



Projektarbeit

Im Rahmen des Fachpraktikums

MW-MB-20

Einfluss moderner Fahrerassistenzsysteme auf das Unfallgeschehen

Bearbeiter:

Kevin Fröbel

Matrikelnummer:

4852254

Geboren am:

22.04.1997 in Freiberg

Betreuer:

Dipl.-Inf. Paul Hoffmann - IAD

Betreuender Hochschullehrer:

Prof. Dr.-Ing. G. Prokop

Tag der Einreichung:

30.09.2023

Aufgabenstellung

Welche Bedeutungen haben moderne Fahrerassistenzsysteme auf das Unfallgeschehen und Identifikation von Schwachstellen aktueller Fahrerassistenzsysteme mit Bezug auf die Haftungsgegebenheiten und deren Auswirkungen.

Wie sind die Stufen des autonomen Fahrens definiert. Erstellung, Durchführung und Auswertung einer Fahrzeug-Testreihe mit Blick auf die aktuellen Fahrerassistenzsysteme und deren Schwachstellen. Analyse anhand aktueller Unfälle im Straßenverkehr mit modernen Fahrerassistenzsystemen. Welche rechtlichen Haftungsgrundlagen gibt es beim autonomen Fahren und worin bestehen die Vor- und Nachteile.

Folgende Schwerpunkte sind zu bearbeiten:

- Literaturrecherche zu den Stufen des autonomen Fahrens
- Literaturrecherche zu den möglichen KI-Haftungen / Haftungsgrundlagen beim autonomen Fahren
- Aufnahme von Unfällen im Straßenverkehr mit modernen Fahrerassistenzsystemen
- Durchführung von Testfahrten mit Blick auf die aktuellen Fahrerassistenzsysteme
- Analyse der Fahrzeug-Testreihe
- Dokumentation der Ergebnisse

Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich reiche sie erstmals als Prüfungsleistung ein. Mir ist bekannt, dass ein Betrugsversuch mit der Note „nicht ausreichend“ (5,0) geahndet wird und im Wiederholungsfall zum Ausschluss von der Erbringung weiterer Prüfungsleistungen führen kann.

Name: Fröbel
Vorname: Kevin
Matrikelnummer: 4852254

Dresden, den 29.09.2023

.....

Kevin Fröbel

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	VII
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen.....	2
2.1 Level des autonomen Fahrens	2
2.2 Sensortechnik	4
2.3 Haftungsmöglichkeiten beim autonomen Fahren.....	6
2.3.1 Definitionen der Haftungsmöglichkeiten.....	6
2.3.2 Vor- und Nachteile der Haftungsmöglichkeiten	7
3 Verkehrsunfälle mit modernen Fahrerassistenzsystemen	9
3.1 Verkehrsunfall V1	10
3.2 Verkehrsunfall V2	11
3.3 Verkehrsunfall V3	12
3.4 Verkehrsunfall V4	13
3.5 Verkehrsunfall V5 - Verbesserungsvorschlag.....	14
3.6 Auswertung der Verkehrsunfälle.....	15
4 Fahrzeug-Testreihe.....	17
4.1 Ziel der Fahrzeug-Testreihe	17
4.2 Beschreibung des Testfahrzeugs	17
4.3 Versuchsdurchführung	19
4.3.1 Testreihe 1	19
4.3.2 Testreihe 2	20
4.3.3 Testreihe 3	21
4.3.4 Testreihe 4	21
4.3.5 Testreihe 5	22
4.3.6 Testreihe 6	23
4.3.7 Testreihe 7	24
4.3.8 Testreihe 8	24
4.3.9 Testreihe 9	25
4.3.10 Testreihe 10	26
4.4 Auswertung der Fahrzeug-Testreihe	27
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	29
Literaturverzeichnis.....	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schadenbereich Hyundai Kona.....	10
Abbildung 2: Schadenbereich VW Polo IV	11
Abbildung 3: Schadenbereich Renault Kangoo	12
Abbildung 4: Schadenbereich Lexus RX 450 H.....	13
Abbildung 5: Schadenbereich Kia Sportage	14
Abbildung 6: Anzahl Verkehrsunfälle (Statistisches Bundesamt, 2023).....	15
Abbildung 7: Anzahl Verkehrsunfälle mit Personenschaden (Statistisches Bundesamt, 2023).....	16
Abbildung 8: Testfahrzeug Kia Sorento	18
Abbildung 9: Grafische Zusammenfassung der Testreihen 1, 2 sowie 7 und 8.....	28
Abbildung 10: Grafische Zusammenfassung der Testreihen 3 bis 6	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Sensortechniken (Winner and G. Wolf (Hrsg.), 2012)	6
Tabelle 2: Dokumentation Testreihe 1	19
Tabelle 3: Dokumentation Testreihe 2	20
Tabelle 4: Dokumentation Testreihe 3	21
Tabelle 5: Dokumentation Testreihe 4	22
Tabelle 6: Dokumentation Testreihe 5	23
Tabelle 7: Dokumentation Testreihe 6	23
Tabelle 8: Dokumentation Testreihe 7	24
Tabelle 9: Dokumentation Testreihe 8	25
Tabelle 10: Dokumentation Testreihe 9	25
Tabelle 11: Dokumentation Testreihe 10	26

1 Einleitung

Das autonome Fahren hat in den vergangenen Jahren beträchtliche Aufmerksamkeit erregt und stellt eine revolutionäre Entwicklung der Automobilindustrie dar. Diese Technologie ermöglicht dem Menschen eine neue Art der Fortbewegung, bei der alle Insassen lediglich mitfahren und sich somit anderen Aufgaben hingeben können. Bis es jedoch zur vollständig autonomen Autofahrt kommt, durchläuft die Technologie verschiedene Level, bei denen der Einfluss des Fahrers fortlaufend abnimmt. Diese Level des autonomen Fahrens sowie einige dafür notwendige Sensortechniken werden im Rahmen dieser Projektarbeit definiert.

Bei steigendem Level der Automatisierung und somit geringerem Einfluss des Menschen stellt sich die Frage, ob die aktuell rechtlichen Haftungsgrundlagen ausreichend sind. Daher ist über eine Anpassung der Haftungsgrundlagen zu diskutieren. Einige Haftungsmöglichkeiten sowie deren Vor- und Nachteile werden dabei unter Kapitel 2.3 aufgeführt.

Aktuell befinden sich auf Deutschlands Straßen vorwiegend Fahrzeuge bis hin zu Level 2 des autonomen Fahrens. Es wird jedoch zunehmend sichtbar, dass trotz moderner Fahrerassistenzsysteme weiterhin Verkehrsunfälle auftreten, bei denen diese Systeme versagen.

Anhand der im Laufe des Praktikums aufgenommenen Verkehrsunfälle wurden verschiedene Testreihen entwickelt und durchgeführt, welche die Schwachstellen der modernen Fahrerassistenzsysteme aufzeigen sollen. Dabei wird der Einfluss des Materials sowie die Größe des Hindernisses im Hinblick auf die Reaktion des Fahrerassistenzsystems in den Fahraufgaben Parken und Geradeausfahrt erforscht.

