstand, Position	∞	GNSS-Empfänger
Monokamera	Optisch, Objekterkennung	50 m	RSA, ISA
Stereokamera	Optisch, 3D-Objekterkennung	50 m	LDWS, ELKS, FCW, AEBS
Infrarotkamera	Optisch, Erkennen von Lebewesen	300 m	NVA, GFHB
LiDAR	Laser, 3D-Objekterkennung	200 m	Redundanz anderer optischer Sensoren

Tabelle 3: Von Fahrassistenzsystemen verwendete Sensoren

Die Blockschaltbilder der einzelnen FAS befinden sich im Anhang 7.5 Prüfzenarien.

2.2 Priorisierung der Systeme

Mit diesem Schritt wurden die Systeme, welche die grösste Wirkung auf die Verkehrssicherheit haben, erkannt und definiert.

Die Priorisierung der Systeme wurde nach fachlichem Abgleich des Projektteams mit der BK durchgeführt. Ursprünglich war vorwiegend eine Einstufung betreffend Sicherheitsrelevanz der einzelnen FAS vorgesehen.

2.2.1 Sicherheitsrelevanz

Die Sicherheitsrelevanz der gängigsten FAS wurde zum einen von der bfu im Bericht «Automatisiertes Fahren - Fahrausbildung» [66], zum anderen von der BK und schliesslich vom Projektteam beurteilt. Die Attribute «hoch», «mittel» und «niedrig» wurden durch eine Bewertung von 1 bis 3 ersetzt, wobei der kleinste Wert die höchste Wichtigkeit darstellt. Anschliessend wurde ein Durchschnittswert errechnet, um die FAS nach ihrer Sicherheitsrelevanz zu klassifizieren:

Sicherheitsrelevanz der verschiedenen FAS für leichte Motorfahrzeuge						
Nr.	Abkürzung	Pflicht (ab 2026) bfu	Bewertung	Bewertung BK	Bewertung Projektteam	Note
VS01	ABS	ja	-	1	1	1.00
VS02	ESP	ja	1	1	1	1.00
VS03	BAS	ja	1	1	1	1.00
VS05	AEBS + ESS	ja	1	1	1	1.00
VS07	LKA, LDP, LDW, ELKS	ja	1	1	1	1.00
VS16	DDAW, ADDW	ja	2	1	1	1.33
VF02	ISA	ja	1	2	2	1.66
VS12	RD	ja	2	2	2	2.00
VF03	ACC, TJA	nein	2	2	3	2.33
VS31	NVA, GFHB	nein	3	1	3	2.33
VS08	TPMS	ja	-	3	2	2.50
VS10	ACL	nein	3	2	3	2.66
VS30	AFS	nein	3	2	3	2.66
VF01	RSA	nein	3	2	3	2.66
VF06	IPAS	nein	3	3	2	2.66

Tabelle 4: Sicherheitsrelevanz der verschiedenen FAS für leichte Motorfahrzeuge

Im Laufe des Projekts wurde von der BK beschlossen, die Bewertung zu ergänzen und differenziert nach den Aspekten Verkehrssicherheit, Verkehrsfluss und Umwelt zu beurteilen.

2.2.2 Spezifische Betrachtungen zu Verkehrssicherheit

Der Entscheidung, welche fortschrittlichen FAS in die künftige periodische Fahrzeugprüfung einbezogen werden sollen und welche Priorität ihnen eingeräumt werden soll, kann noch eine alternative Bewertung zugrunde gelegt werden: die Bewertung der Auswirkungen der einzelnen Komponenten auf die Verkehrssicherheit des Fahrzeugs auf der Basis deren bekannten typischen Ausfallraten. Qualitativ hochwertige und umfangreiche Daten über Fehlerquoten stammen aus einer europäischen Feldstudie [67]. Im Rahmen von Untersuchungen in drei Ländern an 1213 repräsentativen Fahrzeugen konnte eine ungefähre Ausfallrate für jedes System erfasst werden, die sog. FAS-Defektrate, die aktuell, ohne gezielte Kontrolle, vorliegt.

Bisher wurde der geringe Effekt von FAS auf das Unfallgeschehen in der Schweiz auf die geringe Anzahl der mit relevanten FAS ausgestatteten Fahrzeuge zurückgeführt [69]. Obwohl der Anteil solcher Fahrzeuge an der gesamten Fahrzeugflotte laufend steigt, konnten für das vorliegende Projekt keine aktuelleren und spezifischeren Daten für die Schweiz gefunden werden. Probleme mit FAS werden von aktuellen Pannen- und Unfall-Statistiken, wie sie aus verschiedenen Quellen wie Behörden, Versicherungen oder Verkehrsvereinen zu beziehen sind, unterschiedlich eingeordnet und nicht immer separat erfasst. Dies ist allgemein ein Problem. Zum Beispiel wird die FAS-Sensorik bei [70] unter "Motor, Motormanagement", Lenkung und Bremsen dagegen unter "Sonstige" erfasst. Beide Kategorien zusammen machen 30% der Pannen aus, was auf ein grosses Verbesserungspotential hinweist.

Die Auswirkungen einer vertieften Untersuchung von FAS im Rahmen der periodischen Kontrolle könnten in eine Kosten-Nutzen-Analyse einfließen, welche den Mehraufwand pro Prüfung dem gesellschaftlichen Nutzen (Verkehrssicherheit) gegenüberstellt. Dieser Aspekt ist nicht Gegenstand dieser Projektarbeit, es sei jedoch darauf hingewiesen, dass eine solche Analyse insbesondere bei einer schrittweisen Implementierung der Untersuchungen in PTI sinnvoll wäre. Auch vor diesem Hintergrund wäre das Vorhandensein von belastbaren Daten zu der vorhandenen FAS-Defektrate von grossem Vorteil. Für eine Kosten-Nutzen-Analyse müssten darüber hinaus Informationen zur künftigen Detektionsrate der FAS-Defekte und zum erforderlichen zeitlichen Mehraufwand bei der PTI vorliegen. Solche Schätzungen wurden vorgenommen, sie sind jedoch stark von der gewählten Testmethode abhängig [67].

Diese Annahmen konnten im Rahmen der vorliegenden Arbeit noch nicht bestätigt werden.

Die neueste Studie zu Scan-Werkzeugen zeigt, dass die marktüblichen Geräte sich zwar laufend verbessern, sie sind jedoch noch nicht universell markenunabhängig einsetzbar [68]. Die Weiterentwicklung der Vorschriften hat zum Ziel, eine Grundlage für die zukünftige Entwicklung von OBD-Diagnosegeräten zu schaffen. Die europäische **On-Board-Diagnose** (OBD) wird seit ihrer Einführung 1999 in ihrem Prüfumfang regelmässig erweitert. Daraufhin integrierten einige Länder, insbesondere Deutschland [79], die Überprüfung elektronischer Systeme in die regelmässige technische Überwachung von Fahrzeugen. Dies wurde von der Projektgruppe ansatzmässig untersucht.

Ein anderer Ansatz basiert auf einer Quantifizierung der Sicherheitseffektivität, wobei die hohe Granularität der im Vereinigten Königreich erhobenen Daten genutzt werden kann. Wenn die Effizienz der einzelnen FAS-Bewertungen wichtige Faktoren wie den Fahrkontext (Tag, Nacht, Land, Autobahn usw.) mit einbezieht, konnte mittels dieser Studie gezeigt werden, dass beispielsweise AEB in allen Situationen die grösste Wirkung hat [71].

2.3 Methode zur Einschätzung des Risikopotentials eines FAS

2.3.1 Funktionale Sicherheit

Die FAS haben eine Gemeinsamkeit – elektrisch/elektronische (E/E) Systeme müssen in der Konzeptphase des Entwicklungsprozesses nach ihrem Risikopotential eingestuft werden. Dazu wird die funktionale Sicherheitsnorm für Strassenfahrzeuge ISO 26262-3 [53] herangezogen, welche den Stand der Technik repräsentiert. Die vom generischen Basisstandard für funktionale Sicherheit EN 61508 [54] abgeleitete Applikationsnorm für die Automobilbranche ISO 26262 ist gut etabliert und wurde im Jahr 2018 erweitert, so dass nun auch Fahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von über 3,5 t und Motorräder in ihrem Fokus liegen.

Bei E/E-Systemen verhält sich die Ausfallrate, anders als bei anderen Technologien (Mechanik, Hydraulik, Pneumatik), nach der Badewannenkurve in Abbildung 6. Dort unterscheidet sich vor allem der *Bereich 1* mit den Frühausfällen, welche sich aufgrund von bspw. Montage-, Fertigungs-, Werkstoff- oder Konstruktionsfehlern ergeben. Der *Bereich 2* mit den Zufallsausfällen ist charakteristisch für Elektronik-Komponenten, wobei sich ein Ausfall in der ersten Sekunde oder aber auch erst nach jahrzehntelanger Betriebszeit ereignen kann. Dieses Phänomen ist der Grund dafür, dass bei der Entwicklung von ausfallsicherer Elektronik andere Methoden (Wöhlerkurve) angewendet werden müssen. Im Maschinenbau wird die Wöhlerkurve bspw. verwendet, um das Versagen eines Bauteils bei einer Schwingungsprüfung in Abhängigkeit von Belastung und Zyklenzahl zu charakterisieren. Die ansteigende Ausfallrate im *Bereich 3* ergibt sich durch spezielle Alterungseffekte, Verschleiss und Korrosion. Damit wird berücksichtigt, dass es nicht nur in der Mechanik, sondern auch in der Elektronik Alterungseffekte gibt (z.B. Austrocknende Elektrolytkondensatoren, Alterung der Halbleiter, thermische und mechanische Belastungen der Leiterplatten etc.) Bei Softwarefehlern handelt es sich meist um systematische Fehler in der Entwicklung.

Um das Risiko eines Ausfalls zu reduzieren, müssen die in der ISO 26262 beschriebenen, risikoabhängigen Prozessschritte (V-Model) durchlaufen werden, dabei ist bei einem höheren Risiko auch ein höherer Entwicklungsaufwand nötig.

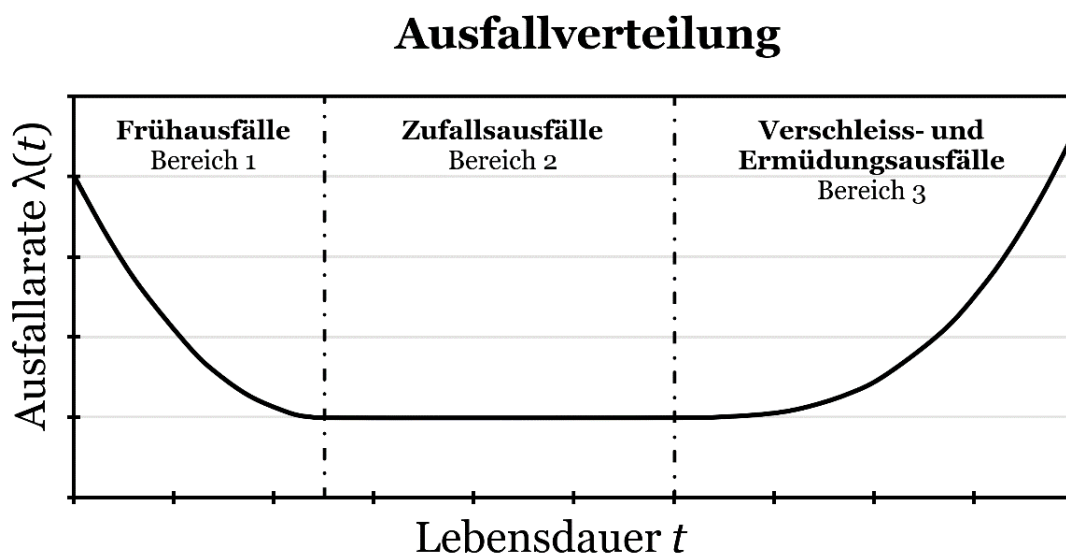


Abbildung 6: «Badewannenkurve» Ausfallverteilung von E/E-Systemen [83]

Die in der ISO 26262-3 beschriebene Methode zur Ermittlung des Automotive Safety Integrity Level (ASIL) wurde in vereinfachter Form dazu verwendet, um die Prioritäten bei den einzelnen FAS nach einem objektiven Verfahren einzustufen.

Diese qualitative Analyse (Gefahren- und Risikoanalyse) wendet folgende Vorgehensweise an:

- Definieren der Fehlermodelle (funktionale Fehler auf Fahrzeugebene, z.B. Ausfall der Bremsfunktion oder der Antriebsfunktion);
- Definieren der Szenarien; diese ergeben sich aus der Kombination von Attributen wie Strassentyp, Anzahl Spuren, Gegenverkehr, sowie von Umwelt- und Wettereinflüssen im Kontext der betrachteten Funktionalität;
- Bewertung der Risikoparameter S (Schadensausmass, engl. Severity), E (Aufenthalts- oder Auftretenswahrscheinlichkeit, engl. Exposure) und C (Gefahrenabwendung, engl. Controllability);
- Absondern von nicht plausiblen Konstellationen mit Begründung (NX)

Der ASIL-Level kann mittels der Risikomatrix in Abbildung 7 aus den 3 Klassifizierungen von Severity, Probability und Controllability bestimmt werden. Beispiel: Die Kombination S3, E4 und C3 ergibt ASIL-D.

2.3.2 ASIL-Risikomatrix

Schadensausmass Severity	Wahrscheinlichkeit Probability	Gefahrenabwendung Controllability			
		C0	C1	C2	C3
S0	--	QM	QM	QM	QM
S1	E0	QM	QM	QM	QM
	E1	QM	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	QM	A
	E4	QM	QM	A	B
S2	E0	QM	QM	QM	QM
	E1	QM	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM	A
	E3	QM	QM	A	B
	E4	QM	A	B	C
S3	E0	QM	QM	QM	QM
	E1	QM	QM	QM	A
	E2	QM	QM	A	B
	E3	QM	A	B	C
	E4	QM	B	C	D

Abbildung 7: Risikomatrix zur Einstufung des ASIL, zusätzlich zu der Tabelle aus der ISO 26262 sind hier noch die Bewertungen für S0, E0 und C0 integriert.

ASIL-A ist der Level mit dem niedrigsten Risiko und ASIL-D derjenige mit dem höchsten Risiko. **QM** bedeutet, dass die Funktion nicht gefährlich ist und nicht unter funktionaler Sicherheit entwickelt werden muss, sondern unter Berücksichtigung normaler Qualitäts-Management-Prozesse. Wenn einer der Risikoparameter = 0 ist, wird der ASIL-Level QM zugewiesen, da in einem solchen Fall das Risiko entweder nicht zu einer Verletzung führen kann oder sehr unwahrscheinlich oder durch jeden involvierten Verkehrsteilnehmer einfach und intuitiv beherrschbar ist. FAS, welche die Längs- oder Querkontrolle des Fahrzeugs beeinflussen, werden

üblicherweise zwischen ASIL-B und ASIL-D eingeordnet. Ein vereinfachtes Bsp. für die Lenkfunktion ist im Anhang 7.4 angefügt.

Die Methode ist im Vergleich zur Anwendung von Expertenwissen (siehe Anhang 7.1) verhältnismässig aufwändig. Ausserdem kann sie verwendet werden, um eine Funktion als «gefährlich» einzustufen oder als Begründung dafür, dass eine Funktion nicht gefährlich ist und daher nicht mit erhöhtem Aufwand geprüft werden muss.

2.3.3 Sicherheit der beabsichtigten Funktionalität

Weil sich die ISO 26262 [53] nur mit dem Verhalten des Systems im Falle eines Fehlers befasst, wird sie durch die Norm ISO/FDIS 21448 [56] **Safety Of The Intended Functionality (SOTIF)** ergänzt, um so auch eine Einordnung der Leistungsfähigkeit der beabsichtigten Funktionalität im normalen Betrieb und ohne vorhandenen Fehler zu ermöglichen. Dabei sollen diese neuen normativen Methoden, gemäss dem Anwendungsbereich dieser Norm, nicht auf etablierte und robuste Systeme wie ABS oder ESP angewendet werden, sondern z.B. auf die funktionalen Unzulänglichkeiten von auf **Künstlicher Intelligenz (KI)** basierenden Algorithmen.

2.3.4 Herleiten von Abstraktionsebenen

Funktionale Sicherheitsnormen definieren das Vorgehen bei der Entwicklung eines beliebigen Systems. Der Hersteller muss die technologieneutral formulierten Anforderungen im Kontext der zu entwickelnden Funktion interpretieren. Dabei werden auch Aspekte wie der kulturelle Hintergrund des Zielmarktes und herstellerabhängige ethische Betrachtungen einbezogen. In der Bremsvorschrift ECE-R13 [30] Anhang 18 (Spezielle Vorschriften für die Sicherheitsaspekte komplexer elektronischer Fahrzeugsteuersysteme) sind solche funktionalen Sicherheitsüberlegungen schon längere Zeit in abgeschwächter Form vorhanden. In der aktuell sehr neuen Vorschrift für den Spurhalteassistenten ECE-R157 [47] ist gut zu erkennen, dass Anforderungen aus der ISO 26262 [53] für diese konkrete Anwendung weiter interpretiert wurden, um die nächste Abstraktionsebene herzuleiten. Die in der ECE-R157 dokumentierten Anforderungen repräsentieren den Mindeststand der Technik, welcher schon heute relativ hoch entwickelt ist und jedem Hersteller einen grossen Entwicklungsaufwand abverlangt. Siehe dazu die Betrachtungen im Anhang unter Kapitel 7.2. Die Vorschrift für die Typengenehmigung von vollautomatischen Fahrzeugen (EU) 2022/1426 [27] spiegelt ebenfalls die entwicklungstreibenden Anforderungen aus der funktionalen Sicherheit wider.

2.4 Prämissen und zukünftige Systeme

In diesem AP wurden auch FAS verschiedener Hersteller miteinander verglichen. So gibt es z.B. Notbremsassistenten, welche nur auf Fahrzeuge reagieren, andere hingegen erkennen auch Fussgänger oder Fahrradfahrer bzw. Motorräder (Verschärfung Stufe-C nach Art. 5 (EU) 2019/2144 [21]) und müssen deren Bewegung antizipieren. Daher müsste unter Umständen auch eine Differenzierung innerhalb eines FAS stattfinden, um somit differenzierte Empfehlungen für Testszenarien aussprechen zu können.

Aus Gründen der Praktikabilität bzw. der Durchführbarkeit der Systemprüfungen bei der PTI sollten diese Empfehlungen jedoch unabhängig von den Detailunterschieden gleichartiger FAS sein. Im Weiteren sollen die gesammelten Informationen über die spezifische Strategie zur Erreichung der gewünschten Funktionalität oder die von einem bestimmten Fahrzeughersteller verwendeten Sensoren bereitgestellt werden. Das jeweils empfohlene Testszenario sollte also möglichst alle FAS-Varianten und Fahrzeuge einschliessen.

Mehrere FAS werden im Hinblick auf das (voll-) automatisierte Fahren entwickelt. Die Systeme sind bereits konzipiert, erprobt oder teilweise sogar in Fahrzeuge integriert, obwohl

herstellereitig nicht immer alle Funktionalitäten freigeschaltet sind. Eine klare Abgrenzung insbesondere zwischen existierenden und voll funktionsfähigen FAS der Stufe 2 sowie der sich derzeit weiterentwickelnden FAS der Stufe 3 [52] (Siehe 3.1.2) ist kaum möglich. Ein vorschneller Ausschluss bestimmter FAS aus dem Umfang dieses Berichts würde möglicherweise zu falschen Schlüssen und inhaltlichen Lücken führen. Zukünftig zur Anwendung kommende Systeme wurden darum soweit möglich in der Beurteilung integriert, obwohl sie nicht Gegenstand der ursprünglichen Problemstellung sind.

3 Beurteilung Prüfgrundlagen FAS (AP2)

Die FAS auf der resultierenden Liste unter Kapitel 7.1 wurden betreffend Überprüfbarkeit/Kontrollierbarkeit und Relevanz genauer untersucht. Etablierte Systeme wie ABS oder ESP etwa sind zwar sicherheitstechnisch sehr relevant, ihre regelmässige Kontrolle ist aber nicht nötig, da ihre Selbstdiagnosen erwiesenermassen zuverlässig funktionieren. Bei komplexeren FAS wie z.B. dem Notbremsassistenten, ist die Frage zu beantworten, bis zu welchem Grad die Überprüfung stattfinden kann. Hierfür wurden Vorgaben der Hersteller berücksichtigt, was auch bedingt, dass Systemdaten aus dem Fahrzeug ausgelesen werden können. Unter Beachtung gesetzlicher Vorschriften und der in Kapitel 3.1.2 genannten Normen wurde entschieden, welche Parameter des Fahrzeuges für die Überprüfung des jeweiligen FAS relevant sind. An dieser Stelle wurde evaluiert, welche Systemdaten notwendig sind und ob diese ohne zu grossen zusätzlichen Aufwand erfasst werden können. Dies hängt davon ab, wie gut die Systemdaten der einzelnen Hersteller zugänglich sind. An diesem Punkt galt es zu entscheiden, ob die verfügbaren Daten ausreichen, oder ob weitere Schritte notwendig sind (Anschaffung weiterer Ausrüstung oder Weiterentwicklung der Vorschriften, damit Hersteller die Systemdaten zugänglich machen). Die relevanten Systemparameter wurden in die Form einer übersichtlichen Liste gebracht.

Parallel wurden technische Informationen zu Soll-Werten wie Abstände und Winkel von relevanten Sensoren und Kameras der FAS durch die Hersteller in Erfahrung gebracht. Für die Datenlieferung an Behörden gibt es bereits die Durchführungsverordnung (EU) 2019/621 [20], welche sich auf die Richtlinie 2014/45/EU [12] stützt. Die Anforderungen an den Zugang zu Fahrzeug-OBID-Informationen und zu Reparatur- und Wartungsinformationen für (markenunabhängige) Werkstätten sind in der Verordnung (EU) 2021/1244 [24] enthalten. Auch hier besteht die Frage, inwiefern die einzelnen Hersteller gewillt sind, Daten an Dritte weiterzugeben. Das weitere Vorgehen und die Prüfgrundlagen hängen teilweise von diesem Vorhaben ab.

3.1 Übersicht

Die zu beantwortenden Fragestellungen sind: Welche Daten werden benötigt, um die Funktionstüchtigkeit eines FAS zu überprüfen und wie können diese erlangt werden? Welche Ausrüstung wird für die Überprüfung benötigt? Wie oft soll ein prüfpflichtiges FAS überprüft werden?

3.1.1 Übergeordnete gesetzliche Vorgaben

Das Wiener Übereinkommen [1] regelt Grundanforderungen an Fahrzeuge. Mit der neuen Fassung, die am 14.07.2022 in Kraft getreten ist, wurden die Begriffe «System für automatisiertes Fahren» und «Dynamische Steuerung» neu definiert. Unter Art. 34^{bis} wird «Automatisiertes Fahren» neu eingeführt. Unter Art. 8 Abs. 5^{bis} sind FAS bzw. «Fahrzeugsysteme, die einen Einfluss auf das Führen des Fahrzeugs haben» geregelt.

Die Genehmigung von Fahrzeugen der Klassen M und N sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge wird von der Rahmenrichtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. September 2007 [11], aufgehoben durch die Verordnung (EU) 2018/858 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 [19], geregelt. Insbesondere die Verordnung (EG) 661/2009 [14], die durch die Verordnung (EU) 2019/2144 [21] aufgehoben und ersetzt wurde, behandelt und definiert die Anforderungen an die allgemeine Sicherheit und damit auch an Assistenzsysteme und deren schrittweise Einführung. Die Richtlinie 2014/45/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. April 2014 über die regelmässige technische Überwachung von Kraftfahrzeugen [12] wird bei den PTI von allen KP angewendet, unabhängig davon, ob die KP nach asaQSS oder ISO 9001 für das Qualitätsmanagement zertifiziert sind. Mit Ausnahme von ABS und ESP enthält diese Richtlinie der EU noch keine Empfehlungen für die technische Überwachung von FAS. Sie gibt hingegen die Prüfmethoden und die Bewertung von Mängeln für die Systemkomponenten an, die Voraussetzung für das einwandfreie Funktionieren der FAS sind. In den spezifischen UNECE-Regelungen werden teilweise auch die Methoden zur Überprüfung der einzelnen FAS beschrieben. Gestützt auf dieser Grundlage erfolgt die Einführung dieser Methoden in der Schweiz laufend, durch Übernahme in die entsprechenden Vorschriften, v.a. in die VTS. Die Typengenehmigung von Fahrzeugen erfolgt auf der Grundlage dieser Vorschriften (Art. 13 bis 25 TGV [8]).

Spezifische Systeme und die Anforderungen an ihre Nachprüfung können auch im übergeordneten Gesetz einfließen. Aktuelles Beispiel ist die laufende Einführung des Fahrmodusspeichers DDSAD (Art. 25g SVG [4]).

3.1.2 Grundlegende Normvorgaben

Der SAE-Standard J3016 [52] (bzw. ISO/SAE PAS 22736 [61]) legt die Taxonomie (Klassifizierung) und Definitionen von Begriffen im Zusammenhang mit Fahrer-Automatisierungssystemen für motorisierte Strassenfahrzeuge fest. Sie enthält eine Skala mit detaillierten Definitionen für sechs Automatisierungsgrade (Stufen) im Zusammenhang mit Fahrzeugen und deren Betrieb auf der Strasse. Sie reichen von keiner Fahrautomatisierung (Stufe 0) bis zur vollständigen Fahrautomatisierung (Stufe 5):

Stufe 0 bis 2: Der Fahrer führt die dynamische Fahraufgabe (DDT) ganz oder teilweise aus.

- **Stufe 0:** Keine Automatisierung des Fahrens. Der Fahrer leistet die gesamte DDT, auch wenn er durch aktive Sicherheitssysteme unterstützt wird. Z.B. ABS, ESP, LDWS, etc.
- **Stufe 1:** Fahrassistentz. Spezifische und dauerhafte Ausführung der Teilaufgabe zur Steuerung der Quer- oder Längsbewegung der DDT (jedoch nicht beider Teilaufgaben gleichzeitig) in der zulässigen Betriebsdomäne (ODD) durch ein automatisiertes Fahrassistentzsystem, in der Erwartung, dass der Fahrer den Rest der DDT ausführt. Z.B. ACC, TJA, LKA, etc.
- **Stufe 2:** Teilweise Automatisierung des Fahrens. Dauerhafte und ODD-spezifische Ausführung der Teilaufgaben der DDT zur Steuerung der Quer- und Längsbewegung des Fahrzeugs durch ein Fahrautomatisierungssystem in der Erwartung, dass der Fahrer die Teilaufgabe Objekt- und Ereigniserkennung und -reaktion (OEDR) erledigt und das Fahrautomatisierungssystem überwacht. Z.B. Kombination ACC/TJA + ELKS, IPAS, etc.

Stufe 3 bis 5: Das automatisierte Fahrsystem (ADS) führt die gesamte DDT aus.

- **Stufe 3:** Bedingte Automatisierung des Fahrens. Dauerhafte und ODD-spezifische Ausführung aller Aufgaben der DDT durch ein ADS in der Erwartung, dass der rückfallbereite DDT-Benutzer empfänglich für ADS-Eingriffsaufforderungen sowie für DDT-leistungsrelevante Systemausfälle in anderen Fahrzeugsystemen ist und entsprechend reagieren wird. Z.B. Kombination ACC/TJA + ELKS, IPAS, etc.
- **Stufe 4:** Hohe Automatisierung des Fahrens. Dauerhafte und ODD-spezifische Ausführung aller Aufgaben der DDT. Als DDT-Rückfallebene (DDT-Fallback) kommt ein ADS zum Einsatz, ohne die Erwartung, dass ein Nutzer auf eine Eingriffsaufforderung reagiert.
- **Stufe 5:** Vollständige Automatisierung des Fahrens. Dauerhafte und unbedingte (d.h. nicht ODD-spezifische) Ausführung durch ein ADS der gesamten DDT. DDT-Fallback ohne jegliche Erwartung, dass ein Nutzer auf eine Aufforderung zum Eingreifen reagiert.

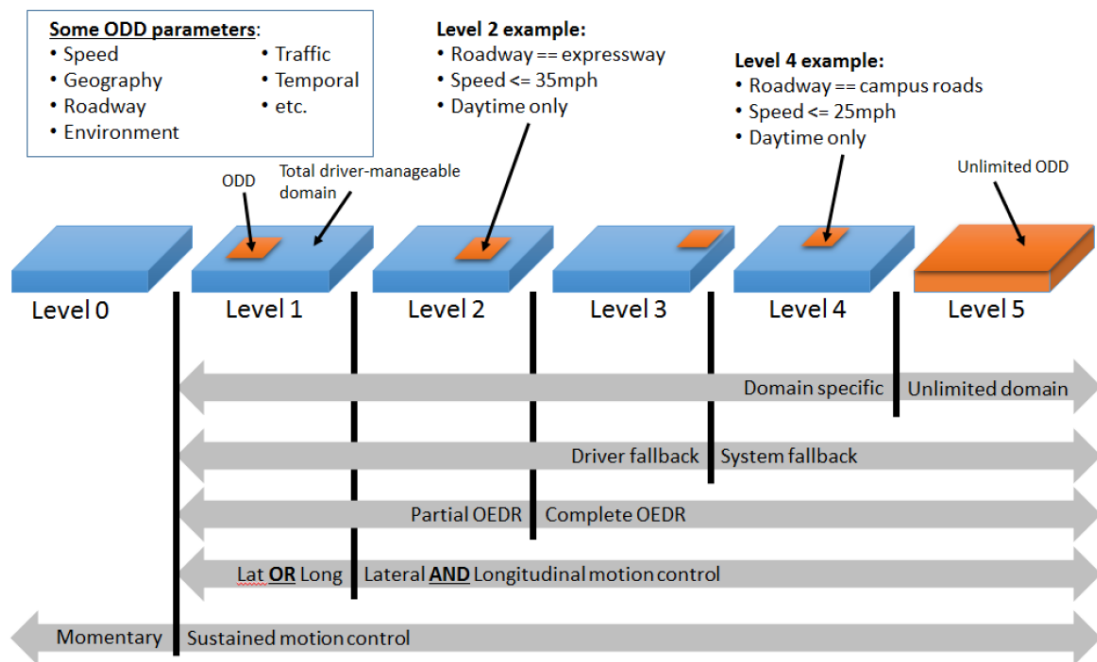


Abbildung 8: ODD in Abhängigkeit des Fahrautomatisierungslevels gem. SAE J3016 [52]

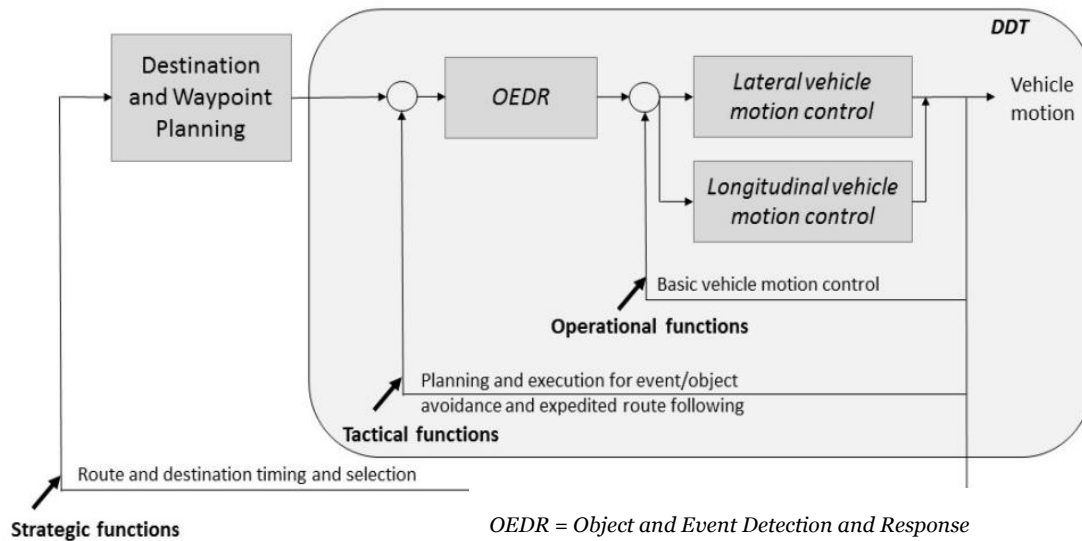


Abbildung 9: Schematische Darstellung der dynamischen Fahraufgabe (DDT) aus der SAE J3016 [52]

Die Norm ISO/SAE 21434:2021 [55] spezifiziert technische Anforderungen für das Management von Cybersecurity-Risiken in Bezug auf Konzept, Produktentwicklung, Produktion, Betrieb, Wartung und Stilllegung von E/E-Systemen in Strassenfahrzeugen, einschliesslich ihrer Komponenten und Schnittstellen. Es wird ein Rahmenwerk definiert, das Anforderungen für Cybersicherheitsprozesse und eine gemeinsame Sprache für die Kommunikation und das Management von Cybersicherheitsrisiken enthält. Das Dokument gilt für serienmässige E/E-Systeme in Strassenfahrzeugen, einschliesslich ihrer Komponenten und Schnittstellen – auch solcher, mit deren Entwicklung oder Änderung nach der Veröffentlichung dieses Dokuments begonnen wurde. Es schreibt keine spezifischen Technologien oder Lösungen im Zusammenhang mit der Cybersicherheit vor.

Die Norm ISO/IEC/IEEE 15288:2023 [57] schafft einen gemeinsamen Rahmen für die Beschreibung von Prozessen, die sich auf den Lebenszyklus der von Menschen geschaffenen Systemen und Software beziehen, und definiert eine Reihe von Prozessen und die zugehörige Terminologie aus technischer Sicht. Ausgewählte Sätze dieser Prozesse können auf alle Phasen des Lebenszyklus eines Systems angewendet werden. Die von dieser Norm festgelegten Prozesse sollen die Systementwicklung und den Informationsaustausch zwischen Beschaffern, Lieferanten und anderen Beteiligten im Lebenszyklus eines Systems erleichtern. Sie gilt für den gesamten Lebenszyklus von Systemen, einschliesslich der Konzeption, Entwicklung, Produktion, Nutzung, Unterstützung und Ausserbetriebnahme von Systemen, sowie für die Beschaffung und Lieferung von Systemen, unabhängig davon, ob diese intern oder extern in einer Organisation durchgeführt werden.

Die Norm ISO 19157:2013 [58] legt die Grundsätze für die Beschreibung der Qualität von Geodaten fest. Sie:

- definiert Komponenten zur Beschreibung der Datenqualität,
- definiert den Prozess zur Definition zusätzlicher, domänenspezifischer Komponenten zur Beschreibung der Datenqualität,
- spezifiziert Komponenten und die inhaltliche Struktur von Datenqualitätsmassnahmen,
- beschreibt allgemeine Verfahren zur Bewertung der Qualität von Geodaten,
- legt Grundsätze für die Berichterstattung über die Datenqualität fest.

Die Norm ISO/TS 19158:2012 [59] spannt einen Rahmen für die Qualitätssicherung geographischer Informationen auf. Sie basiert auf den in ISO 19157 [58] festgelegten Qualitätsgrundsätzen und Qualitätsbewertungsverfahren für geographische Informationen und den in ISO 9000 definierten allgemeinen Qualitätsmanagementgrundsätzen. Das in ISO/TS 19158:2012 definierte Rahmenwerk ermöglicht es einem Kunden, sich davon zu überzeugen, dass seine internen und externen Lieferanten in der Lage sind, Geoinformationen in der erforderlichen Qualität zu liefern. Durch den Qualitätssicherungsrahmen sind sowohl der Kunde als auch der Lieferant in der Lage, die erforderliche Qualität zum frühestmöglichen Zeitpunkt im Produktions-/Aktualisierungsprozess zu berücksichtigen.

3.1.3 FAS-spezifische Vorgaben

Da für die Durchführung der PTI nur eine begrenzte Zeitdauer zur Verfügung steht, stehen die einzelnen Prüf- und Inspektionsverfahren in Konkurrenz zueinander. Formelle Prüfungen, Sicherheits- und Umweltaspekte konkurrieren bei der Einteilung des Zeitbudgets. Auf formelle Prüfungen wie die Identifikation des Fahrzeugs kann nicht verzichtet werden. Wenn es um die Sicherheitsaspekte geht, sollten diejenigen, von denen das grösste Risiko ausgeht, bevorzugt werden. Fahrzeuge, die die Emissionsprüfung nicht bestehen, müssen ebenfalls aussortiert werden. Eine Methode zur Einstufung des Risikos ist in der Norm für die funktionale Sicherheit für Strassenfahrzeuge ISO 26262-3 Anhang 3 [53] definiert. Diese Methode stellt eine Gemeinsamkeit aller FAS dar, da all diese Systeme diesen Entwicklungsschritt in der Konzeptphase aus Produkthaftungsgründen durchlaufen müssen.

Exemplarisch wurde das Risiko einer Fehlfunktion der Lenkung beurteilt, welche sich als Spurfehler von 3° Winkel äussert. Die Beurteilung beruht auf der unter Kapitel 2.3 beschriebenen Methode und ist unter Anhang 7.4 zu finden.

Der Aufwand für diese qualitative Analyse ist relativ hoch. Stattdessen ist es einfacher, auf Expertenwissen zurückzugreifen, obwohl diese Methode weniger objektiv ist und die Vielfalt der einzelnen FAS, welche sich in Abhängigkeit vom jeweiligen Hersteller zusätzlich unterscheiden, zu gross ist, als dass jeder Verkehrsexperte diese Systeme in der nötigen Detaillierung kennen könnte.

An dieser Stelle sei bereits darauf hingewiesen, dass Funktionen, welche die Längs- und Querbewegung (Beschleunigen, Bremsen und Lenken) des Fahrzeugs beeinflussen, ein hohes Risikopotential bieten.

Die Abdeckung der Selbstdiagnose der FAS erweist sich als gut. Unter Kapitel 5.1.4 konnte durch Manipulation der Sensorik (Kamera verschmutzen, Radar abschirmen) kein Fehlerzustand erzeugt werden, welcher von der Selbstdiagnose nicht erkannt wurde oder die Systemfunktion massgeblich beeinflusst hat (siehe Abbildung 10). Diese Untersuchung war auf einen Fahrzeugtyp begrenzt.



Abbildung 10: Störung der Kamerafunktion durch das Anbringen von Milchglasfolie auf der Frontscheibe

Eines der derzeit komplexesten eingesetzten FAS ist der automatische Spurhalteassistent (ALKS) nach ECE-R157 [47]. Dort gibt es in Kapitel 4 von Anhang 5 Prüfvorschriften für folgende Funktionalitäten:

- Spurhalten (Kapitel 4.1 im Anhang 5 der ECE-R157)
- Verhinderung Zusammenstoss (Kapitel 4.2 im Anhang 5 der ECE-R157)
- Einem Fahrzeug folgen (Kapitel 4.3 im Anhang 5 der ECE-R157)
- Spurwechsel Einscherszenario von anderen Verkehrsteilnehmern (Kapitel 4.4 im Anhang 5 der ECE-R157)
- Stehende Hindernisse (Kapitel 4.5 im Anhang 5 der ECE-R157)
- Prüfung des Sichtfeldes (Kapitel 4.6 im Anhang 5 der ECE-R157)

Derzeit gibt es noch nicht viele Hersteller, die eine solche Systemgenehmigung erlangt haben, weil der Entwicklungsaufwand für solche Fahrfunktionen sehr hoch ist. Dieses System muss Objekte und Ereignisse im Verkehrsgeschehen erkennen und adäquat darauf reagieren können (OEDR) wie das Antizipieren des Bewegungsverlaufs eines potenziell fahrspurquerenden Fussgängers oder Fahrradfahrers. Dadurch wird ALKS der Stufe 3 nach SAE J3016 [52] zugeordnet (siehe Kapitel 3.1.2).

Die Mindmap-Darstellung im Anhang 7.2.3 zeigt die zahlreichen Aspekte eines solchen FAS. Einige der beteiligten Subsysteme wie die Fahrbahnbeleuchtung und die Scheibenwasch- und Wischfunktion werden bei der PTI bereits auf Funktion und Einstellung geprüft. Neu ist aber in der ECE-R157, dass zusammen mit der Typengenehmigung dieses Systems eine Software- (SW) Identifikation vergeben wird, welche über die OBD-Schnittstelle zusammen mit der SW-Version ausgelesen werden kann. Dies vor dem Hintergrund, dass man davon ausgehen muss, dass für

solche Systeme SW-Updates erstellt werden, um beispielsweise Fehler zu beheben, Sicherheitslücken zu schliessen oder den Funktionsumfang zu erweitern. Aktuell kommt es auch vor, dass der Hersteller gezwungen ist, ein FAS aus Sicherheitsgründen zurückzustufen und so den Funktionsumfang zu reduzieren, weil in einer SW gefährliche Fehlfunktionen aufgetreten sind. Der Fahrzeughalter könnte in dieser Situation versucht sein, dieses SW-Update nicht durchführen zu lassen, weil er dadurch eine Komforteinbusse erleidet. Bei der PTI müssten so festgestellte veraltete SW-Versionen, welche üblicherweise mittels einer Produkt-Rückrufaktion aktualisiert werden, identifiziert und das entsprechende Update durchgesetzt werden. Dazu ist erforderlich, dass dem Verkehrsexperten die entsprechenden Informationen spezifisch auf das zu prüfende Fahrzeug zur Verfügung stehen. Rückrufaktionen sind in der Verantwortung des Herstellers. Er muss die Behörden bei sicherheitsrelevanten Rückrufaktionen auch über den Fortschritt der erledigten Rückrufe informieren. Die Behörden bestimmen wie mit Fahrzeughaltern, welche sich mehrmals einer Aufforderung betreffend einer Rückrufaktion bei einem Markenvertreter zu melden nicht Folge leisten, vorzugehen ist (z.B. Androhung polizeilicher Schiedereinzug).

Das Vorhandensein eines OBD-Lesegerätes wird bereits in der Richtlinie 2014/45/EU [12], bzw. in der UNECE-Resolution R.E.6 [51] über die Ausrüstung von Prüfstellen und die Kompetenzen von Inspektoren (Verkehrsexperten) gefordert. Der Fahrzeughersteller geht, basierend auf den vorgenannten Vorschriften, ebenfalls davon aus, dass bei der PTI die OBD-Schnittstelle zum Einsatz kommt. Die nationalen Vorschriften Art. 33 VTS [7] sowie Art. 65 und Anhang 7 VZV [9] sollten diesbezüglich ergänzt und konkretisiert werden, so dass die umfangreiche Verwendung der OBD-Schnittstelle bei der PTI gesetzlich verankert wird. Dies unter der Voraussetzung, dass für PTI geeignete Instrumente verfügbar sind. So sollten dann die mit OBD-Lesegeräten festgestellten Beanstandungen durchgesetzt werden können. Für den Umgang mit so erlangten Daten müsste eine rechtliche Grundlage geschaffen werden. Der Austausch von über die OBD-Schnittstelle erlangten Daten bei den KP muss ermöglicht werden, auch der Abgleich mit internationalen Datenbanken könnte im Zusammenhang mit der Aufdeckung von Straftaten (Diebstahl, Manipulation) hilfreich sein (siehe auch Kapitel 1.2).

Ein Vergleich von nationalen und internationalen Vorschriften bezüglich der Ausbildung von Verkehrsexperten (siehe Tabelle 5) zeigt, dass in Anhang 7 VZV [9] der Umgang mit OBD-Tools, sowie mit einer grundlegenden Sensibilisierung für Cybersecurity ergänzt werden könnte. Mit der zunehmenden Vernetzung von Fahrzeugen und Infrastruktur, wird letzteres an Relevanz gewinnen. Für Verkehrsexperten wird eine der Berufslehre zum Automechaniker (heute Automobilmechatroniker) gleichwertige Ausbildung und ein Jahr Berufserfahrung vorausgesetzt. Daher kann davon ausgegangen werden, dass bereits Vorkenntnisse bestehen im Umgang mit OBD-Lesegeräten. Das Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) hat in seiner Verordnung über die berufliche Grundbildung «Automobil-Mechatronikerin/Automobil-Mechatroniker mit eidgenössischem Fähigkeitszeugnis (EFZ)», Art. 1 Abs. 1 Bst. e. [10] die zu erwerbenden Kenntnisse im Umgang mit Diagnose-Testgeräten aufgeführt. Auf dem Bildungsplan für Automobilmechatroniker des Auto Gewerbe Verband Schweiz (AGVS) von 2011 ist unter 3.2.12 gefordert, dass die Aufgabe der On-Bord-Diagnose erklärt werden kann. Im Bildungsplan von 2018 [82] ist der Umgang mit elektronischen und computergestützten Mess- und Testsystemen schon deutlich weiter verbreitet und taucht nicht mehr nur im Zusammenhang mit Emissionsminderungssystemen von Verbrennungsmotoren auf.

Vorgaben für die Ausbildung von Verkehrsexperten

Art. 65 und Anhang 7 VZV [9]	2014/45/EU Anhang 4 [12] bzw. WP29 Resolution R.E.6 UNECE [51]
1. Fachgruppe: Recht • Grundzüge des Verwaltungsrechts; Rechte und Pflichten des Verkehrsexperten. 2. Fachgruppe: Psychologie • Grundlagen der Gesprächsführung; Verkehrsexperten-Tätigkeit als Sonderaufgabe; Verkehrsexperte und Öffentlichkeit. 3. Fachgruppe: Mathematik und Fahrzeugtechnik • Mathematische Grundoperationen • Grössen- und Einheitssysteme • Hebelgesetz Bewegungslehre • Energie • Reibung • Arbeit Leistung • Masse • elektrische Anlagen • Motoren • Bremsen • Vergaser • Kraftübertragung • Räder und Bereifung • Fahrgestell und Lenkung • Prüfstandkunde. 4. Fachgruppe: Bau und Ausrüstung der Fahrzeuge • Nach den Vorschriften über Bau und Ausrüstung der Strassenfahrzeuge.	1. Fahrzeugtechnik: • Bremssysteme • Lenksysteme • Sichtfelder • Lichtanlage • Beleuchtungseinrichtungen und elektronische Bauteile • Achsen • Räder und Reifen • Fahrgestelle und Aufbauten • Umweltbelastung und Emissionen • Zusatzanforderungen für Spezialfahrzeuge; 2. Prüfmethoden; 3. Mängelbewertung; 4. geltende Rechtsvorschriften zu den Voraussetzungen für eine Fahrzeuggenehmigung; 5. Rechtsvorschriften zur technischen Überwachung; 6. Verwaltungsbestimmungen über die Genehmigung, Zulassung und technische Überwachung von Fahrzeugen; 7. IT-Anwendungen für Prüfung und Verwaltung.

Tabelle 5: Vorgaben für die Ausbildung von Verkehrsexperten

Exemplarisch wurden verschiedene Analysen erstellt (siehe Anhang 7.2), welche bei der Erarbeitung dieser Themen hilfreich waren.

Für eine effiziente Prüfung der FAS bei der PTI, muss zuerst die einwandfreie Funktion seiner Komponenten bzw. deren Subsysteme gegeben sein. Ein Beispiel hierfür ist das Steuergerät des AEBS, das bei den meisten Fahrzeugen nicht nur auf die Informationen des Frontradars, sondern zur Plausibilitätsprüfung vor der Auslösung einer Notbremsung auch auf die Informationen der Kamera und die Bildanalyse angewiesen ist. Es muss also sichergestellt werden, dass die Sicht der Frontkamera nicht durch den Zustand der Windschutzscheibe beeinträchtigt wird. Vor diesem Hintergrund rücken folgende Fragestellungen in den Vordergrund:

- Sind die Scheibenwischer in Ordnung, da das FAS sonst nicht über den gesamten vom Hersteller vorgesehenen ODD-Bereich funktionieren kann?
- Wurde die Windschutzscheibe ausgetauscht?
- Wenn ja, durch die richtige Variante (z.B. Tönung, Heizung)?

- Wurde die Kamera neu kalibriert?
- Ist das Fahrzeug mit einer Blendschutzfolie/Sonnenblende ausgestattet, die die Sicht der Kamera beeinträchtigen könnte?