2 Grundlagen

Für die Umsetzung des autonomen Fahrens im Straßenverkehr müssen je nach Grad der Automatisierung verschiedene Anforderungen erfüllt werden. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, bedarf einer stetigen Entwicklung der Fahrerassistenzsysteme, sowie deren Sensortechnik. Außerdem müssen rechtliche Grundlagen hinsichtlich der Haftung bei Verkehrsunfällen überarbeitet werden.

2.1 Level des autonomen Fahrens

Die Klassifizierung autonomer Fahrsysteme basiert auf der „SAE J 3016“-Norm, welche von der Society of Automotive Engineers (SAE) 2016 eingeführt wurde. Die Level des autonomen Fahrens reichen von Level Null, welche über keinerlei Automatisierung verfügt, bis Level Fünf, bei denen alle Fahraufgaben jederzeit ohne menschliche Eingriffe bewältigt werden können.

Grundlegende Einteilung des autonomen Fahrens:

- Level 0 = keine Fahrautomatisierung
- Level 1 = Fahrerunterstützung
- Level 2 = Teilweise Automatisierung des Fahrens
- Level 3 = Bedingte Fahrautomatisierung
- Level 4 = Hochautomatisiertes Fahren
- Level 5 = Vollautomatisiertes Fahren (SAE J3016_202104, 2023)

Level 0:

Das Fahrzeug wird vollständig vom Fahrer gesteuert, auch wenn unterstützende Systeme vorhanden sind (SAE J3016_202104, 2023).

Level 1:

Der Fahrer muss die Kontrolle über das Fahrzeug behalten, wird jedoch durch einzelne Fahrerassistenzsysteme bei der Fahrzeugbedienung in Längs- oder Querverführung unterstützt. So sorgt beispielsweise der adaptive Geschwindigkeitsregler dafür, dass der Mindestabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug eingehalten wird, indem er automatisch bremst oder beschleunigt (SAE J3016_202104, 2023).

Level 2:

Der Fahrer muss den Verkehr aktiv beobachten und jederzeit bereit sein, die Kontrolle über das Fahrzeug zu übernehmen. Fahrerassistenzsysteme übernehmen unter bestimmten Bedingungen die Längs- und Querverführung, sodass beispielsweise bei der Fahrt auf der Autobahn gleichzeitig die Spur gehalten, gebremst beziehungsweise beschleunigt wird. Hierfür werden verschiedene Fahrerassistenzsysteme, wie zum Beispiel ACC, Spurhalteassistent und gegebenenfalls der Überhaltassistent, miteinander kombiniert (SAE J3016_202104, 2023).

Level 3:

Der Fahrer muss den Verkehr im bestimmten Anwendungsfall nicht aktiv beobachten, sondern darf sich vorübergehend von der Fahraufgabe und dem Verkehr abwenden, wird jedoch bei Bedarf innerhalb einer Vorwarnzeit vom System aufgefordert die Kontrolle über das Fahrzeug zu übernehmen. Je nach Verkehrssituation kann das Fahrzeug eigenständig überholen, beschleunigen oder bremsen.

Level 4:

Der Fahrer kann die Fahrzeugführung im bestimmten Anwendungsfall komplett an das Fahrzeug übergeben und sich anderen Tätigkeiten widmen. Das System erkennt seine Grenzen und kann selbstständig einen sicheren Zustand erreichen. Somit kann das Fahrzeug beispielsweise auf die Autobahn auffahren, sich in den fließenden Verkehr einordnen, blinken, überholen, beschleunigen und bremsen, bis es schlussendlich die Autobahn wieder verlässt. Nach Beendigung des bestimmten Anwendungsfalls kann der Fahrer das Steuer wieder übernehmen, sollte dies nicht geschehen, übernimmt das System die Erreichung eines sicheren Zustandes, indem es beispielsweise einen Parkplatz ansteuert (SAE J3016_202104, 2023).

Level 5:

Das System ist in der Lage, alle Fahraufgaben in allen Situationen selbstständig zu bewältigen, ohne dass ein Eingriff der Fahrzeuginsassen benötigt wird. In einem Fahrzeug des Levels 5 sind keinerlei physischen Steuerelemente wie Lenkrad oder Pedale vorhanden, die von einem Fahrer betätigt werden können. Somit werden alle Fahrzeuginsassen zu Passagieren ohne Fahraufgabe und auch eine Fahrt ohne Fahrzeuginsassen ist möglich (SAE J3016_202104, 2023).

2.2 Sensortechnik

Moderne Fahrerassistenzsysteme beobachten mithilfe von Sensoren das Fahrzeugumfeld und können durch deren Informationen bei Gefahren warnen oder in die Fahrzeugführung eingreifen. Dadurch sind die Genauigkeit und Fehlerfreiheit der Sensordaten, insbesondere bei sicherheitskritischen Fahrerassistenzsystemen, welche in das Lenkverhalten des Fahrzeugs eingreifen, entscheidend für die Funktion der Fahrerassistenzsysteme. Jedoch sind die Kosten für diese Systeme ein ausschlaggebender Bestandteil für die Marktakzeptanz, wodurch sich deren Anzahl sowie die Kosten für die Sensoren bis auf das Notwendigste reduzieren.

Radarsensoren:

Radarsensoren erkennen Objekte anhand der Signalstärke der reflektierten Wellen und messen die Position sowie die Relativgeschwindigkeit in Bezug auf das eigene Fahrzeug. Je nach verwendetem Frequenzband (24,0 – 24,25 GHz, 76 – 77 GHz, 77 – 81 GHz oder 21,65 – 26,65 GHz) besitzen diese eine Reichweite von durchschnittlich 40 m bis 200 m, mit einem Öffnungswinkel von 5° bis 40° (Winner and G. Wolf (Hrsg.), 2012, pp. 123–126).

Der Aufbau und die Lage der Radarsensoren unterscheiden sich gemäß Hersteller teilweise stark, sodass es gegebenenfalls zu verschiedenen Funktionsbeeinträchtigungen kommen kann. Beispielsweise können Radarsensoren, welche hinter Abdeckungen verbaut werden, durch nachträglich aufgebrachte Lackierungen hinsichtlich der Reflexion beeinträchtigt werden. Des Weiteren kann es zu horizontalen und vertikalen Fehlausrichtungen kommen, welche unter anderem durch Demontage oder als Folge eines Unfalls auftreten können.

Lidarsensoren:

Lidar (Light Detection And Ranging) ist ein optisches Messverfahren zur Entfernungsmessung und Ortung von Objekten, wobei Lichtpulse aus dem ultravioletten- beziehungsweise infraroten Spektrum oder sichtbares Licht verwendet werden. Diese ausgesendeten Lichtpulse werden, wie bei dem Radar-Verfahren, von einem Hindernis reflektiert und nachfolgend vom Sensor empfangen, woraufhin sich die Entfernung zum Hindernis ableiten lässt. Zur Bestimmung der Relativgeschwindigkeit zu einem Objekt werden mehrere aufeinanderfolgende Messungen durchgeführt und anschließend durch Differenzierung des Abstandes der Messungen ermittelt. Die Reichweite bei dem Lidar-Verfahren beträgt dabei etwa 150 m.