Diese Voraussetzungen wurden bei der Erarbeitung der Prüfscenarien berücksichtigt und unter Bezugnahme auf den Anhang I der Richtlinie 2014/45/EU [12] speziell für jedes FAS aufgelistet. Dabei wurde berücksichtigt, dass trotz der technischen Entwicklung der Fahrzeuge und der Ergänzung der FAS im Laufe der Jahre die Zeit von 15 bis 20 Minuten, die für die PTI von Fahrzeugen zur Verfügung steht, nicht verlängert werden soll. Die Prüfungsdauer soll also unabhängig davon sein, ob es sich um ein älteres Fahrzeug oder eines der neuen Generation handelt. Weiter ist von der Grundlage auszugehen, dass die Prüfintervalle nicht ohne weiteres verändert, sprich verkürzt werden können. Ein entsprechender politischer Wille wäre zu entwickeln und bedürfte guter Argumente. Die Fragestellung der Prüfzeiten und -intervalle wurden auch mit der BK eingehend diskutiert. Als Grundsatz wurde festgehalten, dass für die Kontrolle der FAS von unveränderten Rahmenbedingungen auszugehen ist.

Eine Möglichkeit, um einerseits die Entwicklung der Fahrzeuge über die letzten Jahre und andererseits die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Fahrzeugsystemen zu visualisieren, sind Target-Diagramme. Ausgehend vom Mittelpunkt des Kreises, sind die Grundelemente eines jeden Fahrzeugs konzentriert. Nach aussen gerichtet sieht man die Elemente und Systeme, die im Laufe der Zeit hinzugefügt wurden, um zu den heutigen modernen Fahrzeugen zu gelangen. Diese Diagramme ermöglichen es gleichzeitig, die Elemente und Systeme zu bestimmen, die je nach Alter (und Kilometerstand) des Fahrzeugs in der für die PTI zur Verfügung stehenden Zeit überprüft werden müssen. Es wurden vier Target-Diagramme zu den Themen Fahrwerk, Antriebsstrang, Sichtfeld und Innenausstattung gebildet:

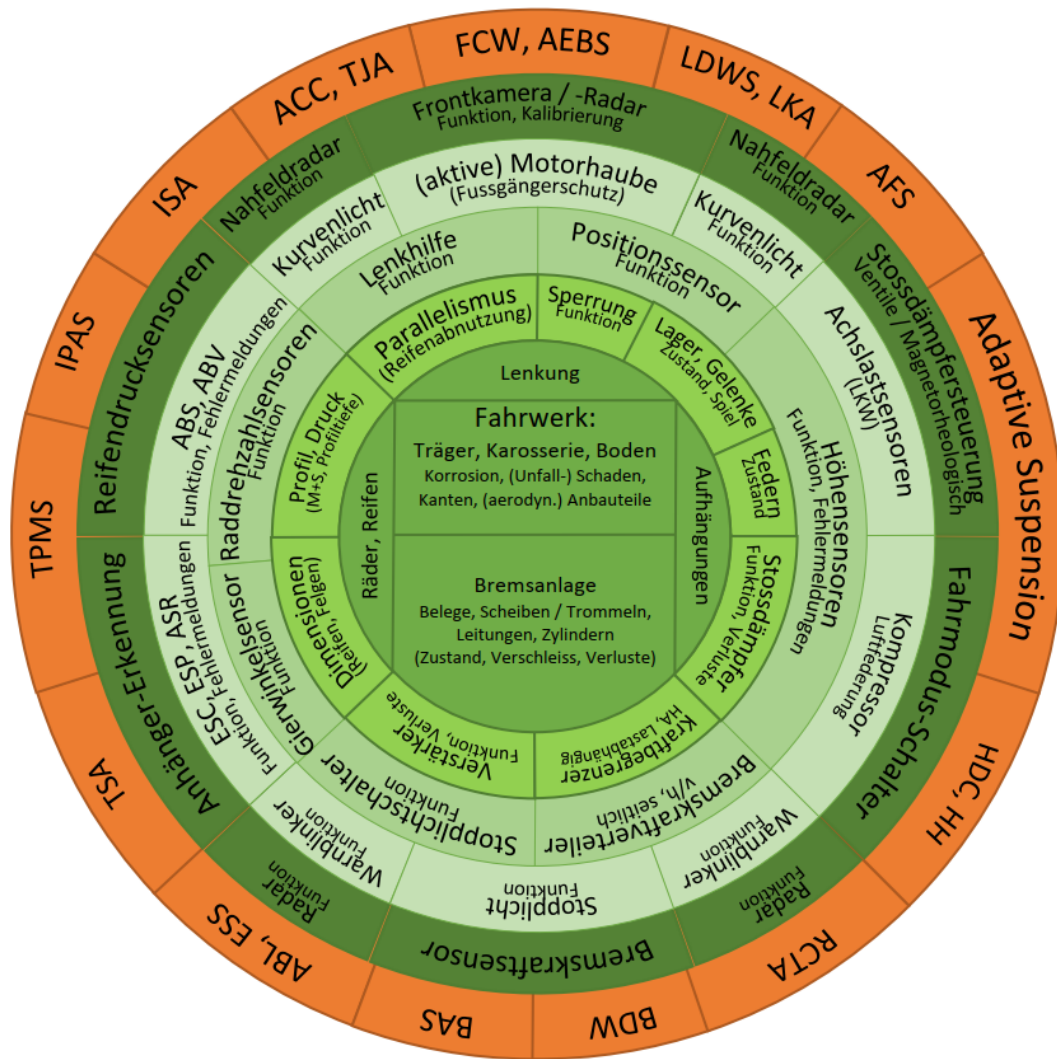


Abbildung 11: Target-Diagramm Fahrwerk

Die drei weiteren Target-Diagramme (Antrieb, Sichtfeld und Innenausstattung) befinden sich im Anhang 7.3 dieses Berichts.

3.2 Weitere Systeme (nicht berücksichtigte Systeme)

Fahrzeugartspezifische FAS wie z.B. der Bergabfahrassistent (HDC, VS17) von SUVs und Geländefahrzeugen oder der Rückwärts-Anhängerassistent (TA, VF07), der in Nutzfahrzeugen eingebaut ist, sind nicht direkt für die Verkehrssicherheit relevant, da sie für den Einsatz abseits öffentlich befahrbarer Strassen konzipiert sind. Aus diesem Grund wurde für sie kein spezielles Szenario für die PTI entwickelt.

Weitere Systeme der passiven Sicherheit wie die aktive Motorhaube (VS26, Fussgängerschutz) oder das aktive Überrollschutzsystem bei Cabriolets (AROPS, VS25) bzw. der aktiven Sicherheit wie adaptive aerodynamische Systeme (AAD, VS24) werden nur in speziellen Fahrzeugmodellen eingebaut und wurden daher ebenfalls nicht im Detail analysiert. Nicht analysiert wurden ausserdem:

- Spezifische Systeme für das Fahrverhalten wie adaptive Aufhängung (AS, VS20), adaptive Lenkung (AFS, VS19), Bremsscheibenreinigungssysteme (BDW, VS27). Sie verbessern den Fahrkomfort und die aktive Sicherheit.

- «Zugänglichkeitssysteme» wie z.B. Sprachsteuerung (VS33), Head-up-Display (VS32), Navigationssystem (VFO8) etc.
- Beleuchtungssysteme wie z.B. automatisches Einschalten des Abblendlichts (ALS-on, VS29), adaptive Lichtsysteme (AFS, VS30), blendfreies Fernlicht (GFHB, VS31), automatisches Abbiegelicht (IL, VSO9), adaptives Kurvenlicht (ACL, VS10), Nachtsichtassistent (NVA, VS31), adaptives Bremslicht (ABL, VS14) und Notstoppsignal (ESS, VS14).
- Datensysteme wie z.B. EDR (VS34), DSSAD, Cybersecurity (VS36), Software-Updates (VS37), etc.
- Die Alkoholempfindliche-Wegfahrsperre (Alcolock, VS35) ist derzeit noch nicht verpflichtend, aber die Schnittstelle für einen nachträglichen Einbau muss bereits in Fahrzeugen vorhanden sein, die ab Juli 2024 zugelassen / bzw. in die Schweiz importiert werden.
- Andere automatisierte Funktionen und Sensoren wie z.B. der Regensensor (VS28) für das automatische Einschalten der Scheibenwischer. Diese können wichtig sein, um die ordnungsgemässe Funktion anderer FAS innerhalb der vom Fahrzeughersteller vorgesehenen zulässigen Betriebsdomäne (ODD) zu gewährleisten.

Zukünftige FAS der Stufe 3 oder höher wie z.B. ALKS oder TJA sind in die Bewertung (siehe Seite 74) miteingeflossen. Dies macht aufgrund der schnellen technischen und regulatorischen Entwicklung in diesem Bereich Sinn, wie in Absatz 2.4 bereits erwähnt.

Auch die Fahrzeugklassen der Motorräder profitieren von der Weiterentwicklung der FAS. Während sich das Antiblockiersystem (ABS) und die Traktionskontrolle (TC) in allen L-Klassen bereits etabliert haben und in den meisten aktuellen Motorrädern eingebaut sind, werden andere FAS wie z.B. das Antiblockiersystem in Kurven (Kurven-ABS), der adaptive Tempomat (ACC), die Überwachung des toten Winkels (BSW) und das Reifendrucküberwachungssystem (TPMS) nun zunehmend in Motorrädern der höheren Preissegment-Klassen eingeführt.

4 Lösungsansätze, Ergebnisse (AP3)

Für die KP kann die Untersuchung der Funktionstüchtigkeit von FAS auf verschiedenen Ansätzen basieren. Dem Projektteam war es wichtig, eine pragmatische und flexible Verfahrenshilfe zu entwickeln, die auf einer theoretisch fundierten Grundlage beruht.

4.1 Hauptergebnisse

Es gibt verschiedene Methoden zur PTI von FAS, die sich in ihrer Effizienz unterscheiden. Ein Ansatz nutzt die integrierten Selbstdiagnosefunktionen der Systeme, während ein anderer auf physikalischen Prüfungen basiert. Diese Methoden wurden für die in dieser Arbeit betrachteten FAS individuell untersucht und aufgeführt. Die Prüfmethode sind von der verfügbaren Infrastruktur abhängig, die gemäss Projektvorgabe flächendeckend gleich sein soll, damit überall die gleichen Prüfungen durchgeführt werden können. Kann eine vereinfachte Methode zur Bewertung der korrekten Funktion eines bestimmten FAS bei den KP nicht durchgeführt werden, ist eine gründlichere Prüfung erforderlich (Übersicht siehe Anhang 7.5).

4.1.1 Übersicht der Mess- und Prüfverfahren

Grundsätzlich gibt es vier Methoden zur Überprüfung von FAS:

1. Die vereinfachte Überprüfung der Kontrollleuchte oder Statusmeldung (Eigen-/Selbstdiagnose);
2. Die Diagnose mithilfe eines an die OBD2-Schnittstelle angeschlossenen Geräts;
3. Die Überprüfung der Sensoren;
4. Spezifische Fahrversuche (Probefahrt) auf der Strasse resp. auf einer Teststrecke.

Die erste Methode zur Prüfung von FAS basiert auf dem integrierten Selbstdiagnosesystem im Steuergerät des FAS. Diese Methode ist jedoch möglicherweise nicht in der Lage, mechanische Defekte wie beispielsweise einen Ausfall der ABS/ESP-Einheit oder eine fehlerhafte Kalibrierung der Sensoren (Radar, Kameras usw.) zu erkennen. Diese vereinfachte Prüfmethode wird gemäss Anhang I der EU-Richtlinie 2014/45 [12] oder den spezifischen Zulassungsregelungen der UNECE für bestimmte FAS wie ESP, BAS, AEBS usw. empfohlen (siehe Tabelle 6). Typischerweise sollten die entsprechenden Kontrollleuchten beim Einschalten der Zündung aufleuchten (Lampenprüfung) und nach dem Starten des Motors innerhalb weniger Sekunden erlöschen. Die grosse Anzahl an Kontrollleuchten auf dem Armaturenbrett (Abbildung 1), kann zu Unsicherheiten während der Prüfung führen. Diese Kontrollleuchten können leicht manipuliert werden, beispielsweise um einen defekten Sensor zu verschleiern, der nicht ausgetauscht wird, um Reparaturkosten zu sparen (siehe Kapitel 1.2). Darüber hinaus könnten Fehlercodes durch ein Diagnosegerät, das kurz vor der PTI an die OBD2-Schnittstelle angeschlossen wurde, gelöscht worden sein. Unter Umständen werden die Fehlercodes nicht direkt erneut ausgegeben, wenn der Motor gestartet wird. Um latente und nur temporär auftretende Fehler aufzudecken, wird die Durchführung einer kurzen Probefahrt, bei der die Bremse und die Lenkung aktiviert werden, vor der Überprüfung der Kontrollleuchten dringend empfohlen.

Fahrassistenzsysteme mit Empfehlungen für die periodische Prüfung

Nr.	Abk.	Bezeichnung	Richtlinie/Regelung/Verordnung	Fahrzeugkategorien	Referenzen
VSo1	ABS	Antiblockiersystem	RL 2014/45/EU	alle	[12]
VSo2	ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm	UN-Regelung Nr. 140	M1 / N1	[41]
VSo3	BAS	Bremsassistentensystem	UN-Regelung Nr. 139	M1 / N1	[40]
VSo5	AEBS	Notbremsassistentensystem	UN-Regelung Nr. 131 UN-Regelung Nr. 152	M2 / N2 / M3 / N3 M1 / N1	[39] [44]
VSo7	LDWS	Spurhaltewarnsystem	UN-Regelung Nr. 130	M2 / N2 / M3 / N3	[38]
VSo8	TPMS	Reifendrucküberwachungs-System	UN-Regelung Nr. 64 UN-Regelung Nr. 141	M1 N1	[33] [42]
VS21	BSIS	Totwinkel-Assistent zur Erkennung von Fahrrädern	UN-Regelung Nr. 151	N2 > 8t GG / N3	[43]
VS22	MOIS	Kollisionswarnsystem für Fussgänger und Radfahrer bei geringer Geschwindigkeit	UN-Regelung Nr. 159	M2 / N2 / M3 / N3	[49]
VFo2	ISA	Intelligenter Geschwindigkeitsassistent	VO (EU) 2021/1958	alle	[26]

Tabelle 6: Fahrassistenzsysteme mit Empfehlungen für die periodische Prüfung

Die Überprüfung von Fehlercodes mithilfe eines Diagnosegeräts, das an die OBD2-Schnittstelle des Fahrzeugs angeschlossen wird, ist sinnvoller als die vereinfachte Überprüfung von Kontrollleuchten. Trotzdem gibt es verschiedene Nachteile, die vom verwendeten Diagnosegerät und seinen Möglichkeiten abhängen. Eine erste Kategorie von Diagnosegeräten kann nur die im Steuergerät gespeicherten Fehlercodes auslesen, ohne eindeutig anzugeben, welches System und/oder welcher Sensor betroffen ist. Dann muss die Datenbank des Herstellers durchsucht werden, um herauszufinden, worauf sich der Fehlercode bezieht und unter welchen Bedingungen dieser gesetzt wird. Aus Zeitgründen kann dies daher nicht während der PTI erfolgen. Wie bei der vereinfachten Prüfmethode für Kontrollleuchten, können die Fehlercodes kurz vor der PTI gelöscht worden sein. Es wird daher auch hier dringend empfohlen, eine kurze Probefahrt mit Aktivierung der Bremsen und der Lenkung durchzuführen, um die gelöschten Fehlercodes durch das Durchlaufen der erweiterten Plausibilisierung wieder erscheinen zu lassen, bevor die Fehlerauslesung durchgeführt wird. Eine weitere Kategorie von Diagnosegeräten führt eine vollständige Diagnose aller elektronischen Systeme des Fahrzeugs durch. Sie verfügen in der Regel über grössere Datenbanken von Fahrzeugherstellern und können genauere Informationen zu defekten Systemen oder Sensoren liefern. Ein Nachteil dieser leistungsfähigeren Diagnosegeräte ist der Zeitaufwand für den Diagnosevorgang, der mehrere Minuten dauern kann. Neben den für Werkstätten vorgesehenen Versionen, die vergleichsweise sperrig sind und über ein Kabel mit der OBD2-Schnittstelle verbunden werden müssen, gibt es Versionen, die aus einem OBD2-Adapter mit Wireless-Funktion sowie einer App bestehen, die auf dem Tablet oder Smartphone

installiert werden kann (siehe Abbildung 12). Eine Bewertung dieser Diagnosegeräte und ihrer Eignung für den Einsatz bei der PTI sollte im Rahmen eines separaten Projekts erfolgen. Für die PTI kommen nur generische Scan-Tools in Frage, dabei handelt es sich aber um proprietäre Software, welche eine aufwändige Datenbank enthält. Diese Datenbank wird vom Gerätehersteller fortlaufend aktualisiert und mit den Daten für neu erschienene Modelle ergänzt und parametrisiert. Dabei entsteht eine systematische Abhängigkeit vom Hersteller des Scan-Tools.

Die Firma **Fahrzeugsystemdaten GmbH**, D-01307 Dresden (FSD) hat den HU-Adapter (siehe Abbildung 13) entwickelt; ein spezielles Gerät, welches unter anderem für die Prüfung von FAS bei der **Hauptuntersuchung** (in Deutschland verwendetes Synonym für PTI) zur Anwendung kommt [77][79]. Dem Projektteam wurden vor Ort die zur Überprüfung von für FAS optimierten PTI-Prozesse präsentiert, die Prüfzeiten entsprachen dabei den bei uns geltenden Richtwerten. Einem solchen PTI-«Ökosystem» kann ein hohes Potenzial attestiert werden.



Abbildung 12: Beispiel: OBD2-Adapter und Smartphone-App (Carly)



Abbildung 13: OBD-Tool für die PTI (HU-Adapter von FSD)

Die dritte Methode der PTI von FAS besteht in der statischen Prüfung der verschiedenen Sensoren, die Informationen aus der Fahrzeugumgebung liefern (Radar, Kameras, LiDAR usw.). Diese Prüfung kann vereinfacht werden, indem z.B. ein Fussgänger-Target um das Fahrzeug herumgeführt wird, während der Experte die Erkennung dieses Targets über die verschiedenen Informationsschnittstellen wie Armaturenbrett, Rückspiegel und Bildschirm der Rückfahrkamera (bei laufendem Motor und eingelegtem Rückwärtsgang) verfolgt. Dafür wäre eine spezielle Infrastruktur erforderlich (siehe Abbildung 14). Obwohl diese Kontrollmethode die Funktionsweise von Radaren und Kameras überprüfen würde, kann sie nicht mit Sicherheit feststellen, ob die vom Radar gemessenen Entfernungen genau sind und ob die Kameras richtig kalibriert sind. Die für eine genaue Kontrolle dieser Sensoren erforderliche Infrastruktur wäre dementsprechend umfangreicher (siehe Abbildung 15).

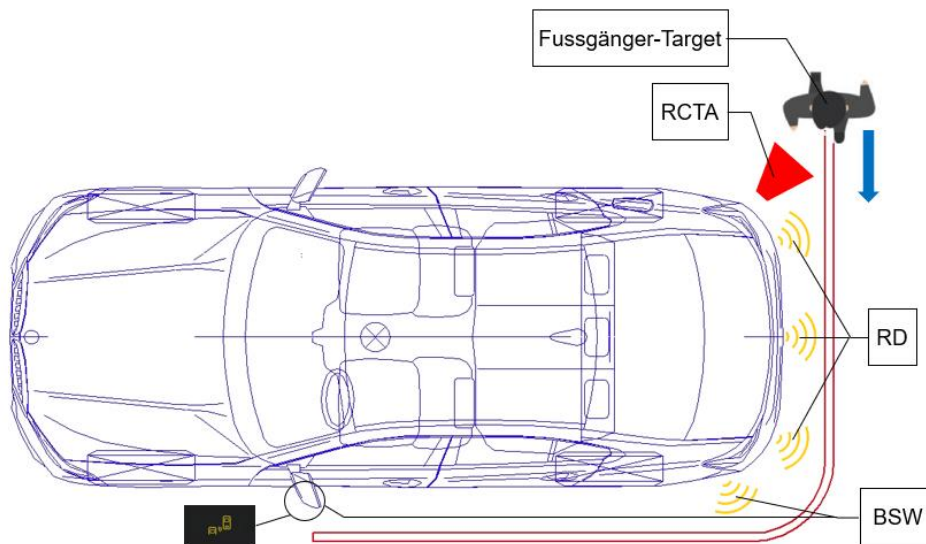


Abbildung 14: Beispiel: Infrastruktur für die Kontrolle von Heckradaren

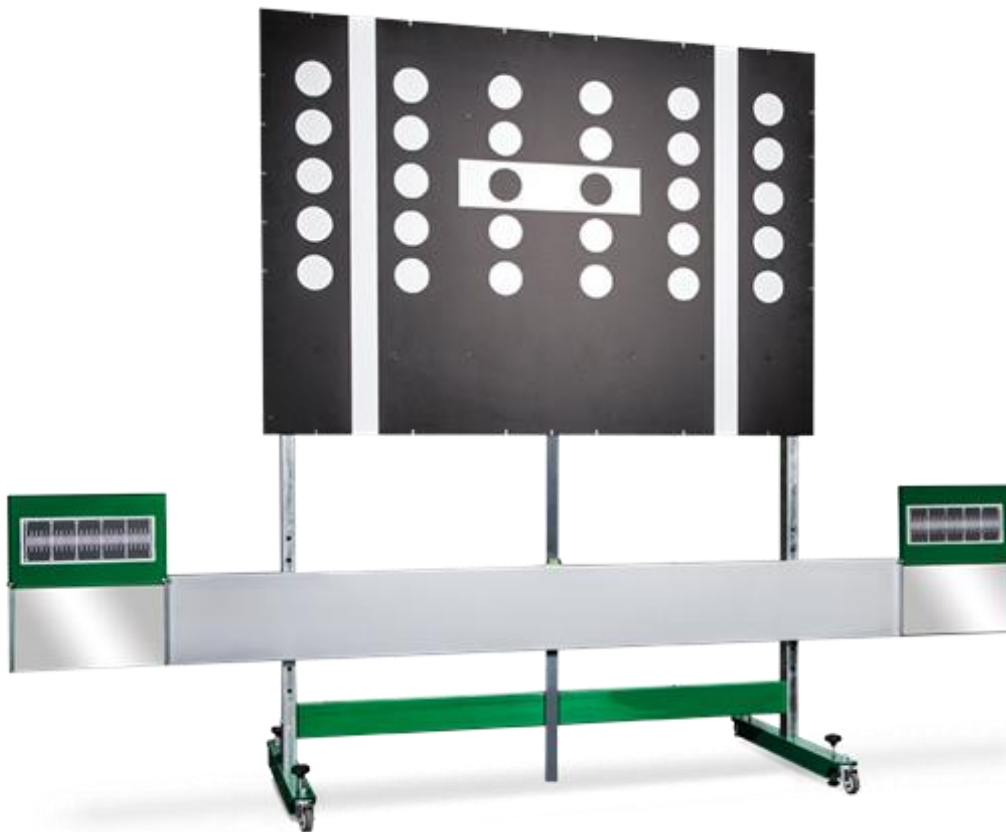


Abbildung 15: Beispiel: Vorrichtung für die Kamerakalibrierung von Hella-Gutmann

Die vierte Methode für die PTI von FAS ist die Durchführung eines Fahrversuches auf der Strasse oder auf einer dafür vorgesehenen Teststrecke (siehe Abbildung 16). Aufgrund der Besonderheiten einiger FAS, wie z.B. der Fahrzeuggeschwindigkeit, ab der das System gemäss den spezifischen UNECE-Regeln funktionieren muss (z.B. LDWS ab 60 km/h, Anfangsgeschwindigkeit von 100 km/h für die BAS-Typengenehmigung usw.), wurden nur Szenarien für FAS entwickelt, die bei niedriger Geschwindigkeit und auf angemessenem Raum geprüft werden können. Dieser richtet sich dabei nach dem verfügbaren Platz um die jeweilige Prüfhalle. Diese Szenarien

wurden mit dem Ziel entwickelt, mehrere FAS in einem einzigen Testdurchgang prüfen zu können.



Abbildung 16: Beispiel: Prüfzenario ABS – FCW/AEBS – RSA/ISA

4.1.2 Annahmen, Abgrenzung

Im Laufe der Arbeit wurden Annahmen und Entscheidungen getroffen, die im Sinne der Entwicklung praktikabler Lösungsansätze (bezogen auf den Einsatz vorhandener Messmittel und im Rahmen der PTI realistisch durchführbarer Probefahrten) stehen.

Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) Methodik wird in der Entwicklung von Bauteilen und Systemen in der Automobilbranche angewendet [60]. Sie kann auch ergänzend zu oder als Teil der Evaluation der Funktionalen Sicherheit [53] einfließen und eignet sich vor allem für den Einsatz im Entwicklungsstadium oder für die Evaluation verschiedener Prozesse. Sie wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht weiterverfolgt, weil der Aufwand vergleichbar wäre mit dem Aufwand für die Risikoanalyse. Dieser wurde, im Vergleich zum Einsatz von Expertenwissen, bereits als zu hoch eingeschätzt (siehe Kapitel 2.3.2).

Im Zusammenhang mit FAS und ADS werden oft Untersuchungen mittels Simulation, Software-in-the-Loop (SiL) und Hardware-in-the-Loop (HiL) durchgeführt. Virtuelle Umgebungen, die das Fahren simulieren, sind damit bereits Realität. Dabei wird der normale Betrieb des Systems getestet, indem eine virtuelle Fahrumgebung geschaffen wird, die den Aktivierungs- und Betriebsbedingungen (ODD) des untersuchten Fahrassistenzsystems entspricht [73]. Auch die Simulation der FAS-Software ist realisierbar [74]. Prüfstände werden bereits entwickelt [75] oder eingesetzt [76]. Die Methoden sind noch nicht genormt. Diese neuartigen und komplexen Ansätze wurden nicht weiterverfolgt. Sie sind unter Umständen modellspezifisch, d.h. nicht flexibel einsetzbar, und mit erheblichem Aufwand verbunden, was sie für den Einsatz im Rahmen der PTI uninteressant macht.

4.1.3 Verfügbarkeit der erforderlichen Daten

Die Möglichkeiten zur Beurteilung von FAS setzt die Verfügbarkeit verbindlicher Daten voraus. Diese können je nach vorschrittsseitigen oder technischen Anforderungen, Systemen oder sonstigen Kriterien unterschiedlicher Herkunft sein (z.B. Rechtsakte, Fahrzeugsoftware, etc.). Unter Umständen ist nicht in jedem Fall davon auszugehen, dass die freie Zugänglichkeit gewährleistet wird, respektive, dass die Art/Form der Daten direkt anwendbar ist (siehe auch Kapitel 3). Abgesehen von evtl. Datenschutzfragen müsste in jedem Fall eine Beurteilung über die Aktualität und Verbindlichkeit der Daten realisiert werden können, bevor diese zur Anwendung kommen. Damit soll ausgeschlossen werden, dass die Beurteilungen eines FAS oder einer technischen Einrichtung mangels belastbarer Informationsbasis falsch bewertet und beurteilt werden. Zu den Herausforderungen gehören auch die Grenzen an Zugriffsmöglichkeiten (z.B. Rohdaten von Sensoren), Hilfsmitteln und Zeit, sowie eine Übertragbarkeit wie Freeze-Frame der Parameter (Bremseneinstellungen, Kennfelder, km-Stände, etc.), respektive zentrale Abrufmöglichkeit, damit eine Kontinuität vorhanden ist. Bei Fahrzeug 1 (VW T-Roc) sind bspw. einige Diagnoseinformationen erst zugänglich, nachdem die Motorhaubenverriegelung betätigt wurde.

4.2 Abgeleitete Prüfprogramme

Die aus der Analyse abgeleiteten Erkenntnisse wurden in Anhang 7.5 zusammengefasst. Die Prüfung des jeweiligen FAS kann erst als bestanden angesehen werden, wenn gewisse Voraussetzungen erfüllt sind. Diese hängen von den zusammenwirkenden Bauteilen und Baugruppen, den eingesetzten Sensoren und von ihrem Zusammenspiel über die jeweiligen Steuergeräte ab. Dadurch, dass sich viele hochentwickelte FAS aus verschiedenen Subsystemen zusammensetzen, entstehen komplexe Systemkonstellationen. Zuerst wurden diese Schaltungen und Interaktionen methodisch analysiert, wodurch die FAS gruppiert werden konnten. Mittels Blockschaltbildern konnten die Zusammenhänge visualisiert werden. Die Überprüfung einiger dieser Komponenten bzw. Subsysteme gehört schon jetzt zum Umfang der PTI, sofern Richtlinien dies gebieten [12]. Generell stützen sich die Überprüfungen in allen möglichen Aspekten auf internationale (meist UNECE) Reglemente und Normen. Sie können nach Testmethode (Selbsttest, Probefahrt, Prüfstand) aufgeteilt werden. Dabei unterscheiden sich die technischen Voraussetzungen für eine Methode und die Komplexität der angewendeten Testmethode voneinander. Sie sind aber gesetzlich gleichwertig und je nach den konkreten Gegebenheiten (Ausstattung der Prüfstelle) auswählbar. Darüber hinaus wurden mögliche Überprüfungen der Funktionalität aufgezeigt und Aussagen zu Mängeln sowie zu den zu erwartenden anwenderseitigen Umgebungsversuchen getroffen (siehe Kapitel 3.1.3).

5 Umsetzung und Konsequenzen (AP4)

In AP4 wurden die in Kapitel 4.2 definierten Fahrversuchsszenarien unter realen Bedingungen auf der Teststrecke der DTC AG in Vauffelin getestet. Ziel dieser Fahrversuche war es, die theoretischen Szenarien zu validieren, die erforderliche Infrastruktur und die Mindestgeschwindigkeiten, ab denen die verschiedenen FAS funktionieren, zu bestimmen und somit den für die möglichen Fahrversuche bei der PTI erforderlichen Mindestraum zu ermitteln. Für diese Fahrversuche standen zwei aktuelle Fahrzeuge zur Verfügung, ein VW T-Roc 2.0 aus dem Jahr 2018 (Fahrzeug 1) und ein Suzuki SX4 S-Cross 1.5, der 2023 in Verkehr gesetzt wurde (Fahrzeug 2). Die vollständigen Daten dieser Versuchsfahrzeuge sowie die FAS, mit denen sie ausgestattet sind, finden sich in den Messprotokollen im Anhang 7.7 dieses Berichts. Messgeräte von RaceLogic wie VBox 3i-V3 mit Inertial Measurement Unit (IMU) und das VBox Video HD2 mit synchronisierten Kameras wurden in die Versuchsfahrzeuge eingebaut, um Daten wie die genaue Position, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen in allen drei Raumachsen (Längs-, Quer- und Hochachse), Rotationen um die drei Raumachsen (Gier-, Roll- und Nickrate) sowie Videoaufnahmen in Fahrtrichtung und vom Armaturenbrett zu erhalten. Zwei Kameras (GoPro und Garmin) wurden verwendet, um die Fahrversuche von aussen zu filmen.

In einem zweiten Schritt wurden Störungen an verschiedenen Sensoren (Radar und Kameras) verursacht, um die Reaktion der FAS und der Selbstdiagnosefunktion auf diese Störungen zu ermitteln.

5.1 Umsetzungsansätze

Wie in Kapitel 4.1.1 erwähnt, wurden die Fahrversuche so konzipiert, dass mehrere FAS gleichzeitig geprüft werden können. Da der verfügbare Raum um die jeweiligen Prüfhallen herum relativ klein ist und es dort ein hohes Fahrzeug- und Fussgängerverkehrsaufkommen geben kann (Ankunft und Abfahrt von Kunden, Fahrschülern usw.), wurde die Anfangsgeschwindigkeit der Fahrversuche vorerst auf 50 km/h begrenzt, um andere Verkehrsteilnehmer nicht zu gefährden. FAS, die gemäss ihren spezifischen UNECE-Regelungen erst ab einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 60 km/h funktionieren dürfen, wie z.B. ACC (VF03), BAS (VSo3, einschliesslich ESS, VS14) und LDWS (VSo7), sowie spezifische FAS für schwere Fahrzeuge können in dieser Umgebung (Prüfhallenumgebung) folglich nicht geprüft werden. Wenn nach einer Prüfung gemäss den in Kapitel 4.1.1 definierten Methoden 1 bis 3 Zweifel an ihrer einwandfreien Funktion bestehen, können sie unter Berücksichtigung der erforderlichen Vorsichtsmassnahmen auf öffentlicher Strasse geprüft werden.

Zunächst und in der Annahme, dass die Auslösung des ABS (VSo1) und des ESP (VSo2) durch eine Notbremsung auf gerader Strecke unter μ -Split-Bedingungen, d.h. mit einem Haftungsunterschied zwischen den linken und rechten Rädern (z.B. beide linken Räder auf Asphalt und beide rechten Räder auf Gleitbelag), verursacht werden könnte, wurde festgestellt, dass die Gierrate (Winkelgeschwindigkeit um die Hochachse) zu gering war, um das ESP (VSo2) auch bei Anfangsgeschwindigkeiten von über 80 km/h eingreifen zu lassen.

5.1.1 Kombinierte Prüfung

Daher wurde ein neues, spezifisches Szenario (ein slalomartiger Fahrversuch ähnlich dem sog. Elchtest) für die Überprüfung des ESP entwickelt. Die folgenden FAS wurden für die kombinierte Prüfung ausgewählt:

- FCW (VSo4),
- AEBS (VSo5),
- ABS (VSo1),
- RSA (VFo1) und ggf.
- ISA (VFo2).

Nachdem die Fahrversuche auf trockener Strasse durchgeführt waren, um den Restabstand zum Target-Fahrzeug nach Auslösung des AEBS (VSo5) zu ermitteln und die Versuchsfahrzeuge zu schonen, wurde festgestellt, dass dieser Versuch unter μ -Split-Bedingungen mit einer Anfangsgeschwindigkeit von bis zu 30 km/h ohne Gefahr für die Versuchsfahrzeuge durchgeführt werden kann. Die folgenden Abstände wurden in Abhängigkeit der Anfangsgeschwindigkeit gemessen (Mittelwerte aller Fahrversuche):

Auswertung der Fahrversuche / FCW/AEBS-Test, μ -Split, 25-40 km/h

Test	Anlaufphase		RSA-Display		FCW	AEBS	
Nr.	V [km/h]	min. Anlaufweg [m]	Reakti- onszeit [s]	Reakti- onsweg [m]	Abstand zu Target [m]	Abstand zu Target [m]	Restab- stand zu Target [m]
01	27.00	10.15	3.00	22.50	9.85	5.46	0.16
02	30.60	13.00	2.20	18.70	18.45	6.79	0.15
03	36.00	18.00	0.50	5.00	21.83	8.83	-2.25

Tabelle 7: Auswertung der Fahrversuche / FCW/AEBS-Test, μ -Split, 25-40 km/h

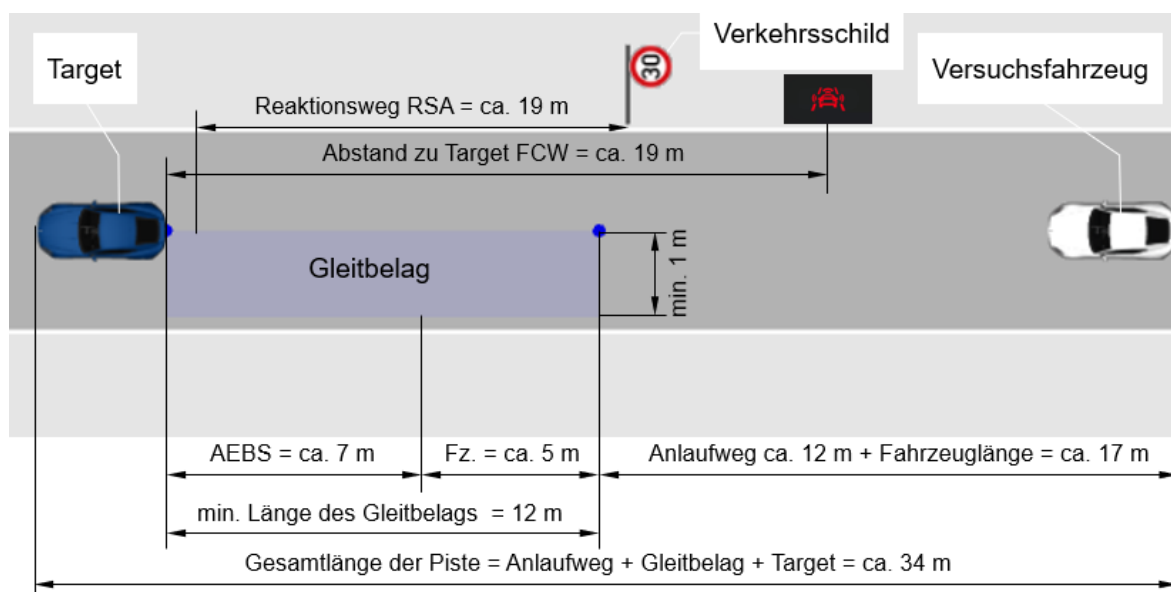


Abbildung 17: Platzbedarf für den kombinierten Fahrversuch mit Anfangsgeschwindigkeit 30 km/h

Feststellungen:

- Bei einer maximalen Ausgangsgeschwindigkeit von 30 km/h kann die AEBS-Prüfung unter μ -Split-Bedingungen durchgeführt werden, wodurch gleichzeitig die Funktion des ABS überprüft werden kann.
- Bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 30 km/h kann die Funktion der RSA beim Vorbeifahren am Verkehrszeichen «30 km/h» überprüft werden, nicht aber die des ISA -> keine Warnung bei einer Geschwindigkeit, die weniger als 2 km/h über der Höchstgeschwindigkeit liegt. Es müsste also ein Verkehrszeichen «20 km/h» verwendet werden.
- Bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von mehr als 30 km/h ist die Gefahr einer Kollision mit dem Target gross.
- Um die Integrität des Versuchsfahrzeugs zu gewährleisten, sollte das Target daher weich und leicht sein oder im Falle eines zu langen Bremswegs im letzten Moment «verschwinden» können (z.B. elektromechanisches System zum Entfernen bzw. Verschieben des Targets).

5.1.2 ESP-spezifische Prüfung

Zur Kontrolle des ESP (VSo2) wurde ein Ausweichmanöver (Sinus-Dwell-Test) bei niedriger Geschwindigkeit mit allen vier Rädern auf dem Gleitbelag durchgeführt. Bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 30 km/h konnte das Eingreifen des ESP (VSo2) durch das Aufleuchten der Kontrolllampe beim zweiten Einschlagen des Lenkrads, zum Einleiten der Rückkehr auf die ursprüngliche Fahrbahn, festgestellt werden. Der minimale Platzbedarf und die Abmessungen des Gleitbelags sind in Abbildung 18 dargestellt:

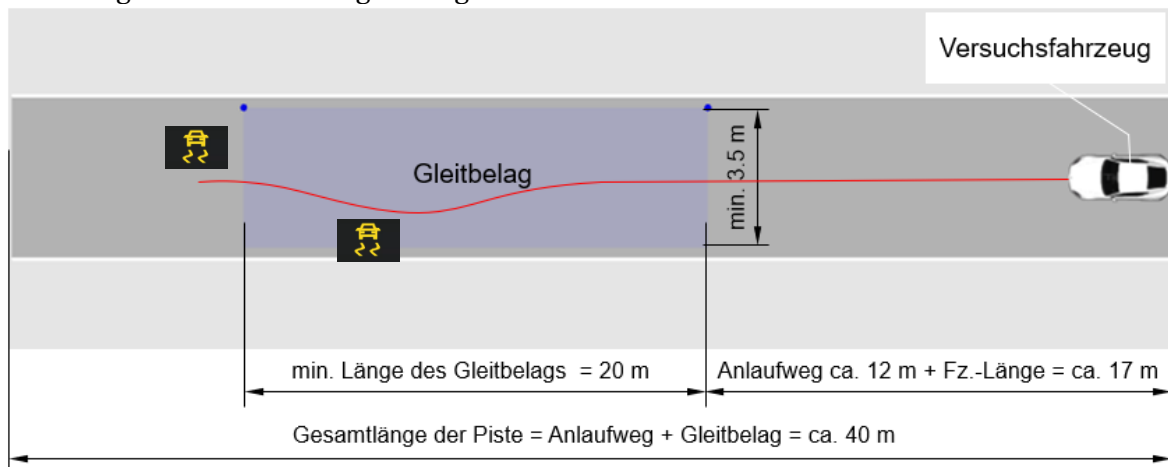


Abbildung 18: Platzbedarf für die ESP-Prüfung (Sinus-Dwell-Test) mit Anfangsgeschwindigkeit 30 km/h

5.1.3 Umsetzungsplan

Für die Implementierung der neuen Prüfstrategie sind die konkreten Umstände und die Ausstattung der Prüfstellen massgebend. Das entwickelte Konzept muss für sehr unterschiedliche Platzverhältnisse und Prüfdurchsätze flexibel anwendbar sein.

Wie das in der Praxis aussehen kann, demonstriert die Machbarkeitsstudie in drei verschiedenen KP. Diese wurden von der Expertengruppe der BK als repräsentativ für kleine, mittelgrosse und grosse KP eingeschätzt, vor allem aufgrund der vorhandenen Prüffläche.

Prüfstellen müssen internationale Abmachungen und die nationalen Vorgaben (Art. 33 VTS [7]) für die Durchführung der PTI erfüllen. Die Vorgaben für die Ausrüstung sind sehr detailliert. Zum Beispiel sind gewisse Anforderungen hinsichtlich Grube, Hebebühne, Bremsprüfstand und Messgeräten vorhanden. Bezüglich des Layouts wird hingegen in Anhang III der Richtlinie

2014/45/EU [12] lediglich vorgeschrieben, dass ausreichend bemessene Prüfstrassen und Platz vorhanden sein müssen.

Die Organisation der KP und ihre räumliche Anordnung werden zwar aufgrund kantonaler Anforderungen unterschiedlich geregelt, dennoch bestehen zahlreiche Parallelen. Der Ablauf der PTI besteht in der Regel aus dem Empfang des Kunden, gefolgt von der Prüfung und einer Probefahrt. Die Zonen auf dem Betriebsgelände sind immer klar definiert und für die Besucher verständlich markiert. Zu Beginn jeder PTI muss die Identifikation des zu prüfenden Fz. vorgenommen werden, was dem Verkehrsexperten die Einschätzung der technischen Lage erlaubt. Je nach vorhandenen FAS könnte zu diesem Zeitpunkt eine Eingrenzung der Prüfmethoden und eine Testauswahl gemäss dem aufgezeigten Konzept durchgeführt werden. Ein denkbare Hilfsmittel wäre das fahrzeugspezifische Hinterlegen der hochentwickelten Fahrerassistenzsysteme (Advanced Driver Assistance Systems ; ADAS) in ein national verwaltetes Register von Fahrzeugdaten, wie heute bspw. das Informationssystem Verkehrszulassung (IVZ), eine bestehende Datenbank des ASTRA, auf welche alle KPs Zugriff haben. Für eine solche Erweiterung müssten zuerst die nötigen Rechtsgrundlagen geschaffen werden. Alternativ wäre auch vorstellbar, dass die asa die Datenbereitstellung unabhängig vom ASTRA übernimmt.

Die PTI wird anschliessend in zwei Etappen durchgeführt, die auch als (quasi-) statische Prüfung und dynamische Prüfung charakterisiert werden können. Die erstere wird meistens in einer Halle stattfinden und die zweite, nachgelagerte Phase um das Gelände und/oder auf öffentlicher Strasse, je nach lokalen Gegebenheiten.

Im Rahmen der Studie wurde zunächst die statische Phase analysiert. Es handelt sich um eine Zustandsüberprüfung bei stehendem Fahrzeug und bei niedriger Leerlaufdrehzahl. Der Verkehrsexperte steigt in das Fahrzeug ein und der Motor wird gestartet. Bei allen Fahrzeugen kann zu diesem Zeitpunkt die Überprüfung FAS über die Lampenprüfung am Armaturenbrett erfolgen. Im Normalfall leuchtet die Kontrollleuchte des jeweiligen FAS (siehe Abbildung 1, Abbildung 2 und Abbildung 3) für wenige Sekunden auf.

Die vorgeschriebenen Messungen werden als nächstes durchgeführt. Mehrere parallel verlaufende Prüfbahnen ermöglichen einen hohen Fahrzeugdurchsatz und sind leicht aufrüstbar durch Hinzufügen weiterer Prüfgeräte. Mobile Kleingeräte können von den Verkehrsexperten nach Bedarf für die Inspektion mehrerer Fahrzeuge gleichzeitig eingesetzt werden. Die Überprüfung von allen sicherheitsrelevanten FAS über die Diagnoseschnittstelle (OBD) wäre zu diesem Zeitpunkt möglich [77].

Anschliessend findet die dynamische Phase statt. Es handelt sich um eine aktive Funktionsüberprüfung unter definierten Fahrbedingungen. Die Durchführung einer Probefahrt als Nachkontrolle hat den Vorteil, dass das freie Fahren mit Lenkbewegungen oder starkem Bremsen ermöglicht wird. Mit einer Probefahrt können auch noch die bisher nicht plausibilisierten FAS für die Prüfung angeregt bzw. ausgelöst werden. So kann evaluiert werden, ob sich das Fahrzeug in einem verkehrssicheren Zustand befindet und ob die gleichen Sicherheitsstandards erfüllt werden wie bei der Erstzulassung. Die erforderlichen Breiten und Längen der Prüfflächen wurden ermittelt (siehe Abbildung 17). Die Flächen müssen eine Beschleunigung auf die nötige Geschwindigkeit von 15 km/h (gemäss mehreren ECE Vorschriften; Anhang 7.5) ermöglichen, um die FAS zu aktivieren und eine minimale Länge von ca. 40 m aufweisen, um das Befahren mit 10 bis 30 km/h zu ermöglichen (siehe Anhang 7.6). So könnten bereits mehrere priorisierte FAS aus 2.2.1 untersucht werden.

Die Ein- und Ausfahrten der Prüffläche würden sich für die Aufnahme einer μ -Split-Strecke in das Prüfprogramm eignen, das heisst einer Oberfläche mit Belägen unterschiedlicher Reibwerte (links, rechts). Dabei müssen die in der Richtlinie EU/2014/45 [12] beschriebenen, erforderlichen Gesundheitsschutz- und Sicherheitsvorschriften beachtet werden. Im Allgemeinen gibt es ein hohes Verkehrsaufkommen bei den KP, da dort auch die Führerprüfung stattfindet und die Kontrollschilder bezogen werden. Auch Fussgänger sind zu erwarten. Die Platzverhältnisse müssen bei jeder KP individuell abgeklärt werden (siehe Anhang 7.6).

Zur Absicherung von hochautomatisierten Fahrsystemen wäre das Prüfen unter realitätsnahen Verkehrssituationen ideal. Wie bereits erwähnt, wäre für die Aktivierung dieser Systeme eine Probefahrt mit einer Geschwindigkeit von >60 km/h nötig. Bei einigen KPs ist eine Möglichkeit zur Durchführung solcher Probefahrten bereits vorhanden (ausserorts oder Hauptstrassen).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das entwickelte Konzept aktuell anwendbar wäre. Die Dauer und die Kosten für die weiterentwickelte Fahrzeugprüfung hängen von der Art und Anzahl der FAS des jeweiligen Fahrzeuges ab. Idealerweise werden Zustand und Funktion im Rahmen einer Auswertung des Fehlerspeichers mit darauffolgender Probefahrt überprüft. Ein für die PTI vorgesehener Prüfmodus könnte Prüf- und Diagnosevorgänge vereinfachen, die Anforderungen hierfür müssten in einer Richtlinie definiert werden. Die derart weiterentwickelte PTI muss dabei einheitlich und risikofokussiert bleiben. Weitere Machbarkeitsstudien wären sicherlich angebracht, um die Analyse dieser Thematik zu vertiefen und zusätzliche Lösungsansätze aufzuzeigen. Dabei könnte auch die Einbeziehung von dritten Stellen wie beispielsweise Garagenbetrieben betrachtet werden.

5.1.4 Verifizierung und 0-Serie

Bereits in der Planung der internen Prüfungen hat sich abgezeichnet, dass eine Umsetzung vor Ort bei einer KP bezogen auf die FAS eher keine weiterführenden Erkenntnisse liefern würde. Sowohl Platz- wie Hilfs-/Messmittelbedarf als auch die Anforderungen an die Infrastruktur bezüglich Sicherheit (Abgrenzung) und Realisierbarkeit stellten per se Herausforderungen dar, welche ohne erheblichen Aufwand kaum erfüllbar sein würden. Die vorhandenen erheblichen Standortunterschiede zwischen den KPs könnten aktuell kaum zu einer sinnvollen Referenz-KP führen, und eingehende detaillierte Erfassungen sämtlicher Stellen mit Abklärungen über die Einbindung der entsprechenden Abläufe könnten daher in einem separaten Projekt, welches prüfprozessorientiert vorangetrieben würde, zielführend sein.

5.1.5 Bedeutung für die Weiterentwicklung der Infrastruktur

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Marktdurchdringung von FAS, sowie der laufenden Weiterentwicklungen, im Rahmen derer mit Fahrzeugen, welche über einen Automatisierungsgrad bis hin zu Stufe 4 (5) verfügen, zu rechnen ist, sind mindestens Um- / Neubauten von KP zukunftsorientiert zu konzipieren. Die Verkehrsflächen ausserhalb der Gebäude bedürfen der klaren Abgrenzung, wo auch Publikumsverkehr zulässig ist, welche Flächen gemeinsam genutzt werden, und welche Zonen «Prüfbereiche» sind. Klare Signalisationen und Hinweise ergänzt durch Übersichtlichkeit sind naheliegend, damit die Sicherheit erste Priorität erhält und sowohl intern wie extern das Risiko für Personen- und Sachschaden auch beim Versagen eines FAS auf minimalem Niveau gehalten werden.

Durch geeignete Massnahmen soll eine möglichst hohe Adaptierbarkeit realisiert werden, so dass ohne Einschränkung Fahrzeuge ohne FAS geprüft werden können, evtl. mit Zusatznutzen, während Fahrzeuge sämtlicher Automatisierungsgrade ebenfalls auf ihre Fahrsicherheit und Vorschriftskonformität überprüft werden können.

5.1.6 Empfehlung für die Kompetenzen

Die gestiegenen Anforderungen müssen auch einen Einfluss auf die Aus- und Weiterbildung der Verkehrsexperten haben. Dem ist unter Berücksichtigung der individuellen Vorbildung angemessen Rechnung zu tragen und der spezifische Kompetenzerwerb zur vollständigen PTI ist zu gewährleisten. Inhaltlich ist der Schwerpunkt auf den Erwerb von Spezialwissen über das allgemeine Verhalten der FAS, wie z.B. die Auslösung des Systems und seiner Funktionalität, vertiefte Kenntnisse über die OBD-Schnittstelle, Manipulationsversuche und verwandte Themen zu legen.

5.1.7 Empfehlungen für die Prüfgeräte

Für die effiziente Durchführung der PTI stellt sich die Frage, wie die umfangreichen Daten dem Verkehrsexperten bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden können. Gleiches gilt für das markenunabhängige Auslesen der PTI-spezifischen Fahrzeugdaten. Eine solche Prüfinfrastruktur wurde im Rahmen der Arbeit geprüft. Sie ist jedoch für die schweizerischen Zwecke aktuell nicht verfügbar. Damit bleibt die Herausforderung bestehen, weitere Prüfschritte im bestehenden Zeitrahmen für die einzelnen PTI durchführen zu können. Können sowohl keine adäquaten Prüfmittel beschafft werden und sollen die Prüfzeiten zudem nicht erhöht werden, so besteht das Risiko, dass die Betriebssicherheit der Fahrzeuge zunehmend beeinträchtigt wird.

Die Suche nach einer diesbezüglichen Lösung soll daher durch die für die PTI zuständigen KP fortgeführt werden.

5.2 Endgültige Bewertung

Die Entwicklung von empirischen, möglichst einfachen Lösungen, führten zu Herausforderungen, welche deutlich vielschichtiger sind, als zu Beginn erwartet. Die Methodik ist durch diese Erkenntnisse geändert worden und geht nun in Richtung eines Ansatzes, der auf kombinierten Tests basiert und verschiedene Hebel ansetzt. Die technischen Experten spielen bei diesen Prozessen nach wie vor eine wesentliche Rolle, unterstützt von einer sich vom Status Quo unterscheidenden Infrastruktur und von einer anzupassenden Auswahl verfügbarer Instrumente/Hilfsmittel. Die KP in der Funktion technischer Kompetenzzentren greifen auf ein Register an Informationen und Daten zu, welche Bestandteil eines angepassten Entscheidungsprozesses sind. Diese Struktur der Überprüfung ermöglicht eine fahrzeug- und situationsangepasste differenzierte Einführung und Anwendung von Kontrollmethoden. Sie reichen von einer einfachen Kontrolle (visuell, haptisch, etc.) über die kompetente Beurteilung integrierter Selbstdiagnosesysteme mittels der Verwendung von Diagnosegeräten bis hin zu komplexeren Funktionskontrollen (Anregung verschiedener Sensoren und Funktionen und/oder Fahrversuche). Die Unterschiede der KP-Standorte sind erkannt und anhand von drei Zentren (klein, mittel, gross) aufgenommen worden. Die Anpassungen an die zukünftigen Prüfprozesse erfordern eine standortbezogene Betrachtung und sind nicht Bestandteil der Resultate dieser Arbeit.

6 Fazit, Erkenntnisse (AP5)

Im Umfang dieser Forschungsarbeit konnten bezüglich der neuen Ansätze der PTI von FAS bis und mit Stufe 2 der SAE J3016 wertvolle Erkenntnisse erarbeitet werden, welche auch über

diesen Automatisierungsgrad hinaus Anwendung finden können. Auf diesen Ansätzen sind sowohl für aktuelle und kommende FAS Anwendungsfälle realisierbar, welche einerseits ausführlich unter Testbedingungen und später unter Miteinbezug der KP zu prüfen und belastbar zu machen sind. Damit ist eine Entwicklung der bestehenden PTI, je nachdem mit Ergänzungen, der zielführende Weg, um möglichst nahtlos die mit FAS ausgerüsteten Fahrzeuge miteinzubeziehen.

6.1 Hauptempfehlungen

Basierend auf den grundlegenden Anforderungen Verkehrssicherheit, Verkehrsfluss und Umwelt soll die bestehende effiziente Struktur der schweizerischen Prüfstellen möglichst beibehalten werden. Die zeitlich etablierten Bedürfnisse (z.B. im Schnitt ca. 15-20 Minuten pro PTI von leichten Fahrzeugen) legen dort wo mit ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit relevante Aussagen möglich sind, das Hauptaugenmerk auf die Überprüfung von Kontrollleuchten. Die Beurteilung mittels dieser Selbstdiagnosen der Systeme ist mit der Schwierigkeit verbunden, zahlreiche Kontrollleuchten und/oder Texte rasch vollständig korrekt zu erfassen. Alternativ oder ergänzend lassen sich latente/«alte» Fehler mittels Probefahrt erkennbar machen, welche bei Unsicherheiten und weiteren Zweifeln mittels konkreten physischen Tests abgesichert werden. Hierbei bestehen Grenzen durch die vorhandene Infrastruktur. Bei nicht möglicher abschliessender Beurteilung könnte auf eine APS zurückgegriffen werden, damit können auch z.B. Systeme, die erst ab 60 km/h funktionieren, getestet werden. Dieses Vorgehen wäre allerdings im Rahmen der PTI-Prozesse neu und müsste entweder für sehr spezifische Fälle vorbehalten sein oder der PTI-Prozess müsste entsprechend überdacht werden.

Die Empfehlungen der Projektgruppe beinhalten zudem die Aktualisierung von Vorschriften wie der VZV [9] und der VTS [7]. Die Abdeckung aller relevanten FAS soll durch geeignete Formulierungen erreicht werden. Gleichzeitig ist die fachliche Kompetenzregelung zwischen KP und APS zu klären und die fachliche Weiterbildung muss angemessen berücksichtigt werden.

Eine weitere Empfehlung beinhaltet die Erweiterung der Datengrundlagen. Die KP sollten Zugriff auf die relevanten Daten erhalten, um mittels geeigneter Hilfsmittel verbindliche Beurteilungen abgeben zu können. Die Einführung eines nationalen Registers oder die gezielte Erweiterung bestehender Instrumente wie beispielsweise eines erweiterten Informationssystems des Bundes wie z.B. des Informationssystems Verkehrszulassung (IVZ) oder der asa mit Angaben zu FAS wäre die Voraussetzung dafür. Seit 2024 können per Meldedrehscheibe (Traffic Certification Message Broker) ans IVZ auch nicht bestandene Prüfungen gemeldet werden. Solche Meldungen müssten flächendeckend und konsequent erfolgen. Ferner müssten auch Angaben zu den Gründen gemeldet werden, weshalb die Prüfung nicht bestanden wurde. Die kontinuierliche Erhebung von Zahlenmaterial im Rahmen der PTI sowie ggf. auch von Informationen der Marktüberwachungsbehörden (auch derjenigen der EU wie zum Beispiel angeordnete Rückrufe) würden eine sinnvolle Datenbasis bilden. Aus dieser Datenbasis müsste für den Verkehrsexperten der Datensatz des konkret zu prüfenden Fahrzeugs zur Verfügung stehen. Damit könnte eine Fokussierung der Kontrollen ermöglicht werden. Dies würde zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen.

Bei der Umsetzung des Kontrollkonzepts kann eine zeitliche Staffelung der Einführung von Massnahmen vorgesehen werden. Priorität sollen die Tests erhalten, welche einerseits einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Verkehrssicherheit leisten können und andererseits eine möglichst grosse Anzahl an in Verkehr stehenden Fahrzeugen erreichen.

7 Anhänge

7.1 ANHANG I Excel Tabelle aus AP1

Bewertung der FAS

Pos.	Fz.-Klasse	Stufe J3016	PTI J/N/V	Verkehrssicherheit	Umwelt	Verkehrsfloss	Nr.	Abk. I	Abk. II	Description (EN)	Bezeichnung (D)	Messgrößen
1	M1/N1	0	J	1.00	3.00	2.14	VS01	ABS	ABV	Antilock Brake System	Antiblockiersystem	Raddrehzahl
2	M2/M3/N2/N3	0	J	1.00	3.00	2.14	VS01	ABS	ABV	Antilock Brake System	Antiblockiersystem	Raddrehzahl
3	M1/N1	0	J	1.00	3.00	2.00	VS02	ESP	ESC	Electronic Stability Program	Elektronisches Stabilitätsprogramm	Raddrehzahl, Gierwinkel
4	M2/M3/N2/N3	0	J	1.00	3.00	2.00	VS02	ESP	ESC	Electronic Stability Program	Elektronisches Stabilitätsprogramm	Raddrehzahl, Gierwinkel
5	M1/N1	0	V	1.43	1.43	2.86	VS08	TPMS	TPM	Tire Pressure Monitoring System	Reifendrucküberwachungssystem	Raddrehzahl, Reifendruck
6	M2/M3/N2/N3	0	V	3.00	1.43	2.57	VS08	TPMS	TPM	Tire Pressure Monitoring System	Reifendrucküberwachungssystem	Raddrehzahl, Reifendruck
7	M1	0	N	3.00	1.43	2.57	UW01	GSI		Gear Shift Indicator	Gangwechselanzeige	Motordrehzahl, Geschwindigkeit, Treibstoffverbrauch
8	M2/M3/N2/N3	1	J	1.00	3.00	2.43	VS05	AEBS		Advanced Emergency Braking System	Hochentwickeltes Notbrems-Assistenzsystem	Geschwindigkeit, Abstand, Hinderniserkennung
9	M2/M3/N2/N3	0	J	1.00	3.00	2.00	VS07	LDWS		Lane Departure Warning System	Spurhaltewarnsystem	Optisch, Strassenlinien
10	M1/N1	0	J	1.00	3.00	2.43	VS03	BAS		Brake Assistance System	Bremsassistentensystem	Bremspedalkraft, Betätigungs-geschw. des Bremspedals
11	M1/N1	1	J	1.14	3.00	2.00	VS05	AEBS		Advanced Emergency Braking System	Hochentwickeltes Notbrems-Assistenzsystem	Geschwindigkeit, Abstand, Hinderniserkennung
12	alle	1	V	1.14	3.00	2.00	VS14	ESS		Emergency Stop Signal	Notstoppsignal	Bremspedalkraft, Betätigungs-geschw. des Bremspedals
13	M1/N1	0	J	1.00	3.00	2.14	VS06	BSW	BSD	Blind Spot Warning	Totwinkel-Warnsystem	Radar, Hinderniserkennung

Pos.	Fz.-Klasse	Stufe J3016	PTI J/N/V	Verkehrssicherheit	Umwelt	Verkehrsfuss	Nr.	Abk. I	Abk. II	Description (EN)	Bezeichnung (D)	Messgrößen
14	M2/M3/N2/N3	0	J	1.00	3.00	2.00	VS21	BSIS		Blind Spot Information System for the Detection of Bicycles	Totwinkel-Assistent zur Erkennung von Fahrrädern	Radar, Hinderniserkennung
15	M2/M3/N2/N3	1	J	1.00	3.00	2.14	VS06			Blind Spot Assistance System	Totwinkel-Assistenzsystem	Radar, Hinderniserkennung
16	alle	1	J	1.43	1.86	1.29	VF03	ACC		Adaptive Cruise Control	Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregler	Kamera, Hinderniserkennung
17	alle	1	J	1.71	2.00	1.43	VF02	ISA		Intelligent Speed Adaptation	Intelligenter Geschwindigkeitsassistent	Kamera, Signalisationserkennung, evtl. Kartendaten (GPS)
18	M1/N1	2	J	1.43	3.00	2.00	VS07	ALC		Automated Lane Centering	Automatische Fahrspurenzentrierung	Optisch, Strassenlinien
19	M1/N1	1	J	1.14	3.00	2.00	VS06	LCA		Lane Change Assist	Spurwechselassistent	Kamera, Radar, Fahrzeugerkennung
20	M1/N1	2	J	1.00	3.00	2.14	VS07	ELKS		Emergency Lane-Keeping System	Notfall-Spurhalteassistent	Optisch, Strassenlinien
21	M1/N1	2	J	1.29	3.00	2.29	VS07	LKA		Lane Keep Assist	Spurführungsassistent	Optisch, Strassenlinien
22	M1/N1	2	J	1.14	3.00	2.29	VS07	LDA		Lane Departure Avoidance	Vermeidung des Verlassens der Fahrspur	Optisch, Strassenlinien
23	M1/N1	2	J	1.29	3.00	2.29	VS07	LDP		Lane Departure Protection	Schutz vor Verlassen der Fahrspur	Optisch, Strassenlinien
24	M1/N1	3	J	1.43	3.00	2.29	VS07	ALKS		Automated Lane Keeping System	Automatisiertes Fahrspurhaltesystem	Optisch, Strassenlinien
25	M1/N1	3	J	2.00	2.43	2.43		DSSAD		Data Storage System for Automated Driving	Datenspeichersystem für automatisiertes Fahren	Fahrdaten
26	M1/N1	2	J	1.86	2.29	1.29	VF03	TJA		Traffic Jam Assist	Stauassistent	Geschwindigkeit, Abstand, Hinderniserkennung, Strassenlinien
27	alle	0	J	2.00	2.86	2.43	VS34	EDR	DER	Event Data Recorder, Black-box	Ereignisbezogene Datenaufzeichnung (Unfalldatenschreiber)	Fahrdaten und -Funktionen
28	alle	0	J	1.29	3.00	2.29	VS35			Alcolock System	Alkoholempfindliche-Wegfahrsperre	Alkoholgehalt in der Atemluft
29	alle	0	J	1.00	3.00	2.00	VS16	DDAW	DMS	Driver Drowsiness and Attention Warning	Warnsystem bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit des Fahrers	Kamera, Aufmerksamkeit des Fahrers
30	alle	0	J	1.00	3.00	1.71	VS16	ADDW		Advanced Driver Distraction Warning System	Hochentwickeltes Warnsystem bei nachlassender Konzentration des Fahrers	Kamera, Aufmerksamkeit des Fahrers
31	alle	1	J	1.71	3.00	2.43	VS12	RD		Reversing Detection	Rückfahrassistent	Radar, Hinderniserkennung
32	M2/M3/N2/N3	0	J	1.71	3.00	2.43	VS12	REIS		Reversing Information System	Rückfahrassistent	Radar, Hinderniserkennung
33	alle	0	V	1.71	2.57	2.14	VS36			Cybersecurity	Schutz gegen Cyberangriffe	
34	N3/M3	0	J	1.14	3.00	2.29	VS22	MOIS		Moving Off Information System	Kollisionswarnsystem für Fussgänger und Radfahrer bei geringer Geschwindigkeit	Radar, Hinderniserkennung

Pos.	Fz.-Klasse	Stufe J3016	PTI J/N/V	Verkehrssicherheit	Umwelt	Verkehrsfuss	Nr.	Abk. I	Abk. II	Descrip-tion (EN)	Bezeich-nung (D)	Messgrös-sen
35	M1/N1	0	V	2.00	3.00	2.14	VS18	ACN	eCall	Automatic Collision Notifica-tion, eCall System	automatisches Notrufsystem	
36	M1	1	V	2.00	3.00	2.00	VF04	TCS	ASR	Traction Control System	Anti-Schlupf-Regelung	Raddrehzahl
37	M1	1	N	2.43	3.00	2.14	VF05	HH		Hill Holder	Berganfahrhilfe	
38	M1	1	N	2.14	3.00	2.29	VS17	HDC		Hill Descent Control	Bergabfahrhilfe	
39	M1	0	N	2.71	3.00	2.71	VS11	PDC		Park Distance Control	Einparkhilfe	Radar, Hinderniserkennung
40	M1	2	N	2.71	2.86	2.57	VF06	IPAS		Intelligent Parking Assist Sys-tem	Intelligenter Einparkhilfe	Radar, Hinderniserkennung
41	M1	1	J	1.57	3.00	2.29	VS13	RCTA		Rear Cross Traffic Alert	Querverkehrswarnung hinten	Rückfahrkamera, Radar, Hinder-niserkennung
42	M1	1	J	1.29	3.00	2.29	VS15	RCAS		Rear-End Collision Avoidance System	System zur Vermeidung von Heckkollisio-nen	Kamera, Radar, Hinderniserken-nung
43	M1/N1	1	J	1.29	3.00	2.14	VS04	CAS		Collision Avoidance System	Kollisionsvermeidungssystem	Kamera, Radar, Hinderniserken-nung
44	M1/N1	1	J	1.29	3.00	2.14	VS04	FCW		Forward Collision Warning	Frontalkollisionswarnung	Kamera, Radar, Hinderniserken-nung
45	M1/N1	0	N	1.86	2.86	2.86	VS19	AFS	EPS	Active Front Steering	Aktivlenkung	Geschwindigkeit, Lenkradwinkel
46	M1/N1	2	J	1.57	2.86	2.71	VS07	ACSF		Automated Commanded Steering Function	Automatische Lenkfunktion	Kamera, Radar, Hinderniserken-nung, Blinker, Geschwindigkeit
47	M1/N1	1	J	2.29	2.86	3.00	VS20	AS	AF	Adaptive Suspension	Adaptives Fahrwerk	Kamera, Geschwindigkeit, Nick-winkel, Gierwinkel, Federweg
48	M1/N1	1	N	1.43	3.00	2.14	VS02	TSA		Trailer Stabilisation Assistant	Anhänger-Stabilisierungsassistent	ESP-Daten
49	M1/N1	1	N	2.43	3.00	2.71	VF07	TA		Trailer Assist	Anhänger-Rückfahr-Assistent	
50	M1	0	N	1.29	3.00	2.86	VS25	AROPS		Active Roll-Over Protection System	Aktives Überrollschutzsystem	ESP-Daten
51	M1	0	V	1.43	3.00	2.00	VS13	CTA		Cross Traffic Alert	Querverkehr-Warnung	Rückfahrkamera, Radar, Hinder-niserkennung
52	alle	0	N	2.57	2.57	1.86	VF08	GPS		Global Positioning System	Globales Positionierungssystem	GPS-Daten, Mobilnetz
53	alle	0	N	1.57	2.86	2.00	VS29	ALS-on	ALC	Automatic Light Switch-on	Automatisches Einschalten der Schein-werfer	Dunkelheit
54	alle	0	N	1.57	2.86	2.29	VS30	AFS	AFLS	Adaptive Front Lighting Sys-tems	Adaptive Frontbeleuchtungssysteme	Dunkelheit, Erkennung von Licht-quellen
55	alle	0	N	1.43	3.00	2.00	VS10	ACL		Adaptive Cornering Light	Adaptives Kurvenlicht	Lenkwinkel, Geschwindigkeit, (Ka-mera), (GPS)
56	alle	0	N	1.29	3.00	2.14	VS09	IL		Intersection Lights	Automatisches Abbiegelicht	Lenkwinkel, Blinker

Pos.	Fz.-Klasse	Stufe J3016	PTI J/N/V	Verkehrssicherheit	Umwelt	Verkehrsfloss	Nr.	Abk. I	Abk. II	Description (EN)	Bezeichnung (D)	Messgrößen
57	alle	o	N	1.14	3.00	2.00	VS31	GFHB		Glare-Free High Beam	Blendfreies Fernlicht	Dunkelheit, Erkennung von Lichtquellen
58	alle	o	N	1.29	3.00	2.00	VS31	NVA		Night View Assist	Nachtsichtassistent	Infrarotkamera, Hinderniserkennung
59	alle	o	J	1.57	2.71	1.57	VS14	ABL		Adaptive Braking Light	Adaptives Bremslicht	Bremsverzögerung
60	alle	o	N	2.00	2.86	1.71	VF01	RSA		Road Sign Assistant	Verkehrszeichenassistent	Kamera, Bilderkennung
61	alle	o	N	1.86	3.00	2.57	VS28			Rain Sensor	Regensensor	Regenstärke
62	alle	o	N	2.29	3.00	2.57	VS32	HUD		Head-Up-Display	Head-up-Display	-
63	alle	o	N	2.43	3.00	3.00	VS33			Voice Command	Sprachsteuerung	-
64	M1	o	N	-	1.86	2.14	VS27	BDW		Brake Disc Wiper	Bremsscheibenwischer	
65	M1	o	V	-	-	-	VS24	AAD		Adaptive Aerodynamic Device	Adaptive Luftleiteinrichtung	Geschwindigkeit
66	M1	o	V	-	-	-	VS26			Active engine hood	Aktive Motorhaube	Beschleunigung
67	M2/M3/ N2/N3	o	V	-	-	-	VS23			Direct field of vision of heavy commercial vehicles	Unmittelbarer Sichtbereich schwerer Nutzfahrzeuge	Kamera, Hinderniserkennung
68	alle	o	V	-	-	-	VS37			Software Updates	Software-Updates	

Fortsetzung Tabelle 8: Bewertung der FAS

Pos.	Nr.	Abk. I	Neue Typen	EU neue Zulassungen	Bemerkungen	Verordnungen (EU)	UNECE-Regelungen	ECE-Vorschriften periodische Prüfung (j/n)	Normen	Quelle
1	VS01	ABS					ECE-R13H	nein		TCS
2	VS01	ABS					ECE-R13	nein		TCS
3	VS02	ESP	01.11.2011	01.11.2014		VO (EG) 661/2009	ECE-R140	ja		TCS
4	VS02	ESP	01.11.2011	01.11.2014	11.07.2012/15 bis 2014/16 anhand der Kategorie und der Übertragung	VO (EG) 661/2009	ECE-R13	nein		TCS
5	VS08	TPMS	01.11.2011	01.11.2014	06.07.2022/07.07.2024 für N1	VO (EU) 2019/2144, (2018/1593)	ECE-R141	ja		

Pos.	Nr.	Abk. I	Neue Ty- pen	EU neue Zulassun- gen	Bemer- kungen	Verord- nungen (EU)	UNECE- Regelun- gen	ECE-Vor- schriften periodi- sche Prü- fung (j/n)	Normen	Quelle
6	VS08	TPMS	06.07.2022	07.07.2024		VO (EU) 2019/2144, (2021/1463)	ECE-R141			VO (EU) 2019/2144
7	UW0 1	GSI	01.11.2012	01.11.2014	nur Fahrzeuge mit Schaltge- triebe	VO (EG) 661/2009, VO (EU) 65/2012		nein		
8	VS05	AEBS	01.11.2013	01.11.2015		VO (EG) 661/2009, VO (EU) 347/2012	ECE-R131	ja	ISO 22733	ASTRA
9	VS07	LDWS	01.11.2013	01.11.2015		VO (EG) 661/2009, VO (EU) 351/2012	ECE-R130	ja	ISO 22733	ASTRA
10	VS03	BAS	06.07.2020	06.07.2022		VO (EG) 661/2009	ECE-R139 (ECE-R13H)	ja		
11	VS05	AEBS	06.07.2022	07.07.2024	+ ESS (Emergency Stop Signal)	VO (EU) 2019/2144	ECE-R152	ja		ASTRA
12	VS14	ESS	06.07.2022	07.07.2024	zusammen mit AEBS	VO (EU) 2019/2144	ECE-R48/07	nein		ASTRA
13	VS06	BSW						nein		ASTRA
14	VS21	BSIS	06.07.2022	07.07.2024	Obligatorisch nur für N2 > 8t GG und N3	VO (EU) 2019/2144	ECE-R151	ja		ASTRA
15	VS06		06.07.2022	07.07.2024		VO (EU) 2019/2144		nein		ASTRA
16	VF03	ACC						nein		
17	VF02	ISA	06.07.2022	07.07.2024		VO (EU) 2019/2144, VO (EU) 2021/1958		ja	ISO 15622	ASTRA
18	VS07	ALC						nein		
19	VS06	LCA						nein		smartrider
20	VS07	ELKS	06.07.2022	07.07.2024	2024/2026 für Fahrzeuge mit hydraulischer Servolenkung	VO (EU) 2021/646		nein	ISO 22735; ISO 11270; ISO 17361	ASTRA
21	VS07	LKA	06.07.2022	07.07.2024	siehe ELKS / 2024/2026 für Fahrzeuge mit hydraulischer Servolenkung			nein		ASTRA
22	VS07	LDA	06.07.2022	07.07.2024	siehe ELKS / 2024/2026 für Fahrzeuge mit hydraulischer Servolenkung			nein		ASTRA
23	VS07	LDP	06.07.2022	07.07.2024	siehe ELKS / 2024/2026 für Fahrzeuge mit hydraulischer Servolenkung			nein		ASTRA
24	VS07	ALKS	not defined	not defined	Zusammen mit DSSAD		ECE-R157	nein		ASTRA
25		DSSAD	not defined	not defined	obligatorisch für Fahrzeugen mit ALKS			nein		ASTRA

Pos.	Nr.	Abk. I	Neue Ty- pen	EU neue Zulassun- gen	Bemer- kungen	Verord- nungen (EU)	UNECE- Regelun- gen	ECE-Vor- schriften periodi- sche Prü- fung (j/n)	Normen	Quelle
26	VF03	TJA	not defined	not defined	Kombination von ACC + ALKS + DSSAD, nur bis 60 km/h			nein		
27	VS34	EDR	06.07.2022	07.07.2024	M2,M3,N2,N3 = 07.01.2026/29	VO (EU) 2019/2144	ECE-R160	nein		ASTRA
28	VS35		06.07.2022	07.07.2024	nur Vorbereitung zum Einbau	VO (EU) 2019/2144, VO (EU) 2021/1243		nein	EN 50436	ASTRA
29	VS16	DDAW	06.07.2022	07.07.2024		VO (EU) 2019/2144, VO (EU) 2021/1341		nein		ASTRA
30	VS16	ADDW	07.07.2024	01.07.2026		VO (EU) 2019/2144		nein		ASTRA
31	VS12	RD	06.07.2022	07.07.2024		VO (EU) 2019/2144	ECE-R158	nein		ASTRA
32	VS12	REIS	06.07.2022	07.07.2024		VO (EU) 2019/2144		nein		
33	VS36		06.07.2022	07.07.2024		VO (EU) 2019/2144	ECE-R155	nein	ISO/TR 4804; ISO/SAE 21434	ASTRA
34	VS22	MOIS	06.07.2022	07.07.2024			ECE-R159	ja		ASTRA
35	VS18	ACN		31.08.2018		VO (EU) 2015/758		nein		smartrider
36	VF04	TCS						nein		smartrider
37	VF05	HH						nein		smartrider
38	VS17	HDC						nein		
39	VS11	PDC						nein		smartrider
40	VF06	IPAS						nein		
41	VS13	RCTA			siehe CTA			nein		Hella
42	VS15	RCAS						nein		Hella
43	VS04	CAS			siehe FCW			nein		Hella
44	VS04	FCW			siehe auch AEBS			nein		
45	VS19	AFS					ECE-R79	nein		Hella
46	VS07	ACSF						nein		smartrider
47	VS20	AS						nein		Hella
48	VS02	TSA			Weiterentwicklung des ESP			nein		smartrider
49	VF07	TA						nein		Hella

Pos.	Nr.	Abk. I	Neue Typen	EU neue Zulassungen	Bemerkungen	Verordnungen (EU)	UNECE-Regelungen	ECE-Vorschriften periodische Prüfung (j/n)	Normen	Quelle
50	VS25	AROPS			Cabriolets			nein		smartrider
51	VS13	CTA			siehe RCTA			nein		Hella
52	VF08	GPS						nein		TCS
53	VS29	ALS-on						nein		TCS
54	VS30	AFS			autom. Abblend-/Fernlicht Umschalten		ECE-R123	nein		smartrider
55	VS10	ACL						nein		smartrider
56	VS09	IL			nur bis 70 km/h und mit eingeschaltetem Abblendlicht		ECE-R119	nein		smartrider
57	VS31	GFHB						nein		Hella
58	VS31	NVA						nein		smartrider
59	VS14	ABL					ECE-R13, 13H und 48	nein		
60	VF01	RSA						nein		smartrider
61	VS28							nein		smartrider
62	VS32	HUD						nein		smartrider
63	VS33							nein		smartrider
64	VS27	BDW						nein		Hella
65	VS24	AAD			z.B. Audi TT			nein		FSD
66	VS26							nein		FSD
67	VS23		07.01.2026	07.01.2029		VO (EU) 2019/2144		nein		VO (EU) 2019/2144
68	VS37						ECE-R156	nein		VO (EU) 2019/2144

Tabelle 8: Bewertung der FAS

7.2 ANHANG II Herleitung einer Analyse-Methode

7.2.1 Ishikawa Diagramm

Anhand eines Ishikawa Diagramms soll eine Methode entwickelt werden, mit welcher ein beliebiges FAS einer Analyse unterzogen werden kann. Das Resultat der Analyse, soll eine objektive Einschätzung des Potenzials für eine Einbindung in die Prüfprozesse bei der PTI sein.

7.2.1.1 Aspekte zur Herleitung einer Analyse

Um ein System zu analysieren, müssen zuerst die Grundlegenden Funktionalitäten und Eigenschaften eines FAS recherchiert werden, danach können die im Ishikawa Diagramm dargestellten Aspekte beurteilt werden.

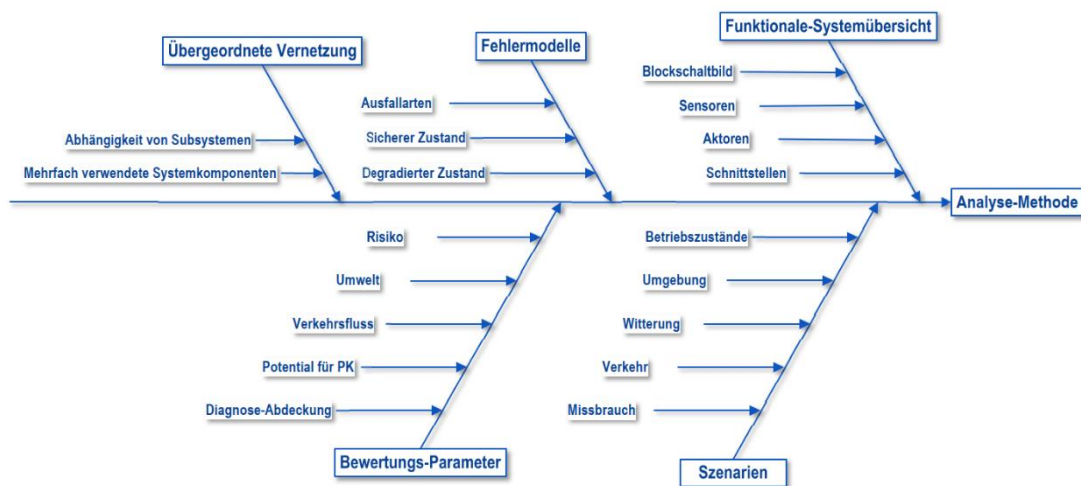


Abbildung 19: Ishikawa Diagramm (allgemeines Modell)

Fahrfunktionen, welche die Bremse oder die Lenkung beeinflussen, haben ein hohes Potenzial für eine gefährliche Fehlfunktion. Das Bremsmodul eines modernen Fahrzeugs hat die Fähigkeit, ohne Zutun des Fahrers, die Bremse eines beliebigen Rades zu aktivieren. Dies geschieht bspw., wenn das ESP eingreift oder um bei Regenwetter die Bremseigenschaften zu verbessern, indem regelmässig die Bremsklötze an die Bremsscheiben angelegt werden, um diese abzutrocknen. Es gibt auch Funktionen, welche den Aufbau von Bremsdruck unterdrücken, weil das Antriebssystem bspw. Bremsenergie elektrisch rekuperieren soll. All diese Funktionen werden durch Software kontrolliert. Auch eine elektrisch angetriebene Lenkung bietet viel Gefahrenpotential, man stelle sich ein paar alltägliche Szenarien vor, wo die Lenkung durch eine Fehlfunktion ungewollt nach links lenkt. Eine Kollision mit einem entgegenkommenden Lastwagen kann schon bei Innerortsgeschwindigkeiten zu einer starken Deformation der Fahrgastzelle und so zu schwer verletzten Insassen führen.

So können die kausalen Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung hergeleitet werden. Eine aufwändigere, normativ angelehnte Methode ist unter Kapitel 7.4 ausgeführt.

7.2.2 Blockschaltbild ALKS

Ein als Blockschaltbild dargestelltes FAS ist die Grundlage für die Herleitung von Fehlermodellen und Ausfallszenarien

Blockschaltbild: Spurhalteassistent

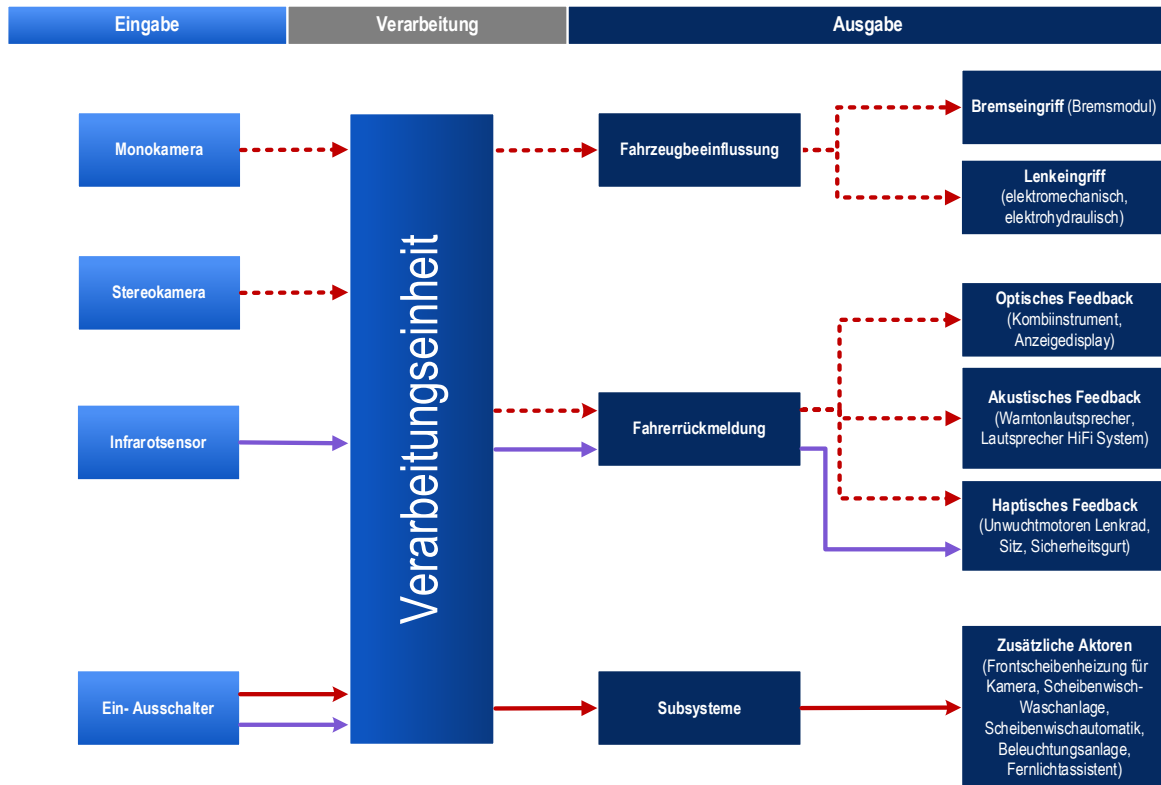


Abbildung 20: Blockschaltbild (LKA)

Am Bsp. in Abbildung 20 ist das Blockschaltbild eines LKA dargestellt. Links befinden sich die Eingangsgrößen wie Sensoren und Schalter, in der Mitte die Verarbeitungseinheit, welche üblicherweise als elektronisches Steuergerät ausgeführt ist. Auf der rechten Seite sind die Ausgangsschnittstellen zu den Stellgliedern und die Verbindung zu Subsystemen dargestellt. Die einzelnen Blöcke sind durch Pfeile verbunden, welche den Informations- und Kontrollfluss anzeigen. Die unterbrochenen Pfeile stellen die Verbindung zu optionalen Systemkomponenten dar.

7.2.3 Mindmap ALKS

In Abbildung 21 ist ein Mindmap dargestellt, welches die Aspekte aus einer Systemvorschrift enthält. Hier wurde konkret die ECE-R157 [47] analysiert, dabei wurden die wichtigsten, der überraschenderweise sehr komplexen und vielfältigen, Anforderungen an den Automatischen Spurhalteassistenten gesammelt.

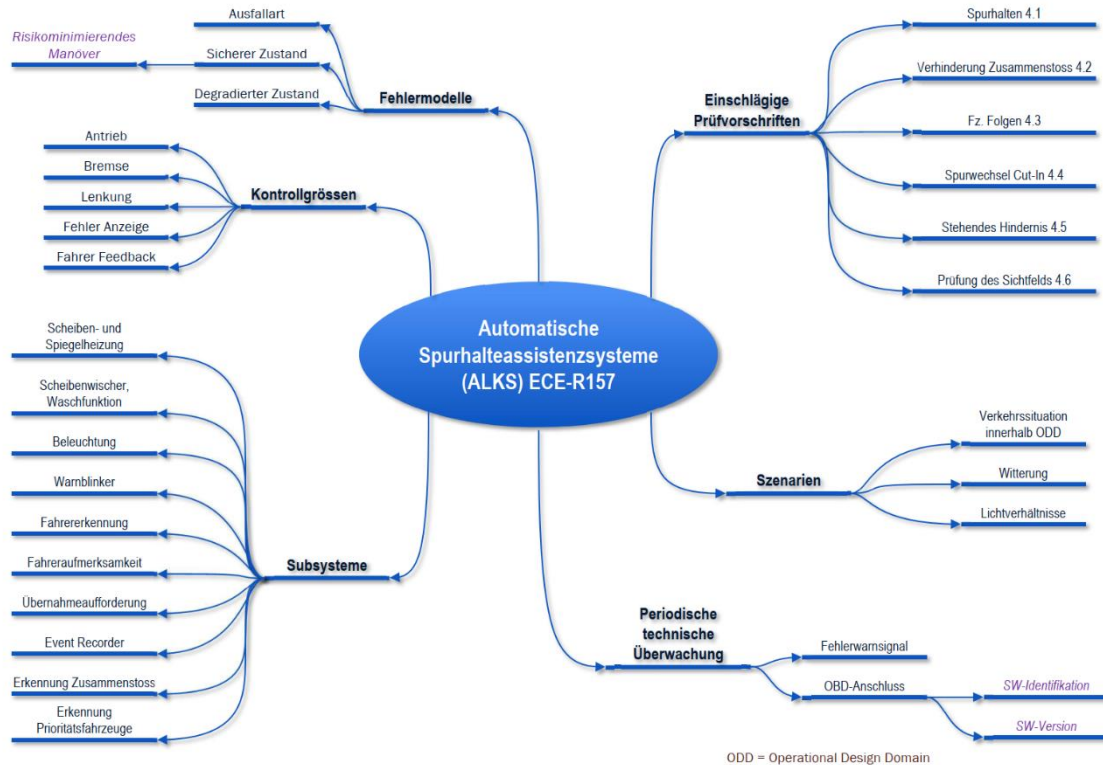


Abbildung 21: Mindmap (ALKS) ECE-R157 [47]

Das Studium dieser Vorschrift ermöglicht ebenfalls die Identifizierung von Aspekten, welche für die PTI relevant sein können. Hier sind sogar konkrete Anforderungen vorhanden, welche im Zusammenhang mit der PTI stehen. Ein umfangreiches Grundwissen im Zusammenhang mit Vorschriften und elektronischen Systemen ist ebenfalls hilfreich bei solchen Analysen.

Bremsbeläge, Spiel in den Radlagern oder Kugelgelenken der Lenkung, defekte Stossdämpfer und Silentblöcke usw. können die Funktionalität von FAS wie ABS, ESP, LDWS usw. drastisch stören. Dann kommen auf diese mechanischen Elemente noch verschiedene Assistenzsysteme wie z.B. Lenkunterstützung und Bremskraftverstärker hinzu. Im Zuge der Entwicklung der Elektronik wurden verschiedene Sensoren in das Fahrwerk integriert, um in Echtzeit die Position (z.B. der Lenkung oder der Aufhängung usw.) oder die Drehzahl (z.B. der Räder usw.) zu erfahren. Diese Informationen waren einerseits nützlich, um den Fahrkomfort zu verbessern (z.B. gesteuerte Federung, adaptive Lenkung usw.), und andererseits, um die ersten FAS wie z.B. ABS, ASR, Kurvenlicht usw. zu aktivieren. In der vierten Phase wurden weitere Sensoren wie z.B. Beschleunigungssensoren eingebaut, um die notwendigen Informationen für die aktiven (z.B. ESP) und passiven (z.B. aktive Motorhaube) Sicherheitssysteme zu liefern. Schliesslich ermöglichte die Installation von Kraft- bzw. Drucksensoren (Bremsen, Reifendruck usw.) und anderen Sensoren, die Informationen über die Fahrzeugumgebung liefern, wie z.B. Radar, LiDAR und Kameras, die mit einem Videoanalysemodul verbunden sind, die Entwicklung der heutigen FAS wie z.B. BAS und TPMS bzw. ACC, LDWS, BSW, usw.

7.3.2 Antriebsstrang

Dieses Target-Diagramm zeigt die Entwicklung von Kraftfahrzeugen in Bezug auf den Antriebsstrang:

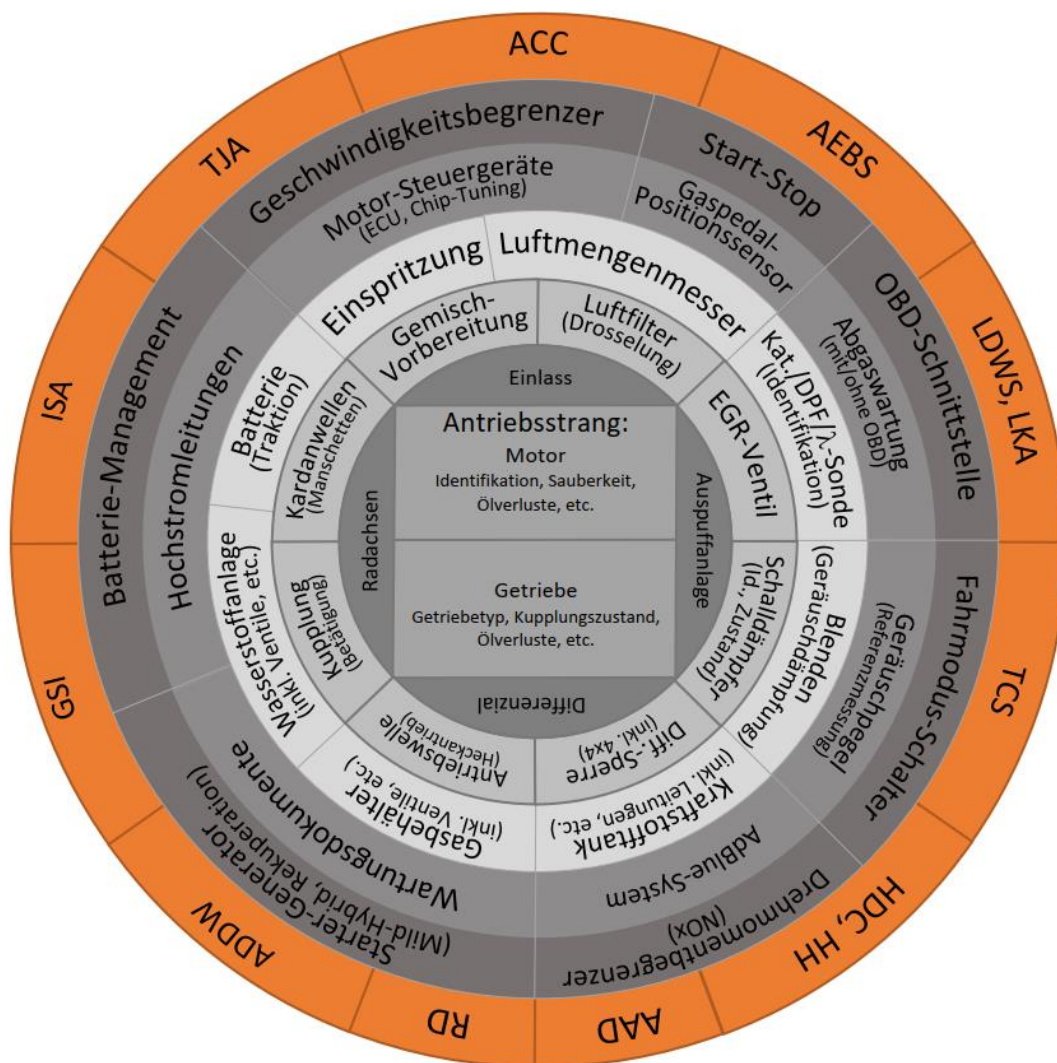


Abbildung 23: Target-Diagramm Antriebsstrang

Das Target-Diagramm «Antriebsstrang» vereint in seinem Zentrum die mechanischen Elemente des Motors und der Kraftübertragung wie Ein- und Auslass, Getriebe, Differenzial und Radachsen. Die allgemeine Kontrolle des Zustands bzw. der Funktion dieser Elemente ist hier auch nicht nur bei älteren Fahrzeugen wichtig, sondern auch bei neueren Fahrzeugen, die mit FAS ausgestattet sind. Einerseits sind die Komponenten, die sich auf die Abgasreinigung beziehen wie z.B. dem Katalysator, der Lambda-Sonde, das EGR-Ventil usw. und im Hinblick auf die Geräuschemissionen wie z.B. die Ansaug- und Auspuffschalldämpfer, die Geräuschkämpfungselemente zur Kapselung von Motor- und Getrieberaum von Bedeutung für die Umweltbelastung und andererseits die mechanischen Komponenten wie z.B. die Kupplung oder der Drehmomentwandler, die einen Einfluss auf die einwandfreie Funktion von gewissen FAS. Eine schleifende Kupplung könnte z.B. die Funktion des ACC und des TJA beeinträchtigen.