Durch weitere nützliche Sensorfunktionen des Lidar wie beispielsweise die Sichtweitenmessung, Tag und Nacht-Erkennung sowie die Verschmutzungserkennung ist dieses Verfahren äußerst nützlich für

die Weiterentwicklung moderner Fahrerassistenzsysteme (Winner and G. Wolf (Hrsg.), 2012, pp. 172–182).

Ultraschallsensoren:

Die Reichweite der Ultraschallsensoren ist auf unter 10 m begrenzt und findet somit hauptsächlich in den Fahrerassistenzsystemen Einparkhilfe und Totwinkelwarnung Anwendung. Zur Messung der Entfernung wird durch einen Ultraschallwandler, welcher mittels piezoelektrischen Effekts ein elektrisches Signal in ein Schallsignal umwandelt, Ultraschall erzeugt und nach der Reflexion am Hindernis wieder empfangen. Anhand dieser Zeitspanne kann unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren die Entfernung zum Hindernis bestimmt werden. Um einen großen Erfassungsbereich mit möglichst wenigen Sensoren abzudecken, beträgt der Öffnungswinkel circa 120°.

Allerdings ist die Reflexionsstärke bei Ultraschall materialabhängig, sodass manche Hindernisse den Schall stärker beziehungsweise schwächer reflektieren. Des Weiteren werden Hindernisse, welche sich unter- oder oberhalb des Schalls befinden (z.B. Schranken) nicht erfasst. Auch eine Beschädigung im Bereich des Ultraschallsensors kann zu einer fehlerhaften Erkennung führen (Winner and G. Wolf (Hrsg.), 2012, pp. 110–120).

Kamera:

Kamerabasierte Fahrerassistenzsysteme besitzen ein breites Funktionsspektrum und können hinsichtlich ihrer Anwendungsaufgabe in unterschiedliche Kategorien unterteilt werden. Ein Beispiel sind Kameras zur Umfeld Erkennung, welche einen großen Blickwinkel abdecken und somit dem Fahrer, durch Überlappung der einzelnen Blickfelder, eine 360° Darstellung des Fahrzeugs darstellen. Bei Kameras im sichtbaren Spektralbereich werden die Bilder direkt ausgewertet und für die jeweilige Fahrerassistenzfunktion abgeleitet. Somit kann das System die Hindernisse kategorisieren und den Fahrer warnen oder selbst in die Fahrzeugführung eingreifen.

Zur Minimierung der Funktionsbeeinträchtigungen müssen Kameras weitestgehend sauber gehalten werden, da bereits Streusalz oder Staubablagerung zur Verschlechterung der Bildqualität führen und somit das Fahrerassistenzsystem nicht mehr einwandfrei funktioniert (Winner and G. Wolf (Hrsg.), 2012).

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung hinsichtlich einiger Vor- und Nachteile der zuvor beschriebenen Sensoren.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Sensortechniken (Winner and G. Wolf (Hrsg.), 2012)

Sensortechnik	Vorteile	Nachteile
Radarsensoren	• Hohe Reichweite • Unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen	• Teuer • Geringer Öffnungswinkel
Lidarsensoren	• Geschützter Einbau • Präzise Entfernungsmessung	• Empfindlich gegen Umwelteinflüsse
Ultraschallsensoren	• Kostengünstig • Großer Öffnungswinkel	• Kurze Reichweite • Empfindlich gegen Umwelteinflüsse
Kamera	• Gute Auflösung • Objekterkennung	• Empfindlich gegen Umwelteinflüsse

2.3 Haftungsmöglichkeiten beim autonomen Fahren

Durch die zunehmende Automatisierung der Fahrzeuge im Straßenverkehr wird aktuell über eine Anpassung der Haftungsmöglichkeiten diskutiert. Einige dieser Haftungsmöglichkeiten werden nachfolgend definiert.

2.3.1 Definitionen der Haftungsmöglichkeiten

Halterhaftung:

„Wird bei dem Betrieb eines Kraftfahrzeuges ein Mensch getötet, der Körper oder die Gesundheit des Menschen verletzt oder eine Sache beschädigt, so ist der Halter verpflichtet, dem Verletzten den daraus entstehenden Schaden zu ersetzen“ (§ 7 Abs. 1 StVG).

Somit kann der Halter des Fahrzeugs für Schäden haftbar gemacht werden kann, die durch den Betrieb des Fahrzeugs im Straßenverkehr verursacht werden, auch wenn er nicht selbst der Fahrer ist. Allerdings beschreibt das StVG auch Ausnahmen, in denen die Halterhaftung ausgeschlossen ist. Dies ist unter anderem bei der Nutzung des Fahrzeugs ohne das Wissen und den Willen des Fahrzeughalters durch Dritte sowie bei der Einwirkung höherer Gewalt der Fall.

Fahrerhaftung:

„In den Fällen des § 7 Abs. 1 StVG ist auch der Führer des Kraftfahrzeugs zum Ersatz des Schadens (...) verpflichtet. Die Ersatzpflicht ist ausgeschlossen, wenn der Schaden nicht durch ein Verschulden des Führers verursacht ist“ (§ 18 Abs. 1 StVG).

Dies bedeutet, dass der Fahrer des Fahrzeugs durch sein Fehlverhalten oder seine Nachlässigkeit persönlich für die Schäden haftbar gemacht werden kann. Solche Fehlverhalten umfassen unter anderem Verstöße gegen Verkehrsregeln sowie Alkohol- und Drogeneinfluss.

Produkthaftung:

„Wird durch den Fehler eines Produktes jemand getötet, sein Körper oder seine Gesundheit verletzt oder eine Sache beschädigt, so ist der Hersteller des Produktes verpflichtet, dem Geschädigten den daraus entstehenden Schaden zu ersetzen“ (§ 1 Abs. 1 ProdHaftG).

Die Produkthaftung fokussiert sich somit auf den Hersteller und dessen Verantwortung für fehlerhafte Erzeugnisse des von ihm in Verkehr gebrachten Produktes. Jedoch betrifft dies nicht nur die Automobilhersteller, sondern ebenso Softwarehersteller, Kommunikationsdienstleister und gegebenenfalls die Zulieferer eines Bauteils / Rohstoffs (S. Laimer and Perathoner (Hrsg.), 2022, pp. 113–117).

Straßeninfrastruktur:

Eine weitere wichtige Rolle beim autonomen Fahren stellt die Verkehrsinfrastruktur dar. Somit sind zusätzliche Infrastrukturmaßnahmen seitens des Staates nötig, um eine Kommunikation mit den Fahrzeugen zu ermöglichen. Außerdem sind die Fahrerassistenzsysteme auf ordnungsgemäß ausgebaute und instandgehaltene Straßen angewiesen. Sollten Probleme in der Infrastruktur auftreten, so könnten ebenfalls die Verantwortlichen haftbar gemacht werden (S. Laimer and Perathoner (Hrsg.), 2022, pp. 116–117).