7.3.3 Sichtfeld

Dieses Target-Diagramm enthält die Elemente und Komponenten, die sich auf das Sichtfeld beziehen:

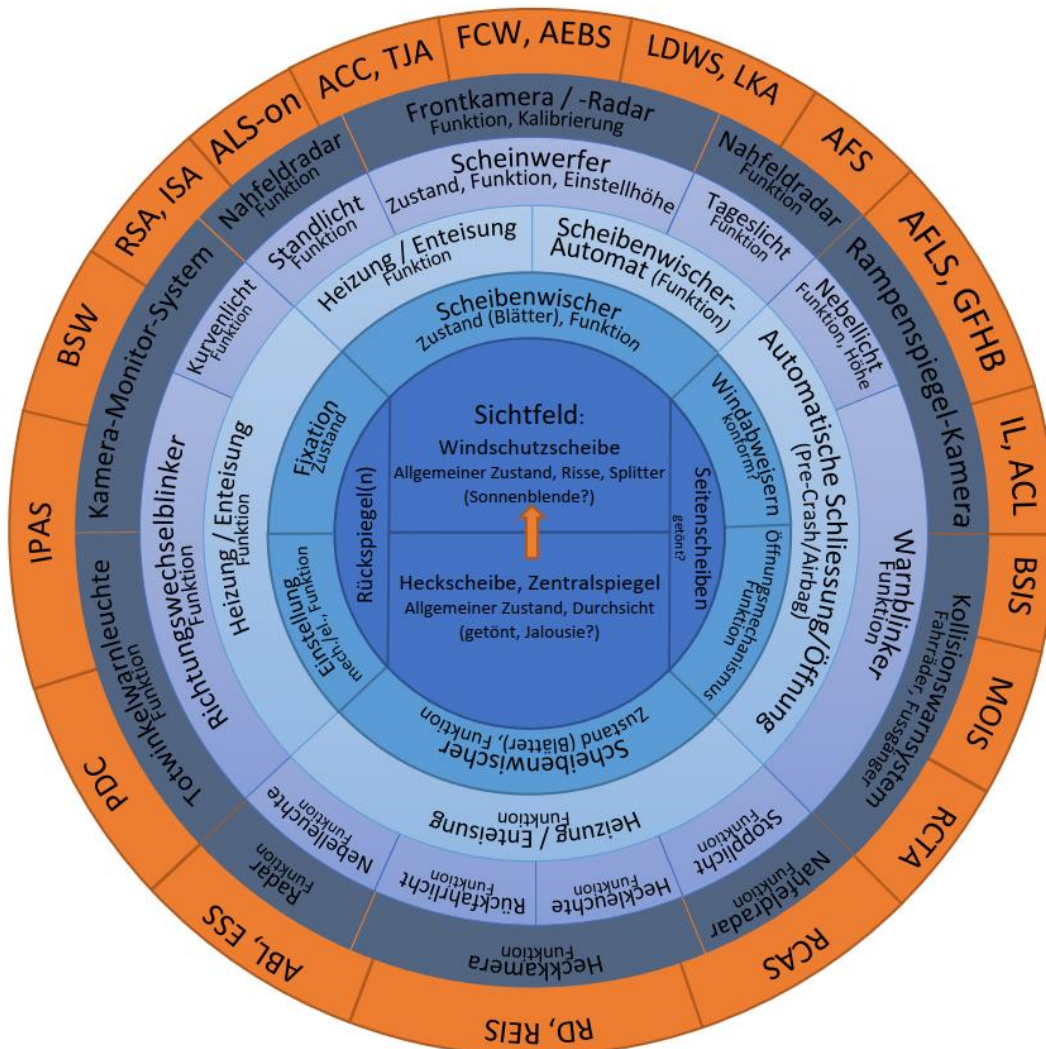


Abbildung 24: Target-Diagramm Sichtfeld

Das Target-Diagramm «Sichtfeld» konzentriert in seinem Zentrum die grundlegenden Elemente wie Windschutzscheibe, Seitenfenster, Heckscheibe und Spiegel (Innen- und Aussenspiegel). Das Thema Sichtfeld ist umso wichtiger bei Fahrzeugen mit FAS, die auf Informationen

von Kameras und/oder LiDAR in Fahrtrichtung reagieren, wie ACC und TJA (Vf03), LDWS (VSo7, inkl. LKA, ELKS bzw. ALKS), FCW (VSo4), AEBS (VSo5), ISA (Vf02) bzw. RSA (Vf01) usw., Lichtsensoren zur Steuerung der Beleuchtung (VS29 bis 31: ALS-on, AFS, GFHB, NVA) oder Regensensoren zur automatischen Steuerung der Scheibenwischer. Da sich diese Sensoren bei den meisten Fahrzeugen hinter der Windschutzscheibe befinden, ist es wichtig, dass die Windschutzscheibe in gutem Zustand ist, die richtige Tönung hat und das Sichtfeld nicht z.B. durch eine Sonnenblende beeinträchtigt wird. Andere Elemente wie z.B. Scheibenwischer, Enteisungsanlagen und Scheinwerfer müssen in gutem Zustand sein und ordnungsgemäss funktionieren, damit die vom Hersteller festgelegte zulässige Betriebsdomäne (ODD) des FAS nicht eingeschränkt wird. Auf der Signalseite müssen auch die Abbiegeindikatoren (Blinker) korrekt funktionieren, da sie dem Steuergerät der FAS wie z.B. LDWS (VSo7), BSW und LCA (VSo6) die Absicht des Fahrers, die Spur zu wechseln, mitteilen. Einerseits ermöglicht das Einschalten der Blinker einen Spurwechsel durch Auslösen des LDWS (VSo7) und der Gegenkraft in der Lenkung, andererseits wird die zweite Warnstufe des BSW resp. LCA (VSo6) ausgelöst, wenn sich ein Fahrzeug im toten Winkel befindet. Dies ist bei schweren Fahrzeugen, die mit BSIS (VS21) und MOIS (VS22) ausgestattet sind, besonders wichtig für die Sicherheit von Fussgängern und Radfahrern, die sich beim Anfahren an einer Kreuzung im toten Winkel befinden. Nach hinten verbessern Rückfahrlichter, Rückfahrkamera und Radar das Sichtfeld des Fahrers und gewährleisten die ordnungsgemässe Funktion von FAS wie z.B. PDC (VS11), RD und REIS (VS12), RCTA (VS13) und RCAS (VS15).

7.3.4 Innenausstattung

Dieses Target-Diagramm enthält die Elemente und Komponenten, die sich auf die Innenausstattung beziehen:

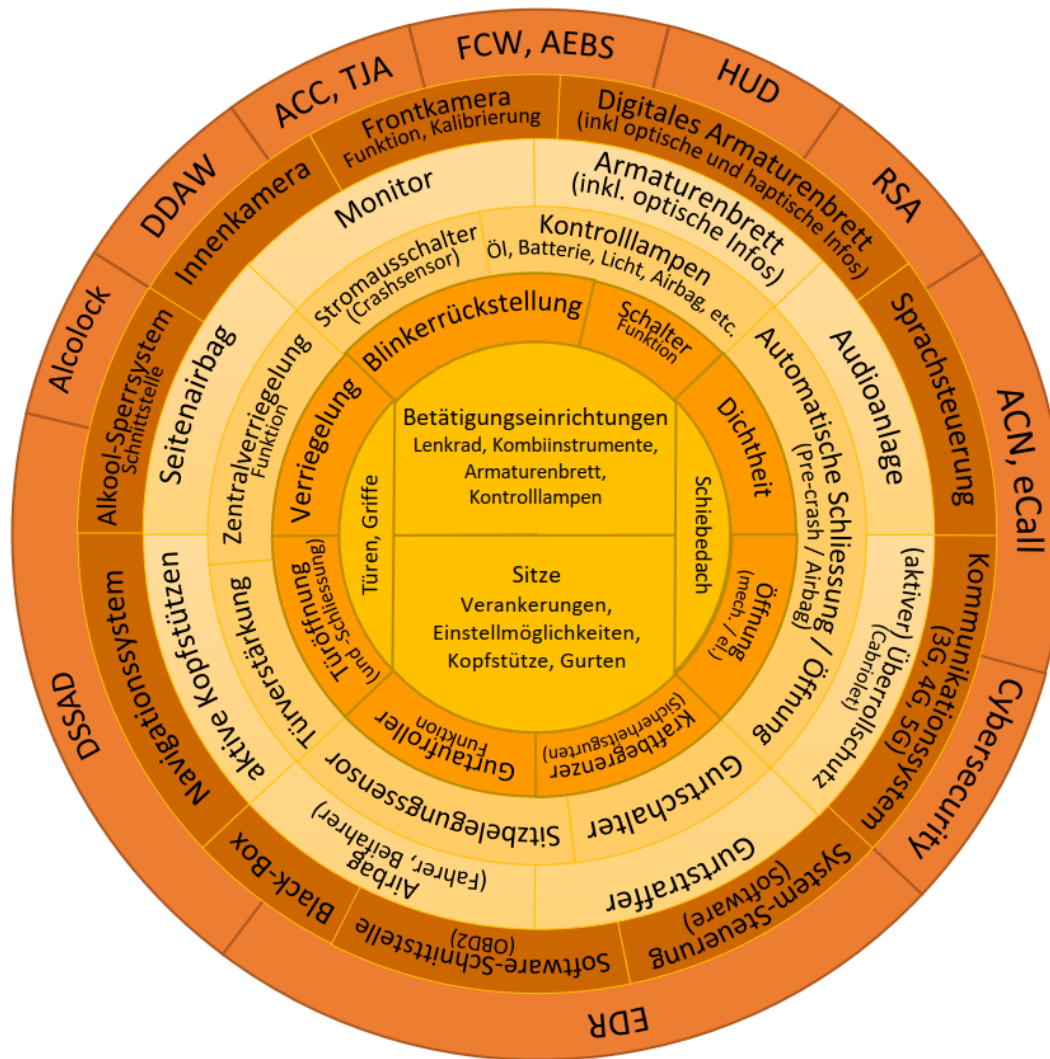


Abbildung 25: Target-Diagramm Innenausstattung

Das Target-Diagramm «Innenausstattung» konzentriert in seinem Zentrum die grundlegenden Elemente wie das Armaturenbrett, die Bedienelemente, die Sitze (inkl. Sicherheitsgurte und Kopfstützen) und Öffnungen (Türen und ggf. Schiebedach). Wenn man sich vom Kreiszentrum nach aussen bewegt, sieht man, wie sich die Fahrzeuge im Laufe der Zeit weiterentwickelt haben, insbesondere durch das Aufkommen passiver Sicherheitselemente wie z.B. Airbags, Gurtstraf-fern und aktiven Kopfstützen mit den entsprechenden Sensoren und einigen mehr auf Komfort ausgerichteten Elementen wie z.B. der Zentralverriegelung, dem Navigationssystem oder der Sprachsteuerung. Mit dem zunehmenden Einsatz von Airbags und den Risiken, die eine unbeabsichtigte Auslösung mit sich bringen kann, wurden verschiedene Sensoren eingebaut, damit das Steuergerät genauere Informationen über die Sitzbelegung und die Position der Passagiere erhält. Die Einführung von teilautonomen Fahrsystemen (Stufe 2 bis 3), wie z.B. ACC (VFO3) in Verbindung mit LKA (VS07), zwang die Automobilhersteller (OEM) zur Einführung von Fahrerüberwachung (DDAW, VS16), Unfalldatenschreiber (EDR, VS34) und ACN (eCall, VS18). Auf der informativen Seite, aber ebenfalls mit einem Beitrag zur Sicherheit, hat das digitale Armaturenbrett die Einführung des Head-up-Displays (HUD, VS32) und der RSA (VFO1) ermöglicht. Die FAS und ihre immer komplexer werdende Steuerungssoftware zwang die OEM dazu, diese Software regelmässig zu aktualisieren (Software-Updates, VS37) und so online mit den Fahrzeugen kommunizieren zu können. Dadurch wurden die Fahrzeuge für Hacker zugänglich, und die Cybersicherheit (Cybersecurity, VS36) dieser Kommunikationsschnittstelle musste

ebenfalls in Betracht gezogen werden. Das Anti-Diebstahlsystem der Fahrzeuge soll später durch eine Alkoholempfindliche-Wegfahrsperre (Alcolock, VS35) ergänzt werden. Derzeit ist nur die Schnittstelle für einen nachträglichen Einbau der Alcolock (VS35) vorgeschrieben.

7.4 ANHANG IV Risikoanalyse

7.4.1 Fehlermodelle

Nr.	Schnittstelle	Parameter	Fehler	Auswirkung auf Fahrzeugebene
1	Lenkung	Fahrt	ungewollte Lenkbewegung nach links	Fahrzeug überfährt die linke Spurbegrenzung
2	Lenkung	Fahrt	ungewollte Lenkbewegung nach rechts	Fahrzeug überfährt die rechte Spurbegrenzung
3	Lenkung	Fahrt	keine Lenkbewegung auf Anforderung	Fahrzeug behält die gegenwärtige Richtung bei
4	Lenkung	Fahrt	Lenkung weicht ab nach links	Lenkwinkel Abweichung um $< 3^\circ$ nach links
5	Lenkung	Fahrt	Lenkung weicht ab nach rechts	Lenkwinkel Abweichung um $< 3^\circ$ nach rechts

7.4.2 Szenarien

Szenario Nr. x	Strasse
1.y.z	Innerorts
2.y.z	Ausserorts
3.y.z	Autobahn
4.y.z	Ungesicherte Bergstrasse

Szenario Nr. y	Gerade/Kurve
x.1.z	Fahrt gerade Strasse
x.2.z	Fahrt kurvige Strasse

Szenario Nr. z	Gegenverkehr
x.y.1	Gegenverkehr
x.y.2	Richtungsgetrennt

Nr.	Szenario Nr. mit Text
1	1.1.1 Innerorts, Fahrt gerade Strasse, Gegenverkehr
2	1.1.2 Innerorts, Fahrt gerade Strasse, Richtungsgetrennt
3	1.2.1 Innerorts, Fahrt kurvige Strasse, Gegenverkehr
4	1.2.2 Innerorts, Fahrt kurvige Strasse, Richtungsgetrennt
5	2.1.1 Ausserorts, Fahrt gerade Strasse, Gegenverkehr
6	2.1.2 Ausserorts, Fahrt gerade Strasse, Richtungsgetrennt
7	2.2.1 Ausserorts, Fahrt kurvige Strasse, Gegenverkehr
8	2.2.2 Ausserorts, Fahrt kurvige Strasse, Richtungsgetrennt
9	3.1.1 Autobahn, Fahrt gerade Strasse, Gegenverkehr
10	3.1.2 Autobahn, Fahrt gerade Strasse, Richtungsgetrennt
11	3.2.1 Autobahn, Fahrt kurvige Strasse, Gegenverkehr
12	3.2.2 Autobahn, Fahrt kurvige Strasse, Richtungsgetrennt
13	4.1.1 Ungesicherte Bergstrasse, Fahrt gerade Strasse, Gegenverkehr
14	4.1.2 Ungesicherte Bergstrasse, Fahrt gerade Strasse, Richtungsgetrennt
15	4.2.1 Ungesicherte Bergstrasse, Fahrt kurvige Strasse, Gegenverkehr
16	4.2.2 Ungesicherte Bergstrasse, Fahrt kurvige Strasse, Richtungsgetrennt

Nicht plausible Szenarien, welche durch die systematische Kombination der einzelnen Attribute entstehen können, sind mit **NX** bezeichnet. Konkret sind hier die Szenarien 4.1.2 und 4.2.2 nicht plausibel, weil ungesicherte Bergstrassen eigentlich keine Richtungstrennung aufweisen.

Bei dieser Risikoanalyse kommt eine vereinfachte Methodik zur Anwendung, die so gefundenen Ergebnisse sollen also nicht verwendet werden, um den Stand der Technik zu ergründen.

7.4.3 Risikomatrix

Begründungen aus ISO 26262-3:2018 Anhang 3 [53]

Severity

Begründung S:	S
--	0
keine Verletzung	0
leichte Verletzung	1
schwere Verletzungen	2
lebensbedrohliche Verletzung	3

Exposure (duration/frequency)

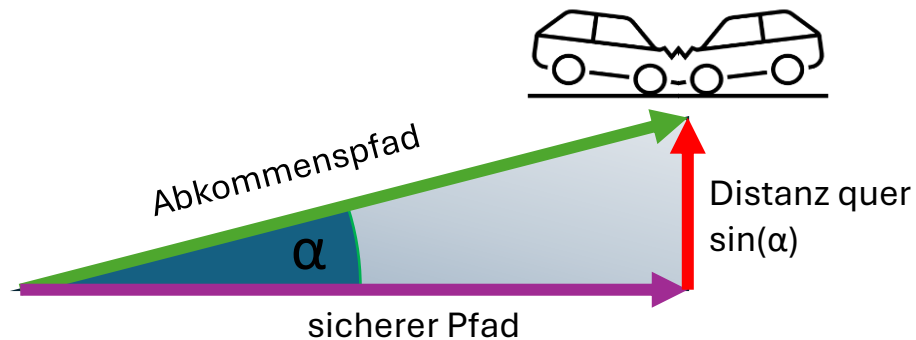
Begründung E:	E
--	0
weniger als einmal pro Jahr	1
< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2
1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3
> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4

Controllability

Begründung C:	C
--	0
Allgemein kontrollierbar	0
Leicht kontrollierbar	1
Normalerweise kontrollierbar	2
Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3

7.4.4 Herleitung der Annahmen für die Risikobewertung

Das Ego-Vehicle (das Fahrzeug, dessen System in Betrachtung steht) verlässt den sicheren Pfad um den Winkel α und folgt dem Abkommenspfad. Dabei legt das Ego-Vehicle bei konstanter Geschwindigkeit, während der Reaktionszeit t_r einen bestimmten Weg quer zur Fahrbahn in Richtung Gegenfahrbahn zurück. Dort kommt es nach einer Querdistanz von ca. 1 m zu einer Kollision mit einem entgegenkommenden Fahrzeug (siehe Abbildung 26). Beträgt die Querdistanz nach 1s weniger als 1m, gelingt es dem Fahrer die Kollision durch einen Lenkeingriff zu verhindern.



$$t_r := 1 \text{ s}$$

Reaktionszeit

$$v := \begin{bmatrix} 50 \\ 80 \\ 120 \end{bmatrix} \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Geschwindigkeit

- Innerorts
- Ausserorts
- Autobahn

$$\alpha := 3^\circ$$

Abkommenswinkel

$$\text{Weg} := t_r \cdot v = \begin{bmatrix} 13.889 \\ 22.222 \\ 33.333 \end{bmatrix} \text{ m}$$

Zurückgelegter Weg (Hypotenuse)

$$\text{Weg}_{\text{quer}} := \text{Weg} \cdot \sin(\alpha) = \begin{bmatrix} 0.727 \\ 1.163 \\ 1.745 \end{bmatrix} \text{ m}$$

Abkommensdistanz in den
Gegenverkehr (Gegenkathete)

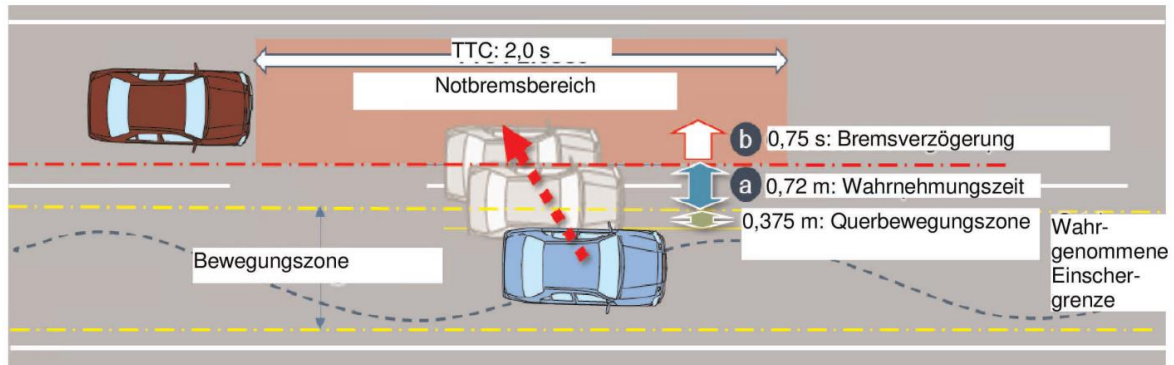


Abbildung 26: Fahrermodell für das Einscherszenario (cut-in) aus Anhang 3 der ECE-R157 automatisches Spurhalteassistenzsystem (ALKS) [47]

Variation	Fehler Nr.	Szenario Nr.	Begründung S:	S	Begründung E:	E	Begründung C:	C	Summe	ASIL	Fehlerfolge Beschreibung
1	1	1.1.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
2	1	1.1.2	lebensbedrohliche Verletzung	3	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	(Einbahnstrasse) Kollision mit Fussgänger, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
3	1	1.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
4	1	1.2.2	lebensbedrohliche Verletzung	3	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	(Einbahnstrasse) Kollision mit Fussgänger, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
5	1	2.1.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
6	1	2.1.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	6	QM	Kollision mit Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
7	1	2.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
8	1	2.2.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	6	QM	Kollision mit Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
9	1	3.1.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	(Autostrasse) Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
10	1	3.1.2	schwere Verletzungen	2	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	Kollision mit parallel fahrendem Fahrzeug, Fahrzeug schleudert in Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
11	1	3.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	(Autostrasse) Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
12	1	3.2.2	schwere Verletzungen	2	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	Kollision mit parallel fahrendem Fahrzeug, Fahrzeug schleudert in Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
13	1	4.1.1	schwere Verletzungen	2	< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	A	Überschlag nach anfahren auf der Bergseite
14	1	4.1.2	--	0	--	0	--	0	0	NX	Eine Richtungsgetrennte Bergstrasse ist nicht plausibel
15	1	4.2.1	schwere Verletzungen	2	< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	A	Überschlag nach anfahren auf der Bergseite
16	1	4.2.2	--	0	--	0	--	0	0	NX	Eine Richtungsgetrennte Bergstrasse ist nicht plausibel
17	2	1.1.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	Kollision mit Fussgänger, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
18	2	1.1.2	lebensbedrohliche Verletzung	3	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	(Einbahnstrasse) Kollision mit Fussgänger, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
19	2	1.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	Kollision mit Fussgänger, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen

Variation	Fehler Nr.	Szenario Nr.	Begründung S:	S	Begründung E:	E	Begründung C:	C	Summe	ASIL	Fehlerfolge Beschreibung
20	2	1.2.2	lebensbedrohliche Verletzung	3	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	(Einbahnstrasse) Kollision mit Fussgänger, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
21	2	2.1.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	QM	Kollision mit der rechten Leitplanke
22	2	2.1.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	6	QM	Kollision mit der rechten Leitplanke
23	2	2.2.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	QM	Kollision mit der rechten Leitplanke
24	2	2.2.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	6	QM	Kollision mit der rechten Leitplanke
25	2	3.1.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	QM	Kollision mit Leitplanke
26	2	3.1.2	schwere Verletzungen	2	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	Kollision mit parallel fahrendem Fahrzeug, Fahrzeug schleudert in Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
27	2	3.2.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	QM	Kollision mit Leitplanke
28	2	3.2.2	schwere Verletzungen	2	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	Kollision mit parallel fahrendem Fahrzeug, Fahrzeug schleudert in Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
29	2	4.1.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	8	B	Überschlag nach Fahrt über Abhang
30	2	4.1.2	--	0	--	0	--	0	0	NX	Eine Richtungsgetrennte Bergstrasse ist nicht plausibel
31	2	4.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	8	B	Überschlag nach Fahrt über Abhang
32	2	4.2.2	--	0	--	0	--	0	0	NX	Eine Richtungsgetrennte Bergstrasse ist nicht plausibel
33	3	1.1.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Normalerweise kontrollierbar	2	6	QM	Der Fahrer kann den beabsichtigten Pfad beibehalten
34	3	1.1.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Normalerweise kontrollierbar	2	5	QM	Der Fahrer kann den beabsichtigten Pfad beibehalten
35	3	1.2.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Normalerweise kontrollierbar	2	6	QM	Streifkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, die involvierten Fahrzeuge können eine Frontalkollision verhindern
36	3	1.2.2	lebensbedrohliche Verletzung	3	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Normalerweise kontrollierbar	2	8	B	(Einbahnstrasse) Kollision mit Fussgänger, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
37	3	2.1.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Normalerweise kontrollierbar	2	6	QM	Der Fahrer kann den beabsichtigten Pfad beibehalten
38	3	2.1.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Normalerweise kontrollierbar	2	5	QM	Der Fahrer kann den beabsichtigten Pfad beibehalten
39	3	2.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
40	3	2.2.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	6	QM	Kollision mit Leitplanke
41	3	3.1.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Normalerweise kontrollierbar	2	6	QM	Der Fahrer kann den beabsichtigten Pfad beibehalten
42	3	3.1.2	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Normalerweise kontrollierbar	2	6	QM	Der Fahrer kann den beabsichtigten Pfad beibehalten
43	3	3.2.1	schwere Verletzungen	2	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
44	3	3.2.2	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	QM	Kollision mit Leitplanke
45	3	4.1.1	keine Verletzung	0	< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2	Leicht kontrollierbar	1	3	QM	Der Fahrer kann den beabsichtigten Pfad beibehalten

Variation	Fehler Nr.	Szenario Nr.	Begründung S:	S	Begründung E:	E	Begründung C:	C	Summe	ASIL	Fehlerfolge Beschreibung
46	3	4.1.2	--	0	--	0	--	0	0	NX	Eine Richtungsgetrennte Bergstrasse ist nicht plausibel
47	3	4.2.1	schwere Verletzungen	2	< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	A	Überschlag nach Fahrt über Abhang
48	3	4.2.2	--	0	--	0	--	0	0	NX	Eine Richtungsgetrennte Bergstrasse ist nicht plausibel
49	4	1.1.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Allgemein kontrollierbar	0	7	QM	Bei v < 60 km/h und 1s Reaktionszeit kann der Fahrer eine Kollision mit dem Gegenverkehr verhindern.
50	4	1.1.2	lebensbedrohliche Verletzung	3	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Allgemein kontrollierbar	0	6	QM	Bei v < 60 km/h und 1s Reaktionszeit kann der Fahrer eine Kollision mit einem Fussgänger verhindern.
51	4	1.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Allgemein kontrollierbar	0	7	QM	Bei v < 60 km/h und 1s Reaktionszeit kann der Fahrer eine Kollision mit dem Gegenverkehr verhindern.
52	4	1.2.2	lebensbedrohliche Verletzung	3	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Allgemein kontrollierbar	0	6	QM	Bei v < 60 km/h und 1s Reaktionszeit kann der Fahrer eine Kollision mit einem Fussgänger verhindern.
53	4	2.1.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
54	4	2.1.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	6	QM	Kollision mit Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
55	4	2.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
56	4	2.2.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	6	QM	Kollision mit Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
57	4	3.1.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	(Autostrasse) Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
58	4	3.1.2	schwere Verletzungen	2	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	Kollision mit parallel fahrendem Fahrzeug, Fahrzeug schleudert in Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
59	4	3.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	10	D	(Autostrasse) Frontalkollision mit dem Gegenverkehr bei mittlerer Geschwindigkeit, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
60	4	3.2.2	schwere Verletzungen	2	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	Kollision mit parallel fahrendem Fahrzeug, Fahrzeug schleudert in Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
61	4	4.1.1	schwere Verletzungen	2	< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	A	Überschlag nach anfahren auf der Bergseite
62	4	4.1.2	--	0	--	0	--	0	0	NX	Eine Richtungsgetrennte Bergstrasse ist nicht plausibel
63	4	4.2.1	schwere Verletzungen	2	< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	A	Überschlag nach anfahren auf der Bergseite
64	4	4.2.2	--	0	--	0	--	0	0	NX	Eine Richtungsgetrennte Bergstrasse ist nicht plausibel
65	5	1.1.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Allgemein kontrollierbar	0	7	QM	Bei v < 60 km/h und 1s Reaktionszeit kann der Fahrer eine Kollision mit einem Fussgänger verhindern.
66	5	1.1.2	lebensbedrohliche Verletzung	3	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Allgemein kontrollierbar	0	6	QM	Bei v < 60 km/h und 1s Reaktionszeit kann der Fahrer eine Kollision mit einem Fussgänger verhindern.

<i>Variation</i>	<i>Fehler Nr.</i>	<i>Szenario Nr.</i>	<i>Begründung S:</i>	<i>S</i>	<i>Begründung E:</i>	<i>E</i>	<i>Begründung C:</i>	<i>C</i>	<i>Summe</i>	<i>ASIL</i>	<i>Fehlerfolge Beschreibung</i>
67	5	1.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Allgemein kontrollierbar	0	7	QM	Bei v < 60 km/h und 1s Reaktionszeit kann der Fahrer eine Kollision mit einem Fussgänger verhindern.
68	5	1.2.2	lebensbedrohliche Verletzung	3	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Allgemein kontrollierbar	0	6	QM	Bei v < 60 km/h und 1s Reaktionszeit kann der Fahrer eine Kollision mit einem Fussgänger verhindern.
69	5	2.1.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	QM	Kollision mit der rechten Leitplanke
70	5	2.1.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	6	QM	Kollision mit der rechten Leitplanke
71	5	2.2.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	QM	Kollision mit der rechten Leitplanke
72	5	2.2.2	keine Verletzung	0	1% bis 10% der Betriebszeit, mehr als einmal pro Monat	3	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	6	QM	Kollision mit der rechten Leitplanke
73	5	3.1.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	QM	Kollision mit Leitplanke
74	5	3.1.2	schwere Verletzungen	2	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	Kollision mit parallel fahrendem Fahrzeug, Fahrzeug schleudert in Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
75	5	3.2.1	keine Verletzung	0	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	7	QM	Kollision mit Leitplanke
76	5	3.2.2	schwere Verletzungen	2	> 10% der Betriebszeit, fast während jeder Fahrt	4	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	9	C	Kollision mit parallel fahrendem Fahrzeug, Fahrzeug schleudert in Leitplanke, mehr als 10% der Fahrer können die Situation nicht beherrschen
77	5	4.1.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	8	B	Überschlag nach Fahrt über Abhang
78	5	4.1.2	--	0	--	0	--	0	0	NX	Eine Richtungsgetrennte Bergstrasse ist nicht plausibel
79	5	4.2.1	lebensbedrohliche Verletzung	3	< 1% der Betriebszeit, mehrmals pro Jahr	2	Schwer kontrollierbar oder unkontrollierbar	3	8	B	Überschlag nach Fahrt über Abhang
80	5	4.2.2	--	0	--	0	--	0	0	NX	Eine Richtungsgetrennte Bergstrasse ist nicht plausibel

7.4.5 ASIL Bewertung

Fehler	Szenario		1.1.1 Innerorts, Fahrt gerade Strasse, Gegenverkehr		1.1.2 Innerorts, Fahrt gerade Strasse, Richtungsgetrennt		1.2.1 Innerorts, Fahrt kurvige Strasse, Gegenverkehr		1.2.2 Innerorts, Fahrt kurvige Strasse, Richtungsgetrennt		2.1.1 Ausserorts, Fahrt gerade Strasse, Gegenverkehr		2.1.2 Ausserorts, Fahrt gerade Strasse, Richtungsgetrennt		2.2.1 Ausserorts, Fahrt kurvige Strasse, Gegenverkehr		2.2.2 Ausserorts, Fahrt kurvige Strasse, Richtungsgetrennt		3.1.1 Autobahn, Fahrt gerade Strasse, Gegenverkehr		3.1.2 Autobahn, Fahrt gerade Strasse, Richtungsgetrennt		3.2.1 Autobahn, Fahrt kurvige Strasse, Gegenverkehr		3.2.2 Autobahn, Fahrt kurvige Strasse, Richtungsgetrennt		4.1.1 Ungesicherte Bergstrasse, Fahrt gerade Strasse, Gegenverkehr		4.1.2 Ungesicherte Bergstrasse, Fahrt gerade Strasse, Richtungsgetrennt		4.2.1 Ungesicherte Bergstrasse, Fahrt kurvige Strasse, Gegenverkehr		4.2.2 Ungesicherte Bergstrasse, Fahrt kurvige Strasse, Richtungsgetrennt		TOP Event (worst case)	ASIL
			S	3	S	3	S	3	S	3	S	0	S	0	S	0	S	3	S	2	S	2	S	3	S	2	S	0	S	2	S	0	3			
1. Lenkung, Fahrt, ungewollte Lenkbewegung nach links, Fahrzeug überfährt die linke Spurbegrenzung	S	3	S	3	S	3	S	3	S	0	S	0	S	0	S	3	S	0	S	3	S	2	S	3	S	2	S	2	S	0	S	2	S	0	3	D
	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	4	E	4	E	4	E	4	E	2	E	0	E	2	E	0	4	
	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	0	C	3	C	0	3	
2. Lenkung, Fahrt, ungewollte Lenkbewegung nach rechts, Fahrzeug überfährt die rechte Spurbegrenzung	S	3	S	3	S	3	S	3	S	0	S	0	S	0	S	0	S	0	S	0	S	2	S	0	S	2	S	3	S	0	S	3	S	0	3	D
	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	4	E	4	E	4	E	4	E	2	E	0	E	2	E	0	4	
	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	0	C	3	C	0	3	
3. Lenkung, Fahrt, keine Lenkbewegung auf Anforderung, Fahrzeug behält die gegenwärtige Richtung bei	S	0	S	0	S	0	S	3	S	0	S	0	S	3	S	0	S	0	S	0	S	2	S	0	S	0	S	0	S	0	S	2	S	0	3	D
	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	4	E	4	E	4	E	4	E	2	E	0	E	2	E	0	4	
	C	2	C	2	C	2	C	2	C	2	C	2	C	2	C	3	C	3	C	2	C	2	C	3	C	3	C	1	C	0	C	3	C	0	3	
4. Lenkung, Fahrt, Lenkung weicht ab nach links, Lenkwinkel Abweichung um < 3° nach links	S	3	S	3	S	3	S	3	S	3	S	0	S	3	S	0	S	0	S	3	S	2	S	3	S	2	S	2	S	0	S	2	S	0	3	D
	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	4	E	4	E	4	E	4	E	2	E	0	E	2	E	0	4	
	C	0	C	0	C	0	C	0	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	0	C	3	C	0	3	
5. Lenkung, Fahrt, Lenkung weicht ab nach rechts, Lenkwinkel Abweichung um < 3° nach rechts	S	3	S	3	S	3	S	3	S	0	S	0	S	0	S	0	S	0	S	0	S	2	S	0	S	2	S	3	S	0	S	3	S	0	2	C
	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	3	E	4	E	4	E	4	E	4	E	4	E	2	E	0	E	2	E	0	4	
	C	0	C	0	C	0	C	0	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	3	C	0	C	3	C	0	3	

7.4.6 Übersicht

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	D	C	D	C	D	QM	D	QM	D	C	D	C	A	NX	A	NX
2	D	C	D	C	QM	QM	QM	QM	QM	C	QM	C	B	NX	B	NX
3	QM	QM	QM	B	QM	QM	D	QM	QM	QM	C	QM	QM	NX	A	NX
4	QM	QM	QM	QM	D	QM	D	QM	D	C	D	C	A	NX	A	NX
5	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	C	QM	C	B	NX	B	NX

NX = nicht plausibles Szenario

Anzahl TOP- Events	TOP Event		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	10	1	10	9	10	9	10	6	10	6	10	9	10	9	7	0	7	0
2	10	2	10	9	10	9	7	6	7	6	7	9	7	9	8	0	8	0
1	10	3	6	5	6	8	6	5	10	6	6	6	9	7	3	0	7	0
4	10	4	7	6	7	6	10	6	10	6	10	9	10	9	7	0	7	0
2	9	5	7	6	7	6	7	6	7	6	7	9	7	9	8	0	8	0

7.5 ANHANG V Prüfsczenarien

Die vorgestellten einzelnen Prüfsczenarien sind wie folgt aufgebaut: Eine Tabelle enthält Angaben zu Voraussetzungen an Bauteile und Komponenten, dann kommt eine Einheit mit Hinweisen zur Prüfung und Interpretation, der dritte Teil besteht aus dem Blockschaltbild.

7.5.1 Prüfscenarien ABS (VS01)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das ABS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS01	ABS	• Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Brems scheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Bremsleuchten (4.3) und -Schaltung (4.3.2)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt montierte Systembestandteile (z.B. Raddrehzahlsensoren, Hydroaggregat, ABS-Regelventile) • Manipulierte Warnleuchte
Überprüfung	vereinfacht	• Sichtprüfung der Raddrehzahlsensoren, Kabel und weiteren ABS-Bauteile • Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus). Bremspedal mehrmals drücken und den Zustand der Warnleuchte erneut prüfen (1.6) 
	Diagnose	• Kurze Probefahrt (≥ 15 km/h) mit einigen Betätigungen des Bremspedals, um Fehler zu reaktivieren, die sonst aus dem Speicher gelöscht worden sein könnten • Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Mit einer Ausgangsgeschwindigkeit $v \approx 30$ km/h auf einem Gleitbelag ($\mu \leq 0,3$) fahren und eine Notbremsung durchführen¹⁾. Überprüfen, dass kein Rad während des Vorgangs blockiert hat ⇒ Minimale Länge: - Teststrecke: 40 m - Gleitbelag: 20 m • Um den Bremsweg zu verkürzen und damit die Prüfung sicherer zu machen, kann sie unter μ-Split-Bedingungen durchgeführt werden ⇒ Minimale Länge: - Teststrecke: 34 m - Gleitbelag: 12 m

¹⁾ in Anlehnung an ECE-R13H

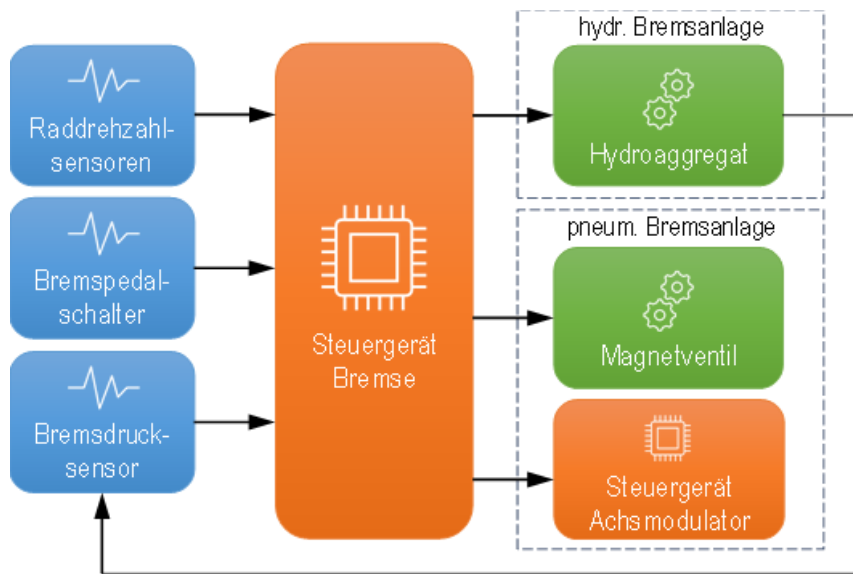


Abbildung 27: Blockschaltbild ABS (VS01)

7.5.2 Prüfzenarien ESP (VS02)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das ESP zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS02	ESP (mit/ohne TSA)	• $\pm$ Gleiche Voraussetzungen wie bei der ABS-Prüfung: • Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt montierte Systembestandteile (z.B. Raddrehzahlsensoren, Fahrdynamiksensor) • Regeleingriff des Systems trotz eines nicht kritischen Fahrzustands
Überprüfung	vereinfacht	• Sichtprüfung der ESP- (und ABS-) Komponenten • Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) (7.12)  • Prüfung der Warnleuchte durch das manuelle Ausschalten des ESP (falls Schalter vorhanden) 
	Diagnose	• Kurze Probefahrt (≥ 40 km/h), mit stetigen Drehmanövern nach links und rechts und eine Betätigung des Bremspedals um Fehler zu reaktivieren, die sonst aus dem Speicher gelöscht worden sein könnten²⁾ • Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle (7.12)
	Messungen	• Kreisfahrt mit einem konstanten Radius mit progressiver Erhöhung der Geschwindigkeit oder mit konstanter Geschwindigkeit mit einer progressiven Verringerung des Wendekreises bis zum Eingreifen des ESP • Sinus-Dwell-Test: Mit einer Ausgangsgeschwindigkeit $v \approx 30$ km/h auf einem Gleitbelag ($\mu \leq 0,3$) ein- und wieder auslenken. Eingreifen des ESP überprüfen ⇒ Minimale Länge: - Teststrecke: 40 m - Gleitbelag: 20 m

²⁾ in Anlehnung an ECE-R140

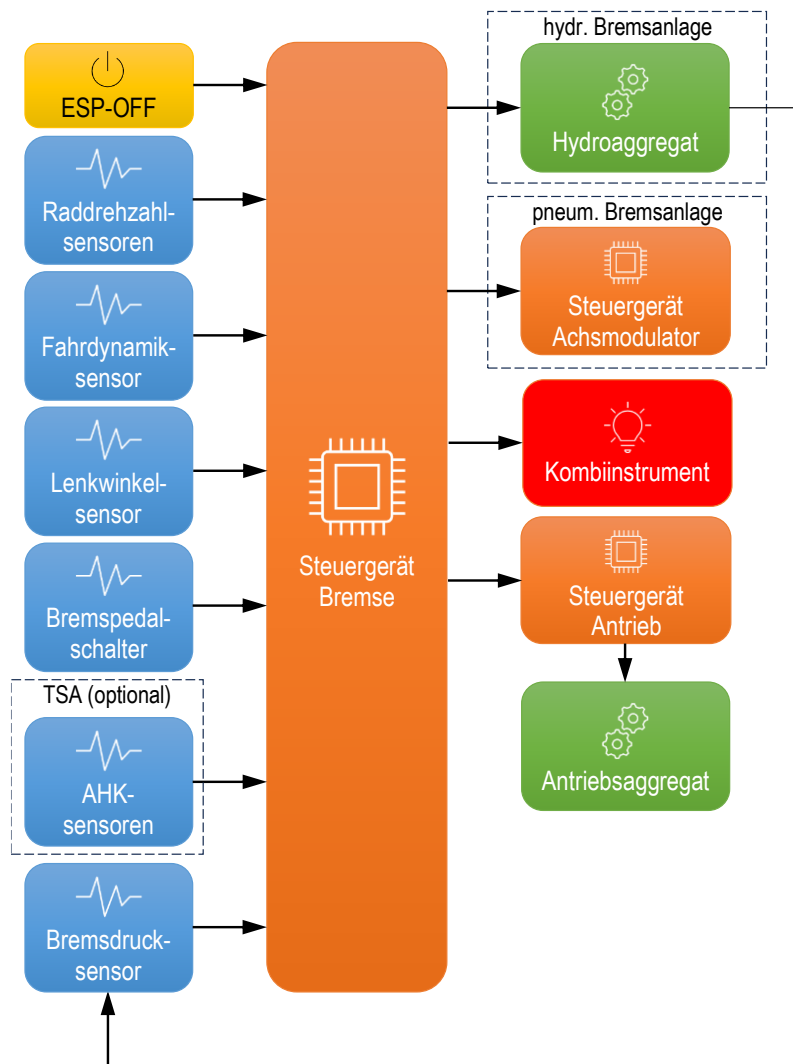


Abbildung 28: Blockschaltbild ESP (VS02)

7.5.3 BAS (VS03)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das BAS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS03	BAS	• $\pm$ Gleiche Voraussetzungen wie bei der ABS- resp. ESP-Prüfung: • Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Bremsleuchten (4.3) und -Schaltung (4.3.2) • Warnblinkleuchten (4.4)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		Beschädigte oder nicht korrekt montierte Systembestandteile (z.B. ggf. Bremspedalkraftsensor)
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	• Kurze Probefahrt (≥ 15 km/h) mit einigen Betätigungen des Bremspedals, um Fehler zu reaktivieren, die sonst aus dem Speicher gelöscht worden sein könnten • Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Mit einer Ausgangsgeschwindigkeit $v \geq 60$ km/h⁴⁾ fahren und eine Notbremsung durch das BAS auslösen, indem das Bremspedal je nach Kategorie des Systems (A oder B) stark oder schnell betätigt wird (Panikbremsung). Im ersten Fall (Kategorie A) muss der Bremsdruck durch das BAS erhöht werden, um einen vollständigen Regelzyklus des ABS auszulösen. Im zweiten Fall (Kategorie B) muss das BAS den Bremsdruck erhöhen, um die maximale Abbremsung zu erreichen, oder einen vollständigen ABS-Regelzyklus auslösen⁵⁾ • Gleichzeitige Überprüfung der Auslösung des Notstoppsignals (ABL bzw. ESS) evtl. mit einem Spiegel oder durch eine Drittperson

⁴⁾ Anfangsgeschwindigkeit bei der Genehmigung nach der Regelung UNECE-R139 = 100 km/h

⁵⁾ kann evtl. gleichzeitig mit der ABS- und der ESP-Prüfung durchgeführt werden

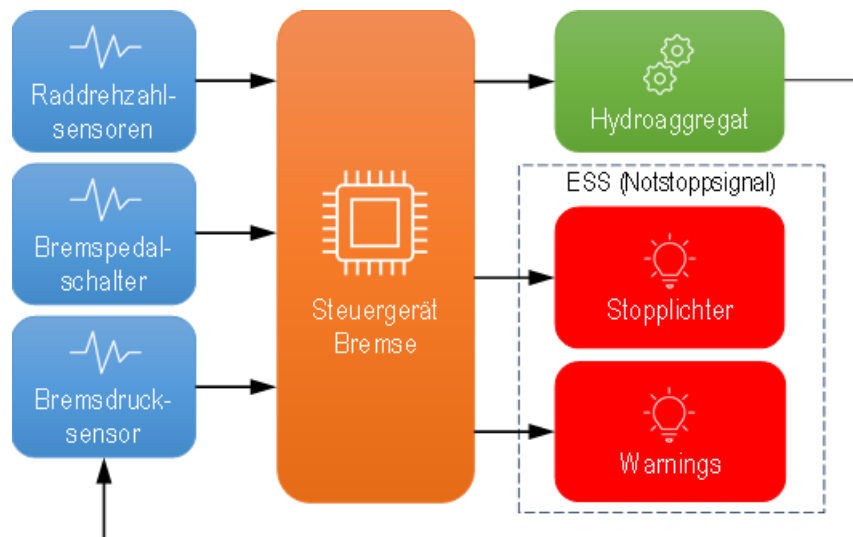


Abbildung 29: Blockschaltbild BAS (VS03)

7.5.4 Prüfscenarien FCW, CAS (VS04)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das FCW resp. CAS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS04	FCW, CAS	• Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) bei Systemen mit (Stereo-) Kamera oder LiDAR • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) bei Systemen mit (Stereo-)Kamera oder LiDAR • Frontradar (nicht abgedeckt oder lackiert) • Frontradarheizung

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Zubehör, das das Radarfeld beeinträchtigt • Zusätzlich bei Systemen mit einer Kombination von Kamera und Radar: • Schlechte Kalibrierung der (Stereo-)Kamera • Sonnenblende, die die (Stereo-)Kamera einschränkt
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) • Prüfung der Warnleuchte durch das manuelle Ausschalten der FCW (falls Schalter(-Kombination) vorhanden) 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Mit einer Ausgangsgeschwindigkeit $v \approx 30$ km/h gegen ein statisches Hindernis (z.B. Target-Fahrzeug) fahren und überprüfen, ob die optische resp. haptische und/oder akustische Warnung ausgelöst wird⁶⁾ • Mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v \approx 30$ km/h fahren und von einem Target-Fahrzeug überholt werden, das sich davor einreicht und plötzlich anhält und überprüfen, ob die optische resp. haptische und/oder akustische Warnung ausgelöst wird⁷⁾ 

⁶⁾ kann evtl. gleichzeitig mit der ABS-, der ESP- und der AEBS-Prüfung durchgeführt werden

⁷⁾ gleichzeitig kann das BSW während des Überholmanövers überprüft werden

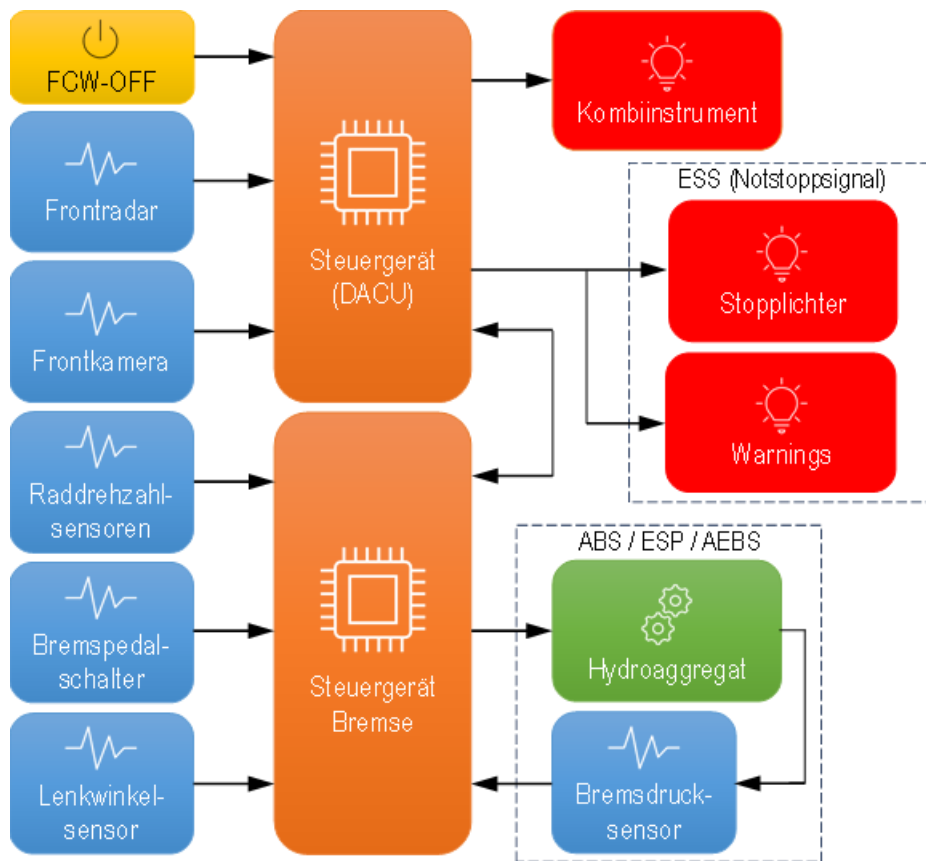


Abbildung 30: Blockschaltbild FCW resp. CAS (VS04)

7.5.5 Prüfzenarien AEBS (VS05)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das AEBS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS05	AEBS	• ± Gleiche Voraussetzungen wie bei der ABS- resp. ESP- und FCW-Prüfung: • Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) bei Systemen mit (Stereo-)Kamera oder LiDAR • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) bei Systemen mit (Stereo-)Kamera oder LiDAR • Frontradar (nicht abgedeckt oder lackiert) • Frontradarheizung • Frontkamera • Bremsleuchten (4.3) und -Schaltung (4.3.2) • Warnblinkleuchten (4.4)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Zubehör, das das Radarfeld beeinträchtigt • Auslösen einer Notbremsung, obwohl kein echtes Hindernis/keine echte Gefahr vorliegt • Zusätzlich bei Systemen mit einer Kombination von Kamera und Radar: • Schlechte Kalibrierung der (Stereo-)Kamera • Sonnenblende, die die (Stereo-)Kamera einschränkt
Überprüfung	vereinfacht	• Sichtprüfung der ESP- (und ABS-) Komponenten • Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) • Prüfung der Warnleuchte durch das manuelle Ausschalten des AEBS (falls Schalter vorhanden)
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle • Prüfung der Fehlererkennung: • Frontradar und/oder -Kamera abdecken und mit einer Geschwindigkeit $v \geq 10$ km/h fahren. Nach 10 s sollte das Störungswarnsignal aufleuchten. Evtl. erneut Auslesen und Löschen der gespeicherten Fehler über die Fahrzeug-Schnittstelle

		 ⁸⁾
	Messungen	• Mit einer Ausgangsgeschwindigkeit $v \approx 30 \text{ km/h}$ gegen ein statisches Hindernis (z.B. Target-Fahrzeug) fahren und überprüfen, ob die Notbremsung ausgelöst wird⁹⁾ • Mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v \approx 30 \text{ km/h}$ fahren und von einem Target-Fahrzeug überholt werden, das sich davor einreicht und plötzlich anhält¹⁰⁾ • Gleichzeitige Überprüfung der Auslösung des Notstoppsignals (ABL bzw. ESS) evtl. mit einem Spiegel oder durch eine Drittperson

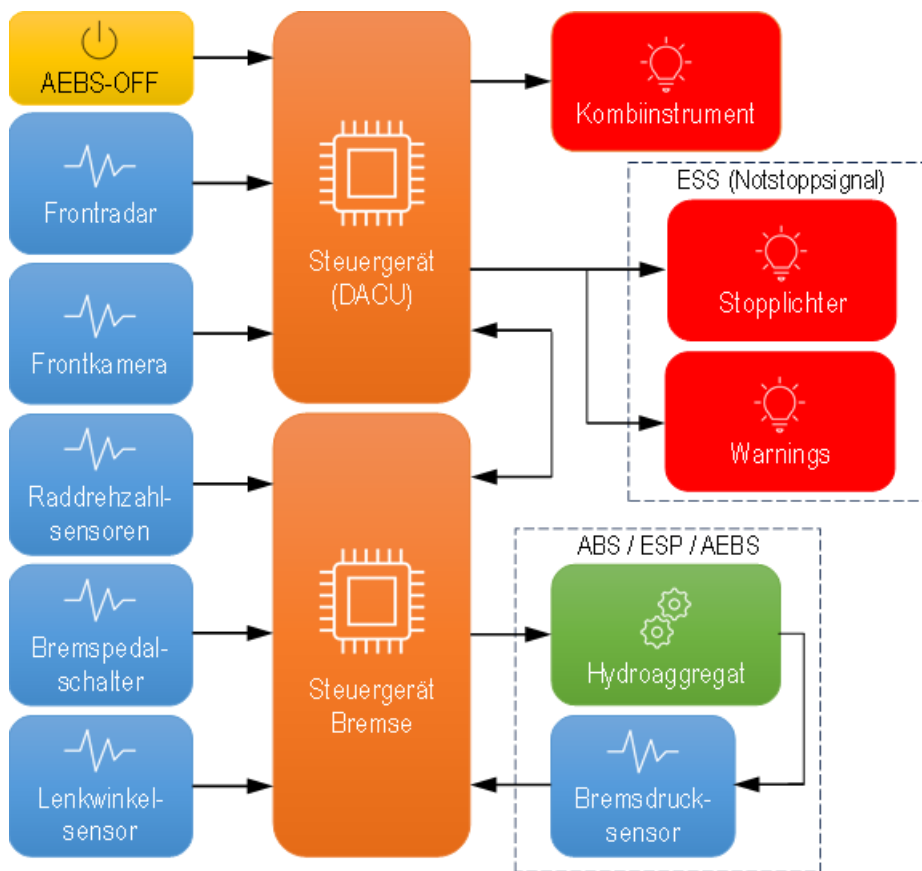


Abbildung 31: Blockschaltbild AEBS (VS05)

⁸⁾ Zentralwarnleuchte: Zusätzliche Informationen im Display des Kombi-Instruments beachten

⁹⁾ kann gleichzeitig mit der FCW- und AEBS-Prüfung durchgeführt werden

¹⁰⁾ gleichzeitig kann das BSW während des Überholmanövers überprüft werden

7.5.6 Prüfzenarien ABL, ESS (VS14)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das ABL resp. ESS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS14	ABL, ESS	• $\pm$ Gleiche Voraussetzungen wie bei der ABS-, BAS resp. AEBS-Prüfung: • Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Brems scheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Bremsleuchten (4.3) und -Schaltung (4.3.2) • Warnblinkleuchten (4.4)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		Beschädigte oder nicht korrekt montierte Systembestandteile (z.B. ggf. Bremspedalkraftsensor, Bremsdrucksensor, etc.)
Überprüfung	vereinfacht	-
	Diagnose	• Kurze Probefahrt (≥ 15 km/h) mit einigen Betätigungen des Bremspedals, um Fehler zu reaktivieren, die sonst aus dem Speicher gelöscht worden sein könnten • Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Mit einer Ausgangsgeschwindigkeit $v \approx 30$ km/h fahren und mit einer Notbremsung einen vollständigen ABS-Regelzyklus¹¹⁾ und der Auslösung des Notstoppsignals evtl. mit einem Spiegel oder durch eine Drittperson überprüfen

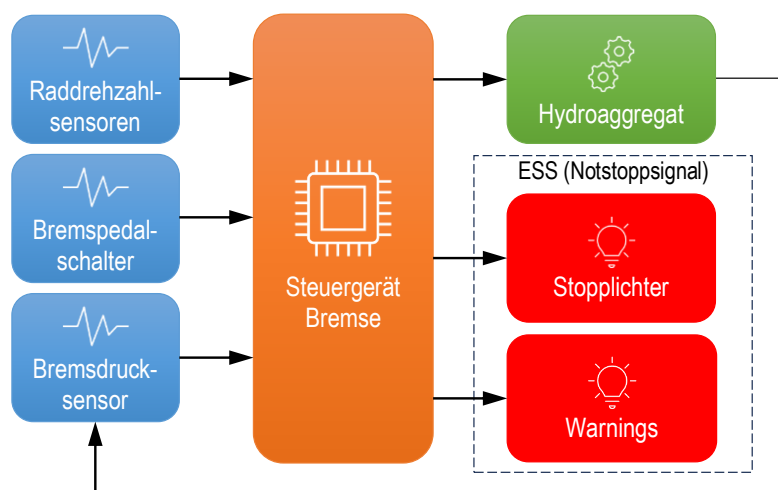


Abbildung 32: Blockschaltbild ABL resp. ESS (VS14)

¹¹⁾ kann gleichzeitig mit der ABS-, ESP, BAS und/oder AEBS-Prüfung durchgeführt werden

7.5.7 Prüfzenarien BSW, LCA (VS06)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das BSW resp. LCA zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS06	BSW, LCA	• Rückspiegel oder Rückblickeinrichtungen (3.3) • Fahrtrichtungsanzeiger (4.4) und -Schaltung (4.4.2)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Lackierung oder Abdeckung (z.B. Covering) der Radare in der hinteren Stossstange • Zubehör, das das Radarfeld beeinträchtigt
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Warnleuchte in den Aussenspiegeln durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v \approx 30 \text{ km/h}$ fahren und von einem Target-Fahrzeug überholt werden. Prüfen, ob die Warnleuchte am Aussenspiegel aufleuchtet¹²⁾ • Zusätzlich bei weiterentwickelten Systemen: • Prüfung des Lenkwiderstands und des schnellen Blinkens der Warnleuchte beim Lenken in Richtung des Target-Fahrzeugs • Prüfung des schnellen Blinkens der Warnleuchte beim Einschalten des Fahrtrichtungsanzeigers auf der Seite des Target-Fahrzeugs, während es sich daneben befindet

¹²⁾ kann gleichzeitig mit der AEBS-, ACC-, TJA-, LDWS- und LKA-Prüfung durchgeführt werden

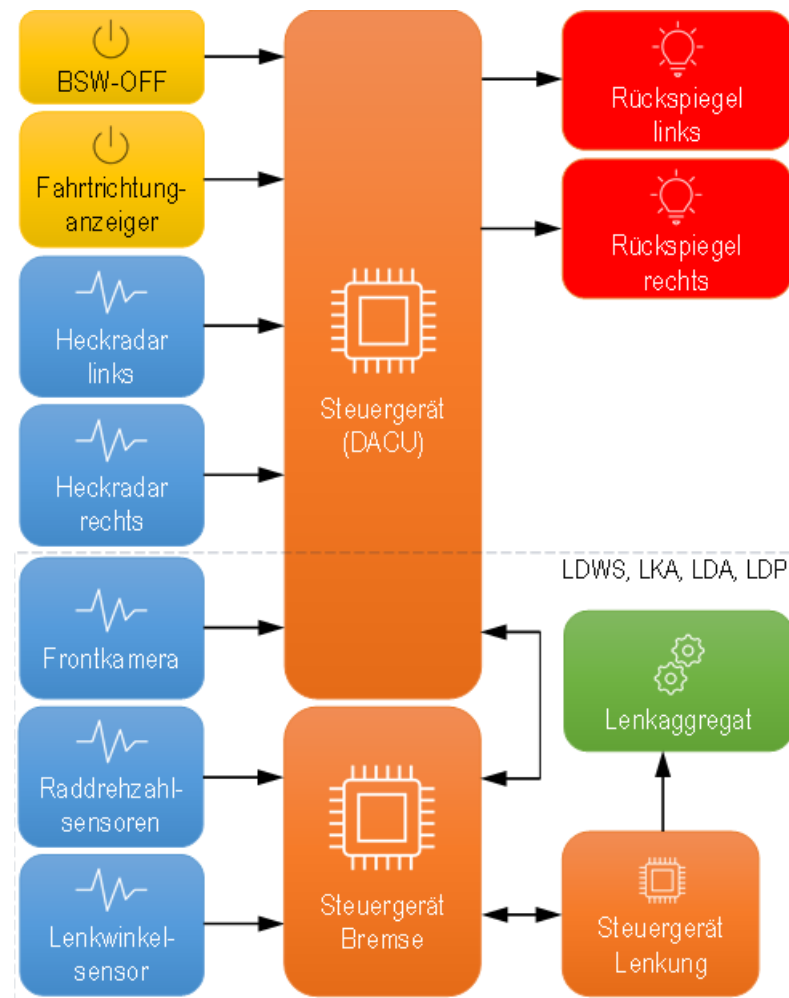


Abbildung 33: Blockschaltbild BSW resp. LCA (VS06)

7.5.8 Prüfzenarien ACC, TJA (VF03)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das ACC resp. TJA zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VF03	ACC, TJA	• ± Gleiche Voraussetzungen wie bei der ABS-, ESP-, FCW- resp. AEBS-Prüfung: • Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) bei Systemen mit (Stereo-)Kamera oder LiDAR • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) bei Systemen mit (Stereo-)Kamera oder LiDAR • Geschwindigkeitsmesser (7.8) • Frontradar (nicht abgedeckt oder lackiert) • Frontradarheizung • Frontkamera

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Lackierung oder Abdeckung (z.B. Covering) des Frontradars • Zubehör, das das Radarfeld beeinträchtigt • Zusätzlich bei Systemen mit einer Kombination von Kamera und Radar: • Schlechte Kalibrierung der (Stereo-)Kamera • Sonnenblende, die die (Stereo-)Kamera einschränkt
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) • 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle • Prüfung der Fehlererkennung: • Frontradar und/oder -Kamera abdecken und mit einer Geschwindigkeit $v \geq 10$ km/h fahren. Nach 10 s sollte das Störungswarnsignal aufleuchten. Evtl. erneut Auslesen und Löschen der gespeicherten Fehler über die Fahrzeug-Schnittstelle •  
	Messungen	• Mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v \approx 40$ km/h fahren und ein Target-Fahrzeug verfolgen, das um 10 km/h oder 20 km/h langsamer wird. Überprüfen, ob das Fahrzeug

		mit Abstand zum Zielfahrzeug abbremst und ggf. den Fahrer zum Bremsen auffordert¹³⁾  • Mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v \approx 40$ km/h fahren und von einem Target-Fahrzeug überholt werden, das bis zum völligen Stillstand verzögert und dann wieder anfährt. Prüfen, ob das Fahrzeug abbremst, anhält und wieder anfährt¹⁴⁾
--	--	---

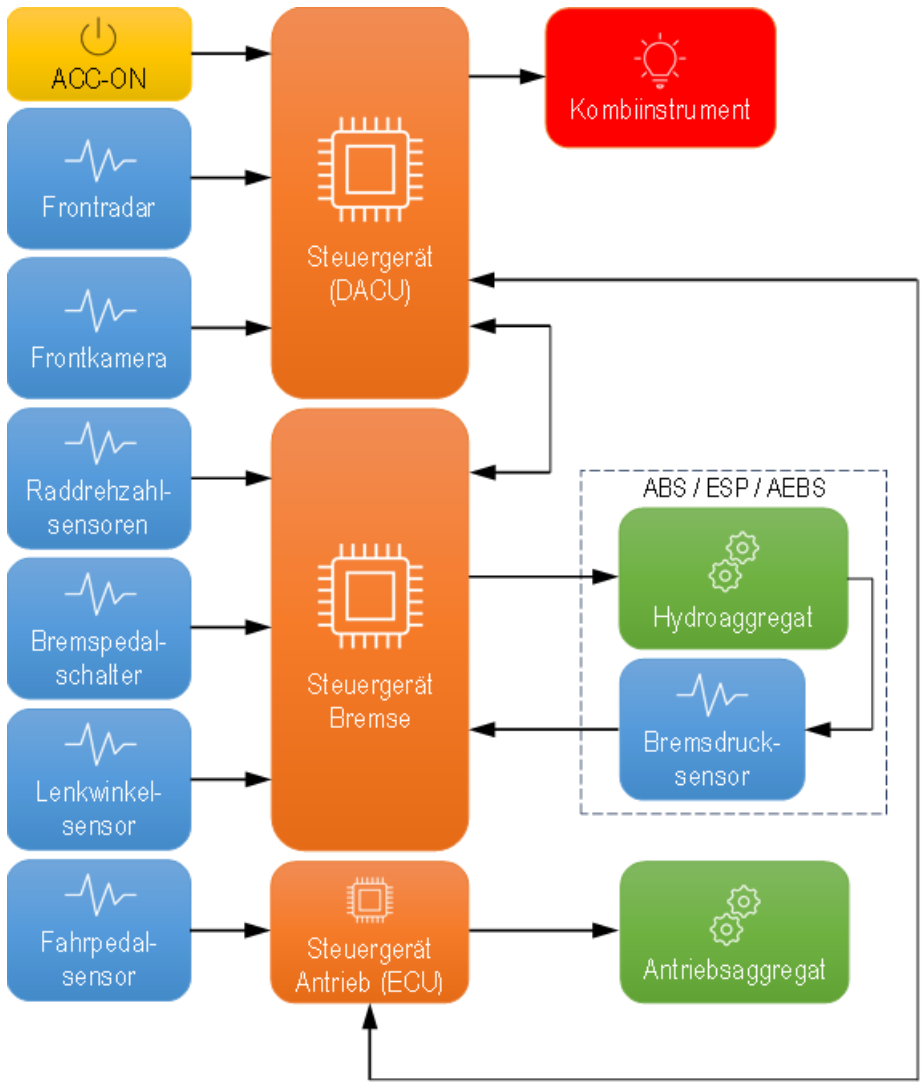


Abbildung 34: Blockschaltbild ACC resp. TJA (VF03)

¹³⁾ wenn die ACC ausschaltet (Mindestgeschwindigkeit des Systems erreicht) und das Fahrzeug mit FCW ausgestattet ist

¹⁴⁾ die meisten ACC-Systemen funktionieren ab 30 km/h (ausser z.B. Citroën C4 Picasso ab 40 km/h). Wenn sie mit dem TJA gekoppelt sind, kann das Fahrzeug anhalten und wieder anfahren, indem es sich am vorausfahrenden Fahrzeug orientiert

7.5.9 Prüfzenarien LDWS, LDA, LDP, LKA, ALKS, ELKS, ALC und ACSF (VS07)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das LDWS resp. LDA, LDP, ALKS, ELKS und ALC zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS07	LDWS, LDA, LDP, LKA, ALKS, ELKS, ALC, ACSF	• Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Lenkrad, Lenksäule und Lenkstange (2.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Elektronische Servolenkung (2.6) • Lenkungs-Positionssensor • Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) • Fahrtrichtungsanzeiger (4.4) und -Schaltung (4.4.2) • (Stereo-)Frontkamera oder LiDAR

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Windschutzscheibe durch ein anderes Modell ersetzt (z.B. dunkler getönt)¹⁵⁾ • Schlechte Kalibrierung der (Stereo-)Kamera • Sonnenblende, die die (Stereo-)Kamera einschränkt
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus)  • Prüfung der Warnleuchte durch das manuelle Ausschalten des LDWS (falls Schalter vorhanden)
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle • Prüfung der Fehlererkennung: • Kamera abdecken und mit einer Geschwindigkeit $v \geq 10$ km/h fahren. Nach 10 s sollte das Störungswarnsignal aufleuchten. Evtl. erneut Auslesen und Löschen der gespeicherten Fehler über die Fahrzeug-Schnittstelle  
	Messungen	• Mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v \approx 60$ km/h¹⁶⁾ zwischen zwei durchgehenden oder unterbrochenen

¹⁵⁾ Fahrzeughistorie, Versicherungserklärung

¹⁶⁾ minimale Betriebsgeschwindigkeit des LDWS nach ECE-R130 (M2, M3, N2, N3)

		Fahrbahnmarkierungslinien fahren und langsam von der Fahrbahn abweichen. Überprüfen, ob die Warnleuchte des LDWS blinkt oder ggf. die Vibrationen des Lenkrads und/oder den Widerstand der Lenkung • Versuch wiederholen, aber mit Einschalten des Fahrtrichtungsanzeigers auf der Seite, auf der die Fahrbahnmarkierungslinie überfahren wird. Die Warnleuchte muss erlöschen und ggf. die Vibrationen des Lenkrads und/oder der Lenkwiderstand müssen verschwinden
--	--	---

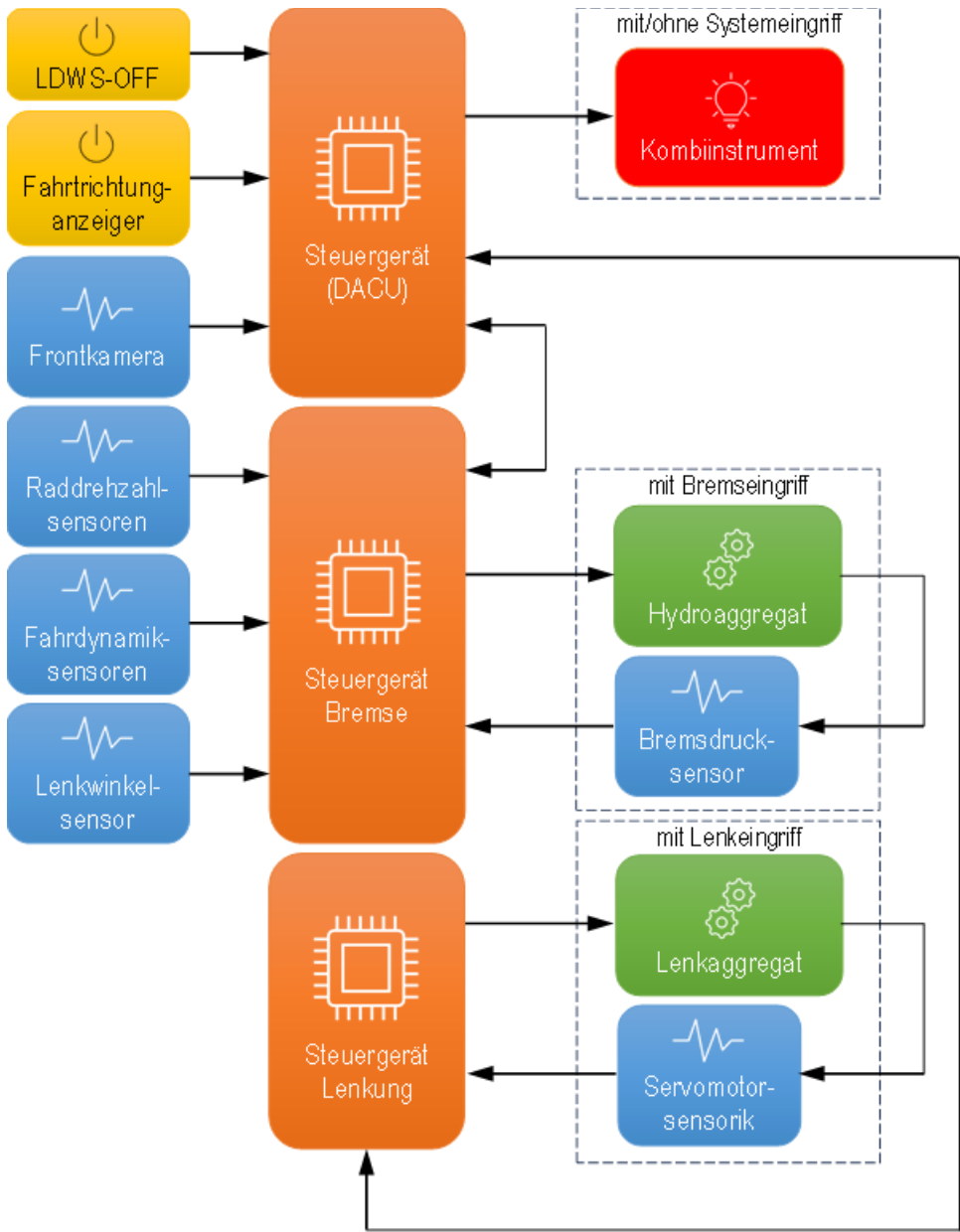


Abbildung 35: Blockschaltbild LDWS resp. LDA, LDP, LKA, ALKS, ELKS, ALC und ACSF (VS07)

7.5.10 Prüfzenarien TPM, TPMS (VS08)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das TPM resp. TPMS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS08	TPM, TPMS	• Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Raddrehzahl- (1.6) und/oder ggf. Reifendrucksensoren

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt montierte Systembestandteile (z.B. Raddrehzahl- oder Reifendrucksensoren) • Manipulierte Warnleuchte • Manuelle Kalibrierung des Systems mit zu niedrigem Reifendruck • Montage von Reifen, Felgen oder Ventilen, die nicht mit dem TPMS kompatibel sind
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Luft aus einem Reifen um -20 % oder auf einen Mindestdruck von 150 kPa ablassen und 10 min lang fahren oder bis die Warnleuchte aufleuchtet¹⁷⁾ • Simulation einer elektrischen Störung oder ein Reifen oder Rad an das Fahrzeug montieren, der/das nicht mit dem Reifendrucküberwachungssystem kompatibel ist und 10 min lang fahren oder bis die Warnleuchte aufleuchtet¹⁴⁾

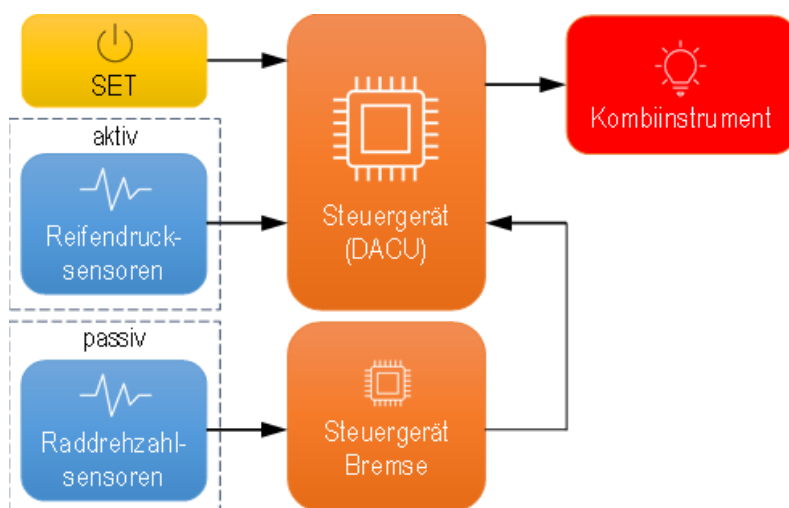


Abbildung 36: Blockschaltbild TPM resp. TPMS (VS08)

¹⁷⁾ In Anlehnung an ECE-R141, Anhang 3

7.5.11 Prüfzenarien GSI (UW01)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das GSI zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
UW01	GSI	• Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Geschwindigkeitsmesser (7.8)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		-
Überprüfung	vereinfacht	-
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Im ersten Gang von 0 auf 15 km/h beschleunigen und überprüfen, ob die GSI-Empfehlung zum Hochschalten (⬆, ⬇, ⬅) angezeigt wird¹⁸⁾

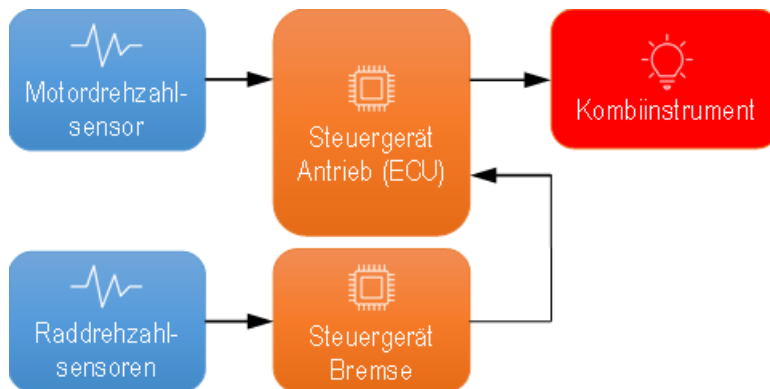


Abbildung 37: Blockschaftbild GSI (UW01)

¹⁸⁾ In Anlehnung an VO (EU) 65/2012, kann gleichzeitig mit der AEBS-, ACC-, TJA-, LDWS-, LKA, und TPM-Prüfung durchgeführt werden

7.5.12 Prüfzenarien RSA (VF01)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das RSA zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VF01	RSA	• Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) • Geschwindigkeitsmesser (7.8) • Frontkamera • GNSS (GPS)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Sonnenblende, die die Kamera einschränkt • Schlechte GNSS-Daten
Überprüfung	vereinfacht	• -
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• An einem Verkehrsschild zur Geschwindigkeitsbegrenzung vorbeifahren und überprüfen, ob die auf dem Armaturenbrett angezeigte Geschwindigkeit mit dieser übereinstimmt¹⁹⁾ • An zwei aufeinanderfolgenden Verkehrsschildern zur Geschwindigkeitsbegrenzung vorbeifahren oder an einem Verkehrsschild zur Geschwindigkeitsbegrenzung und einem Verkehrsschild zum Ende der Geschwindigkeitsbegrenzung und überprüfen, ob die auf dem Armaturenbrett angezeigten Geschwindigkeiten übereinstimmen

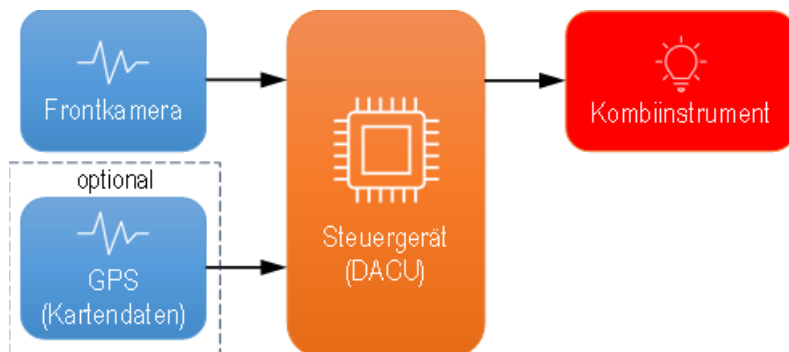


Abbildung 38: Blockschaftbild RSA (VF01)

¹⁹⁾ kann gleichzeitig mit der AEBS-, ACC-, TJA-, LDWS-, LKA, TPM und GSI-Prüfung durchgeführt werden

7.5.13 Prüfzenarien ISA (VF02)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das ISA zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VF02	ISA	• Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) • Geschwindigkeitsmesser (7.8) • Frontkamera

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Sonnenblende, die die Kamera einschränkt • Schlechte GNSS-Daten
Überprüfung	vereinfacht	• -
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v \approx 40$ km/h fahren und an einem Verkehrszeichen mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h vorbeifahren und kontrollieren, ob die optische und/oder akustische Warnung bei Überschreitung der zulässigen Geschwindigkeit ausgegeben wird • Für Fahrzeuge mit automatischer Geschwindigkeitsreduktion (mit ACC gekoppelt, z.B. Audi A4, BMW 7er, Ford Galaxy, MB S-Klasse, VW Arteon, etc.): • Mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v \approx 50$ km/h mit eingeschalteter ACC fahren, an einem Verkehrsschild mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h vorbeifahren und überprüfen, ob die Geschwindigkeit des Fahrzeugs entsprechend reduziert wird²⁰⁾

²⁰⁾ einige Systeme haben eine Toleranz von 10 - 15 km/h (z.B. BMW 7er, Ford Galaxy)

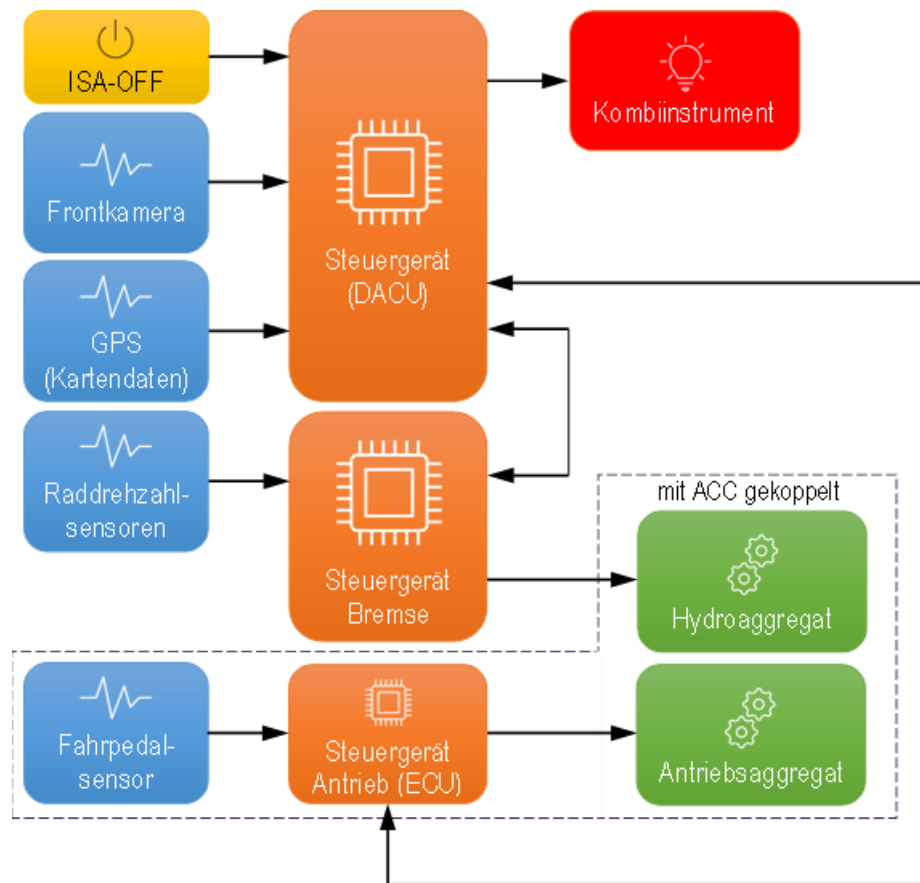
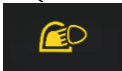


Abbildung 39: Blockschaltbild ISA (VF02)

7.5.14 Prüfzenarien ALS-on, ALC (VS29)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das ISA zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS29	ALS-on, ALC	• Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) • Frontscheinwerfer, Zustand und Funktion (4.1.1) • Frontscheinwerfer, Ausrichtung und Schaltung (4.1.2, 4.1.3) • Niveauregulierungsvorrichtungen (falls vorgeschrieben) (4.1.5) • Lichtsensor

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Windschutzscheibe durch ein anderes Modell ersetzt (z.B. dunkler getönt)²¹⁾ • Stark verschmutzte Lichtsensorfläche (Zustand der Wischerblätter, Funktion des Regensensors bei Fahrzeugen mit Scheibenwischerautomat) • Sonnenblende, die den Lichtsensor einschränkt
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Lichtschalter auf «Auto» stellen und den Lichtsensor abdecken. Prüfen, ob das Abblendlicht, die Rücklichter und die Kennzeichenleuchten eingeschaltet werden und, ob die Tagfahrleuchten erlöschen oder schwächer werden

²¹⁾ Fahrzeughistorie, Versicherungserklärung

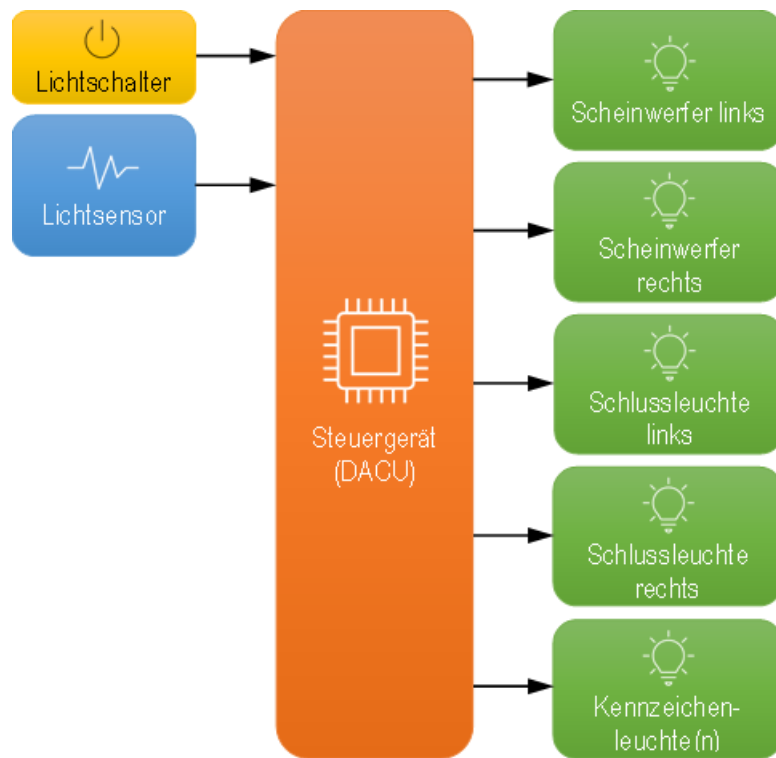


Abbildung 40: Blockschaltbild ALS-on resp. ALC (VS29)

7.5.15 Prüfzenarien AFS, AFLS (VS30)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das AFS resp. AFLS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS30	AFS, AFLS	• Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) • Frontscheinwerfer, Zustand und Funktion (4.1.1) • Frontscheinwerfer, Ausrichtung und Schaltung (4.1.2, 4.1.3) • Niveauregulierungsvorrichtungen (falls vorgeschrieben) (4.1.5) • Frontkamera • Lichtsensor

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Windschutzscheibe durch ein anderes Modell ersetzt (z.B. dunkler getönt)²²⁾ • Stark verschmutzte Lichtsensorfläche (Zustand der Wischerblätter, Funktion des Regensors bei Fahrzeugen mit Scheibenwischerautomat) • Stark verschmutzte Kameraoptik (Zustand der Wischerblätter, Funktion des Regensors bei Fahrzeugen mit Scheibenwischerautomat) • Sonnenblende, die den Lichtsensor und/oder die Kamera einschränkt
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Kontrollleuchte durch Einschalten des Fernlichtes 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle • Höheneinstellung und Funktion mit Diagnosegerät prüfen
	Messungen	• - (Die meisten Systeme funktionieren erst ab einer Geschwindigkeit von 60 km/h)

²²⁾ Fahrzeughistorie, Versicherungserklärung

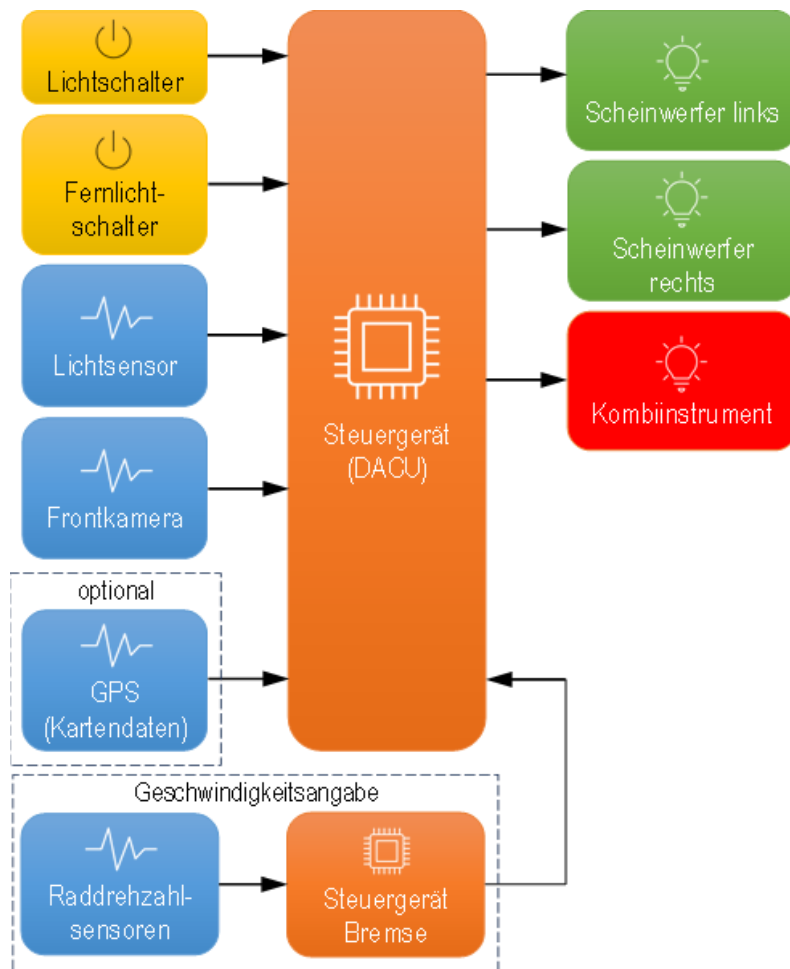


Abbildung 41: Blockschaltbild AFS resp. AFLS (VS30)

7.5.16 Prüfscenarien GFHB, NVA (VS31)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das GFHB resp. NVA zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS31	GFHB, NVA	• Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) • Frontscheinwerfer, Zustand und Funktion (4.1.1) • Frontscheinwerfer, Ausrichtung und Schaltung (4.1.2, 4.1.3) • Niveauregulierungsvorrichtungen (falls vorgeschrieben) (4.1.5) • Frontkamera • Lichtsensor

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Windschutzscheibe durch ein anderes Modell ersetzt (z.B. dunkler getönt)²³⁾ • Stark verschmutzte Lichtsensorfläche (Zustand der Wischerblätter, Funktion des Regensors bei Fahrzeugen mit Scheibenwischerautomat) • Stark verschmutzte Kameraoptik (Zustand der Wischerblätter, Funktion des Regensors bei Fahrzeugen mit Scheibenwischerautomat) • Sonnenblende, die den Lichtsensor und/oder die Kamera einschränkt • Scheinwerferhöhe (Hell-Dunkel-Grenze) falsch eingestellt
Überprüfung	vereinfacht	• -
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle • Höheneinstellung und Funktion mit Diagnosegerät prüfen
	Messungen	• - (Die meisten Systeme funktionieren erst ab einer Geschwindigkeit von 60 km/h)

²³⁾ Fahrzeughistorie, Versicherungserklärung

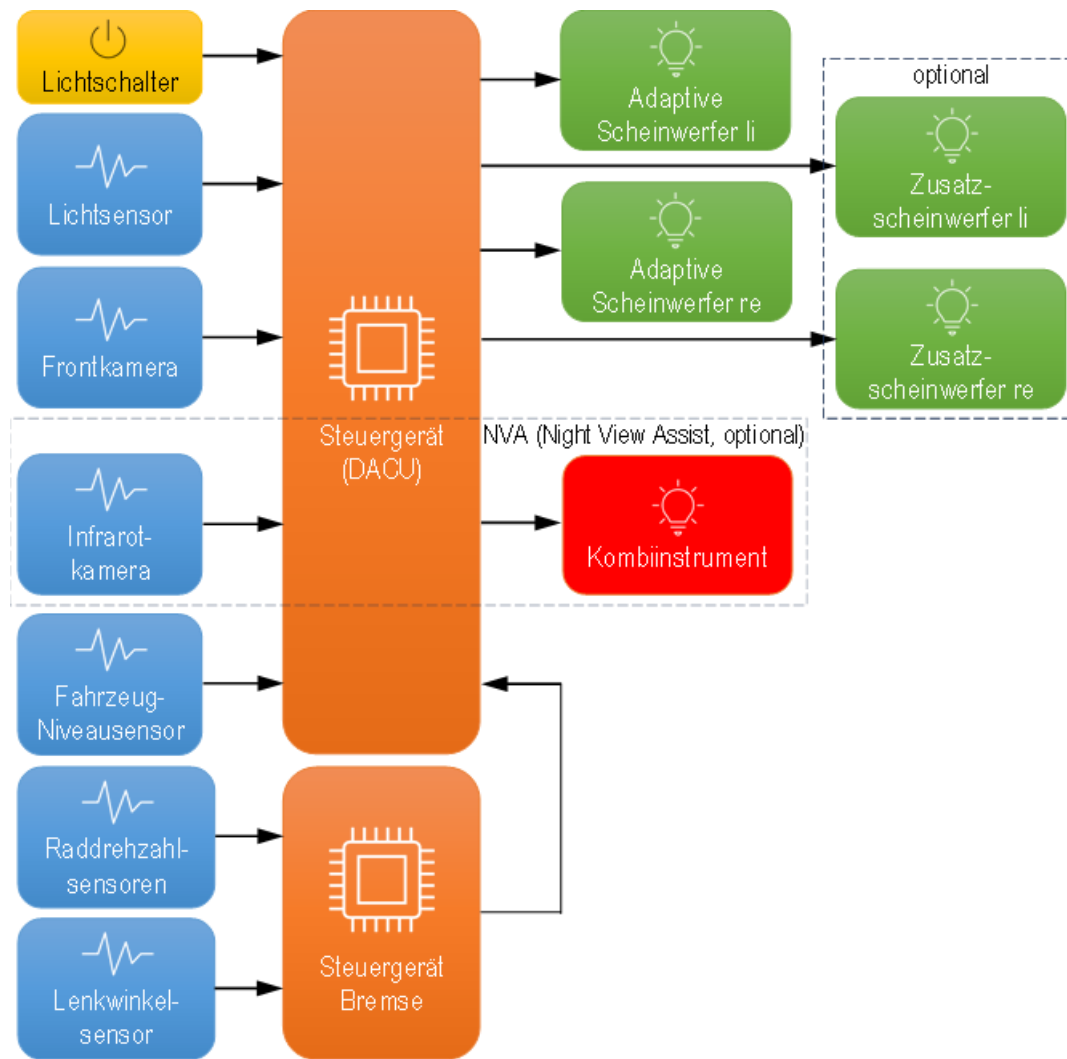


Abbildung 42: Blockschaltbild GFHB resp. NVA (VS31)

7.5.17 Prüfscenarien IL (VS09)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das IL zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS09	IL	• Lenkrad, Lenksäule und Lenkstange (2.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Lenkungs-Positionssensor (Lenkradwinkelsensor) • Frontscheinwerfer, Zustand und Funktion (4.1.1) • Frontscheinwerfer, Ausrichtung und Schaltung (4.1.2, 4.1.3) • Lichtsensor • Fahrtrichtungsanzeiger (4.4) und -Schaltung (4.4.2) • Nebelscheinwerfer, Zustand und Funktion (4.5.1) • Nebelscheinwerfer, Ausrichtung und Schaltung (4.5.2, 4.5.3)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Nebellichter) • Unzulässige Schaltung (z.B. Verbindung/Überbrückung der Kurvenlichter direkt mit den Abblendlichtern)
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Bei stehendem Fahrzeug mit eingeschalteter Zündung oder laufendem Motor: Abblendlicht einschalten und das Lenkrad vollständig einschlagen. Prüfen, ob das Kurvenlicht auf der Seite, auf der die Räder eingeschlagen werden, aufleuchtet • Gleicher Versuch, aber mit Aktivierung eines Fahrtrichtungsanzeigers anstelle des Einschlagens des Lenkrads

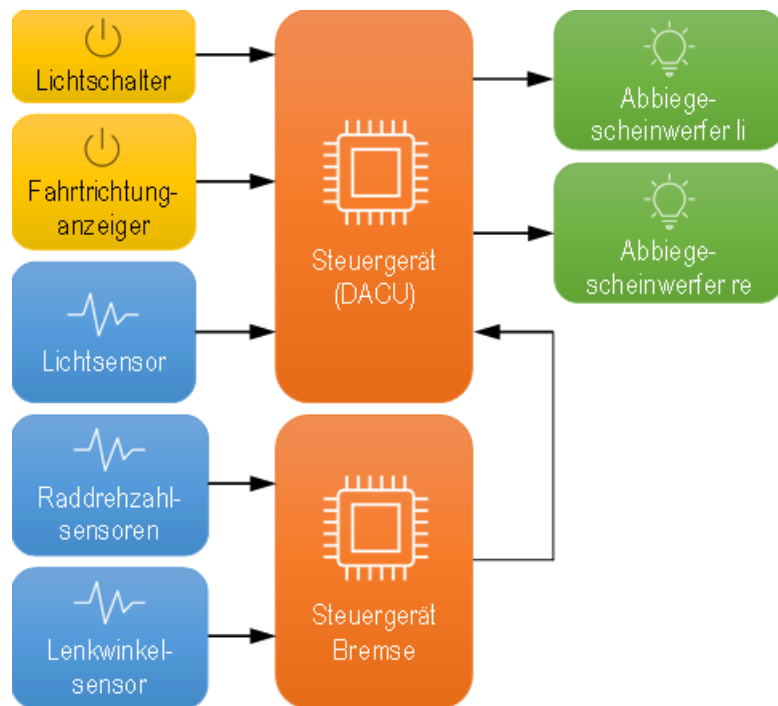


Abbildung 43: Blockschaltbild IL (VS09)