2.3.2 Vor- und Nachteile der Haftungsmöglichkeiten

Bei der Produkt-/ Herstellerhaftung ist die Verantwortlichkeit im Falle eines Verkehrsunfalls eindeutig definiert, wodurch die Hersteller dazu angehalten sind, strengere Qualitätskontrollen und Tests durchzuführen, sodass ihre Produkte zuverlässig und sicher sind. Dies trägt weiterhin dazu bei, das Vertrauen des Verbrauchers zu stärken. Jedoch führt dies zu erhöhten Kosten für die Forschung, Entwicklung und Herstellung, was sich wiederum am Preis des Fahrzeugs widerspiegelt. Außerdem könnte eine Umstellung auf diese Haftungsmöglichkeit dazu führen, dass die Hersteller aufgrund der Haftungsfrage zögern, neue autonome Technologien einzuführen.

Die Halterhaftung ist technikneutral und legt die Verantwortung im Falle eines Unfalls auf den Halter des Fahrzeugs fest. Dies gilt jedoch auch im Falle eines technischen Defekts, welcher außerhalb des Kontrollbereichs des Halters liegt. Ein weiterer Vorteil der Halterhaftung besteht darin, dass der Geschädigte bei der Pflichtversicherung des Unfallgegners, auf unkompliziertem Weg, Schadenersatz in Anspruch nehmen kann.

Schlussendlich besitzen alle Haftungsmöglichkeiten verschiedene Vor- und Nachteile, sodass eine Anpassung der Haftungsart weiterhin diskutiert werden muss. Wenngleich die Automatisierung in den Fahrzeugen stets voranschreitet, gibt es immer noch zahlreiche Verkehrsunfälle, bei denen moderne Fahrerassistenzsysteme involviert sind (Blochwitz, 2023).

3 Verkehrsunfälle mit modernen Fahrerassistenzsystemen

Moderne Fahrerassistenzsysteme unterstützen den Fahrer in verschiedenen Fahrsituationen und können somit zur Sicherheit im Straßenverkehr beitragen. Jedoch kommt es regelmäßig zu Verkehrsunfällen mit neuartigen Fahrzeugen, bei denen das Fahrerassistenzsystem nicht oder nur beschränkt eingegriffen hat, obwohl es die dafür erforderlichen Funktionen besitzt.

In den folgenden Kapiteln sind einige dieser Verkehrsunfälle aufgeführt, welche im Laufe des Fachpraktikums oder kurze Zeit vorher stattgefunden haben. Außerdem wird ein Verkehrsunfall beschrieben, welcher mithilfe von modernen Fahrerassistenzsystemen möglicherweise hätte vermieden werden können.

3.1 Verkehrsunfall V1

Schadentag:	02.08.2022
Gutachtennummer:	1OOSL 22239
Fahrzeug des Verursachers:	Hyundai Kona
Baujahr:	2019
Relevante Assistenzsysteme:	- Autonome Notbremsfunktion - Fahrerassistenz-Paket - Einparkhilfe vorn und hinten - Querverkehrs-Assistent

Kurze Beschreibung des Unfallhergangs:

Der Fahrer des Hyundai Kona fuhr mit geringer Geschwindigkeit entlang einer Strecke und übersah dabei ein stehendes Fahrzeug. Dadurch kam es zu einem Auffahrunfall, ohne dass ein Fahrerassistenzsystem eine (Not)Bremsung durchführte.

Schaden am Fahrzeug (Kaskoschaden):

Durch die frontale Kollision wurde die Frontverkleidung eingedrückt, das Kennzeichen deformiert sowie die Scheinwerfer und Blenden beschädigt. Außerdem wurden die PDC-Sensoren eingedrückt und der Kühlergrill ist gebrochen.



Abbildung 1: Schadenbereich Hyundai Kona

3.2 Verkehrsunfall V2

Schadentag: 09.02.2023

Gutachtennummer: 1OTHL 23176

Fahrzeug des Verursachers: BMW 5er Hybrid

Baujahr: 2020

Relevante Assistenzsysteme: - Auffahrwarnsystem mit Bremsfunktion
- Park-Distance-Control (PDC) vorn und hinten
- Heckaufprall-Vermeidung
- Querverkehrs-Assistent

Kurze Beschreibung des Unfallhergangs:

Der Fahrer des BMW 5er Hybrid passierte auf der Strecke die gesuchte Einfahrt, bremste ab und entschied sich, rückwärts zur Einfahrt zu fahren. In diesem Vorgang übersah er das nachfolgende Fahrzeug und kollidierte ungebremst damit, ohne dass ein Fahrerassistenzsystem eine (Not)Bremsung durchführte. Bei der Unfallprotokollierung stellte sich heraus, dass die Sensoren am Heck des Fahrzeugs verschmutzt waren.

Schaden am Fahrzeug des unverschuldeten Verkehrsunfallbeteiligten:

Durch die linksseitige Kollision an der Fahrzeugfront des VW Polo IV wurde die Frontverkleidung eingedrückt und dabei plastisch verformt. Das Kennzeichen wurde ebenfalls beschädigt.



Abbildung 2: Schadenbereich VW Polo IV

3.3 Verkehrsunfall V3

Schadentag:	14.03.2023
Gutachtennummer:	1OLÜL 23069
Fahrzeug des Verursachers:	Mazda CX-30
Baujahr:	2019
Relevante Assistenzsysteme:	- Auspark-Assistent - City-Notbremsassistent - City-Notbremsassistent Plus, rückwärts - Querverkehrs-Assistent Front

Kurze Beschreibung des Unfallhergangs:

Der Fahrer des Mazda CX-30 beabsichtigte rückwärts vom Parkplatz auszuparken, übersah jedoch den Renault Kangoo und es kam zur Kollision, ohne dass ein Fahrerassistenzsystem eine (Not)Bremsung durchführte.

Schaden am Fahrzeug des unverschuldeten Verkehrsunfallbeteiligten:

Durch die rechtsseitige Kollision am Fahrzeugheck wurde die Heckverkleidung eingedrückt, sowie die Stoßfängerecke/ Stoßleiste hinten rechts beschädigt. Der Strahler hinten rechts ist gebrochen und die Abdeckung an der D-Säule verkratzt. Die Lackierung an der Heckklappe und der rechten Seitenwand wurden durch die aufgeschobene Heckverkleidung beschädigt.



Abbildung 3: Schadenbereich Renault Kangoo

3.4 Verkehrsunfall V4

Schadentag: 03.08.2023

Gutachtennummer: 1OAIL 23223

Fahrzeug des Verursachers: Lexus RX 450 H

Baujahr: 2015

Relevante Assistenzsysteme: - Pre-Crash Safety System mit Fußgängererkennung
- Lexus Safety Systems
- Assistenz-Paket Plus

Kurze Beschreibung des Unfallhergangs:

Der Fahrer des Lexus RX 450 H wollte vorwärts aus der Parklücke ausparken, übersah dabei jedoch ein querendes Fahrzeug und es kam zur streifenden Kollision, ohne dass ein Fahrerassistenzsystem ein (Not)Bremsung durchführte.

Schaden am Fahrzeug:

Durch den streifenden Anstoß an der Fahrzeugfront wurde die Frontverkleidung überdrückt und ist gerissen. Dadurch sind weitere Anbauteile wie Spoiler, Blenden, Abdeckungen, Zierrahmen und Grill gebrochen.



Abbildung 4: Schadenbereich Lexus RX 450 H

3.5 Verkehrsunfall V5 - Verbesserungsvorschlag

Schadentag: 18.08.2023

Gutachtennummer: 10OSL 23238

Beteiligtes Fahrzeug: Kia Sportage

Baujahr: 2020

Kurze Beschreibung des Unfallhergangs:

Der Beifahrer des Kia Sportage wollte das Fahrzeug verlassen und übersah dabei einen Radfahrer, welcher in höherer Geschwindigkeit von hinten am Fahrzeug vorbeifahren wollte. Dabei kam es zur Kollision zwischen dem Radfahrer und der Beifahrertür.

Schaden am Fahrzeug:

Durch die Kollision des Fahrrads mit der Fahrzeughür kam es im Innenbereich der Beifahrertür zu Deformationen sowie zur Stauchung des Türfeststellers.



Abbildung 5: Schadenbereich Kia Sportage

Verbesserungsvorschlag hinsichtlich der Fahrerassistenzsysteme:

Das moderne Fahrerassistenzsystem „Ausstiegswarnung“ hätte eine Kollision mit dem Radfahrer verhindern können, indem es den Fahrzeuginsassen beim Verlassen des Fahrzeugs audiovisuell (Warnton und Blinken im Außenspiegel) auf andere Verkehrsteilnehmer hinweist.

3.6 Auswertung der Verkehrsunfälle

Bei dem Verkehrsunfall 1 hätte das System den Fahrer rechtzeitig warnen und schlussendlich eine (Not)Bremsung durchführen müssen. Weshalb es zum Versagen des Fahrerassistenzsystems kam, lässt sich anhand der zur Verfügung stehenden Daten nicht ermitteln, jedoch könnte eine Fehlausrichtung der Sensoren ein möglicher Grund dafür sein.

Der Verkehrsunfall 2 hingegen hätte möglicherweise durch sachgemäße Pflege des Fahrzeugs vermieden werden können, da eine Verschmutzung der Sensoren zur Funktionsbeeinträchtigung des Fahrerassistenzsystems führt.

Die Ausparkunfälle (Verkehrsunfälle 3 und 4) deuten wiederum nicht unmittelbar auf menschliches Versagen hin, sondern zeigen eine Funktionsbeeinträchtigung der Sensoren auf. Diese hätten durch eine ordnungsgemäße Funktion der Fahrerassistenzsysteme vermieden werden können.

Schlussendlich erkennt man mithilfe der aufgeführten Verkehrsunfälle, dass es trotz moderner Fahrerassistenzsysteme zur Kollision kommen kann. Dies spiegelt sich ebenfalls in der folgenden Aufzeichnung des Statistischen Bundesamtes wider.

In der Abbildung 6 ist der Verlauf der Verkehrsunfälle von 1992 bis 2022, sowie eine lineare Trendlinie dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass die Anzahl der Verkehrsunfälle in den letzten Jahrzehnten tendenziell zugenommen hat. Jedoch muss hierzu erwähnt werden, dass die Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes in Deutschland in den letzten Jahrzehnten ebenfalls kontinuierlich angestiegen ist (Umweltbundesamt, 2023).

Durch das Verhältnis der Anzahl der Verkehrsunfälle mit dem Kraftfahrzeugbestand des jeweiligen Kalenderjahres ergibt sich ein annähernd gleichbleibender Wert, welcher sich durchschnittlich zwischen 4,3 % und 5,5 % befindet.

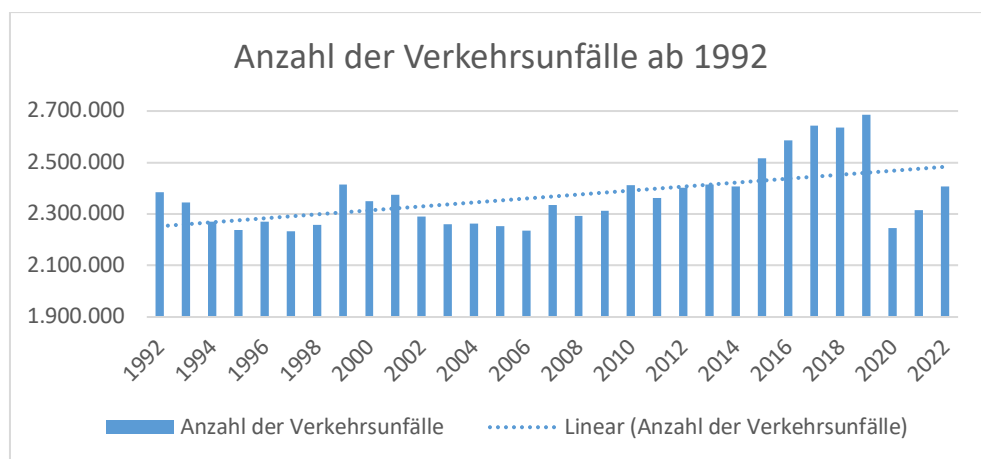


Abbildung 6: Anzahl Verkehrsunfälle (Statistisches Bundesamt, 2023)

In Abbildung 7 hingegen ist eine deutliche Abnahme der Verkehrsunfälle mit Personenschaden zu sehen. Der Unterschied zwischen 1992 und 2022 beträgt mehr als 25%.

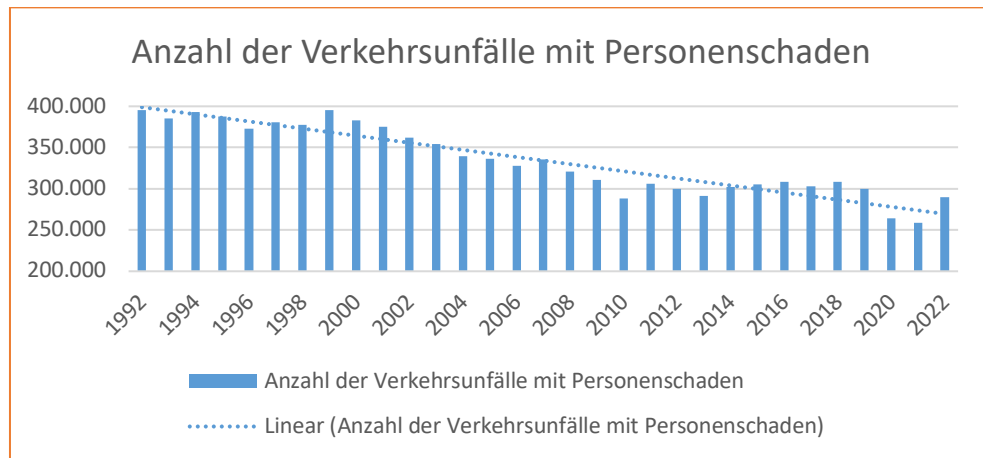


Abbildung 7: Anzahl Verkehrsunfälle mit Personenschaden (Statistisches Bundesamt, 2023)

Zur Ermittlung der Grenzen der modernen Fahrerassistenzsysteme werden im folgenden Kapitel Testreihen entwickelt, welche sich an den zuvor dokumentierten Verkehrsunfällen orientieren.

Dabei wird hauptsächlich die Fahrsituation des Parkens (vor- und rückwärts), unter verschiedenen Einflussfaktoren, untersucht.

4 Fahrzeug-Testreihe

Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die Ziele der Fahrzeug-Testreihe (Kapitel 4.1) sowie das verwendete Testfahrzeug (Kapitel 4.2). In Kapitel 4.3 werden die Testreihen kurz beschrieben, die Ergebnisse dokumentiert und schließlich in Kapitel 4.4 ausgewertet.

4.1 Ziel der Fahrzeug-Testreihe

Die folgenden Testreihen dienen der Ermittlung der Grenzen und Fähigkeiten der modernen Fahrerassistenzsysteme des nachfolgend beschriebenen Fahrzeugs. Dabei wird untersucht, unter welchen Bedingungen das Fahrerassistenzsystem in die Fahraufgabe eingreift, um somit potenzielle Gefahren zu vermeiden. Zur Bestimmung dieser Grenzen werden verschiedene große Hindernisse mit unterschiedlichen Materialien verwendet.

Die Fahrzeug-Testreihe umfasst dabei folgende Fahraufgaben:

- Parken (vor- und rückwärts) mit stehendem Hindernis in der Parklücke
- Parken (vor- und rückwärts) mit hineingleitendem Hindernis
- Parken (vor- und rückwärts) per Fernbedienung mit stehendem Hindernis in der Parklücke
- Parken (vor- und rückwärts) per Fernbedienung mit hineingleitendem Hindernis
- Geradeausfahrt auf ein stehendes Hindernis

4.2 Beschreibung des Testfahrzeugs

Bei dem Testfahrzeug handelt es sich um einen Kia Sorento 1.6 T-GDI Plug-in Hybrid, Baujahr 2021. Folgende Fahrerassistenzsysteme sind bei dem Fahrzeug in Serie enthalten:

- Abstandsregeltempomat
- Heckaufprall-Vermeidung
- Einparkhilfe vorn
- Einparkhilfe hinten
- Frontkollisionswarnung mit Fußgänger- und Fahrraderkennung
- Ausstiegswarnung

- Querverkehrs-Assistent
- Aktiver Totwinkel-Assistent
- Insassenalarm
- Intelligenter Geschwindigkeitsbegrenzer
- Stauassistent
- Autobahnassistent
- Aktiver Spurhalteassistent
- Müdigkeitserkennungs-Sensor
- Bergabfahr-Assistent
- Berganfahr-Assistent
- Remote Smart Parking Assist (RSPA)
- Fernlichtassistent ('Deutsche Automobil Treuhand (DAT)', 2023)



Abbildung 8: Testfahrzeug Kia Sorento

4.3 Versuchsdurchführung

Die folgenden Testreihen werden mit demselben Fahrzeug unter annähernd gleichen Witterungs- und Straßenbedingungen durchgeführt, um jeglichen Einfluss dieser Faktoren auszuschließen.

Das Fahrzeug fährt dabei mit einer konstanten Geschwindigkeit von rund 5 km/h auf ein Hindernis mit den Maßen 50 x 75 cm (Breite x Höhe). Abweichungen zu den Werten sind in der jeweiligen Testreihe beschrieben.

4.3.1 Testreihe 1

Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Testreihe 1 hat der Fahrer die Aufgabe, das Fahrzeug mittels des Gaspedals rückwärts in eine vorgegebene Parklücke einzuparken, wobei die Herausforderung darin besteht, dass sich in der Parklücke ein Hindernis befindet.

Der Dummy hat eine Größe von 170 cm und trägt Kleidung ein Baumwoll-Oberteil sowie eine Jeanshose.

Dokumentation der Testergebnisse

Tabelle 2: Dokumentation Testreihe 1

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pappkarton											
	Angefahren								X		X
	Abstand zum Hindernis [cm]	20	20	5	20	20	15	5		15	
Dummy											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	30	35	25	25	25	20	35	30	30	30
Pappkarton mit Decke (86% Polyacryl)											
	Angefahren	X	X	X	X			X	X		X
	Abstand zum Hindernis [cm]					15	5			5	
Pappkarton mit Polyethylen-Plane											
	Angefahren	X							X	X	
	Abstand zum Hindernis [cm]		15	20	15	10	15	10			5

Pappkarton mit Luftpolsterfolie											
	Angefahren		X	X	X						
	Abstand zum Hindernis [cm]	10				25	10	15	15	5	25
Pappkarton mit Alufolie											
	Angefahren				X						
	Abstand zum Hindernis [cm]	25	25	20		15	20	20	15	25	20

4.3.2 Testreihe 2

Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Testreihe 2 hat der Fahrer die Aufgabe, das Fahrzeug mittels des Gaspedals vorwärts in eine vorgegebene Parklücke einzuparken, wobei die Herausforderung darin besteht, dass sich in der Parklücke ein Hindernis befindet. Der Dummy hat eine Größe von 170 cm und trägt Kleidung ein Baumwoll-Oberteil sowie eine Jeanshose.

Dokumentation der Testergebnisse

Tabelle 3: Dokumentation Testreihe 2

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pappkarton											
	Angefahren	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Abstand zum Hindernis [cm]										
Pappkarton mit Aluminiumfolie											
	Angefahren	X	X	ABBRUCH							
	Abstand zum Hindernis [cm]										
Pappkarton mit Luftpolsterfolie											
	Angefahren	X	ABBRUCH								
	Abstand zum Hindernis [cm]										
Dummy											
	Angefahren							X			
	Abstand zum Hindernis [cm]	15	20	20	15	25	10		15	20	15

4.3.3 Testreihe 3

Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Testreihe 3 wird das Fahrzeug per Fernbedienung, von außen, rückwärts in eine vorgegebene Parklücke eingeparkt, wobei die Herausforderung darin besteht, dass sich in der Parklücke ein Hindernis befindet. Der Dummy hat eine Größe von 170 cm und trägt Kleidung ein Baumwoll-Oberteil sowie eine Jeanshose.

Dokumentation der Testergebnisse

Tabelle 4: Dokumentation Testreihe 3

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pappkarton											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	25	25	25	20	35	25	10	30	5	40
Pappkarton mit Aluminiumfolie											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	35	30	30	35	30	30	40	25	30	30
Pappkarton mit Decke (86% Polyacryl)											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	30	35	25	25	30	25	25	30	30	20
Dummy											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	35	35	40	35	25	25	35	35	30	30

4.3.4 Testreihe 4

Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Testreihe 4 wird das Fahrzeug per Fernbedienung, von außen, vorwärts in eine vorgegebene Parklücke eingeparkt, wobei die Herausforderung darin besteht, dass sich in der Parklücke ein Hindernis befindet. Der Dummy hat eine Größe von 170 cm und trägt Kleidung ein Baumwoll-Oberteil sowie eine Jeanshose.

Dokumentation der Testergebnisse

Tabelle 5: Dokumentation Testreihe 4

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pappkarton											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	110	40	30	35	35	30	35	35	40	30
Pappkarton mit Aluminiumfolie											
	Angefahren			X							
	Abstand zum Hindernis [cm]	40	30		40	40	35	40	40	35	40
Pappkarton mit Decke (86% Polyacryl)											
	Angefahren									X	X
	Abstand zum Hindernis [cm]	30	40	35	30	45	45	40	25		
Dummy											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	40	45	40	40	35	45	45	40	35	35

4.3.5 Testreihe 5

Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Testreihe 5 wird das Fahrzeug per Fernbedienung, von außen, rückwärts in eine vorgegebene Parklücke eingeparkt, wobei die Herausforderung darin besteht, dass sich ein Hindernis in die Parklücke hineinbewegt.

Die Geschwindigkeit des gleitenden Hindernisses beträgt circa 1 m/s.

Dokumentation der Testergebnisse

Tabelle 6: Dokumentation Testreihe 5

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pappkarton											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	35	35	35	40	35	40	40	35	35	35
Pappkarton mit Aluminiumfolie											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	30	25	35	35	40	30	35	30	35	35

4.3.6 Testreihe 6

Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Testreihe 6 wird das Fahrzeug per Fernbedienung, von außen, vorwärts in eine vorgegebene Parklücke eingeparkt, wobei die Herausforderung darin besteht, dass sich ein Hindernis in die Parklücke hineinbewegt.

Die Geschwindigkeit des gleitenden Hindernisses beträgt circa 1 m/s.

Dokumentation der Testergebnisse

Tabelle 7: Dokumentation Testreihe 6

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pappkarton											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	140	35	45	50	40	40	40	15	35	80
Pappkarton mit Aluminiumfolie											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	40	40	35	40	50	50	45	40	50	45

4.3.7 Testreihe 7

Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Testreihe 7 hat der Fahrer die Aufgabe, das Fahrzeug mittels des Gaspedals rückwärts in eine vorgegebene Parklücke einzuparken, wobei die Herausforderung darin besteht, dass sich ein Hindernis in die Parklücke hineinbewegt.

Die Geschwindigkeit des gleitenden Hindernisses beträgt circa 1 m/s.

Dokumentation der Testergebnisse

Tabelle 8: Dokumentation Testreihe 7

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pappkarton											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	50	45	50	50	55	40	50	45	50	50
Pappkarton mit Aluminiumfolie											
	Angefahren										
	Abstand zum Hindernis [cm]	45	40	55	50	50	45	45	50	50	50

4.3.8 Testreihe 8

Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Testreihe 8 hat der Fahrer die Aufgabe, das Fahrzeug mittels des Gaspedals vorwärts in eine vorgegebene Parklücke einzuparken, wobei die Herausforderung darin besteht, dass sich ein Hindernis in die Parklücke hineinbewegt.

Die Geschwindigkeit des gleitenden Hindernisses beträgt circa 1 m/s.

Dokumentation der Testergebnisse

Tabelle 9: Dokumentation Testreihe 8

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pappkarton										
Angefahren	X	X	ABBRUCH							
Abstand zum Hindernis [cm]										
Pappkarton mit Aluminiumfolie	X	X	ABBRUCH							
Angefahren										
Abstand zum Hindernis [cm]										

4.3.9 Testreihe 9

Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Testreihe 9 hat der Fahrer die Aufgabe, das Fahrzeug mittels des Gaspedals rückwärts beziehungsweise vorwärts in eine vorgegebene Parklücke einzuparken, wobei die Herausforderung darin besteht, dass sich in der Parklücke ein größeres Hindernis (170 x 110 cm (Breite x Höhe)) befindet. Ziel ist es herauszufinden, ob die Größe des Hindernisses einen Einfluss auf die Reaktion des Fahrerassistenzsystems hat.

Dokumentation der Testergebnisse

Tabelle 10: Dokumentation Testreihe 9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rückwärts										
Pappkarton										
Angefahren	X		X							
Abstand zum Hindernis [cm]		5		20	10	5	5	20	10	5
Pappkarton mit Decke (86% Polyacryl)										
Angefahren	X		X		X	X		X		X
Abstand zum Hindernis [cm]		15		5			15		15	

Pappkarton mit Polyethylen-Plane											
	Angefahren	X			X						
	Abstand zum Hindernis [cm]		15	5		15	5	10	10	10	10
Vorwärts											
Pappkarton											
	Angefahren	X	X	ABBRUCH							
	Abstand zum Hindernis [cm]										

4.3.10 Testreihe 10

Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Testreihe 10 hat der Fahrer die Aufgabe, das Fahrzeug auf gerader Strecke auf 30 km/h zu beschleunigen und anschließend den adaptiven Geschwindigkeitsregler (ACC) sowie den Spurhalteassistenten zu aktivieren. Während des weiteren Streckenabschnittes befindet sich ein Hindernis auf der Fahrbahn.

Dokumentation der Testergebnisse

Tabelle 11: Dokumentation Testreihe 10

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pappkarton											
	Angefahren	X	X	X	ABBRUCH						
	Abstand zum Hindernis [cm]										
Pappkarton mit Aluminiumfolie											
	Angefahren	X	ABBRUCH								
	Abstand zum Hindernis [cm]										
Pappkarton 170 x 110 cm (Breite x Höhe)											
	Angefahren	X	ABBRUCH								
	Abstand zum Hindernis [cm]										

Pappkarton 170 x 110 cm (Breite x Höhe) mit Polyethylen-Plane											
	Angefahren	X	ABBRUCH								
	Abstand zum Hindernis [cm]										

4.4 Auswertung der Fahrzeug-Testreihe

In 26,6 % der Versuche wurde das Hindernis in der Testreihe 1 angefahren, jedoch wird erkennbar, dass dies Material- und Formabhängig ist. So wurde der lebensgroße Dummy in jedem Versuch erkannt, was zur Realisierung einer Notbremsung durch das Fahrerassistenzsystem führte. Der durchschnittliche Abstand zum Hindernis beträgt in diesem Versuch knapp 30 cm. Bei den Hindernissen „Pappkarton“ und „Pappkarton mit Alufolie“ reagierte das System bei insgesamt 85 % der Versuche, wodurch es lediglich zu 3 Kollisionen kam. Die größte Durchfallquote weist das Hindernis „Pappkarton mit Decke (86% Polyacryl)“ auf, bei dem es in 70 % der Versuche zur Kollision kam. Grund dafür könnte die Beeinträchtigung der Sensoren durch weiche Materialien sein, welche einen Großteil der ausgesendeten Wellen absorbieren.

Die Testreihe 2 zeigt, dass das Fahrzeug in 90 % der Versuche den Dummy erkannt und eine Notbremsung durchgeführt hat. Allerdings reagierte das Fahrerassistenzsystem in den weiteren Versuchen nicht, weshalb 2 davon vorzeitig abgebrochen wurden. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die Fahrerassistenzsysteme eine Klassifizierung der Hindernisse durchführten und somit aufgrund der menschlichen Form des Dummys eingegriffen. Die weiteren Hindernisse stellten für das Fahrerassistenzsystem vermutlich keine Gefährdung für die Insassen oder für andere Verkehrsteilnehmer dar.

Bei der Testreihe 3, bei der das Fahrzeug per Fernbedienung von außen gesteuert wurde, konnte das Fahrerassistenzsystem in 100 % der Versuche das Hindernis erkennen und somit eine Notbremsung durchführen. Auch in der Testreihe 4 konnte ein positives Ergebnis erzielt werden, in dem das Fahrerassistenzsystem in 92,5 % der Versuche eine Notbremsung durchführte. Jedoch kam es bei dem Hindernis „Pappkarton mit Decke (86 % Polyacryl)“ zu 2 Anstößen, bei denen die Sensoren möglicherweise ebenfalls durch die Absorption der ausgesendeten Wellen beeinträchtigt wurden.

In den Testreihen 5 bis 8 änderte sich das Hindernis von einem stehendem zu einem bewegenden Objekt. Dabei ist erkennbar, dass das Fahrerassistenzsystem bei der Fahrzeugbedienung per Fernbedienung von außen in 100 % der Versuche eine Notbremsung durchführt. Im Vergleich zwischen Testreihe 7 und Testreihe 8 wird deutlich, dass das System beim rückwärts fahren zuverlässig eingriff, jedoch bei der vorwärts Fahrt in jedem Versuch versagt hat.

Zur Ermittlung Größeneinflusses des Hindernisses, wurde in der Testreihe 9 ein Hindernis mit den Maßen 170 x 110 cm (Breite x Höhe) verwendet. Allerdings zeigt der Vergleich zwischen den Tabellen 2, 3 und 9, dass die Größe des Hindernisses, bei gleichbleibendem Material, keinen nennenswerten Einfluss auf die Reaktion des Fahrerassistenzsystems hat.

Abschließend wurde die Reaktion des Fahrerassistenzsystems bei konstanter Geschwindigkeit von 30 km/h auf ein stehendes Hindernis untersucht. Jedoch erkennt man in Tabelle 10, dass dieser Test unter verschiedenen Bedingungen gescheitert ist. Ein Grund dafür könnte sein, dass das Fahrerassistenzsystem die Hindernisse zwar erkannt, jedoch aufgrund der reflektierten Wellen als ungefährliche Objekte klassifiziert hat.

Die Abbildung 9 zeigt den Vergleich des rückwärts- und vorwärts Einparken durch die Betätigung des Fahrers.

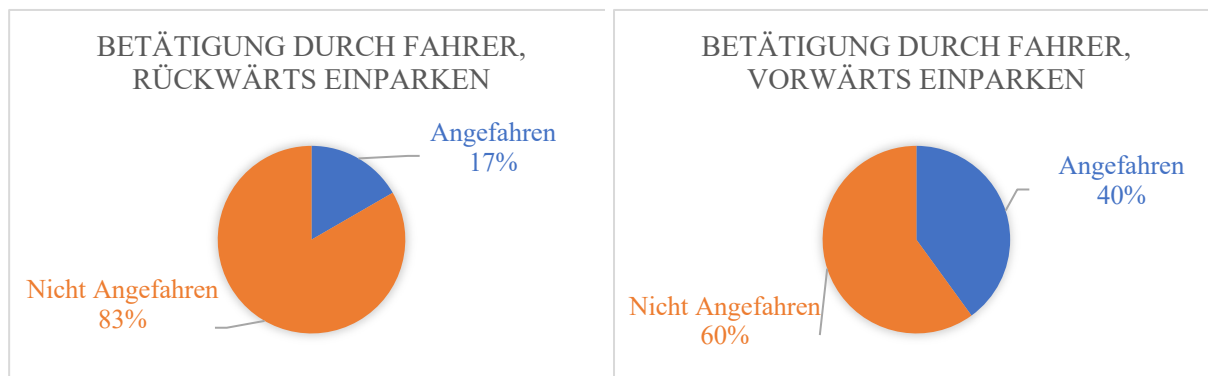


Abbildung 9: Grafische Zusammenfassung der Testreihen 1, 2 sowie 7 und 8

Im Folgenden werden die Testreihen 3 bis 6 in Abbildung 10 gegenübergestellt.



Abbildung 10: Grafische Zusammenfassung der Testreihen 3 bis 6

5 Zusammenfassung und Ausblick

In Deutschland ist laut § 1a StVG der Betrieb eines Kraftfahrzeugs bis hin zum Level 5 des autonomen Fahrens zulässig. Um dies zuverlässig umsetzen zu können, ist eine stetige Weiterentwicklung der modernen Fahrerassistenzsysteme sowie deren Sensortechnik erforderlich. Außerdem ist eine Modernisierung und Instandsetzung der aktuellen Straßeninfrastruktur nötig, um den Anforderungen des autonomen Fahrens gerecht zu werden. Eine weitere Hürde im Laufe der Entwicklung des autonomen Fahrens stellt die Haftungsfrage dar. Dazu sind in Kapitel 2.3 einige Haftungsmöglichkeiten aufgelistet, welche jedoch bei fortschreitender Automatisierung angepasst werden müssen.

Unter Kapitel 3 wird erkennbar, dass es trotz moderner Fahrerassistenzsysteme zur Kollision mit anderen Verkehrsteilnehmern kommt. Einerseits lassen sich menschliche Einflüsse daraus ableiten, bei denen das Fahrzeug beziehungsweise die Sensortechnik nicht ordnungsgemäß instandgehalten wurde. Andererseits weisen die Fahrerassistenzsysteme Funktionsbeeinträchtigungen auf, die schlussendlich dazu führen, dass diese eine Kollision derzeit nicht verhindern können. Diese Grenzen der modernen Fahrerassistenzsysteme wurden in der Testreihe unter Kapitel 4 untersucht und zeigen gewisse Parallelen zu den dokumentierten Verkehrsunfällen auf. Basierend auf diesen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass fortlaufende Anpassungen und Entwicklungen bezüglich der Fahrerassistenzsysteme erforderlich sind, bis schließlich das vollständig autonome Fahren im Straßenverkehr möglich ist

.

Literaturverzeichnis

Blochwitz, J. (2023) ‘Interview mit Frau Blochwitz, Teilnahme am deutschen Verkehrsgerichtstag 2023 in Goslar’.

‘Deutsche Automobil Treuhand (DAT)’ (2023). Available at: <https://www.dat.de> (Accessed: 1 June 2023).

S. Laimer and Perathoner (Hrsg.), C. (2022) *Mobilitäts- und Transportrecht in Europa Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektiven*. Springer.

SAE J3016_202104 (2023) *Taxonomie und Definitionen für Begriffe im Zusammenhang mit Fahrautomatisierungssystemen für Straßenfahrzeuge J3016_202104*. Available at: https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/.

Statistisches Bundesamt (2023) *Verkehrsunfälle und Verunglückte im Zeitvergleich (ab 1950)*. Available at: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/listenstrassenverkehrsunfaelle.html#251628>.

Umweltbundesamt (2023) *Entwicklung des Kraftfahrzeugbestands*. Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeugbestand#lange-der-verkehrswege>.

Winner, S.H.H. and G. Wolf (Hrsg.) (2012) *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*. 2. Auflage 2012. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