7.5.18 Prüfzenarien ACL (VS10)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das ACL zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS10	ACL	• Lenkrad, Lenksäule und Lenkstange (2.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Lenkungs-Positionssensor (Lenkradwinkelsensor) • Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) • Frontkamera²⁴⁾ • Ortungssystem (GNSS)²⁴⁾ • Frontscheinwerfer, Zustand und Funktion (4.1.1) • Frontscheinwerfer, Ausrichtung und Schaltung (4.1.2, 4.1.3) • Lichtsensor • Geschwindigkeitsmesser (7.8) • Fahrdynamiksensor(en)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Kurvenlicht-Motoren) • Unzulässige Umrüstung (z.B. Scheinwerfer ohne Kurvenlicht eingebaut)
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus)
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Mit einer Geschwindigkeit $v > 40$ km/h mit eingeschaltetem Abblendlicht um eine Kurve fahren. Überprüfen, ob das Kurvenlicht auf der Innenseite der Kurve aufleuchtet • Mit einer Geschwindigkeit $v > 40$ km/h mit eingeschaltetem Abblendlicht fahren und einen Fahrtrichtungsanzeiger einschalten. Prüfen, ob das Kurvenlicht auf der Seite des eingeschalteten Fahrtrichtungsanzeigers leuchtet

²⁴⁾ bei Kurvenlichtsystemen mit Ermittlung des Strassenverlaufs (prädiktives Kurvenlicht)

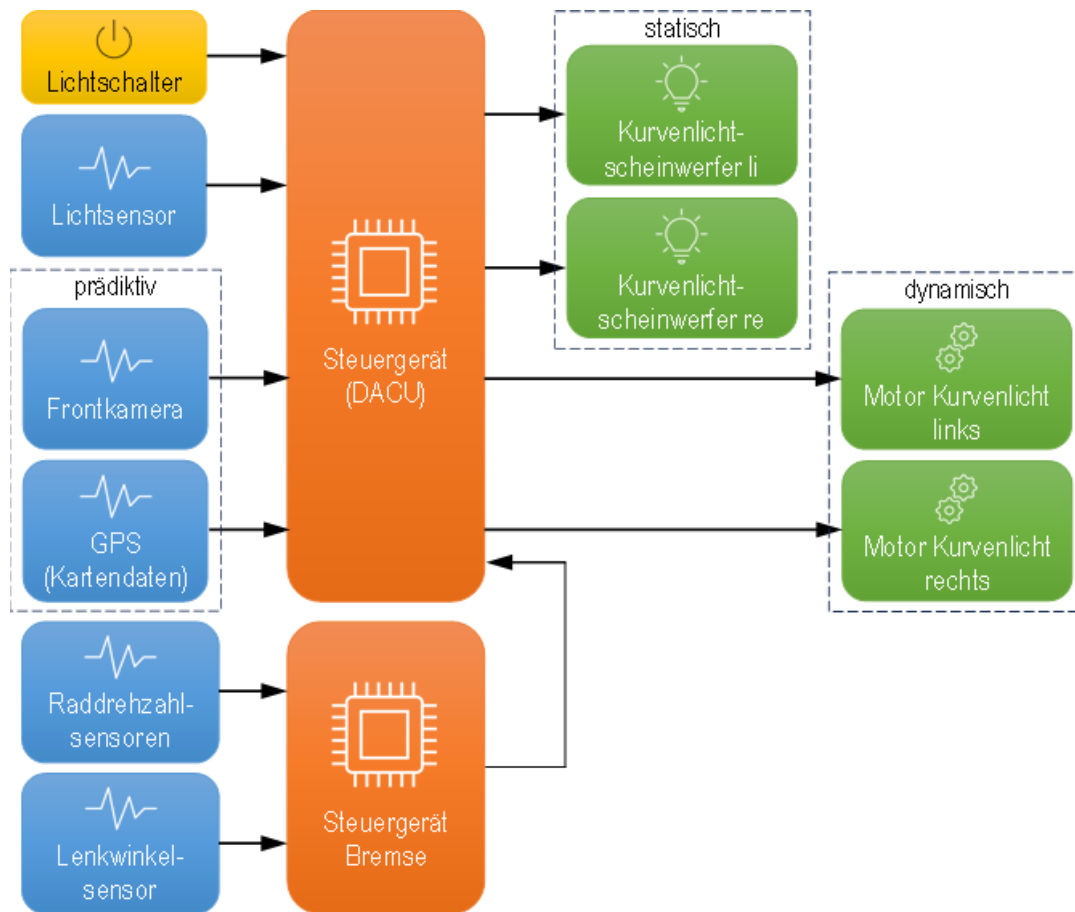


Abbildung 44: Blockschaftbild ACL (VS10)

7.5.19 Prüfzenarien PDC (VS11)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das PDC zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS11	PDC	• Lenkrad, Lenksäule und Lenkstange (2.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Lenkungs-Positionssensor (Lenkradwinkelsensor) • Rückfahrscheinwerfer, Zustand, Funktion und Schaltung (4.6.1, 4.6.3) • Rückfahrkamera und -Monitor (optional) • Nahfeldradare

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Stossfänger, Nahfeldradare) • Unzulässige Umrüstung (z.B. Montage von Tuning-Stossfänger ohne Nahfeldradare) • Nahfeldradare abgedeckt oder nachlackiert
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung des Systems durch manuelles Einschalten des PDC • Prüfung des Systems durch Einschalten des Rückwärtsganges
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Überprüfung von Nahbereichsradaren bei stehendem Fahrzeug mit laufendem Motor durch eine Person, die um das Fahrzeug herumgeht • Überprüfung von Nahbereichsradaren durch ein Parkmanöver zwischen Fahrzeugen und/oder Gebäuden

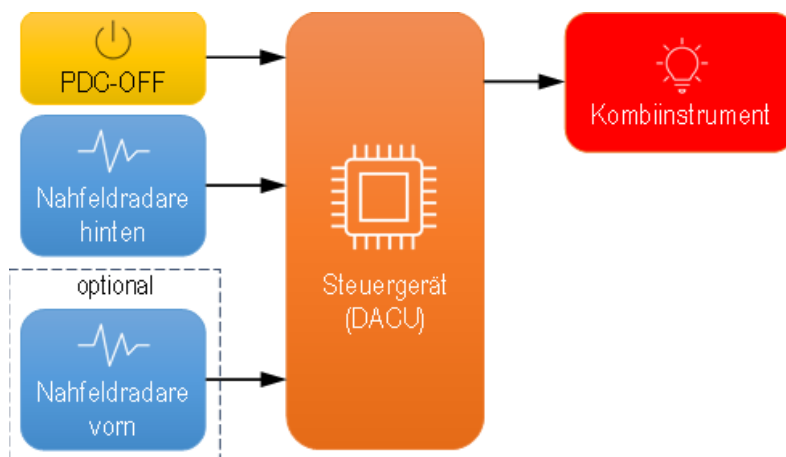


Abbildung 45: Blockschaftbild PDC (VS11)

7.5.20 Prüfzenarien IPAS (VF06)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das IPAS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VF06	IPAS	• Lenkrad, Lenksäule und Lenkstange (2.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Lenkungs-Positionssensor (Lenkradwinkelsensor) • Nahfeldradare

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Stossfänger, Nahfeldradare) • Unzulässige Umrüstung (z.B. Montage von Tuning-Stossfänger ohne Nahfeldradare) • Nahfeldradare abgedeckt oder nachlackiert
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung des Systems durch manuelles Einschalten des IPAS
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Längs einparken: • Mit einer Geschwindigkeit $v \leq 30$ km/h entlang einer Kolonne von parkierten Fahrzeugen mit einem seitlichen Abstand von maximal 1,5 m und IPAS einschalten²⁵⁾. Wenn das System meldet, dass es einen passenden Parkplatz gefunden hat, das Fahrzeug anhalten und den Anweisungen des Displays folgen. Das Lenkrad loslassen, den Rückwärtsgang einlegen und langsam rückwärts in die Parklücke fahren ($v \leq 7$ km/h)²⁶⁾ • Quer einparken: • Mit einer Geschwindigkeit von $v \leq 20$ und einem seitlichen Abstand von maximal 1,5 m an rechtwinklig geparkten Fahrzeugen entlangfahren und IPAS einschalten²²⁾. Wenn das System meldet, dass es einen passenden Parkplatz gefunden hat, das Fahrzeug anhalten und den Anweisungen des Displays folgen. Das Lenkrad loslassen, den Rückwärtsgang einlegen und langsam rückwärts in die Parklücke fahren ($v \leq 7$ km/h)²⁶⁾

²⁵⁾ Wenn sich die Parkplätze auf der linken Seite des Fahrzeugs befinden, den linken Fahrtrichtungsanzeiger setzen, um dies dem System mitzuteilen

²⁶⁾ Einige Systeme ermöglichen es, aus dem Parkplatz wieder herauszukommen

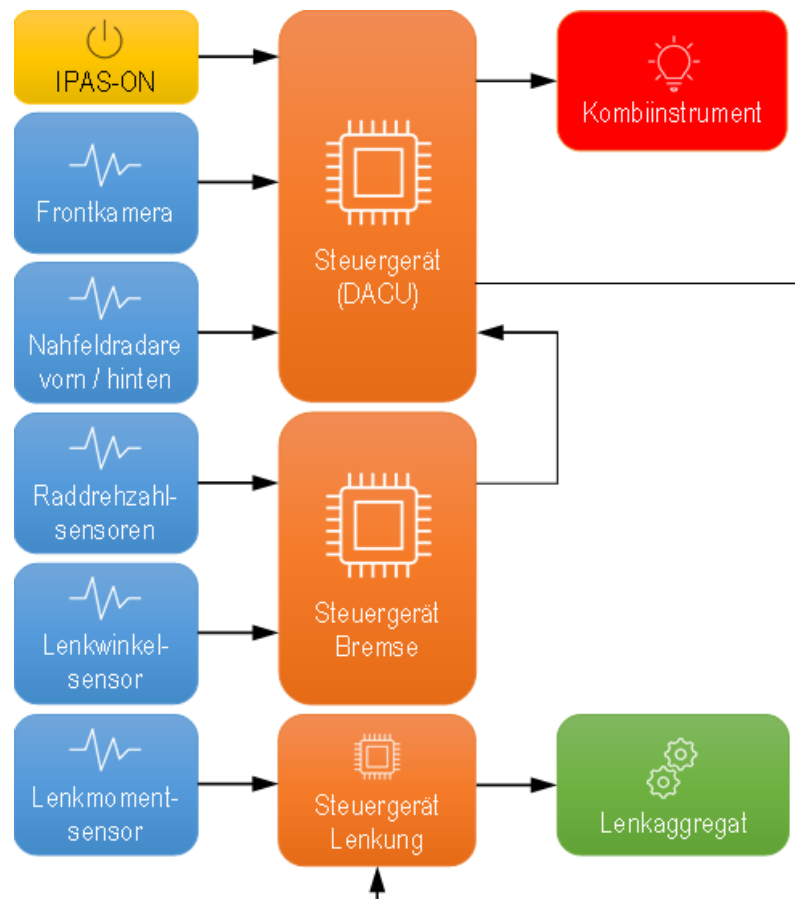


Abbildung 46: Blockschaltbild IPAS (VF06)

7.5.21 Prüfzenarien RD, REIS (VS12)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das RD resp. REIS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS12	RD, REIS	• Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Lenkrad, Lenksäule und Lenkstange (2.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Lenkungs-Positionssensor (Lenkradwinkelsensor) • Rückfahrscheinwerfer, Zustand, Funktion und Schaltung (4.6.1, 4.6.3) • Rückfahrkamera und -Monitor (optional) • Heck-Nahfeldradare

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Stossfänger, Nahfeldradare) • Unzulässige Umrüstung (z.B. Montage von Tuning-Stossfänger ohne Nahfeldradare) • Nahfeldradare abgedeckt oder nachlackiert
Überprüfung	vereinfacht	• Rückwärtsgang bei laufendem Motor einlegen und prüfen, ob die Rückfahrkamera eingeschaltet wird und alle Markierungen (Linien) auf dem Monitor erscheinen
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Überprüfung von Nahbereichsradares bei stehendem Fahrzeug mit laufendem Motor durch eine Person, die um das Fahrzeug herumgeht

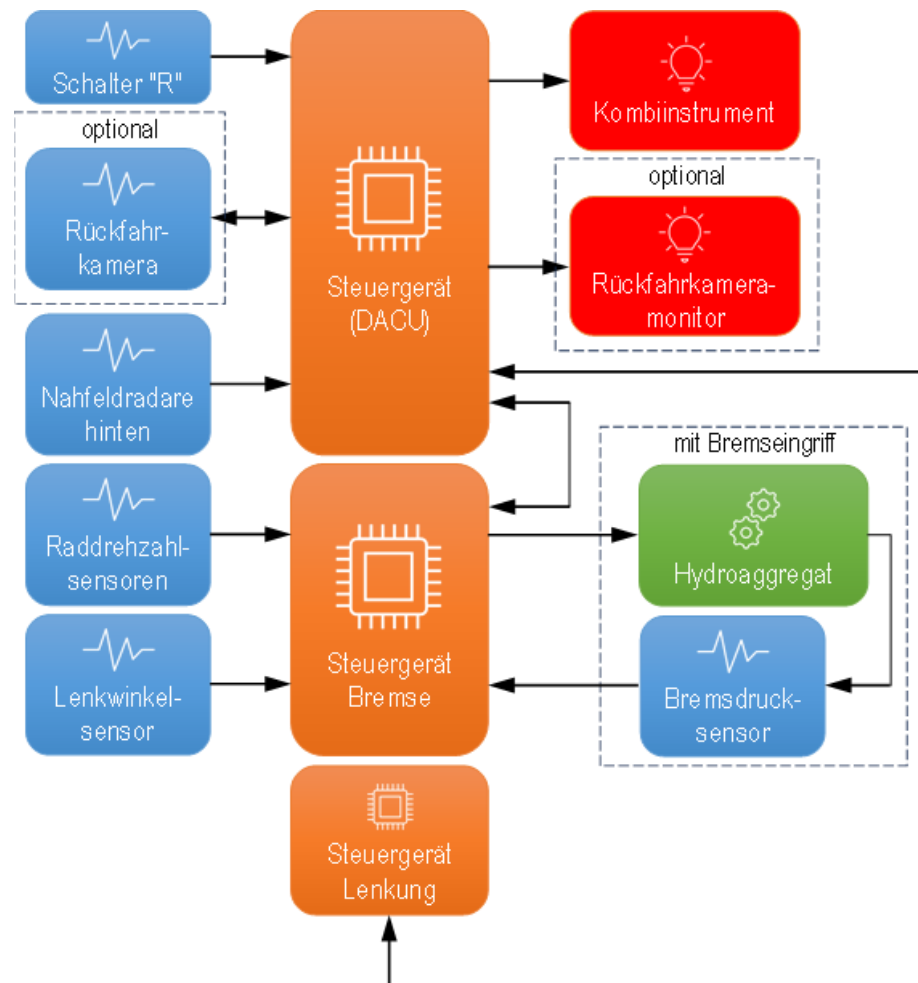


Abbildung 47: Blockschaltbild RD resp. REIS (VS12)

7.5.22 Prüfzenarien RCTA, CTA (VS13)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das RCTA resp. CTA zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS13	RCTA, CTA	• $\pm$ Gleiche Voraussetzungen wie bei der RD-, REIS-Prüfung: • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Brems scheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Rückfahrscheinwerfer, Zustand, Funktion und Schaltung (4.6.1, 4.6.3) • Rückfahrkamera und -Monitor • Heck-Nahfeldradare

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Stossfänger, Nahfeldradare) • Unzulässige Umrüstung (z.B. Montage von Tuning-Stossfänger ohne Nahfeldradare) • Nahfeldradare abgedeckt oder nachlackiert
Überprüfung	vereinfacht	• Rückwärtsgang bei laufendem Motor einlegen und prüfen, ob die Rückfahrkamera eingeschaltet wird und alle Markierungen (Linien) auf dem Monitor erscheinen
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Überprüfung von Nahbereichsradares bei stehendem Fahrzeug mit laufendem Motor durch eine Person, die um das Fahrzeug herumgeht

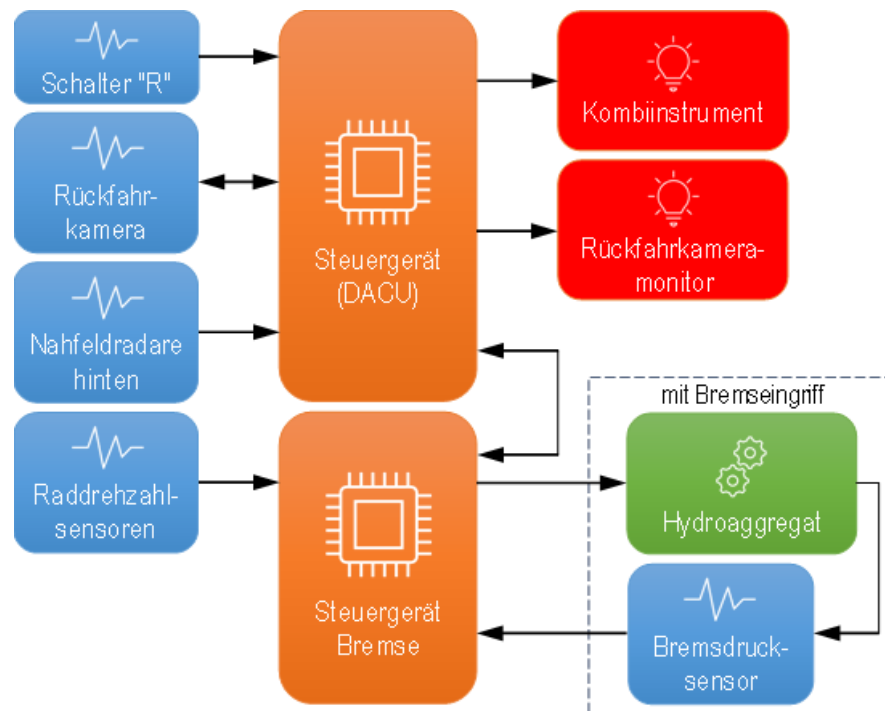


Abbildung 48: Blockschaltbild RCTA resp. CTA (VS13)

7.5.23 Prüfszenarien RCAS (VS15)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das RCAS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS14	RCAS	• Fahrersitz und andere Sitze (6.2.5, 6.2.6) • Kopfstütze • Sicherheitsgurte/Gurtschlösser und Rückhaltesysteme (7.1) • Zustand und Montagesicherheit der Sicherheitsgurte/Gurtschlösser (7.1.1, 7.1.2) • Gurtkraftbegrenzer (7.1.3) • Gurtstraffer (7.1.4) • Airbag (7.1.5) • Heckradar

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Stossfänger hinten, Heckradar) • Unzulässige Umrüstung (z.B. Montage von Tuning-Stossfänger ohne Heckradar) • Heckradar(e) abgedeckt oder nachlackiert
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Airbag-Kontrollleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus nach ein paar Sekunden) 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Überprüfung des Heckradars und der Gurtstraffer bei stehendem Fahrzeug und laufendem Motor durch schnelle Annäherung eines Target-Fahrzeugs von hinten

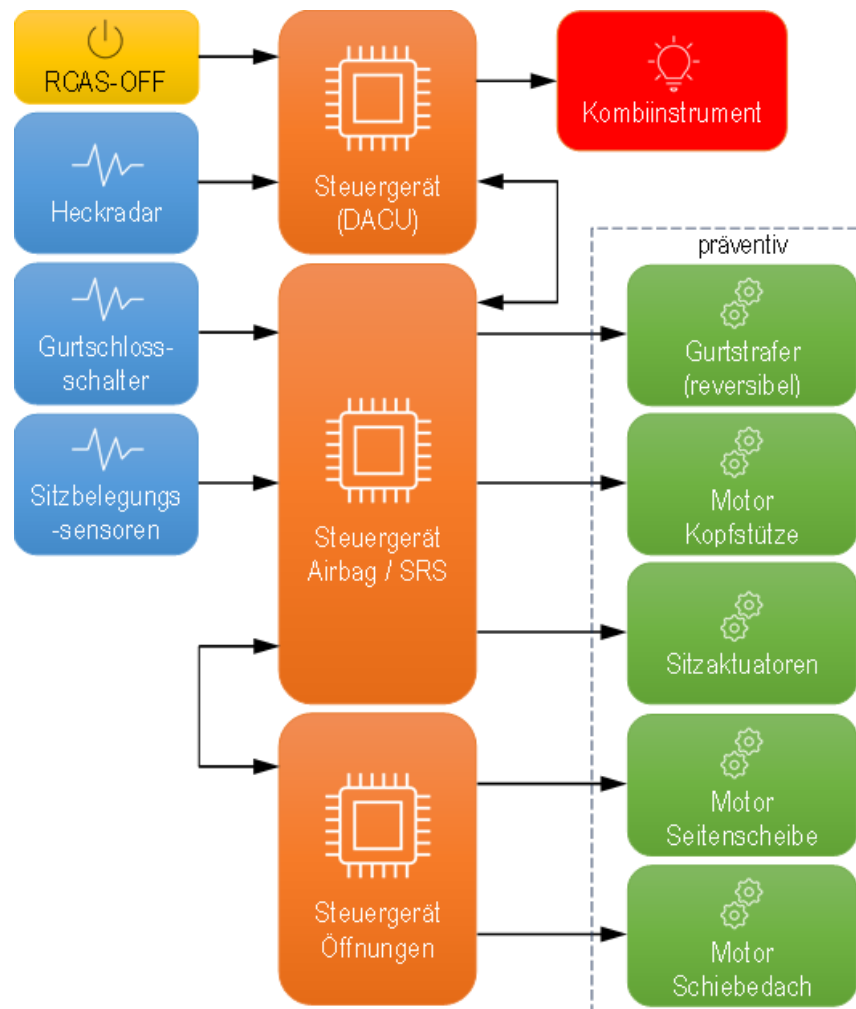


Abbildung 49: Blockschaltbild RCAS (VS15)

7.5.24 Prüfzenarien TCS, TC, ASR (VF04)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das TCS resp. TC resp. ASR zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VF04	TCS, TC, ASR	• $\pm$ Gleiche Voraussetzungen wie bei der ABS- resp. ESP-Prüfung: • Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt montierte Systembestandteile (z.B. Raddrehzahlsensoren)
Überprüfung	vereinfacht	• Sichtprüfung der ESP- (und ABS-) Komponenten • Prüfung der Warnleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	• Kurze Probefahrt (≥ 40 km/h), mit stetigen Drehmanövern nach links und rechts und eine Betätigung des Bremspedals um allfälligen ESP-Fehler zu reaktivieren, die sonst aus dem Speicher gelöscht worden sein könnten²⁷⁾ • Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	-

²⁷⁾ in Anlehnung an ECE-R140

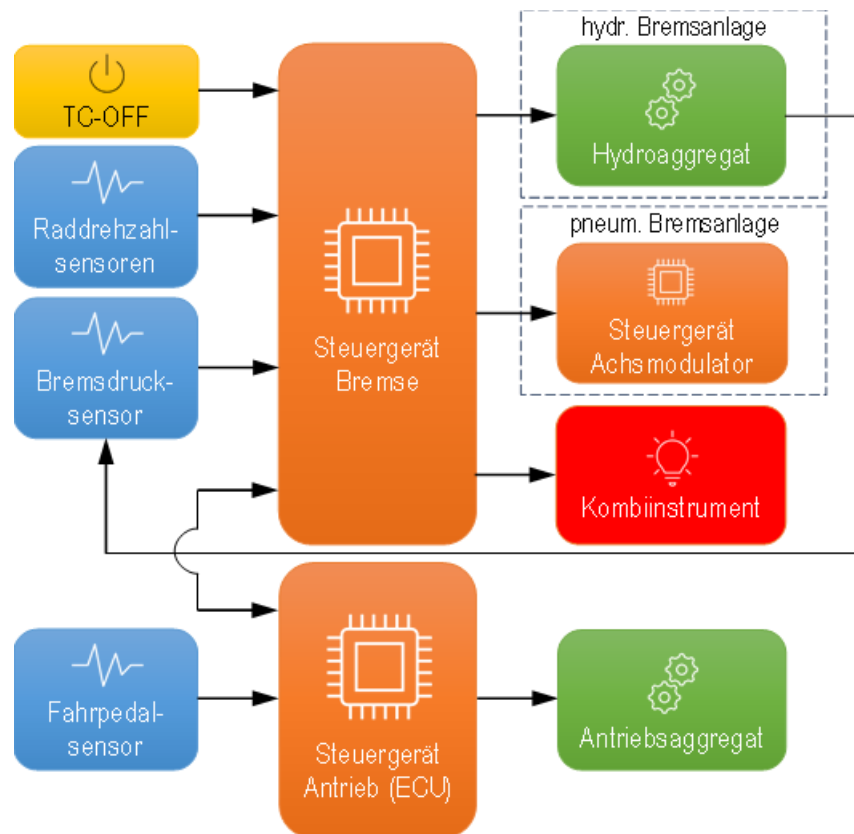


Abbildung 50: Blockschaltbild TCS resp. TC resp. ASR (VF04)

7.5.25 Prüfzenarien HH (VF05)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das HH zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VF05	HH	• $\pm$ Gleiche Voraussetzungen wie bei der ABS- resp. ESP-Prüfung: • Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt montierte Systembestandteile (z.B. Raddrehzahlsensoren)
Überprüfung	vereinfacht	• Sichtprüfung der ABS-Komponenten
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• An einer leichten Steigung anhalten und kontrollieren, dass das Fahrzeug nicht rückwärts rollt

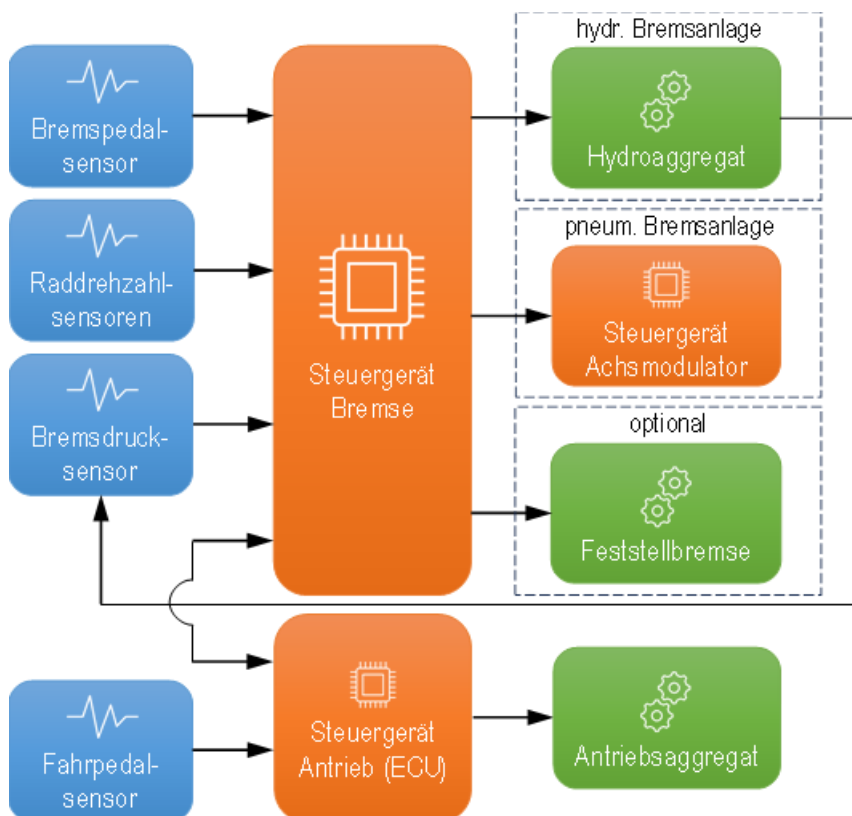


Abbildung 51: Blockschaltbild HH (VF05)

7.5.26 Prüfzenarien DMS, DDAW, ADDW (VS16)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das DMS resp. DDAW resp. ADDW zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS16	DMS, DDAW, ADDW	• Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Lenkrad, Lenksäule und Lenkstange (2.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Lenkungs-Positionssensor (Lenkradwinkelsensor) • Fahrersitz und andere Sitze (6.2.5, 6.2.6) • Kopfstütze • Sicherheitsgurte/Gurtschlösser und Rückhaltesysteme (7.1) • Zustand und Montagesicherheit der Sicherheitsgurte/Gurtschlösser (7.1.1, 7.1.2)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Innenraumkamera)
Überprüfung	vereinfacht	• -
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• -

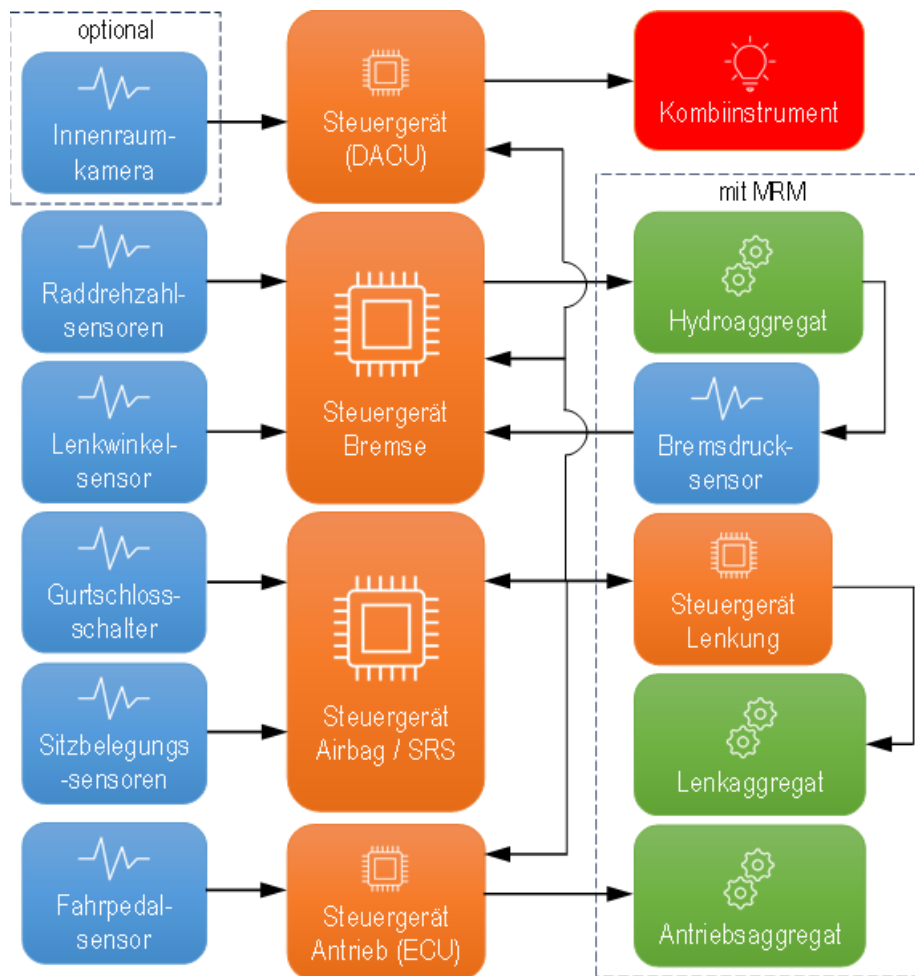


Abbildung 52: Blockschaltbild DMS resp. DDAW resp. ADDW (VS16)

7.5.27 Prüfzenarien HDC (VS17)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das HDC zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS17	HDC	• Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt montierte Systembestandteile (z.B. Raddrehzahlsensoren)
Überprüfung	vereinfacht	• Den HDC einschalten und kontrollieren, ob die Kontrolllampe aufleuchtet 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Mit aktiviertem Offroad-Modus mit $v \approx 30 \text{ km/h}$ bergab ($\geq 10 \%$) fahren und das Fahrpedal loslassen. Den Eingriff des Bremssystems überprüfen

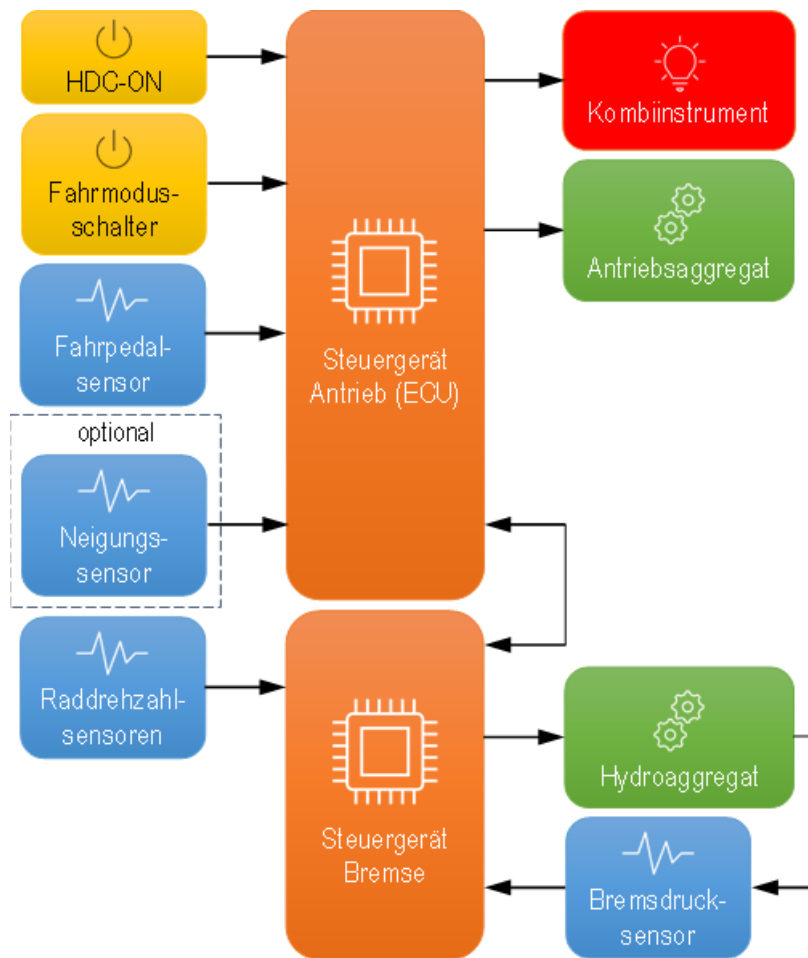


Abbildung 53: Blockschaltbild HDC (VS17)

7.5.28 Prüfzenarien ACN, eCall (VS18)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das ACN resp. eCall zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS18	ACN, e-Call	• Fahrersitz und andere Sitze (6.2.5, 6.2.6) • Kopfstütze • Sicherheitsgurte/Gurtschlösser und Rückhaltesysteme (7.1) • Zustand und Montagesicherheit der Sicherheitsgurte/Gurtschlösser (7.1.1, 7.1.2) • Gurtkraftbegrenzer (7.1.3) • Gurtstraffer (7.1.4) • Airbag (7.1.5) • GNSS

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Notruftaster, Mikrofon, Lautsprecher) • Keine GSM-Verbindung • Schlechte GNSS-Abdeckung
Überprüfung	vereinfacht	• Überprüfung der Kontroll- und Warnleuchten und der Statusmeldungen
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle • Aktivieren der einzelnen Komponenten über eine Herstellerspezifische Diagnosefunktion (Taste, Mikrofon, Lautsprecher, Backup-Batterie)
	Messungen	• -

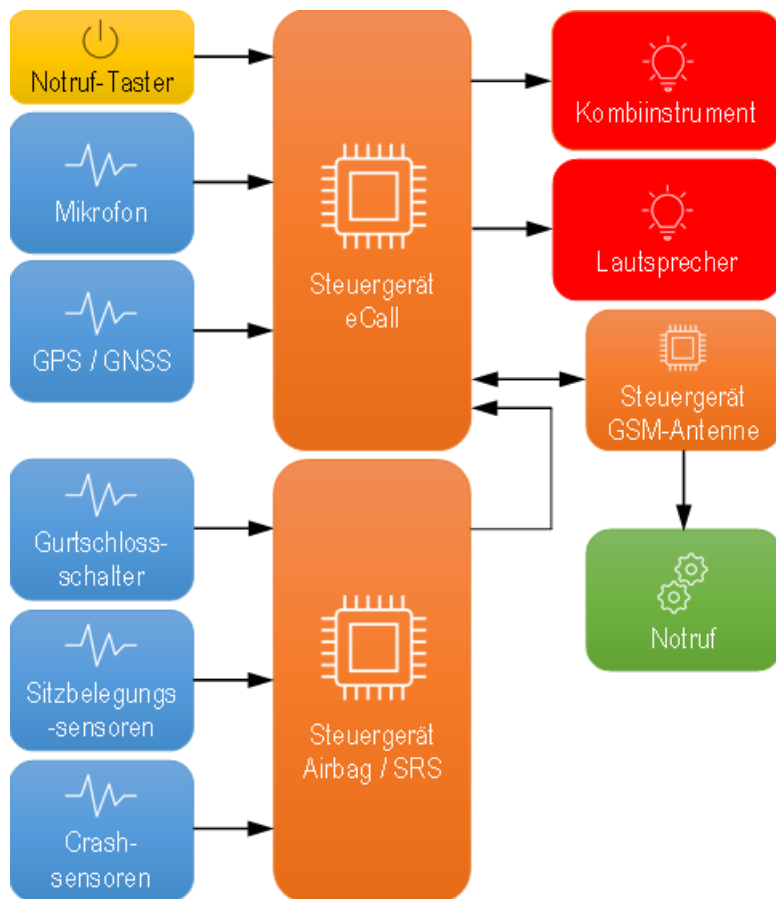
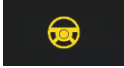


Abbildung 54: Blockschaltbild ACN resp. eCall (VS18)

7.5.29 Prüfzenarien AFS, EPS (VS19)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das AFS resp. EPS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS19	AFS	• Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Bremsscheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Lenkrad, Lenksäule und Lenkstange (2.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Elektronische Servolenkung (2.6) • Lenkung-Positionssensor

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Lenkmomentsensor, Lenkradwinkelsensor) • Schwergängige Lenkung (hohe Betätigungskraft am Lenkrad notwendig) • Ungleichmässige oder ruckende Lenkunterstützung im Lenkvorgang
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Kontrollleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• -

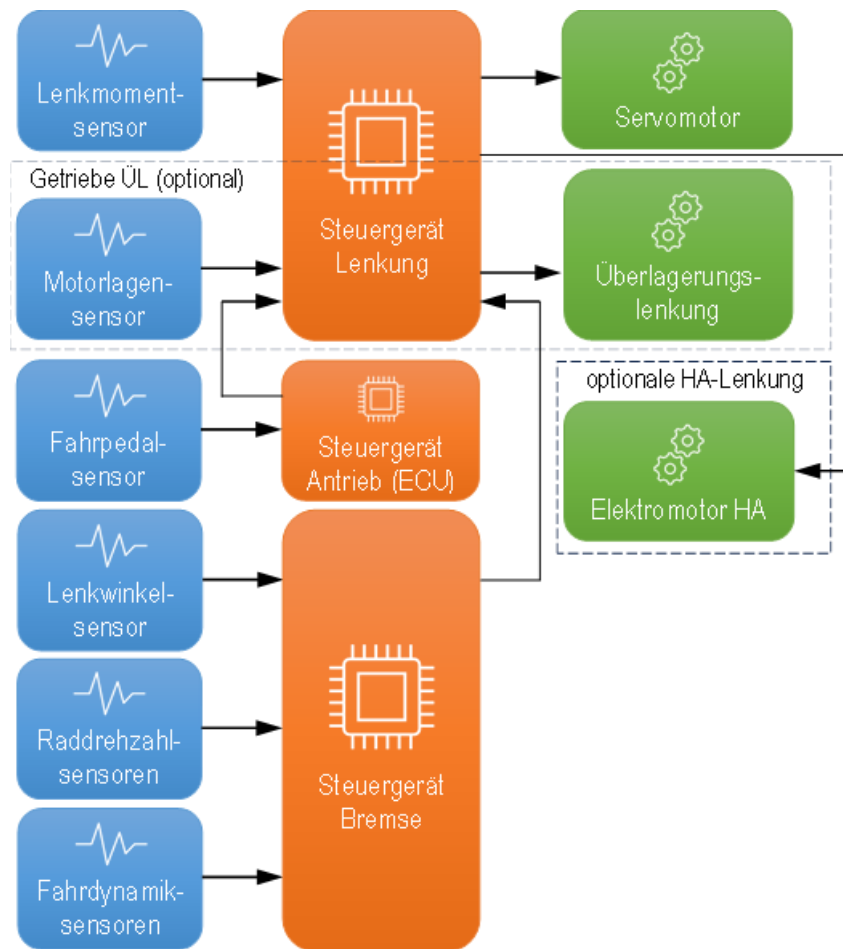


Abbildung 55: Blockschaltbild AFS resp. EPS (VS19)

7.5.30 Prüfzenarien AS, AF (VS20)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das AFS resp. EPS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS20	AS	• Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Achsschenkel und Aufhängungsgelenke (5.1.2, 5.3.4) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • ggf. Luftfederung (5.3.5) • ggf. Frontkamera

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Fahrzeug-Niveaugeber, Magnetventile) • Unzulässige Umrüstung (z.B. Einbau eines Standarddämpfers, Umbau auf Sportfahrwerk → fehlender Nachweis)
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Kontrollleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• -

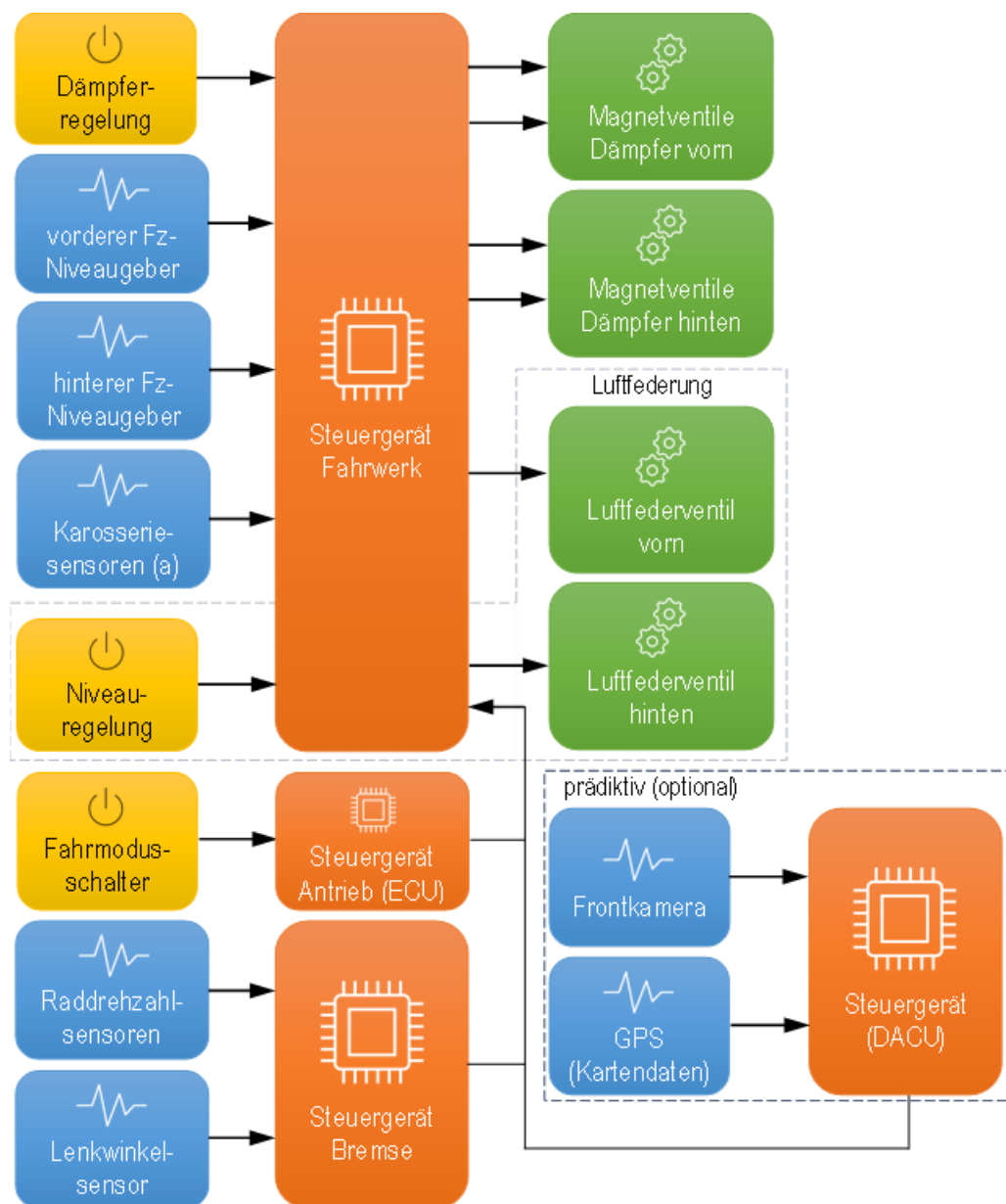


Abbildung 56: Blockschaftbild AS resp. AF (VS20)

7.5.31 Prüfzenarien BSIS (VS21)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das BSIS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS21	BSIS	• Rückspiegel oder Rückblickeinrichtungen (3.3) • Fahrtrichtungsanzeiger (4.4) und -Schaltung (4.4.2) • Seitenradare (nicht abgedeckt oder lackiert)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Seitenradare, Raddrehzahlsensoren) • Lackierung oder Abdeckung (z.B. Covering) der Seitenradare oder der Seitenkamera • Zubehör, das das Radarfeld beeinträchtigt
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Kontrollleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Im Schritttempo fahren und den rechten Fahrtrichtungsanzeiger einschalten, während ein Target-Radfahrer den LKW rechts überholt

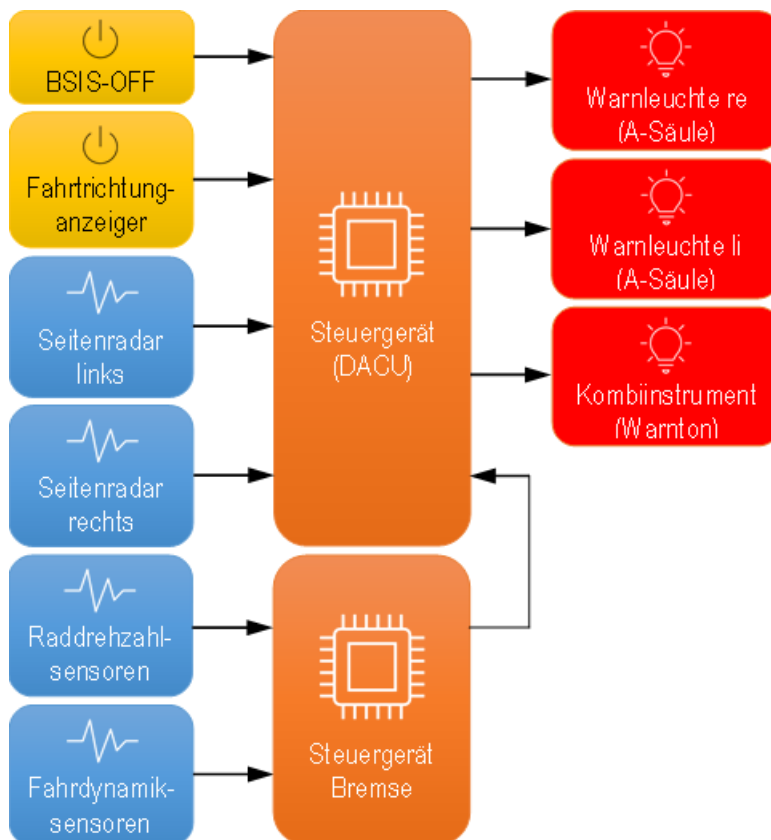


Abbildung 57: Blockschaltbild BSIS (VS21)

7.5.32 Prüfscenarien MOIS (VS22)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das MOIS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS22	MOIS	• Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) bei Systemen mit (Stereo-)Kamera oder LiDAR • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) bei Systemen mit (Stereo-)Kamera oder LiDAR • Front- und Seitenradare (nicht abgedeckt oder lackiert) • Frontradarheizung • Frontkamera

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Front-, Seitenradare, Raddrehzahlsensoren, Frontkamera) • Lackierung oder Abdeckung (z.B. Covering) des Frontradars • Zubehör, das das Radar- resp. Kamerafeld beeinträchtigt
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Kontrollleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Einen Target-Fussgänger bei laufendem Motor an dem stehenden Fahrzeug vorbeigehen lassen und die Warnleuchte auf Kombiinstrument kontrollieren. Langsam anfahren, um die akustische Warnung zu kontrollieren

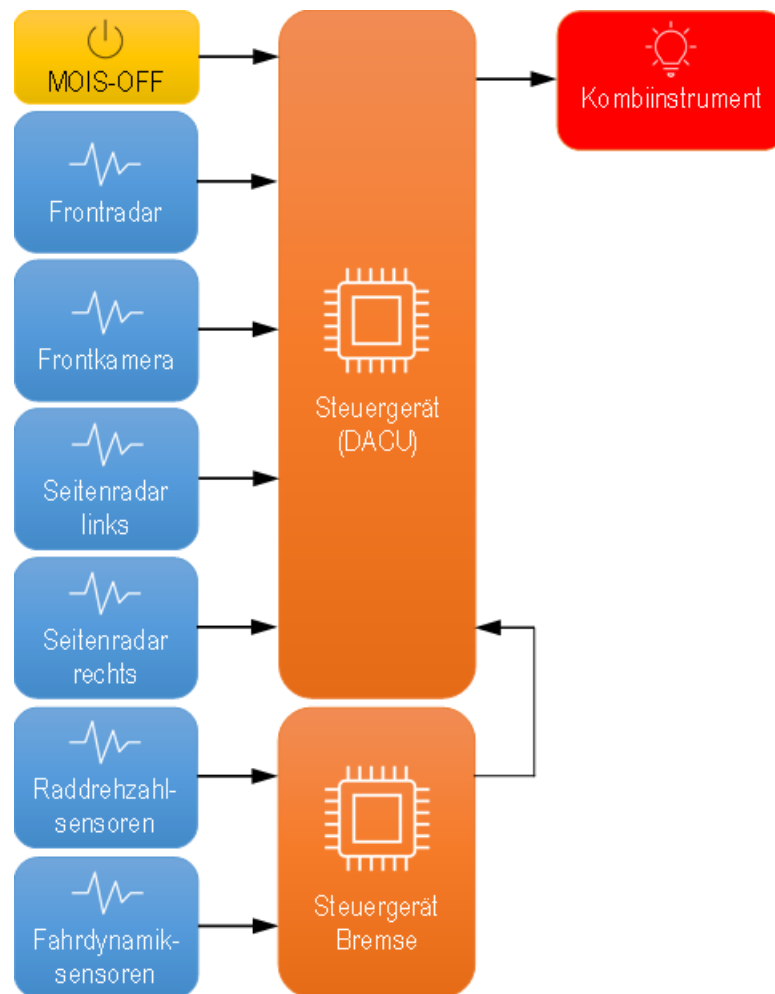


Abbildung 58: Blockschaltbild MOIS (VS22)

7.5.33 Prüfzenarien AAD (VS24)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das AAD zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS24	AAD	• Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Aerodynamische Anbauteile

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Befestigung Heckspoiler) • Bewegungsraum des Spoilers behindert • Fehlender Nachweis beim Nachrüstspoiler-Austausch
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Kontrollleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors • Das Ausfahren des Spoilers durch Betätigen des Schalters, falls vorhanden, überprüfen
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• -

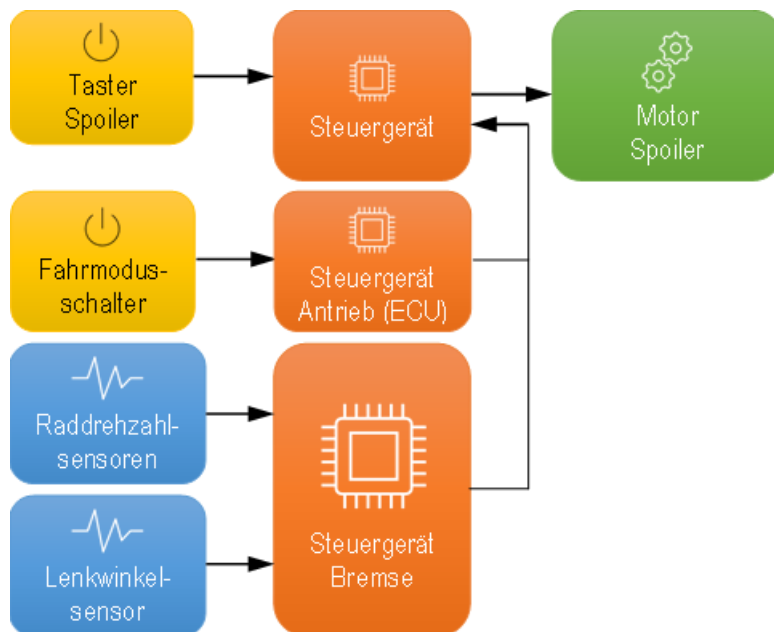


Abbildung 59: Blockschaltbild AAD (VS24)

7.5.34 Prüfscenarien EDR (VS34)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das EDR zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS34	EDR	• Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Fahrersitz und andere Sitze (6.2.5, 6.2.6) • Kopfstütze • Sicherheitsgurte/Gurtschlösser und Rückhaltesysteme (7.1) • Zustand und Montagesicherheit der Sicherheitsgurte/Gurtschlösser (7.1.1, 7.1.2) • Gurtkraftbegrenzer (7.1.3) • Gurtstraffer (7.1.4) • Airbag (7.1.5) • Fahrdynamiksensoren ESP (7.12) • GNSS

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Raddrehzahl-, Fahrdynamik- oder Crashesensoren) • Schlechte GNSS-Abdeckung
Überprüfung	vereinfacht	• Überprüfung der Kontroll- und Warnleuchten und der Statusmeldungen
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• -

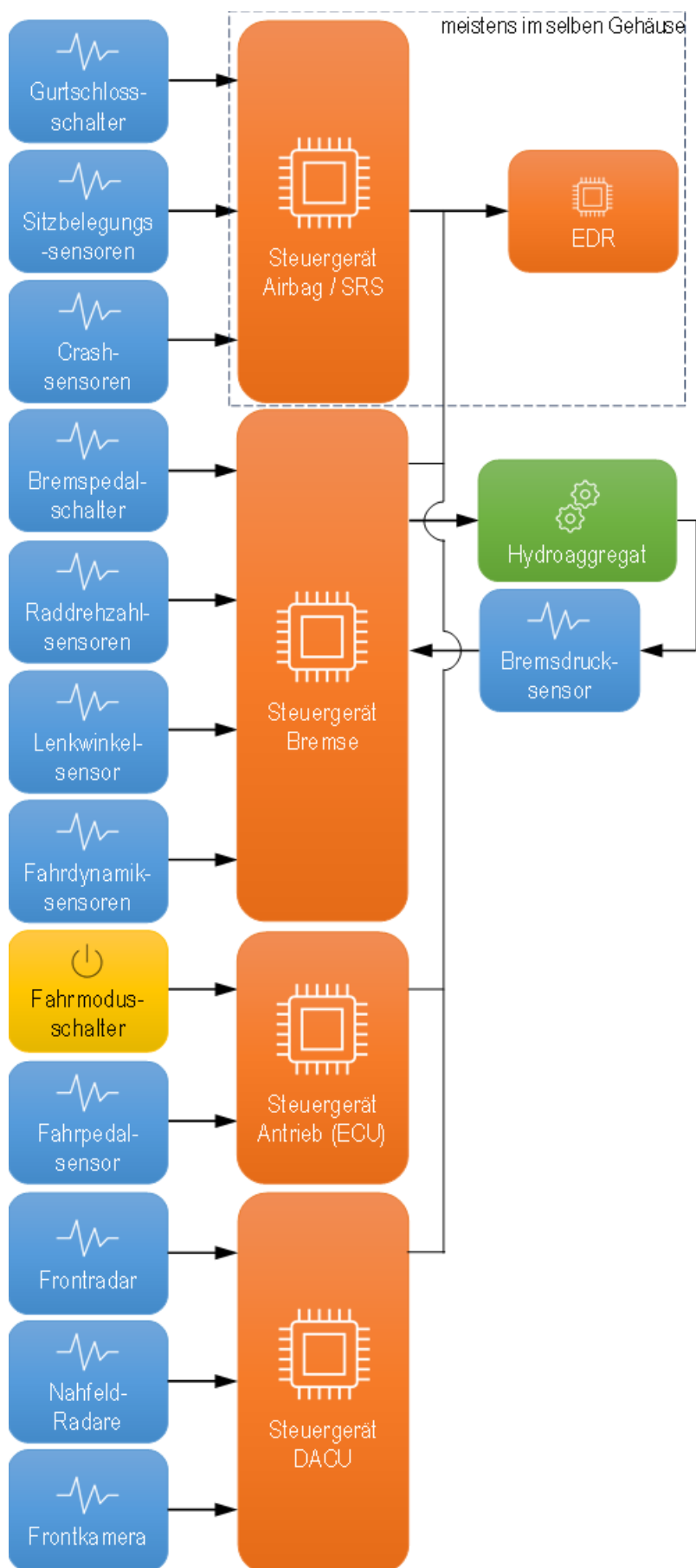


Abbildung 60: Blockschaltbild EDR (VS34)

7.5.35 Prüfzenarien Alkolock (VS35)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das Alkolock zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS35	Alkolock	• Schlösser/Sperren und Diebstahlsicherungen (7.3)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile •
Überprüfung	vereinfacht	• -
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• -

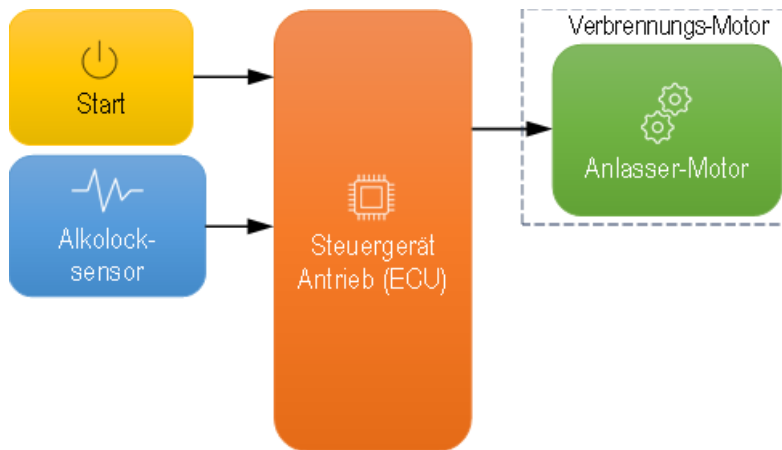


Abbildung 61: Blockschaltbild Alkolock (VS35)

7.5.36 Prüfzenarien TA (VF07)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das TA zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VF07	TA	• Lenkrad, Lenksäule und Lenkstange (2.2) • Lenkungsspiel (2.3) • Rückspiegel oder Rückblickeinrichtungen (3.3) • Lenkungs-Positionssensor (Lenkradwinkelsensor) • Nahfeldradare

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Stossfänger, Nahfeldradare, Rückspiegeln) • Unzulässige Umrüstung (z.B. Montage von Tuning-Stossfänger ohne Nahfeldradare) • Nahfeldradare / Rückfahrkamera abgedeckt oder nachlackiert
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung des Systems durch manuelles Einschalten des IPAS (resp. TA)
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Den Rückwärtsgang und den IPAS / TA einlegen. Den linken Spiegel auf die Stelle einstellen, an der den Anhänger parkiert werden soll, und mit einer Geschwindigkeit von $v \leq 7$ km/h rückwärtsfahren. Sobald das Lenkrad berührt wird, wird die IPAS- / TA-Funktion ausgeschaltet

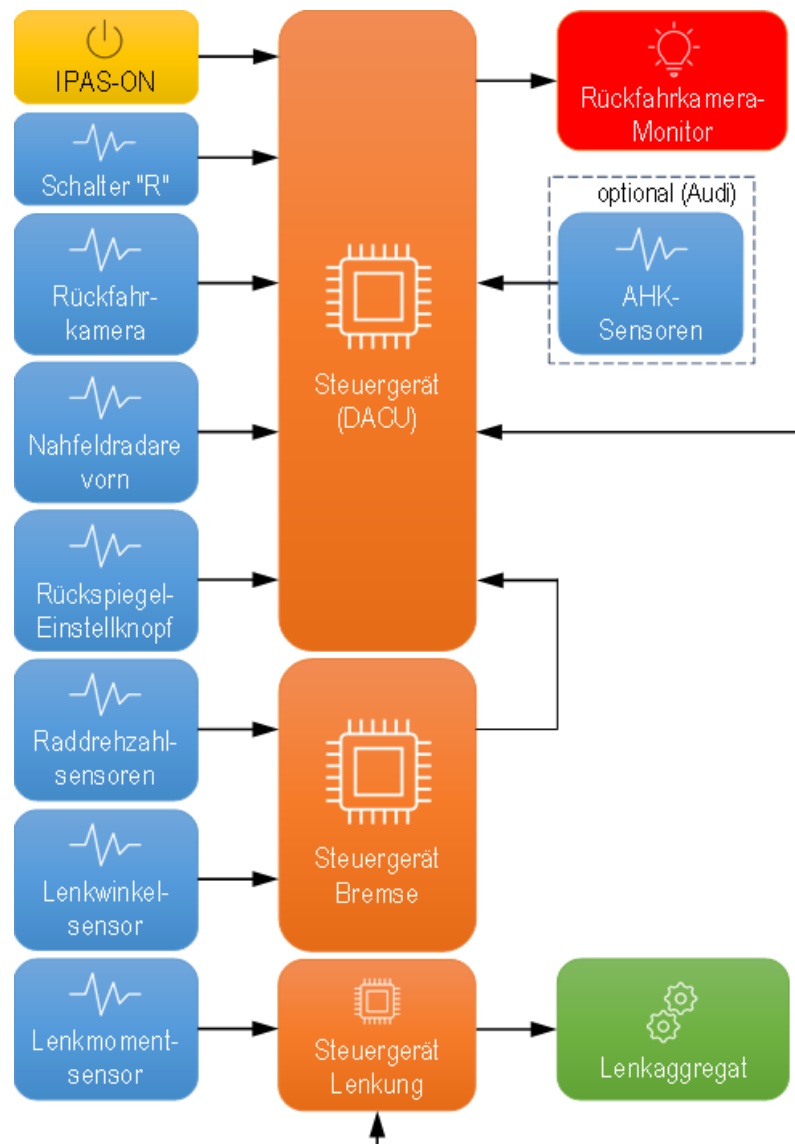


Abbildung 62: Blockschaltbild TA (VF07)

7.5.37 Prüfzenarien AROPS (VS25)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das AROPS zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS25	AROPS (Cabriolet)	- Fahrsitz und andere Sitze (6.2.5, 6.2.6) - Kopfstütze - Sicherheitsgurte/Gurtschlösser und Rückhaltesysteme (7.1) - Zustand und Montagesicherheit der Sicherheitsgurte/Gurtschlösser (7.1.1, 7.1.2) - Gurtkraftbegrenzer (7.1.3) - Gurtstraffer (7.1.4) - Airbag (7.1.5)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Crashsensoren)
Überprüfung	vereinfacht	Prüfung der Airbag-Kontrollleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus nach ein paar Sekunden) 
	Diagnose	Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	

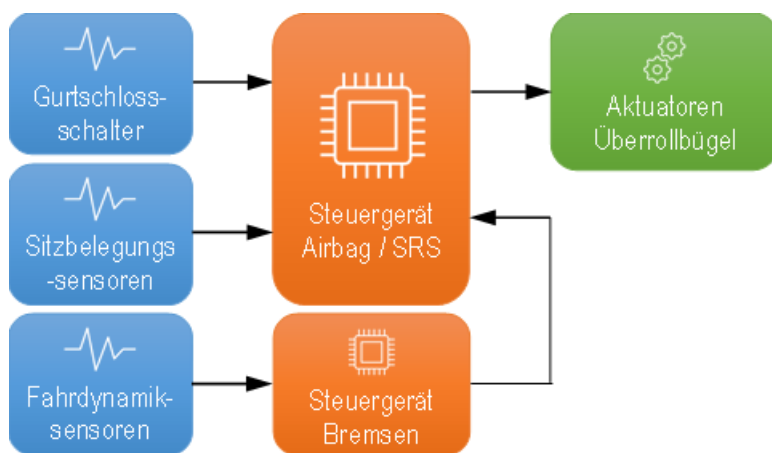


Abbildung 63: Blockschaltbild AROPS (VS25)

7.5.38 Prüfscenarien aktive Motorhaube (VS26)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten die aktive Motorhaube zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS26	Aktive Motorhaube	• Fahrersitz und andere Sitze (6.2.5, 6.2.6) • Kopfstütze • Sicherheitsgurte/Gurtschlösser und Rückhaltesysteme (7.1) • Zustand und Montagesicherheit der Sicherheitsgurte/Gurtschlösser (7.1.1, 7.1.2) • Gurtkraftbegrenzer (7.1.3) • Gurtstraffer (7.1.4) • Airbag (7.1.5) • Frontbeschleunigungssensor

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Beschleunigungssensor, Aktuatoren) • Fehlende, ausgebaute oder manipulierte Aktuatoren
Überprüfung	vereinfacht	• Prüfung der Airbag-Kontrollleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus nach ein paar Sekunden) 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	•



Abbildung 64: Blockschaltbild aktive Motorhaube (VS26)

7.5.39 Prüfzenarien Regensensor (VS28)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten den Regensensor zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS28	Regen-sensor	- Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) - Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5)

Beispiele für Mängel oder Manipulation		- Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Scheibenwischer) - Windschutzscheibe durch ein anderes Modell ersetzt (z.B. dunkler getönt) - Sonnenblende, die den Regensensor einschränkt
Überprüfung	vereinfacht	Prüfung der Kontrollleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	Scheibenwischer auf Automatik einschalten und Wasser auf den Regensensor sprühen. Kontrollieren, ob die Scheibenwischer eingeschaltet werden



Abbildung 65: Blockschaltbild Regensensor (VS28)

7.5.40 Prüfzenarien BDW (VS27)

In der folgenden Tabelle sind die Voraussetzungen, mögliche Mängel und Manipulationen sowie die verschiedenen Möglichkeiten das BDW zu überprüfen, zusammengestellt:

Nr.	Abkürzung	Voraussetzungen Ziffer in () gemäss Anhang 1, 2014/45/EU
VS27	BDW	• $\pm$ Gleiche Voraussetzungen wie bei der ABS-Prüfung: • Reifendimension, - Profiltiefe, -Druck, -Indexe und -Schäden (5.2.3) • Felgentyp, -Grösse und Montage inkl. Radlagerspiel (5.2.2, 5.1.3) • Aufhängung: Feder und Stossdämpfer (5.3.1, 5.3.2) • Bremsflüssigkeit (Sichtprüfung) und -Leitungen (1.8, 1.1.11, 1.1.12) • Bremspedal und -Hebel (Feststellbremse) (1.1.1, 1.1.2, 1.1.6) • Bremsverstärker, Haupt- und Radbremszylinder (1.1.10, 1.1.16) • Brems scheiben, -Trommeln, -Belege und -Klötze (1.1.13, 1.1.14) • Bremswirkung und -Wirksamkeit (1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2) • Raddrehzahlsensoren Antiblockiersystem (1.6) • Sichtfeld, Zustand der Windschutzscheibe (3.1, 3.2) • Scheibenwischer und -Waschanlage (3.4, 3.5) • Bremsleuchten (4.3) und -Schaltung (4.3.2) • Regensensor

Beispiele für Mängel oder Manipulation		• Beschädigte oder nicht korrekt sitzende Systembestandteile (z.B. Raddrehzahlsensoren, Regensensor) • Sonnenblende, die den Regensensor einschränkt
Überprüfung	vereinfacht	• Sichtprüfung der ABS-Komponenten • Prüfung der Regensensor-Kontrollleuchte durch Einschalten der Zündung (leuchtet) und Starten des Motors (geht aus) 
	Diagnose	• Auslesen von ggf. gespeicherten Fehlern über die Fahrzeug-Schnittstelle
	Messungen	• Scheibenwischer einschalten und 5 min. fahren, ohne die Bremsen zu betätigen. Nach dieser Zeit muss das ABS-System einen geringen Bremsdruck ausüben, damit die Bremsbeläge 15 Radumdrehungen lang mit den Brems scheiben in Berührung kommen

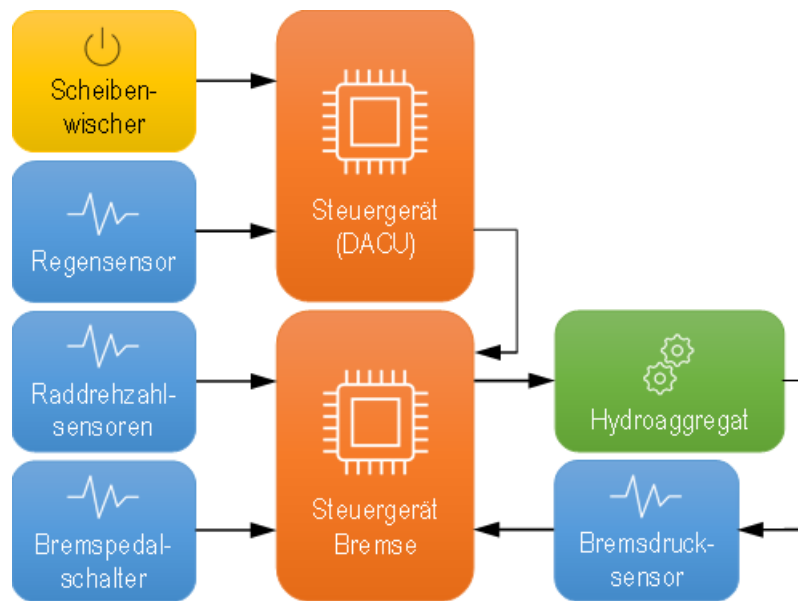


Abbildung 66: Blockschaltbild BDW (VS27)

7.6 ANHANG VI Anwendung auf verschiedene KP

7.6.1 Beispiel für eine kleine KP

Im Katasterauszug sind die typisch verfügbaren Strecken einer kleinen Prüfstelle skizziert.

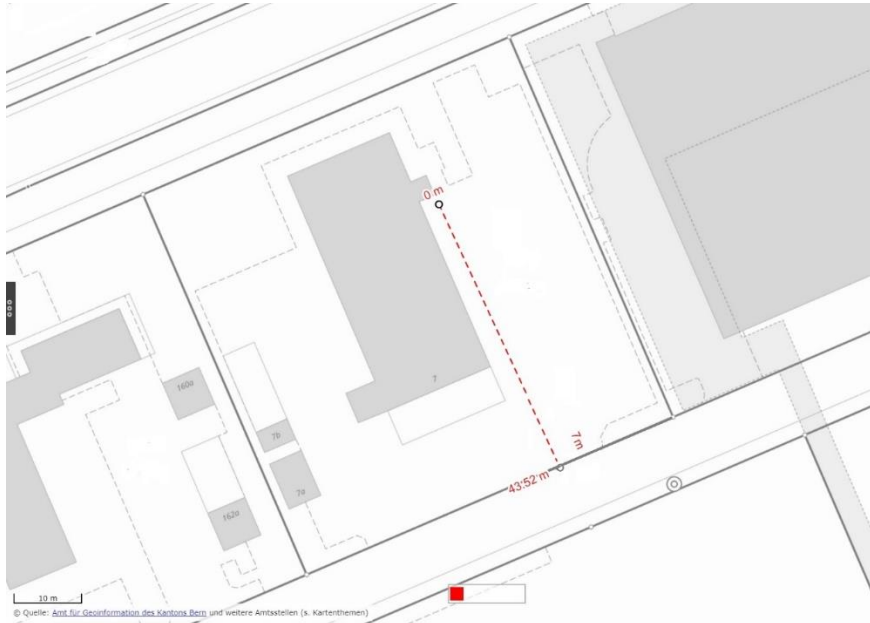


Abbildung 67: Katasterauszug kleine Prüfstelle

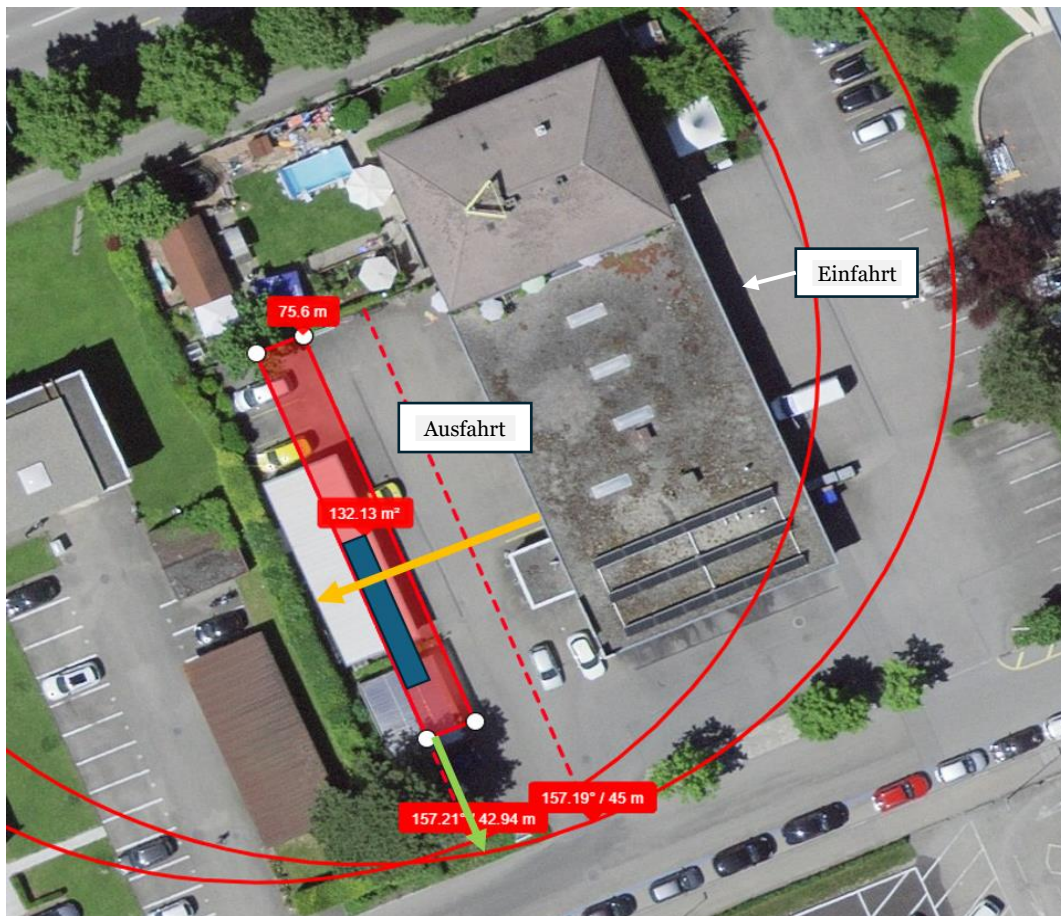


Abbildung 68: Kleine Prüfstelle mit Vorschlag für die Anordnung der Prüffläche (rot) und den Gleitbelag (dunkelblau)

In der folgenden Bilderserie wurde die Anordnung der Prüfbahnen bildlich festgehalten. Die Platzverhältnisse, sowie die verschiedenen Möglichkeiten für die FAS-Überprüfung, sind ersichtlich.



Abbildung 69: Einfahrt der Prüfbahnen



Abbildung 70: Prüfbahn mit Grube



Abbildung 71: Spurplatte und Bremsprüfstand



Abbildung 72: Prüfbahn



Abbildung 73: Wartebereich vor den Prüfbahn-Einfahrten (links)



Abbildung 74: Prüfbahn-Ausfahrt (rechts)

7.6.2 Beispiel für eine mittlere KP

Im Katasterauszug sind die typisch verfügbaren Strecken einer mittleren Prüfstelle skizziert.

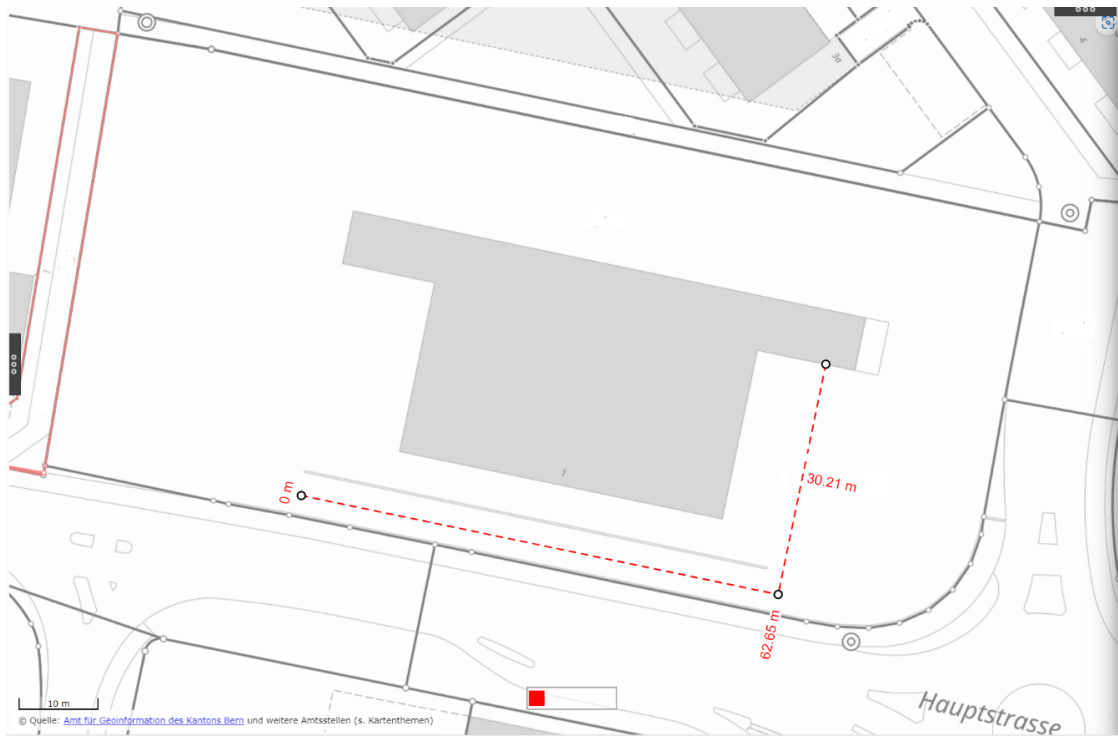


Abbildung 75: Katasterauszug mittlere Prüfstelle

In der folgenden Bilderserie wurde die Anordnung der Prüfbahnen bildlich festgehalten. Die Platzverhältnisse, sowie die verschiedenen Möglichkeiten für die FAS-Überprüfung, sind ersichtlich.

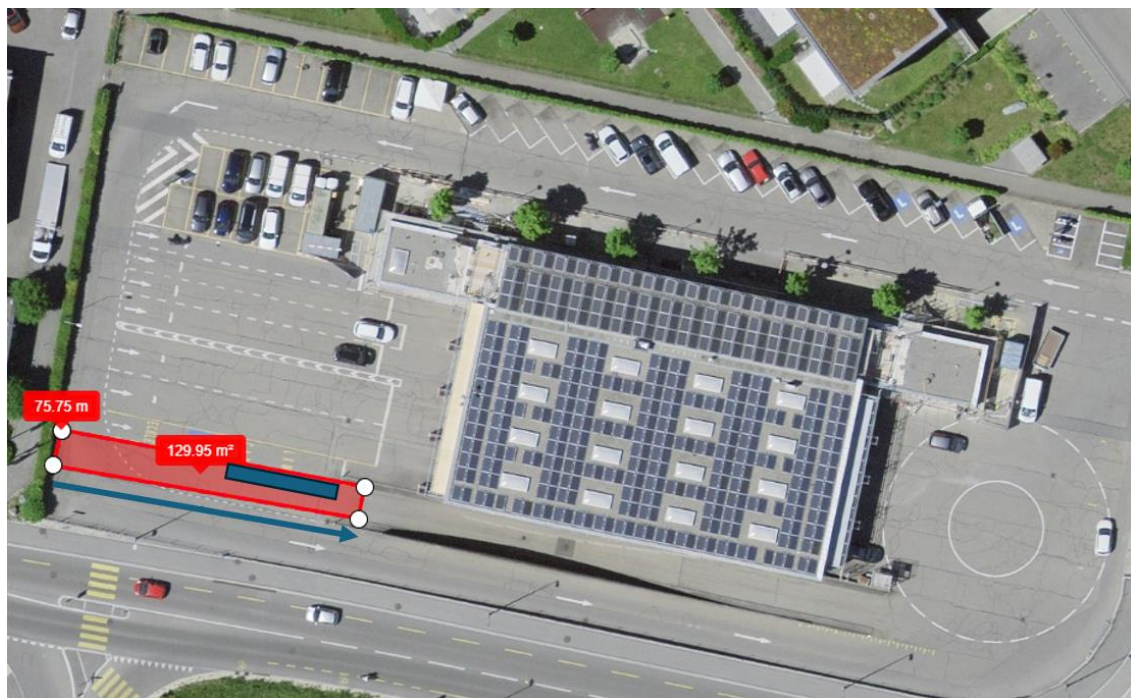


Abbildung 76: Mittlere Prüfstelle mit Vorschlag für die Anordnung der Prüffläche (rot) und dem Gleitbelag (dunkelblau)



Abbildung 77: Wartebereich vor der Prüfbahn-Einfahrt



Abbildung 78: Motorradlift



Abbildung 79: Bremsprüfstand (Rollenprüfstand)

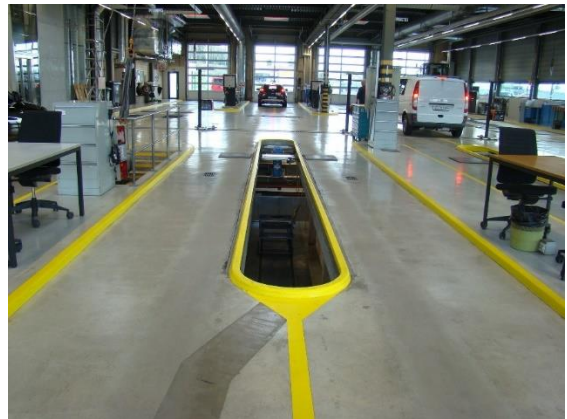


Abbildung 80: Prüfbahn mit Grube



Abbildung 81: Zufahrt Prüfbahnen



Abbildung 82: Ausfahrt Prüfbahnen und Prüframpe (links)



Abbildung 83: Prüfbahn-Ausfahrt und Kreisbahn



Abbildung 84: Ein- und Ausfahrt KP-Gelände

7.6.3 Beispiel für eine grössere KP

Vom Neubauprojekt des Strassenverkehrs- und Schifffahrtsamtes der Kantons Bern liegen Pläne vor, welche nachfolgend dargestellt sind. Das Projekt befindet sich derzeit noch in der Planungsphase.



Abbildung 85: Grosse Prüfstelle mit Vorschlägen für die Anordnung der Prüffläche (rot) mit Gleitbelag (dunkelblau)



Abbildung 86: Aussenansicht, Wartebereich vor der Prüfbahn-Einfahrt



Abbildung 87: Innenansicht

7.7 Versuchsprotokolle

7.7.1 Fahrzeug 1

Auftrag-Nr.: EnS-22-0985-AU01

Projekt: ASTRA MFZ_20_o8A_01 Neue Ansätze zur zeitgemässen periodischen Kontrolle von MFz

Versuchsfahrzeug:			VA	HA
Marke:	Volkswagen	Reifen:	225/40R19	225/40R19
Typ:	T-Roc 2.0 TSI 4M	Reifendruck:	2.3 bar	2.3 bar
VIN-Code:	WVGZZZA1ZJV104949	Spurweite:	1546 mm	1547 mm
Radstand:	2590 mm	Gesamtlänge:	4348 mm	
Breite:	1819 mm	Gesamthöhe:	1573 mm	
Leergewicht:	1577 kg	Gesamtgewicht:	1990 kg	(Nutzlast = 413 kg)
Antrieb:	B/4-Takt/4/Reihe-TDI	Motorleistung:	140 kW bei 6000/min	
Max. Geschw.:	216 km/h	Inverkehrsetzung:	17.08.2018	TG-Nr.: iVG6 o8

Vorhandene Assistenzsysteme:							
Nr.	Name	vorhanden j/n		Nr.	Name	vorhanden j/n	
		ja	nein			ja	nein
1	ABS	☒	☐	16	RCTA	☒	☐
2	ESP	☒	☐	17	RCAS	☒	☐
3	TCS	☒	☐	18	GSI	☒	☐
4	BAS	☒	☐	19	RSA	☒	☐
5	FCW	☒	☐	20	ISA	☐	☒
6	AEBS	☒	☐	21	HH	☒	☐
7	ESS	☒	☐	22	HDC	☒	☐
8	ACC	☒	☐	23	ALC	☒	☐
9	TJA	☒	☐	24	AFLS	☒	☐
10	BSW	☒	☐	25	NVA	☐	☒
11	LKA	☒	☐	26	ACL	☒	☐
12	LCA	☒	☐	27	TPMS	☒	☐
13	PDC	☒	☐	28	DDAW	☐	☒
14	IPAS	☒	☐	29	eCall	☒	☐
15	RD / REIS	☒	☐	30	Alkolock	☐	☒

Umgebungsbedingungen				
Datum:	02.06.2023	Messort:	DTC-Teststrecke	
Lufttemp.:	17 °C	Luftdruck:	930.8 hPa	Feuchtigkeit: 53.70%
Windgeschw.:	5.5 m/s	Böengeschw.:	10 m/s	Windrichtung: variabel
Wetter:	sonnig	Helligkeit:	- lux	
Regen j/n:	nein	Regenstärke:	- mm/h	
Schneefall j/n:	nein	Stärke:	-	
Nebel j/n:	nein	Sichtweite	> 8 km	
Belag:	Asphalt / Gleitbelag	Zustand:	trocken	
Temp. Belag:	10 °C	Wasserschicht:	0 mm	
Steigung j/n:	nein	Eis/Schneesicht:	0 cm	

Messungen:

VS01a-c: ABS-Test, μ -Split, 25-35 km/h								Beurteilung (Checks: ☒= aktiv)			
Nr.:	Anlaufphase		Bremsen:	Beschleunigungen [m/s ²]:				subjektiv		visuell	
	v [km/h]	Anlaufweg [m]	Bremsweg [m]	X, max. gemessen [m/s ²]	X, Ø berechnet [m/s ²]	Y, max. gemessen [m/s ²]	max. Gierrate [°/s]	BAS	Gurtstrafer	ESP	ESS
1	28.90	23.30	8.10	-7.20	-3.98	1.67	4.39	☐	☐	☐	☐
2	35.60	28.60	7.80	-10.69	-6.27	1.71	1.81	☐	☒	☐	☐
3	28.95	17.18	7.15	-7.55	-4.52	2.84	4.80	☐	☐	☐	☐

max./min. Pistenlänge [m]					
Nr.:	Anlauf	Gleitbelag min.	Gleitbelag max.	Total min.	Total max.
1	27.65	10.69	12.45	38.34	40.10
2	32.95	10.39	12.15	43.34	45.10
3	21.53	9.74	11.50	31.27	33.03

VS02b: ESP-Ausweichetest, Gleitbelag, 30-40 km/h								Beurteilung (Checks: ☒= aktiv)	
Nr.:	Anlaufphase		Ausweichmanöver:		1. ESP-Eingriff		2. ESP-Eingriff		visuell / subjektiv
	v [km/h]	Anlaufweg [m]	Ausweichweg [m]	Y, max. gemessen [m/s ²]	Y-Beschl. [m/s ²]	Gierrate [°/s]	Y-Beschl. [m/s ²]	Gierrate [°/s]	ESP / Pré-Crash
1	27.06	28.57	16.00	2.33	-3.09	14.70	-	-	☒ ☐

max./min. Pistenlänge [m]					
Nr.:	Anlauf	Gleitbelag min.	Gleitbelag max.	Total min.	Total max.
1	32.92	18.59	20.35	51.51	53.27

VSo4/05b: FCW/AEBS-Test, Asphalt trocken, 30-40 km/h										Beurteilung (Checks: ☒= aktiv)		
Nr.:	Anlaufphase		Frontalkollisionswarnung (FCW):		Notbrems-Assistenzsystem (AEBS)					visuell / subjektiv		
	v [km/h]	Anlaufweg [m]	v [km/h]	Abstand zu Target [m]	Abstand zu Target [m]	Bremsweg [m]	X, max. gemessen [m/s²]	X, Ø berechnet [m/s²]	Abstand zu Target [m]	ABS	Pré-Crash	ESS
1	28.80	15.50	27.60	3.85	3.85	2.87	-11.28	-10.24	0.96	☐	☐	☐
2	39.10	32.40	39.15	12.27	8.98	6.57	-13.20	-9.00	2.41	☐	☐	☐

max./min. Pistenlänge [m]					
Nr.:	Anlauf	Abstand FCW	Abstand AEBS	Total min.	Total max.
1	19.85	8.20	8.20	23.70	25.46
2	36.75	41.74	43.50	74.14	75.90

7.7.2 Fahrzeug 2

Auftrag-Nr.: EnS-22-0985-AU01

Projekt: ASTRA MFZ_20_08A_01 Neue Ansätze zur zeitgemässen periodischen Kontrolle von MFz

Versuchsfahrzeug:			VA		HA	
Marke:	Suzuki	Reifen:	215/55R17		215/55R17	
Typ:	SX4 S-Cross 1.5	Reifendruck:	2.3 bar		2.3 bar	
VIN-Code:	TSMJYBH2S0oA83574	Spurweite:	1535 mm		1505 mm	
Radstand:	2600 mm	Gesamtlänge:	4305 mm			
Breite:	1785 mm	Gesamthöhe:	1585 mm			
Leergewicht:	1475 kg	Gesamtgewicht:	1810 kg (Nutzlast = 335 kg)			
Antrieb:	Hybrid: C /4-Takt/4/Reihe-Inj.	Motorleistung:	Verbrennungsmotor: 75 kW bei 6000/min Elektromotor: 24.6 kW (30 min. 10.0 kW)			
Max. Geschw.:	175 km/h	Inverkehrsetzung:	22.05.2023	TG-Nr.:	1SD9 09	

Vorhandene Assistenzsysteme:							
Nr.	Name	vorhanden j/n		Nr.	Name	vorhanden j/n	
		ja	nein			ja	nein
1	ABS	☒	☐	16	RCTA	☒	☐
2	ESP	☒	☐	17	RCAS	☐	☒
3	TCS	☒	☐	18	GSI	☐	☒
4	BAS	☒	☐	19	RSA	☒	☐
5	FCW	☒	☐	20	ISA	☐	☒
6	AEBS	☒	☐	21	HH	☒	☐
7	ESS	☒	☐	22	HDC	☐	☒
8	ACC	☒	☐	23	ALC	☒	☐
9	TJA	☒	☐	24	AFLS	☒	☐
10	BSW	☒	☐	25	NVA	☐	☒
11	LKA	☒	☐	26	ACL	☒	☐
12	LCA	☒	☐	27	TPMS	☐	☒
13	PDC	☒	☐	28	DDAW	☐	☒
14	IPAS	☒	☐	29	eCall	☒	☐
15	RD / REIS	☒	☐	30	Alkolock	☐	☒

Umgebungsbedingungen					
Datum:	29.08.2023	Messort:	DTC-Teststrecke		
Lufttemp.:	18 °C	Luftdruck:	937.4 hPa	Feuchtigkeit:	53.70%
Windgeschw.:	1 m/s	Böengeschw.:	0 m/s	Windrichtung:	variabel
Wetter:	bedeckt	Helligkeit:	- lux		
Regen j/n:	nein	Regenstärke:	- mm/h		
Schneefall j/n:	nein	Stärke:	-		
Nebel j/n	nein	Sichtweite	> 8 km		
Belag:	Asphalt / Gleitbelag	Zustand:	trocken		
Temp. Belag:	12 °C	Wasserschicht:	0 / 1 mm		
Steigung j/n:	nein	Eis/Schneesicht:	0 cm		

Messungen:

VS01a-c: ABS-Test, m-Split, 30-45 km/h								Beurteilung		(Checks: ☒ = aktiv)		
Nr.:	Anlaufphase		Bremsen:	Beschleunigungen [m/s²]:				subjektiv		visuell		
	v [km/h]	Anlaufweg [m]	Bremsweg [m]	X, max. gemessen [m/s²]	X, Ø berechnet [m/s²]	Y, max. gemessen [m/s²]	max. Gierrate [°/s]	BAS	Gurtstrafer	ESP	ESS	RSA
1	30.00	30.00	6.80	-7.30	-5.11	1.52	7.80	☐	☐	☐	☐	☐
2	37.00	60.00	13.80	-6.90	-3.83	1.24	3.20	☐	☐	☐	☐	☐
3	40.00	44.00	15.50	-6.84	-3.98	1.51	3.46	☐	☐	☐	☐	☐
4	43.00	52.00	16.10	-6.62	-4.43	1.04	5.20	☐	☐	☐	☐	☐

max./min. Pistenlänge [m]					
Nr.:	Anlauf	Gleitbelag min.	Gleitbelag max.	Total min.	Total max.
1	34.31	9.40	11.11	43.71	45.41
2	64.31	16.40	18.11	80.71	82.41
3	48.31	18.10	19.81	66.41	68.11
4	56.31	18.70	20.41	75.01	76.71

VS02b: ESP-Ausweichetest, Gleitbelag, 30-40 km/h									Beurteilung (Checks: ☒ = aktiv)		
Nr.:	Anlaufphase		Ausweichmanöver:		1. ESP-Eingriff		2. ESP-Eingriff		visuell / subjektiv		
	v [km/h]	Anlaufweg [m]	Ausweichweg [m]	Y, max. gemessen [m/s²]	Y-Beschl. [m/s²]	Gierrate [°/s]	Y-Beschl. [m/s²]	Gierrate [°/s]	ESP	Pré-Crash	RSA
1	31.60	25.90	18.20	3.82	-3.09	19.37	-4.00	22.47	☒	☐	☐
2	35.00	31.80	24.00	4.20	-2.02	18.93	-3.65	19.99	☒	☐	☐
3	36.80	40.55	19.94	4.98	-3.09	16.43	-3.18	20.12	☒	☐	☐
4	37.00	33.07	19.73	3.58	-2.73	15.36	-3.28	17.67	☒	☐	☐
5	37.70	44.27	20.16	5.01	-3.04	16.54	-2.81	20.54	☒	☐	☐

max./min. Pistenlänge [m]					
Nr.:	Anlauf	Gleitbelag min.	Gleitbelag max.	Total min.	Total max.
1	30.21	20.80	22.51	51.01	52.71
2	36.11	26.60	28.31	62.71	64.41
3	44.86	22.54	24.25	67.40	69.10
4	37.38	22.33	24.04	59.71	61.41
5	48.58	22.76	24.47	71.34	73.04

VSo4/05a: FCW/AEBS-Test, Asphalt nass, 30-40 km/h										Beurteilung (Checks: ☒= aktiv)		
	Anlaufphase		Frontalkollisionswarnung (FCW):		Notbrems-Assistenzsystem (AEBS)					visuell / subjektiv		
Nr.:	v [km/h]	Anlaufweg [m]	v [km/h]	Abstand zu Target [m]	Abstand zu Target [m]	Bremsweg [m]	X, max. gemessen [m/s²]	X, Ø berechnet [m/s²]	Abstand zu Target [m]	ABS	Pré-Crash	ESS
1	37.10	62.88	34.20	23.54	10.27	7.66	-12.36	-5.89	2.67	☐	☐	☐
2	36.10	68.64	36.10	22.21	10.66	8.35	-12.19	-6.02	2.40	☐	☐	☐
3	36.20	64.50	36.20	22.19	9.81	8.16	-12.06	-6.20	1.76	☐	☐	☐
4	36.30	77.19	36.30	22.08	10.21	8.79	-11.02	-5.78	1.53	☐	☐	☐
5	33.20	23.98	34.30	14.76	8.49	7.75	-8.76	-5.86	0.81	☐	☐	☐

	max./min. Pistenlänge [m]				
Nr.:	Anlauf	Abstand FCW	Abstand AEBS	Total min.	Total max.
1	67.19	27.85	14.58	90.73	92.43
2	72.95	38.70	40.41	107.34	109.05
3	68.81	38.80	40.51	103.30	105.01
4	81.50	38.90	40.61	116.09	117.80
5	28.29	36.90	38.61	60.88	62.59

VSo4/05b: FCW/AEBS-Test, Asphalt trocken, 30-40 km/h										Beurteilung (Checks: ☒= aktiv)		
	Anlaufphase		Vorwärtskollisionswarnung (FCW):		Notbrems-Assistenzsystem (AEBS)					visuell / subjektiv		
Nr.:	v [km/h]	Anlaufweg [m]	v [km/h]	Abstand zu Target [m]	Abstand zu Target [m]	Bremsweg [m]	X, max. gemessen [m/s²]	X, Ø berechnet [m/s²]	Abstand zu Target [m]	ABS	Pré-Crash	ESS
1	32.00	41.58	31.90	19.90	8.39	6.55	-11.63	-5.99	1.70	☐	☐	☐
2	29.80	37.79	29.80	17.53	6.32	4.74	-12.27	-7.23	1.64	☐	☐	☐
3	32.40	55.96	32.40	20.16	7.53	5.95	-11.78	-6.81	1.59	☐	☐	☐
4	32.10	53.58	32.10	18.91	6.87	6.01	-9.36	-6.61	0.91	☐	☐	☐
5	34.30	63.42	34.30	21.45	8.33	7.53	-8.26	-6.03	0.88	☐	☐	☐
6	29.60	41.00	29.60	17.21	6.42	5.55	-9.57	-6.09	0.72	☐	☐	☐

	max./min. Pistenlänge [m]				
Nr.:	Anlauf	Abstand FCW	Abstand AEBS	Total min.	Total max.
1	45.89	24.21	12.70	65.79	67.49
2	42.10	32.40	34.11	70.19	71.90
3	60.27	35.00	36.71	90.96	92.67
4	57.89	34.70	36.41	88.28	89.99
5	67.73	36.90	38.61	100.32	102.03

	max./min. Pistenlänge [m]				
Nr.:	Anlauf	Abstand FCW	Abstand AEBS	Total min.	Total max.
6	45.31	32.20	33.91	73.20	74.91

VSo4/o5c: FCW/AEBS-Test, m-Split, 30-45 km/h										Beurteilung (Checks: ☒= aktiv)		
	Anlaufphase		Frontalkollisionswarnung (FCW):		Notbrems-Assistenzsystem (AEBS)					visuell / subjektiv		
Nr.:	v [km/h]	Anlaufweg [m]	v [km/h]	Abstand zu Target [m]	Abstand zu Target [m]	Bremsweg [m]	X, max. gemessen [m/s²]	X, Ø berechnet [m/s²]	Abstand zu Target [m]	ABS	Pré-Crash	ESS
1	27.00	34.40	27.00	9.85	5.46	5.37	-7.74	-5.24	0.16	☐	☐	☐
2	30.60	45.86	30.60	18.45	6.79	6.71	-7.95	-5.38	0.15	☐	☐	☐
3	36.00	54.74	36.00	21.83	8.83	11.19	-7.48	-4.47	-2.25	☐	☐	☐

	max./min. Pistenlänge [m]				
Nr.:	Anlauf	Abstand FCW	Abstand AEBS	Total min.	Total max.
1	38.71	14.16	9.77	48.56	50.26
2	50.17	33.20	34.91	79.06	80.77
3	59.05	38.60	40.31	93.34	95.05

7.8 ANHANG VII Ausschreibung

Projektinformationen, inklusive Kurzbeschreibung, werden in der Forschung Datenbank des Bundes ARAMIS [hier](#) abgelegt.

7.8.1 Zusatzinformationen der Geschäftsstelle



MFZ_20_08A

Überprüfung der Sicherheit der zum Verkehr zugelassenen Motorfahrzeuge, insbesondere in Bezug auf das sichere Funktionieren ihrer FAS (Fahrerassistenzsysteme)

In der Ausschreibung MFZ_20_08A wird darauf hingewiesen, dass Zusatzinformationen zu Fahrerassistenzsystemen bei der Geschäftsstelle der AG MFZ vorliegen. Das ASTRA-Projekt «Automatisiertes Fahrzeuge in der Fahrausbildung» untersucht Fahrerassistenzsysteme im Hinblick auf die Fahraus- und -weiterbildung. Im Folgenden werden die vorläufigen Resultate (Entwurf) beschrieben.

Prioritäre Fahrerassistenzsysteme für Personenwagen

- Hochentwickelte Spurhalte-, Spurwechsel-, Ausweich-, Notbrems-, Abstandsregelsysteme inkl. adaptivem Tempomat
- Hochentwickelte Notbrems-Assistenzsysteme
- Ausweichassistent
- Automatisches Spurhaltesystem
- Spurhaltesystem + Abstandsregeltempomat
- Abstandsregeltempomat
- Intelligenter Geschwindigkeitsassistent
- Müdigkeitswarner + Aufmerksamkeitsüberwacher

Prioritäre Fahrerassistenzsysteme für Motorräder

- Semiaktives Fahrwerk
- Vorhandene Fahrmodi
- Abstandsregeltempomat + Tempomat
- Motorrad-Anti-Blockier-System mit integriertem Kurven-ABS (neigungs-abhängiges Anti-Blockiersystem) + einfaches Motorrad-ABS
- Transaktionskontrolle
- Totwinkel-Warner

7.9 ANHANG VIII Bekannte Probleme

Sammlung von diversen bekannten Problemen, um die kritischen Merkmale abzugrenzen

7.9.1 Unfälle Schweiz

Angaben für die Schweiz aus: [Strassenverkehrsunfälle | Bundesamt für Statistik \(admin.ch\)](#)

7.9.2 Unfälle USA

Unfallzahlen USA 2011-2015 aus: [Advanced Driver Assistance Systems-Data Details – Injury Facts \(nsc.org\)](#)

Die ADAS Systeme wurden in 5 Gruppen aufgeteilt und die potenziell vermeidbaren Unfälle nach Anteil und Schweregrad geschätzt. Sie stellen 62% der totalen Crashes dar:

1. Forward collision prevention (47.3% - 6.1% tödlich)
2. Lane keeping assist (31.3% - 71.2% tödlich)
3. Blind spot detection/intervention (14.0% - 2.6% tödlich)
4. Pedestrian automatic braking (3.1 – 19.7% tödlich)
5. Rear automatic braking (4.1% - 0.4% tödlich)

7.9.3 Rückrufe USA

Die NHTSA Datenbank (<https://www.nhtsa.gov/recalls>) liefert Informationen zu Rückrufen. Die Gesetzgebung aus 2021 fordert für ADAS Systeme eine Meldung an die NHTSA innert 24 Stunden, darum sind nicht alle Defekte verifiziert oder bestätigt. Die Meldung betrifft Unfälle, die sich ereignen, wenn ein fortschrittliches System innerhalb von 30 Sekunden nach einem Unfall aktiviert wurde. Gewisse Hersteller ignorieren diese Gesetzgebung, was zu einem verzerrten Bild führt.

Gemäss Stout ([2020 Automotive Defect & Recall Report | Stout](#)) sind die auf ADAS System bezogene Rückrufaktionen erst seit 2019 relevant und in grössere Anzahl vorhanden, wahrscheinlich aufgrund der Marktdurchdringung.

Hersteller-bezogene Auflistungen von ADAS Software Problemen, die aus der NHTSA Rückruf Datenbank extrahiert wurden, befinden sich unter [Better Embedded System SW: Automotive software defects \(betterembsw.blogspot.com\)](#)

7.9.4 Einzelbeispiele

Weitere aktuelle Beispiele von bekannten Problemen mit Fahrbahn Assistenz:

[USA: Bei dieser optischen Täuschung im Tunnel bremsen alle ab – Blick](#)

[Why is My Lane Keeping Assist \(LKAS\) Not Working? – Civic Motors Honda](#)

[How do I troubleshoot the Lane-Keeping System? \(ford.com\)](#)

[VW Golf 8: So sehr nervt die Technik des neuen Golf – AUTO BILD ; VW Golf 8: Darum wird gerade kein Golf 8 ausgeliefert – AUTO BILD](#)

[Why Tesla's Autopilot Can't See a Stopped Firetruck | WIRED](#)

[«Total Recall» – FOCUS](#)

[2018-2019 Rear Visibility System Recall \(Nissan\) \(force.com\)](#)

Glossar

Glossar	
Begriff	Bedeutung D/F/E
AAD	Adaptive Luftleiteinrichtung Dispositif aérodynamique adaptatif Adaptive Aerodynamic Device
ABL	Adaptives Bremslicht Feux de stop adaptatifs Adaptive Braking Light
ABS	Antiblockiersystem Système d'anti-blocage des freins Antilock Brake System
ACC	Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregler Régulateur adaptatif de la vitesse (tempomat adaptatif) Adaptive Cruise Control
ACL	Adaptives Kurvenlicht Feux de virage adaptatif Adaptive Cornering Light
ACN	Automatisches Notrufsystem <i>Système d'appel d'urgence</i> Automatic Collision Notification, eCall
ACSF	Automatische Lenkfunktion Direction commandée automatisée Automated Commanded Steering Function
ADAS	Hochentwickelte Fahrerassistenzsysteme Systèmes d'assistance à la conduite avancés Advanced Driver Assistance Systems
ADDW	Hochentwickeltes Warnsystem bei nachlassender Konzentration des Fahrers Système avancé d'alerte de distraction du conducteur Advanced Driver Distraction Warning System
ADS	Automatisiertes Fahrsystem Système de conduite automatisée Automated driving system
AEBS	Hochentwickelte Notbremsassistenzsysteme <i>Système avancé de freinage d'urgence</i> Advanced Emergency Braking System
AFLS / AFS	Adaptive Frontbeleuchtungssysteme Systèmes d'éclairage frontal adaptatifs

Begriff	Bedeutung D/F/E
	Adaptive Front Lighting Systems
AFS	Aktivlenkung Direction adaptative Active Front Steering
AGVS	Auto Gewerbe Verband Schweiz Union professionnelle suisse de l'automobile Unione professionale svizzera dell'automobile
ALC	Automatische Fahrspurenzentrierung Centrage automatique dans la voie Automated Lane Centering
ALKS	Automatisiertes Fahrspurhaltesystem Système de maintien de voie automatisé Automated Lane Keeping System
ALS-on	Automatisches Einschalten der Scheinwerfer Enclenchement automatique des feux de croisement Automatic Light Switch-on
APS	Anerkannte Prüfstelle OEA Organe d'expertise agréé
AROPS	Aktives Überrollschutzsystem Système de protection en cas de retournement Active Roll-over Protection System
AS	Adaptives Fahrwerk <i>Châssis adaptatif</i> Adaptive Suspension
asa	Vereinigung der Strassenverkehrsämter Association des Services des Automobiles
asaQSS	asa Qualitäts-Sicherungs-System (asaQSS) Système assurance qualité de l'asa (SAQasa)
ASIL	Sicherheits-Integritätslevel (FuSi) Niveau d'intégrité de sécurité Automotive Safety Integrity Level
BAS	Bremsassistentensystem Système d'assistance au freinage Brake Assistance System
BDW	Bremsscheibenwischer Système d'essuyage des disques de freins Brake Disc Wiper
bfu	Beratungsstelle für Unfallverhütung Bureau de prévention des accidents (bpa) Swiss Council for Accident Prevention
BK	Begleitkommission Commission d'accompagnement Monitoring committee

Begriff	Bedeutung D/F/E
BSIS	Totwinkel-Assistent zur Erkennung von Fahrrädern Système de surveillance de l'angle mort pour la détection des vélos Blind Spot Information System for the Detection of Bicycles
BSW	Totwinkel-Warnsystem Système de surveillance des angles morts Blind Spot Warnung
CAS	Kollisionsvermeidungssystem Système d'évitement des collisions Collision Avoidance System
CTA	Querverkehr-Warnung Alerte de circulation transversale Cross Traffic Alert
DDAW	Warnsystem bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit des Fahrers Avertisseur de somnolence et de perte d'attention du conducteur Driver Drowsiness and Attention Warning
DDT	Dynamische Fahraufgabe Tâche de conduite dynamique Dynamic Driving Task
DSSAD	Datenspeichersystem für automatisiertes Fahren Système de stockage de données pour la conduite automatisée Data Storage System for Automated Driving
DTC AG	DTC Dynamic Test Center AG
EDR	Ereignisbezogene Datenaufzeichnung (Unfalldatenschreiber) Enregistreur de données d'événement en cas d'accident Event Data Recorder, Blackbox
ECE	Europäische Wirtschaftskommission Commission économique européenne (CEE) Economic Commission for Europe
ECU	Elektronisches Steuergerät Unité de commande électronique Electronic Control Unit
E/E	Elektrische und elektronische Systeme Systèmes électriques et électroniques Electrical and Electronic systems
EG	Europäische Gemeinschaft Communauté européenne (CE) European Community (EC)
ELKS	Notfall-Spurhalteassistent Système de maintien de la voie en cas d'urgence Emergency Lane-Keeping system
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm Contrôle électronique de la stabilité / de trajectoire

Begriff	Bedeutung D/F/E
	Electronic Stability Program / Electronic Stability Control (ESC)
ESS	Notstoppsignal Signal d'arrêt d'urgence Emergency Stop Signal
FAS	Fahrassistenzsysteme Systèmes d'assistance à la conduite Driver Assistance Systems
FCW	Frontalkollisionswarnung Alerte de collision frontale Forward Collision Warning
FMEA	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse Analyse des modes de défaillance, de leurs effets Failure Mode and Effects Analysis
FSD	Fahrzeugsystemdaten GmbH, Wintergartenstrasse 4, D-01307 Dresden
FuSi	Funktionale Sicherheit Sécurité fonctionnelle Functional safety
GFHB	Blendfreies Fernlicht Feu de route non éblouissant Glare-free high beam
GNSS	Globales Navigationssatellitensystem Système de navigation globale par satellite Global Navigation Satellite System
GPS	Globales Positionierungssystem Système de positionnement global Global Positioning System
GSI	Gangwechselanzeige Indicateur de changement de vitesse Gear Shift Indicator
HDC	Bergabfahrrhilfe Système d'assistance en descente Hill Descent Control
HH	Berganfahrrhilfe Aide au démarrage en côte Hill Holder
HMI	Mensch-Maschine-Schnittstelle Interface homme-machine Human-Machine Interface
HUD	Head-up-Display Affichage tête haute Head-up-Display
IEC	Internationale elektrotechnische Kommission

Begriff	Bedeutung D/F/E
	Commission électrotechnique internationale International Electrotechnical Commission
IEEE	Institut für Elektro- und Elektronikingenieure Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens Institute of Electrical and Electronics Engineers
IL	Automatisches Abbiegelicht Feux d'intersection Intersection lights
IPAS	Intelligente Einparkhilfe Aide au stationnement intelligent Intelligent Parking Assist System
ISA	Intelligenter Geschwindigkeitsassistent Système d'adaptation intelligente de la vitesse Intelligent Speed Adaptation
ISC	Übereinstimmung in Betrieb befindlicher Fahrzeuge Conformité en service In-service conformity
ISO	Internationale Organisation für Normung Organisation internationale de normalisation International Organization for Standardization
IVZ	Informationssystem Verkehrszulassung SIAC - Système d'information relatif à l'admission à la circulation Information system for driver and vehicle licensing
KP	Kantonale Prüfstelle (auch MFK oder Fahrzeugprüfung des Strassenverkehrsamtes), damit sind auch Betriebe und Organisationen gemeint, an welche die Durchführung der PTI gem. Art. 34b VTS [7] delegiert wurde. Organe cantonal de contrôle Cantonal inspection body
LCA	Spurwechselassistent Assistant de changement de voie Lane Change Assist
LDA	Vermeidung des Verlassens der Fahrspur Protection contre le franchissement de ligne Lane Departure Avoidance
LDWS	Spurverlassenswarnsystem Système d'alerte de franchissement de ligne Lane Departure Warning System
LiDAR	Lichtererkennung und Reichweite (optisches Messsystem) Détection de la lumière et portée (système de mesure optique) Light-Detection and Ranging (optical measuring system)
LKA	Spurführungsassistent Système d'assistance au maintien dans la voie

Begriff	Bedeutung D/F/E
	Lane Keep Assist
MFK	Motorfahrzeugkontrolle / Strassenverkehrsamt Service des automobiles / Office des véhicules Motor Vehicle Inspection Centre / Road Traffic Office
MOIS	Kollisionswarnsystem für Fussgänger und Radfahrer bei geringer Geschwindigkeit Système de détection des piétons et cyclistes à faible vitesse Moving Off Information System
NVA	Nachtsichtassistent Assistant de vision nocturne Night View Assist
OBD	On-Bord-Diagnose Diagnostic embarqué On-Board Diagnostics
ODD	Zulässige Betriebsdomäne Domaine de conception opérationnel Operational Design Domain
OEDR	Objekt- und Ereigniserkennung und Reaktion Détection des objets et des événements et réponse Object and Event Detection and Response
OEM	Hersteller von Originalausrüstung Fabricant d'équipement d'origine Original Equipment Manufacturer
PDC	Einparkhilfe Contrôle de la distance lors du stationnement Park Distance Control
PTI	Periodische Technische Inspektion (periodische Prüfung/Nachkontrolle, amtliche Nachprüfung, regelmässige technische Überwachung, Hauptuntersuchung) Contrôle technique périodique Periodic technical inspection
RCAS	System zur Vermeidung von Heckkollisionen Système de prévention des collisions par l'arrière Rear-End Collision Avoidance System
RCTA	Querverkehrswarnung hinten Alerte de circulation transversale arrière Rear-Cross Traffic Alert
RD	Rückfahrassistent Assistant de marche arrière Reversing Detection
REIS	Rückfahrassistent Assistant de marche arrière Reversing Information System

Begriff	Bedeutung D/F/E
SAE International	Verband der Automobilingenieure (Standardisierungs- und Mobilitäts-Organisation) Association des ingénieurs en automobile (Organisation de normalisation et de mobilité) Society of Automotive Engineers (Standardization and mobility organization)
SBFI	Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation e Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI) Segreteria di Stato per la formazione, la ricerca e l'innovazione (SEFRI)
SOTIF	Sicherheit der beabsichtigten Funktionalität Sécurité de la fonctionnalité prévue Safety Of The Intended Functionality
SZM	Sattelzugmaschine Tracteur routier Semi-trailer towing vehicle
TA	Anhänger-Rückfahr-Assistent Assistant de remorque en marche arrière Trailer Assist
TCS	Anti-Schlupf-Regelung (ASR) Système anti-patinage Traction Control System
TJA	Stauassistent Assistance aux embouteillages Traffic Jam Assist
TPMS	Reifendrucküberwachungssystem (alternativ: RDKS: Reifendruckkontrollsystem) Système de contrôle de la pression des pneus Tire Pressure Monitoring System
TRL	Transport Research Laboratory
TSA	Anhänger-Stabilisierungsassistent Aide à la stabilité au remorquage Trailer Stabilisation Assistant
VRU	Gefährdeter Verkehrsteilnehmer Usager de la route vulnérable Vulnerable Road User

Literaturverzeichnis

Staatsverträge

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1968), «**Übereinkommen vom 8. November 1968 über den Strassenverkehr**», SR 0.741.10, www.admin.ch.
- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft (1971), «**Europäisches Zusatzübereinkommen zum Übereinkommen über den Strassenverkehr, das in Wien am 8. November 1968 zur Unterzeichnung aufgelegt wurde**», SR 0.741.101, www.admin.ch.
- [3] MRA Schweizerische Eidgenossenschaft (1999), «**Abkommen zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Europäischen Gemeinschaft über die gegenseitige Anerkennung von Konformitätsbewertungen**», SR 0.946.526.81, www.admin.ch.

Bundesgesetze

- [4] Schweizerische Eidgenossenschaft (1958), «**Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958 (SVG)**», SR 741.01, www.admin.ch.

Verordnungen

- [5] Schweizerische Eidgenossenschaft (1962), «**Verkehrsregelverordnung vom 13. November 1962 (VRV)**», SR 741.11, www.admin.ch.
- [6] Schweizerische Eidgenossenschaft (1979), «**Signalisationsverordnung vom 5. September 1979 (SSV)**», SR 741.21, www.admin.ch.
- [7] Schweizerische Eidgenossenschaft (1995), «**Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge vom 19. Juni 1995 (VTS)**», SR 741.41, www.admin.ch.
- [8] Schweizerische Eidgenossenschaft (1995), «**Verordnung über die Typengenehmigung von Strassenfahrzeugen vom 19. Juni 1995 (TGV)**», SR 741.511, www.admin.ch.
- [9] Schweizerische Eidgenossenschaft (1976), «**Verordnung über die Zulassung von Personen und Fahrzeugen zum Strassenverkehr vom 27. Oktober 1976 (VZV)**», SR 741.51, www.admin.ch.
- [10] Schweizerische Eidgenossenschaft (2017), «**Verordnung des SBFI über die berufliche Grundbildung. Automobil-Mechatronikerin/Automobil-Mechatroniker mit eidgenössischem Fähigkeitszeugnis (EFZ)**», SR 412.101.220.51, www.admin.ch.

Richtlinien EU

- [11] Europäisches Parlament und Rat (2007), «**Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. September 2007 zur Schaffung eines Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge (Rahmenrichtlinie)**», eur-lex.europa.eu.
- [12] Europäisches Parlament und Rat (2014), «**Richtlinie 2014/45/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. April 2014 über die regelmässige technische Überwachung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/40/EG**», eur-lex.europa.eu.
- [13] «**Empfehlung der Kommission der Europäischen Gemeinschaft (2007/78/EG) über sichere und effiziente borbefestigte Informations- und Kommunikationssysteme: Neufassung des europäischen Grundsatzkatalogs zur Mensch-Maschine-Schnittstelle**», <http://data.europa.eu>.

Verordnungen EG/EU

- [14] Europäisches Parlament und Rat (2009), «**Verordnung (EG) Nr. 661/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juli 2009 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen, Kraftfahrzeuganhängern und von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge hinsichtlich ihrer allgemeinen Sicherheit**», eur-lex.europa.eu.

-
- [15] Europäisches Parlament und Rat (2012), «**Verordnung (EU) Nr. 65/2012 der Kommission vom 24. Januar 2012 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 661/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf Gangwechselanzeiger und zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates**», eur-lex.europa.eu
-
- [16] Europäisches Parlament und Rat (2012), «**Verordnung (EU) Nr. 347/2012 der Kommission vom 16. April 2012 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 661/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Notbremsassistentensystemen für bestimmte Kraftfahrzeugklassen**», eur-lex.europa.eu.
-
- [17] Europäisches Parlament und Rat (2012), «**Verordnung (EU) Nr. 351/2012 der Kommission vom 23. April 2012 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 661/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Anforderungen an die Typgenehmigung von Spurhaltewarnsystemen in Kraftfahrzeugen**», eur-lex.europa.eu.
-
- [18] Europäisches Parlament und Rat (2015), «**Verordnung (EU) 2015/758 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2015 über Anforderungen für die Typgenehmigung zur Einführung des auf dem 112-Notruf basierenden bordspezifischen eCall-Systems in Fahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG**», eur-lex.europa.eu.
-
- [19] Europäisches Parlament und Rat (2018), «**Verordnung (EU) 2018/858 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die Genehmigung und die Marktüberwachung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 715/2007 und (EG) Nr. 595/2009 und zur Aufhebung der Richtlinie 2007/46/EG**», eur-lex.europa.eu.
-
- [20] Europäisches Parlament und Rat (2019), «**Durchführungsverordnung (EU) 2019/621 der Kommission vom 17. April 2019 über die für die technische Überwachung in Bezug auf die zu prüfenden Positionen erforderlichen technischen Angaben sowie zur Anwendung der empfohlenen Prüfmethoden und zur Festlegung detaillierter Regelungen hinsichtlich des Datenformats und der Verfahren für den Zugang zu den einschlägigen technischen Angaben**», eur-lex.europa.eu
-
- [21] Europäisches Parlament und Rat (2019), «**Verordnung (EU) 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. November 2019 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge im Hinblick auf ihre allgemeine Sicherheit und den Schutz der Fahrzeuginsassen und von ungeschützten Verkehrsteilnehmern, zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/858 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 78/2009, (EG) Nr. 79/2009 und (EG) Nr. 661/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Verordnungen (EG) Nr. 631/2009, (EU) Nr. 406/2010, (EU) Nr. 672/2010, (EU) Nr. 1003/2010, (EU) Nr. 1005/2010, (EU) Nr. 1008/2010, (EU) Nr. 1009/2010, (EU) Nr. 19/2011, (EU) Nr. 109/2011, (EU) Nr. 458/2011, (EU) Nr. 65/2012, (EU) Nr. 130/2012, (EU) Nr. 347/2012, (EU) Nr. 351/2012, (EU) Nr. 1230/2012 und (EU) 2015/166 der Kommission**», eur-lex.europa.eu.
-
- [22] Europäisches Parlament und Rat (2021), «**Durchführungsverordnung (EU) 2021/646 der Kommission vom 19. April 2021 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EU) 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf einheitliche Verfahren und technische Spezifikationen für die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich ihrer Notfall-Spurhalteassistenten**», eur-lex.europa.eu.
-
- [23] Europäisches Parlament und Rat (2021), «**Delegierte Verordnung (EU) 2021/1243 der Kommission vom 19. April 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates durch Festlegung detaillierter Vorschriften für die Vorrichtung zum Einbau einer alkoholempfindlichen Wegfahrsperrung in Kraftfahrzeugen und zur Änderung des Anhangs II der genannten Verordnung**», eur-lex.europa.eu.
-
- [24] Europäisches Parlament und Rat (2021), «**Delegierte Verordnung (EU) 2021/1244 der Kommission vom 20. Mai 2021 zur Änderung des Anhangs X der Verordnung (EU) 2018/858 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich des standardisierten Zugangs zu Fahrzeug-OBID-Informationen und zu Reparatur- und Wartungsinformationen sowie der Anforderungen und Verfahren für den Zugang Sicherheitsinformationen des Fahrzeugs**», eur-lex.europa.eu.
-
- [25] Europäisches Parlament und Rat (2021), «**Delegierte Verordnung (EU) 2021/1341 der Kommission vom 23. April 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates durch Festlegung detaillierter Vorschriften für die spezifischen Prüfverfahren und technischen Anforderungen für die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich ihrer Warnsysteme bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit des Fahrers sowie zur Änderung von Anhang II der genannten Verordnung**», eur-lex.europa.eu.
-
- [26] Europäisches Parlament und Rat (2021), «**Delegierte Verordnung (EU) 2021/1958 der Kommission vom 23. Juni 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates durch Festlegung detaillierter Vorschriften für die spezifischen Prüfverfahren und technischen Anforderungen für die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich ihrer intelligenten Geschwindigkeitsassistenten und für die Typgenehmigung von intelligenten Geschwindigkeitsassistenten als selbstständige technische Einheiten sowie zur Änderung von Anhang II der genannten Verordnung**», eur-lex.europa.eu.
-

- [27] Europäisches Parlament und Rat (2022), «**Durchführungsverordnung (EU) 2022/1426 der Kommission vom 5. August 2022 mit detaillierten Regelungen zur Durchführung der Verordnung (EU) 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die einheitlichen Verfahren und technischen Spezifikationen für die Typgenehmigung des automatisierten Fahrsystems (ADS) vollautomatisierter Fahrzeuge**», eur-lex.europa.eu
- [28] Europäisches Parlament und Rat (2021), «**Verordnung (EU) 2017/1151 der Kommission vom 1. Juni 2017 zur Ergänzung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Fahrzeugreparatur- und -wartungsinformationen, zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission sowie der Verordnung (EU) Nr. 1230/2012 der Kommission und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission (Text von Bedeutung für den EWR)**», eur-lex.europa.eu.
- [29] Europäisches Parlament und Rat (2024), «**Verordnung (EU) 2024/1257 der Kommission vom 24. April 2024 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Motoren sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Emissionen und der Dauerhaltbarkeit von Batterien (Euro 7), zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/858 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 715/2007 und (EG) Nr. 595/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates, der Verordnung (EU) Nr. 582/2011 der Kommission, der Verordnung (EU) 2017/1151 der Kommission, der Verordnung (EU) 2017/2400 der Kommission und der Durchführungsverordnung (EU) 2022/1362 der Kommission (Text von Bedeutung für den EWR)**», eur-lex.europa.eu.

UNECE-Regelungen Text of the 1958 Agreement | UNECE

- [30] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge der Klassen M, N und O hinsichtlich der Bremsen**», *Regelung Nr. 13*, eur-lex.europa.eu.
- [31] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Personenkraftwagen hinsichtlich der Bremsen**», *Regelung Nr. 13-H*, eur-lex.europa.eu.
- [32] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich des Anbaus der Beleuchtungs- und Lichtsignaleinrichtungen**», *Regelung Nr. 48*, eur-lex.europa.eu.
- [33] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich ihrer Ausstattung mit einem Komplettnotrad, Notlaufreifen und/oder einem Notlaufsystem und/oder einem Reifendruck-Überwachungssystem**», *Regelung Nr. 64*, eur-lex.europa.eu.
- [34] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich des Anbaus der Beleuchtungs- und Lichtsignaleinrichtungen**», *Regelung Nr. 79*, unece.org (eng).
- [35] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich der Emission von Schadstoffen aus dem Motor entsprechend den Kraftstoffanforderungen des Motors [2015/1038]**», *Regelung Nr. 83*, unece.org (eng).
- [36] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Abbiegescheinwerfern für Kraftfahrzeuge**», *Regelung Nr. 119*, unece.org (eng).
- [37] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von adaptiven Frontbeleuchtungssystemen (AFS) für Kraftfahrzeuge**», *Regelung Nr. 123*, eur-lex.europa.eu.
- [38] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Kraftfahrzeuge hinsichtlich ihres Spurhaltewarnsystems**», *Regelung Nr. 130*, eur-lex.europa.eu.
- [39] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Notbrems-Assistenzsystems (AEBS)**», *Regelung Nr. 131*, eur-lex.europa.eu.
- [40] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bestimmungen für die Genehmigung von Personenkraftwagen hinsichtlich der Bremsassistentensysteme (BAS)**», *Regelung Nr. 139*, eur-lex.europa.eu.
- [41] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Personenkraftwagen hinsichtlich der elektronischen Fahrdynamik-Regelsysteme (ESC-Systeme)**», *Regelung Nr. 140*, eur-lex.europa.eu.

- [42] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich ihrer Reifendrucküberwachungssysteme**», *Regelung Nr. 141*, eur-lex.europa.eu.
- [43] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Totwinkel-Assistenten zur Erkennung von Fahrern**», *Regelung Nr. 151*, eur-lex.europa.eu.
- [44] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Notbremsassistentensystems (AEBS) in Fahrzeugen der Klassen M1 und N1**», *Regelung Nr. 152*, eur-lex.europa.eu.
- [45] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bestimmungen für die Genehmigung von Fahrzeugen im Hinblick auf die Cybersicherheit und das Cybersicherheitsmanagementsystem**», *Regelung Nr. 155*, eur-lex.europa.eu.
- [46] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bestimmungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Softwareaktualisierung und des Softwareaktualisierungsmanagementsystems**», *Regelung Nr. 156*, eur-lex.europa.eu.
- [47] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich des automatischen Spurhalteassistentensystems (ALKS)**», *Regelung Nr. 157*, eur-lex.europa.eu.
- [48] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Vorschriften für die Genehmigung von Einrichtungen zum Rückwärtsfahren und von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Wahrnehmung ungeschützter Verkehrsteilnehmer hinter dem Fahrzeug durch den Fahrzeugführer**», *Regelung Nr. 158*, eur-lex.europa.eu.
- [49] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Anfahrinformationssystems zur Erkennung von Fussgängern und Fahrradfahrern**», *Regelung Nr. 159*, eur-lex.europa.eu.
- [50] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), «**Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Ereignisdatenspeichers**», *Regelung Nr. 160*, eur-lex.europa.eu.
- [51] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE), Inland Transport Committee, World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations, «**Resolution R.E.6 on the administrative and technical provisions required for carrying out the technical inspections according to the technical prescriptions specified in Rules annexed to the 1997 Agreement**» <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29resolutions/ECE-TRANS-WP29-1132e.pdf>

Normen

- [52] SAE International Standard (2021), «**Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles**», *SAE J3016*.
- [53] ISO International Organization for Standardization (2018), «**Road vehicles - Functional safety**», *ISO 26262:2018*, snv.ch.
- [54] CENELEC Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung (2010) «**Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme**», *EN 61508:2010*, snv.ch.
- [55] ISO International Organization for Standardization (2022), «**Road vehicles – Cybersecurity engineering**», *ISO/SAE 21434:2021*, snv.ch.
- [56] ISO International Organization for Standardization (2022), «**Road Vehicles – Safety of the intended functionality (SOTIF)**», *ISO/FDIS 21448:2022*, snv.ch.
- [57] ISO International Organization for Standardization (2023), «**Systems and software engineering – System life cycle processes**», *ISO/IEC/IEEE 15288:2023*, snv.ch.
- [58] ISO International Organization for Standardization (2013), «**Geographic information – Data quality**», *ISO 19157:2013*, snv.ch.
- [59] ISO International Organization for Standardization (2012), «**Geographic information – Quality assurance of data supply**», *ISO 19158:2012*, snv.ch.
- [60] SAE International Standard (2021), «**Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Including Design FMEA, Supplemental FMEA-MSR, and Process FMEA**», *SAE J1739*.
- [61] ISO International Organization for Standardization (2021), «**Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles**», *ISO/SAE PAS 22736:2021*, snv.ch.

- [62] ISO International Organization for Standardization (2023), «**Road Vehicles — Application of predictive maintenance to hardware with ISO 26262-5**» *ISO/TR 9839:2023*, [snv.ch](https://www.iso.org/standard/81441.html)

Dokumentation

- [63] G. Fuchslocher, «**TÜV warnt vor Verschleiss von Fahrerassistenzsystemen**», in *Automotiveit.eu (online)*, (09.07.2021). verfügbar unter: <https://www.automotiveit.eu/technology/tuev-warnt-vor-verschleiss-von-fahrerassistenzsystemen-236.html>.
- [64] DEKRA Technology Center Deutschland, «**Prüfung von Fahrerassistenzsystemen**», www.dekra.de.
- [65] Dürr Assembly Products GmbH, Deutschland, «**Einstellung von Fahrassistenzsystemen (Prüfstand)**», www.durr.com.
- [66] BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung, «**Automatisiertes Fahren - Fahrausbildung**», Bericht von M. Deublein, 2020, verfügbar unter: [www.researchgate.net](https://www.researchgate.net/publication/354111111).
- [67] CITA, International Motor Vehicle Inspection Committee, «**ECSS Study on a new performance test for electronic safety components**», Bericht von M Edwards, N Pattemore et al, 2014, verfügbar unter: [Final report structure \(citainsp.org\)](https://www.citainsp.org/reports/ECSS-Study-on-a-new-performance-test-for-electronic-safety-components)
- [68] BAST, Bundesanstalt für Strassenwesen, Deutschland «**On-Board-Diagnose (OBD) – Analyse der OBD in Bezug auf zukünftig verfügbare Emissionsdaten für die Periodische Technische Inspektion (PTI)**», Bericht von S. Hausberger, C. Matzer et al, 2023, verfügbar unter: [Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Reihe F: Fahrzeugtechnik](https://www.bast.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2023/07/obd-pti.html)
- [69] U. Ewert «**Fahrassistenzsysteme**», Bern: Bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung, 2014 bfu Faktenblatt Nr. 13. ISBN 978-3-906173-52-8 (PDF)
- [70] «**ADAC Pannenstatistik**» [ADAC Pannenstatistik 2023: Erstmals mit Elektroautos | ADAC](https://www.adac.de/verkehr/pannenstatistik)
- [71] Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, Volume 15, 2022, «**On the road safety benefits of advanced driver assistance systems in different driving contexts**», Leandro Masello, German Castignani, Barry Sheehan, Finbarr Murphy, Kevin McDonnell, ISSN 2590-1982, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100670>
- [72] HELLA. «**Fahrerassistenzsysteme Übersicht**», <https://www.hella.com/techworld/de/Technik/Elektronik-Elektronik/Fahrerassistenzsysteme-Uebersicht-45184/> (zugegriffen 23.01.2024)
- [73] C. Park, S. Chung, H. Lee, «**Vehicle-in-the-Loop in Global Coordinates for Advanced Driver Assistance System**», *Appl. Sci.* 2020, 10, 2645. <https://doi.org/10.3390/app10082645>
- [74] F. Mihalič, M. Truntič, A. Hren, «**Hardware-in-the-Loop Simulations: A Historical Overview of Engineering Challenges**». *Electronics* 2022, 11, 2462. <https://doi.org/10.3390/electronics11152462>
- [75] R. Romain, C. Galko, H. Narasimman, X. Savatier. «**Vehicle Hardware-In-the-Loop System for ADAS Virtual Testing**». 2022, verfügbar unter: [https://www.researchgate.net](https://www.researchgate.net/publication/354111111)
- [76] «**Korean Transportation Safety Authority develops test methods for Driver Assistance Systems with Dürr and Dspace**», in *Safety Wissen (online)*, (09.05.2023) verfügbar unter: <https://www.safetywissen.com/>
- [77] H. Braun, J. Bönninger, S. Missbach, R. Süßbier «**Erkennen und Bewerten von Mängeln an elektronischen Systemen und Bauteilen im Kraftfahrzeug**», 1.Auflage, Bonn: Kirschbaum Verlag, 2018 ISBN-13: 978-3-7812-1920-5
- [78] R. Vermeulen, D. Kontses, P. Fragkiadoulakis, Z. Samaras, «**Tampering of environmental protection systems on vehicles: Status quo and perspectives**», *Transportation Research Procedia*, 2023, 72, 2824 <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.826>
- [79] Dutch Association for Combatting Odometer Fraud (Vereniging Aanpak Tellerfraude, VAT) and the Netherlands Vehicle Authority (RDW), «**Odometer Manipulation Regarding imported vehicles from Germany**» [odometer-manipulation-engels.pdf \(ereg-association.eu\)](https://www.vat.nl/odometer-manipulation-engels.pdf)
- [80] «**BERICHT über den EU-Politikrahmen für die Strassenverkehrssicherheit im Zeitraum 2021 bis 2030 – Empfehlungen für die nächsten Schritte auf dem Weg zur Vision Null Straßenverkehrstote**», https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0211_DE.html
- [81] Commissioned by the Department for Transport, «**Driver Attentiveness to the Driving Task During ADAS Use**», [https://wiki.unece.org](https://wiki.unece.org/wiki/Driver_Attentiveness_to_the_Driving_Task_During_ADS_Use)
- [82] «**Bildungsplan zur Verordnung des SBFI über die berufliche Grundbildung für Automobil-Mechatronikerin/Automobil-Mechatroniker mit eidgenössischem Fähigkeitszeugnis (EFZ)**», AGVS, [Automobil-Mechatroniker/-in EFZ Fachrichtung «Personenwagen» \(autoberufe.ch\)](https://www.agvs.ch/automobil-mechatroniker-in-efz-fachrichtung-personenwagen)

-
- [83] A. J. Köhler, «**Nachweis der Wirksamkeit zeitdiskreter technischer Sicherheitsmechanismen am Beispiel des automatisierten Fahrens**», 1. Auflage, Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag, 2023, ISBN 978-3-658-41278-4, <https://doi.org/10.1007/978-3-658-41279-1>
-

Projektabschluss

Formular 3 ARAMIS SBT als PDF (Das Formular einscannen, dann das PDF öffnen und dann mit dem Schnappschuss-Werkzeug (Foto rat) die Seiten markieren und dann hier einfügen).

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Bundesamt für Strassen ASTRA
FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK Formular Nr. 3: Projektabschluss	
Version vom 09.10.2013	
erstellt / geändert am: 18.07.2024	
Grunddaten	
Projekt-Nr.:	MFZ_20_08A_01
Projekttitel:	Neue Ansätze zur zeitgemässen periodischen Kontrolle von Motorfahrzeugen
Enddatum:	18.07.2024
Texte	
Zusammenfassung der Projektergebnisse:	
Die Hauptergebnisse dieser Forschungsarbeit können wie folgt zusammengefasst werden:	
Bezüglich der neuen Ansätze der PTI von FAS bis und mit SAE J3016-Level 2 konnten wertvolle Erkenntnisse erarbeitet werden, welche auch über diesen Automatisierungsgrad hinaus Anwendung finden können.	
Auf diesen Ansätzen sind sowohl für aktuelle und kommende FAS Anwendungsfälle realisierbar, welche einerseits ausführlich unter Testbedingungen und später unter Miteinbezug der KP zu prüfen und belastbar zu machen sind. Damit ist eine Entwicklung der bestehenden PTI, je nachdem mit Ergänzungen, der zielführende Weg, um möglichst nahtlos die mit FAS ausgerüsteten Fahrzeuge miteinzubeziehen.	
Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde erkannt, dass die Datenbasis in der Schweiz nicht ausreichend ist, um darauf aufbauend Lösungen zu entwickeln, respektive zu priorisieren. Auch nicht bestandene PTI müssten in Zukunft erfasst werden, um einen brauchbaren Datenbestand im Hinblick auf eine erfolgreiche Marküberwachung zu erreichen.	



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Im Forschungsgesuch stand die Fragestellung im Vordergrund, wie die Zunahme von FAS in Fahrzeugpark sich auf die PTI auswirken würde. Es wurde postuliert, dass ein neues Konzept der PTI nötig sei. Es musste untersucht werden, wie dieses im Hinblick auf die neuen Technologien zu ergänzen sei.
Diese Ziele wurden erreicht. Es konnten alle Arbeitspakete erarbeitet und sämtliche Meilensteine erreicht werden.
Eine Tabelle, welche alle relevanten FAS enthält und Bewertungen betreffend ihre Verkehrssicherheit, Verkehrsfluss und Umweltschutz enthalten, wurde erstellt.
Basierend auf Systemparametern und technischen Informationen wurden die Elemente und Systeme bewertet, welche anlässlich der PTI zu beurteilen wären. Dabei wurden sie nach ihrer Überprüfbarkeit und Relevanz bewertet.
Die Erstellung einer Übersicht mit Programmen und Prüfzenarien zur Überprüfung der gewählten FAS bildete einen weiteren Meilenstein.
Die Methoden zur Bewertung der korrekten Funktion der ermittelten FAS wurden individuell untersucht und aufgeführt. Es wurden vier Methoden detailliert aufgeführt.
Diese Arbeit zeigt auf, dass die PTI sich weiterentwickeln muss und untersucht, wie diese in Zukunft aussehen könnte. Die geplanten Änderungen können differenziert und risikoorientiert vorgenommen werden. Einige Fragen blieben aufgrund der Zeit unbeantwortet.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Projektgruppe entwickelte Lösungen zur Modernisierung der PTI, die den neuen Anforderungen aufgrund der FAS Rechnung tragen, ohne dabei die Verkehrssicherheit, den Verkehrsfluss und die Umwelt aus den Augen zu verlieren. Es geht nicht darum, alles neu zu erfinden oder exotische Methoden einzuführen, sondern vielmehr darum, die üblichen oder bereits vorhandenen Instrumente (HU) in eine neue Systematik zu integrieren. Die Überprüfung der Kontrollleuchten sollte, wo immer möglich, beibehalten werden. Ergänzend dazu sollen bestimmte Mängel durch Probefahrten festgestellt und bei Unsicherheiten durch physikalische Tests bestätigt werden.
Die derzeitigen effizienten Verfahren können beibehalten werden, müssen aber umgeschrieben und weiterentwickelt werden. Insbesondere müssen sie sehr zielgerichtet sein. Die bestehende Infrastruktur setzt hier Grenzen. Beim Neu- oder Umbau von KPs ist zu berücksichtigen, dass neue Testbereiche benötigt werden. Die Einführung der Massnahmen kann zeitlich gestaffelt werden.
Die Empfehlungen der Projektgruppe beinhalten darüber hinaus die Aktualisierung bestehender Vorschriften wie der VZV und der VTS. Geeignete gesetzliche Bestimmungen müssen alle FAS abdecken und die Kompetenzen neu definieren, wobei den Verkehrsexperten mehr Möglichkeiten eingeräumt werden müssen (VZV). Der Bedarf an fachspezifischer Weiterbildung muss angemessen berücksichtigt werden. Die KP sollten Zugang zu möglichst vielen relevanten Daten haben. Nicht bestandene Prüfungen, die Gründe für das Nichtbestehen sowie ggf. Informationen von Marktaufsichtsbehörden würden eine nützliche Datenbasis darstellen. Mit dieser Datenbank sollte der Verkehrsexperte auch über den Datensatz des konkret zu prüfenden Fahrzeugs verfügen.
All diese Massnahmen würden zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen.

Publikationen:

Publikationen zum Thema sind geplant.

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Röthlisberger

Vorname: Reto

Amt, Firma, Institut: DTC Dynamic Test Center AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Fahrassistenzsysteme (FAS) werden heute bei den periodischen Fahrzeugkontrollen (PTI) in den kantonalen Prüfstellen (KP) nicht oder nur insoweit geprüft, als entsprechende Warnlampen im Armaturenbrett der Fahrzeuge dies ermöglichen. Im Hinblick auf die Weiterentwicklung der FAS zu Teilsystemen des automatisierten Fahrens nimmt die Bedeutung ergänzender Prüfungen zu. Der Forschungsbericht zeigt konkrete mögliche Vorgehensweisen zur Prüfung der einzelnen FAS durch die KP auf. Der gewählte methodische Ansatz, wonach die Systemkomponenten und nicht die einzelnen FAS geprüft werden, hat sich als zielführend erweisen. Gleichzeitig werden auch die Herausforderungen ersichtlich: Die vorgeschlagenen Systemprüfungen stellen die bestehenden Zeitbudgets für die Fahrzeugprüfungen unter Druck. Weiter ist der Flächenbedarf für ein «Testareal» sehr gross, um die notwendigen physischen Prüfungen durchzuführen, insbesondere bei schweren Fahrzeugen und selbst bei niedrigen Geschwindigkeiten (max. 30 km/h). Dieser Aspekt ist wesentlich für die Planung und Anpassung von Prüfstellen, auch hinsichtlich Prüfungen von automatisierten Fahrzeugen (ab Stufe 3). Die Erwartungen an das Forschungsprojekt wurden durch die gewonnenen Erkenntnisse erfüllt; die Forschungsziele sind erreicht.

Umsetzung:

Umsetzungsansätze sowie Hinweise auf mögliche weitere Vertiefungsarbeiten in diesem Zusammenhang wurden in der Forschungsarbeit ausführlich dargelegt. Die ersten Ergebnisse der Forschungsarbeit können nun in einem breiteren Anwendungsfeld verifiziert und weiterentwickelt werden. Parallel dazu könnten weitere FAS, resp. deren Komponenten hinsichtlich Prüfverfahren spezifiziert werden. Diese Arbeiten können im Rahmen der ordentlichen Weiterentwicklung der Arbeitsmethodik durch die KP selber, durch die asa oder im Hinblick auf die Automatisierung durch das ASTRA erfolgen. Gegebenenfalls können spezifische Prüfaufträge für weiterführende methodische Abklärungen durch Dritte initialisiert werden. Sollen Ergebnisse der PTI in die Kontrollen der einzelnen Fahrzeuge einfließen, wären die Daten aus den nicht bestandenen Prüfungen zu erfassen. Solche Daten könnten auch für die Marktüberwachung (MÜ) als Grundlage dienen. Weitere Daten aus der MÜ wie z.B. offene Rückrufe der einzelnen Fahrzeuge könnten aufbereitet und den KP für die Prüfungen zur Verfügung gestellt werden, damit Kontrollen spezifisch ausgerichtet werden können.

weitergehender Forschungsbedarf:

Die Systemprüfung auf der Basis von Datenabfragen via OBD-Schnittstelle des einzelnen Fahrzeugs erscheint vielversprechend und sollte weiterverfolgt werden. Die Frage von physischen Fahrzeugprüfungen im Fahrbetrieb und damit von Testarealen stellt sich dennoch. Diesbezüglich sind die Anforderungen und Bedürfnisse zu definieren. Hierbei sollten auch die Bedürfnisse der Prüfung von hochautomatisierten Fahrzeugen berücksichtigt werden, deren Ausbreitung in den nächsten Jahren zu erwarten ist.

Einfluss auf Normenwerk:

Als unmittelbarer Einfluss dieser Forschungsarbeit sollte in der VTS (SR 741.41) die Überprüfung der Assistenzsysteme erfasst werden (Art. 33 Abs. 1 bis VTS). Gestützt darauf wäre die Konkretisierung durch eine Arbeitsgruppe (ASTRA, asa, APS) vorzunehmen, ggf. unterstützt durch spezifische Hilfsmittel für die StVA (Merkblätter). Ferner sollte prospektiv der Anpassungsbedarf betreffend die Rechtsgrundlagen hinsichtlich der Verwendung der OBD-Schnittstelle für die PTI geprüft werden.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Wysshaar

Vorname: Niklaus

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission: