

Menschen zu Fuss und automatisiertes Fahren

Situationsbeurteilung anhand des automatisierten Einparkassistenten
Oktober 2022



Projektteam

Bettina Zahnd, EBP
Remo Baumberger, EBP
Fabienne Perret, EBP
Manfred Morari, EBP
Dominik Bucheli, Fussverkehr Schweiz
Christian Hohl, Empa
Miriam Elser, Empa

EBP Schweiz AG
Mühlebachstrasse 11
8032 Zürich
Schweiz
Telefon +41 44 395 16 16
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Druck: 21. Oktober 2022
MzF&aFn_Schlussbericht.docx

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Einleitung | 4 |
| <hr/> | | |
| 2. | Grundlagen | 5 |
| 2.1 | Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren | 5 |
| 2.2 | Sensortechnologien zur Erfassung verletzlicher Verkehrsteilnehmenden | 8 |
| 2.3 | Unfälle im Strassenverkehr mit Beteiligung von Menschen zu Fuss | 10 |
| 2.4 | Interaktion von Menschen zu Fuss und Fahrzeugen | 16 |
| 2.5 | Interaktion von Menschen zu Fuss und automatisierten Fahrzeugen | 17 |
| 2.6 | Chancen und Risiken des automatisierten Fahrens in Bezug auf Nachhaltigkeit und Mischverkehr mit Fussverkehr | 18 |
| <hr/> | | |
| 3. | Versuchsanordnung | 21 |
| 3.1 | Standorte | 21 |
| 3.2 | Fahrzeuge | 23 |
| 3.3 | Kameras | 26 |
| 3.4 | Beobachtende Personen und Interviewer/innen | 27 |
| <hr/> | | |
| 4. | Methode | 28 |
| 4.1 | Beobachtungen | 28 |
| 4.2 | Teilnehmende Beobachtung und Interview | 29 |
| <hr/> | | |
| 5. | Resultate | 30 |
| 5.1 | Erkenntnisse zu den Standorten (1. Versuchstag) | 30 |
| 5.2 | Beobachtungen (1. Versuchstag) | 30 |
| 5.3 | Interviews (2. Versuchstag) | 32 |
| <hr/> | | |
| 6. | Diskussion | 34 |
| <hr/> | | |
| 7. | Fazit und Ausblick | 36 |

1. Einleitung

Automatisiertes Fahren bietet viele Chancen, auch im urbanen Raum. Menschen, die keinen Führerausweis haben und die den öffentlichen Verkehr nicht nutzen können oder wollen, können dank dem automatisierten Fahren mobiler werden, und das Mobilitätssystem kann neu organisiert werden. Die Verkehrssicherheit wird langfristig steigen, die Vernetzung bringt neue Möglichkeiten für die Verkehrssteuerung und eine flexible Kombination von ÖV und Individualverkehr.

Um ein gelingendes Zusammenspiel aller Verkehrsteilnehmenden sicherzustellen und um neue Konflikte zu vermeiden, ist u.a. eine faktenbasierte Auseinandersetzung mit der Schnittstelle von automatisierten Fahrzeugen und Menschen zu Fuss und fundiertes Wissen zur dieser Schnittstelle notwendig. Die vorliegende Studie trägt dazu bei, indem sie klärt, wie Menschen zu Fuss die fahrerlosen Fahrzeuge wahrnehmen, wie sie die Gefahr subjektiv einschätzen, ob sie ihr Verhalten anpassen und falls ja wie.

Um sich der Frage zu nähern, wie Menschen zu Fuss mit Fahrzeugen ohne lenkende Person interagieren, sollen Versuche im öffentlichen Raum durchgeführt werden. Das einzige zum Zeitpunkt der Studie in der Schweiz zugelassene Fahrerassistenzsystem, bei dem keine lenkende Person im Auto sitzt, während das Fahrzeug sich bewegt, ist der Einparkassistent. Dieser kann das Fahrzeug einige Meter vorwärts oder rückwärts bewegen, ohne dass eine Person im Fahrzeug sitzt. Mit diesem System kann folglich das automatisierte Fahren in dem Sinn simuliert werden, dass sich ein Fahrzeug ohne fahrerlenkende Person bewegt. In Feldversuchen in verschiedenen räumlichen Umgebungen in der Gemeinde Thalwil werden im Rahmen der vorliegenden Studie die Reaktionen von Menschen zu Fuss auf solche fahrerlos parkierende Fahrzeuge untersucht.

Auf Basis der Beobachtungen und der Befragungen der Menschen zu Fuss, die mit dem fahrerlos parkierenden Fahrzeug interagierten, werden Empfehlungen an die Behörden, an die AXA Stiftung für Prävention und an die Gemeinde Thalwil abgeleitet und formuliert. Diese lassen sich aufgrund des auf diese konkrete Situation beschränkten Settings noch nicht auf fahrerlose Fahrzeuge im Allgemeinen übertragen. Dazu braucht es weitere Feldversuche mit zukünftig zugelassenen Stufen des automatisierten Fahrens oder in einer Testumgebung.

2. Grundlagen

In der Literaturübersicht werden sowohl rein technische Fragestellungen als auch Fragestellungen zur Interaktion von Menschen zu Fuss und Fahrzeugen dargestellt. Im Unterkapitel 2.1 wird das automatisierte Fahren und die dazu notwendigen Sensortechnologien beschrieben. Weiter ist ein Unterkapitel den Fussgängerunfällen gewidmet. Der Forschungsstand zur Interaktion von Menschen zu Fuss und Fahrzeugen wird in zwei Unterkapiteln dargestellt. Einerseits die Interaktion mit Fahrzeugen generell und andererseits die Interaktion mit automatisierten Fahrzeugen. Den Abschluss bildet die Übersicht über Chancen und Risiken des automatisierten Fahrens für Menschen zu Fuss.

2.1 Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren

Abhängig vom Grad der Automatisierung werden Fahrzeuge mit Fahrerassistenzsystemen, automatisierten Fahrfunktionen und automatisierte Fahrzeuge nach SAE J3016 (Society of Automotive Engineering, SAE) in verschiedene Level eingeteilt (SAE International 2021).

SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™
 Learn more here: [sae.org/standards/content/j3016_202104](https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104)

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

| | SAE LEVEL 0™ | SAE LEVEL 1™ | SAE LEVEL 2™ | SAE LEVEL 3™ | SAE LEVEL 4™ | SAE LEVEL 5™ |
|--|---|--|--|--|--|---|
| What does the human in the driver's seat have to do? | You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering | | | You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in "the driver's seat" | | |
| | You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety | | | When the feature requests, you must drive | These automated driving features will not require you to take over driving | |
| | These are driver support features | | | These are automated driving features | | |
| What do these features do? | These features are limited to providing warnings and momentary assistance | These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver | These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver | These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met | This feature can drive the vehicle under all conditions | |
| Example Features | <ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning | <ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control | <ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time | <ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur | <ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed | <ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions |

Copyright © 2021 SAE International.

Abbildung 1: Stufen der Automatisierung gemäss Norm SAE J3016 (Bildquelle: sae.org).

In Level 0 übernimmt der/die Fahrer/in die dynamische Fahraufgabe vollständig. Systeme zur Unterstützung der fahrzeuglenkenden Person sind auch in Level 0 vorgesehen, wie z.B. die Servolenkung oder ABS. Bei Level 1 wird der/die Fahrer/in kontinuierlich bei seiner/ihrer Aufgabe unterstützt. Entweder in der Längs- oder Querregelung, zum Beispiel durch einen adaptiven Tempomaten oder einen Lenkassistenten.

Level 2 geht einen Schritt weiter, indem das Fahrzeug den/die Fahrer/in sowohl bei der Längs- als auch bei der Querregelung unterstützt, zum Beispiel

durch die Kombination eines adaptiven Tempomaten mit einem Lenkassistenten. Trotz Unterstützung durch diese Assistenzsysteme liegt die Kontrolle des Fahrzeuges und der Umgebung aber weiterhin bei der fahrzeuglenkenden Person. Level 2 wird auch teilautomatisiert genannt.

Level 3 geht nochmals einen Schritt weiter, indem der/die Fahrer/in in gewissen Situationen von dieser Kontrolle entbunden wird. Hierbei ist das System in der Lage, sowohl das Fahrzeug zu steuern als auch die Umwelt und das System selbst zu überwachen. Der/die Fahrer/in wird somit temporär von seiner Kontrollpflicht entbunden und kann sich währenddessen anderen Aufgaben widmen. Wichtig dabei ist, dass der/die Fahrer/in jederzeit die Kontrolle über das Fahrzeug übernehmen können muss, wenn das Fahrzeug ihn dazu auffordert. Das heisst, er/sie darf weder schlafen oder den Fahrersitz verlassen noch fahruntfähig sein. Ein Beispiel von Level 3 Automatisierung ist der Stau-Pilot von Mercedes, der seit 2021 für den Einsatz auf Autobahnen in Deutschland zugelassen wurde. Unter bestimmten Bedingungen (Operational Design Domain, ODD) kann dieses System die Fahraufgaben vollständig übernehmen und somit den/die Fahrer/in vom Fahren entlasten. In dieser ersten Anwendung ist der ODD des Systems auf Autobahnen (ausserhalb von Tunneln und Baustellen), Geschwindigkeiten unter 60 km/h und Tageslicht beschränkt. Die Rückfallebene ist in diesem Fall der/die Fahrer/in. Erkennt der Stauassistent zum Beispiel ein Martinshorn und Blaulicht, fordert er den/die Fahrer/in auf, die Fahraufgabe zu übernehmen.

Der nächste Schritt ist ein Level-4-Fahrzeug. Hier ist das Fahrzeug in der Lage, unter definierten Bedingungen (ODD), selbstständig und ohne Fahrer/in zu fahren. Das Fahrzeug ist innerhalb der ODD jederzeit in der Lage, die Umgebung und das System zu überwachen und notfalls, falls die Bedingungen der ODD nicht mehr gegeben sind, in einen sicheren Zustand überzugehen. Beispiele für Fahrzeuge mit Level 4 Funktionen sind Shuttlefahrzeuge, wie sie zum Beispiel die Post in Sion in einem Projekt eingesetzt hatte (Die Post, 2021) (ODD = klar definierter Perimeter in der Innenstadt), oder Fahrzeuge mit "Automated Valet Parking" Funktion (ODD = klar definiertes Parkplatzgelände).

Level 5 bezeichnet abschliessend ein Fahrzeug, welches jederzeit und überall vollautomatisiert Fahren kann, ohne je ein Eingreifen zu erfordern, das heisst ohne ODD-Einschränkungen.

Zum heutigen Zeitpunkt (2022) sind Fahrzeuge bis Level 2 kommerziell verbreitet, das heisst Fahrzeuge mit Fahrerassistenzfunktionen (ADAS), mit adaptivem Tempomat und Spurhalteassistent. Zulassungen von Fahrzeugen mit Level 3 Funktionen erfolgten hingegen erst vereinzelt in einigen Ländern. Honda gab im November 2020 die Zulassung in Japan für den Stauassistenten des Legend bekannt (Honda 2021), Mercedes Benz 2021 in Deutschland für den Stauassistenten der S-Klasse (Mercedes-Benz 2021).

In diesem Projekt werden Fahrzeuge mit automatisiertem Einparkassistentensystemen (Level 2) betrachtet. Solche sind in der Schweiz seit 1. Januar 2021 zugelassen. Seit Jahrzehnten werden Hilfsmittel in Fahrzeugen verbaut, welche dem Fahrer das Einparkieren erleichtern und ihm helfen sollen, Kollisionen zu vermeiden. So werden zum Beispiel Ultraschallsensoren in

der Stossstange zur Kollisionsvermeidung sowie Rückfahrkameras oder 360° Rundumkamarasysteme für die Wahrnehmung der näheren Fahrzeugumgebung und Reduktion von toten Winkeln eingesetzt.



Abbildung 2: Bildschirm in einem Lexus Rx 450h mit park assist: Bild der Rückfahrkamera (Links), 360° Birds Eye View (Mitte) und Daten der Ultraschallsensoren (Rechts).



Abbildung 3: Bildschirm in einem BMW-Serie 2: Ultraschallsensoren (links), Rückfahrkamera mit überlagert Information des aktuellem (grün) und maximalem Kurvenradius (rot) (rechts).

In einem weiteren Schritt kamen Parkassistenzsysteme auf den Markt, die dem/r Fahrer/in das Lenken abnahmen (Toyota Prius, "Intelligent Parking Assist"). Bei diesen älteren Systemen – VW zum Beispiel nennt dieses halb-automatische Einparkieren "Park Assist" – befindet sich der/die Fahrer/in immer im Fahrzeug. Er/sie kontrolliert dabei üblicherweise Gas- und Bremspedal (Längsbewegung) während das System selbstständig Lenkbewegungen durchführt, um in eine vorher mittels Kamera, Radar oder Ultraschallsensoren vermessene Längslücke zu manövrieren. Zusätzlich kann eine Notbremsfunktion im System integriert sein, die bei einer durch die Sensoren

detektierten, bevorstehenden Kollision das Auto rechtzeitig stoppt (z. B. GM 2015).

Bei den neusten, erhältlichen Einparkassistenten – bei VW „Park Assist Plus mit Fernbedienung“ (VW 2020) genannt – muss sich der/die Fahrer/in hingegen nicht mehr zwangsläufig im Fahrzeug befinden. Nach Aktivieren des Systems manövriert sich das Fahrzeug selbstständig in die gewünschte Parklücke, während der/die Fahrer/in sich ausserhalb des Fahrzeuges befinden kann und das Manöver überwacht. Dasselbe Manöver kann aber auch im Fahrzeug aktiviert werden, wobei der/die Fahrer/in dieselbe Überwachungsfunktion wahrnimmt.

Technisch wird die Überwachung des Manövers durch den/die Fahrer/in sichergestellt, indem diese/r permanent einen Knopf im Fahrzeug oder am Fahrzeugschlüssel bzw. in der zugehörigen App auf seinem Mobiltelefon gedrückt halten muss. Wird der Tastendruck oder die Verbindung zum Auto unterbrochen, bremst das Auto sofort ab und kommt zum Stillstand (UN/ECE 2017).

Aufgrund dieser permanenten Überwachung werden solche Systeme als SAE Level 2 eingeordnet. Der Fahrer hat weiterhin die Pflicht, das Fahrzeug und die Umwelt jederzeit zu überwachen und notfalls sofort einzugreifen. Der/die Fahrer/in bleibt verantwortlich für das Fahrverhalten und die Sicherheit.

Abzugrenzen sind solche Einparkassistenten mit Remote-Funktion von „Automatisierten Valet Parking Systemen“. Hierbei fährt der/die Fahrer/in bis zum Parkplatzgelände und steigt dort aus dem Fahrzeug aus. Anschliessend sucht sich das Fahrzeug selbstständig bzw. vollautomatisiert eine Parklücke auf dem Gelände und parkiert das Fahrzeug in diese Parklücke. Dieser Prozess, analog zum klassischen "Valet-Parking" bzw. Parkservice, benötigt keine Interaktion und Überwachung durch den/die Fahrer/in. Per Remotezugriff kann der/die Fahrer/in das Fahrzeug rufen, wodurch dieses dann selbstständig ausparkt und zum Eingang des Geländes zurückfährt, um den Fahrer dort aufzunehmen. Solche Systeme müssen in der Lage sein, die Umgebung und das System selbst zu überwachen und selbstständig zu agieren, was einer Level-4-Einstufung entspricht (Mercedes-Benz 2021). Aktuell sind "Automated Valet-Parking" Systeme in der Entwicklung, beziehungsweise teilweise einsatzbereit, und könnten in Betrieb genommen werden, sobald die gesetzliche Grundlage dazu besteht (Mercedes-Benz 2021). In der Schweiz wird deren Zulassung mit der Revision der Strassenverkehrsordnung vorbereitet (Bundesamt für Strassen 2020).

2.2 Sensortechnologien zur Erfassung verletzlicher Verkehrsteilnehmenden

Wie beschrieben handelt es sich bei den aktuell zugelassenen, automatisierten Einparkassistentensystemen um Level-2-Systeme, womit die Verantwortung zur Überwachung der Umgebung beim Fahrer oder der Fahrerin liegt. Allerdings sind auch diese Systeme mit Sensoren und Technologien ausgestattet, um verletzliche Verkehrsteilnehmende zu erfassen und zu schützen.

Um selbstständig in eine Parklücke manövrieren zu können, muss das Fahrzeug zuerst die potenzielle Parklücke und die Position des Autos zur Parklücke vermessen. Dies geschieht meistens mittels Kameras und Bildverarbeitungssoftware. Ist die Parklücke ausreichend gross, kann anschliessend das Parkmanöver geplant und durchgeführt werden.

Um dabei Kollisionen mit Objekten zu vermeiden, sind vorne und hinten zusätzlich Ultraschallsensoren verbaut, welche die nähere Umgebung des Autos überwachen. Dazu kommen die Bilder der Kameras, welche die Umgebung aufnehmen. Die Daten dieser Sensoren werden, zusammen mit Bewegungsdaten usw. vom automatisierten Parkassistenten verwendet.

Ursprünglich wurden Kameras im Auto als Rückfahrkameras eingesetzt, um dem/der Fahrer/in einen Blick hinter das Fahrzeug zu ermöglichen. Diese Kameras sind meist im Kofferraumdeckel verbaut. Neuere Systeme bieten dem/der Fahrer/in auch eine Vogelperspektivensicht auf das ganze Fahrzeug. Hierfür werden mehrere Kameras um das Auto herum verbaut (typischerweise hinten und vorne sowie in den Seitenspiegeln), deren Bilder digital entzerrt und zusammengefügt werden (siehe Abbildung 2).

Für ein automatisiertes System müssen die Bilder der Kameras mittels Bildverarbeitungssoftware analysiert werden. Das heisst, es müssen freie Flächen und deren Begrenzung sowie Hindernisse erkannt werden. Die Software muss in der Lage sein, die Grösse der Parklücke sowie die Position des Fahrzeuges relativ zur Parklücke zuverlässig zu evaluieren.

Ein Ultraschallsensor verwendet hochfrequente Schallwellen, um Objekte zu erfassen. Hierbei werden Pulse von einem Sender (Lautsprecher) emittiert und allfällige Echos / Reflektionen mit einem Empfänger (Mikrofon) empfangen. Sender und Empfänger funktionieren piezoelektrisch.

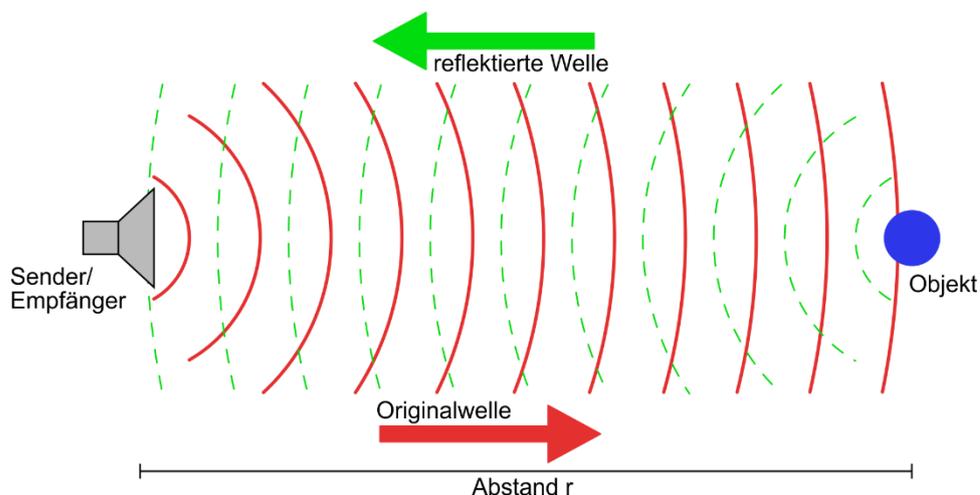


Abbildung 4: Funktionsprinzip eines Ultraschallsensors (Quelle: wikimedia.org).

Aus der Laufzeit der Schallwellen kann die Distanz zum Objekt berechnet werden. Werden mehrere Ultraschallsensoren in einem Array verbaut, kann ein 2D-Bild der Umgebung vor den Sensoren erstellt werden. Aufgrund der vergleichsweise langsamen Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schallwellen in Luft werden Ultraschallsensoren in Fahrzeugen nur für kurze Distanzen eingesetzt, das heisst typischerweise für langsame Manöver wie Parkieren.

Die Daten der verschiedenen Sensoren werden fusioniert, um ein zuverlässiges und robustes, 3-dimensionales Verständnis der Umgebung des Fahrzeuges zu generieren. Damit kann das System zum Beispiel erkennen, wenn beim Rückwärtsfahren aus einer Parklücke ein Mensch zu Fuss das Fahrzeug passiert, um dann eine Notbremsung auszulösen (Robert Bosch GmbH. n.d.). Auch werden diese Daten vom Parkassistenten verwendet, um in die Parklücke zu manövrieren ohne andere Autos oder Objekte zu berühren und rechtzeitig vor einer Wand zu bremsen.

2.3 Unfälle im Strassenverkehr mit Beteiligung von Menschen zu Fuss

Fussgängerunfälle in der Schweiz im Jahr 2020

Die analysierten Daten basieren auf dem Unfallprotokoll, also auf den Daten, welche die Polizei am Unfallort erhebt und festhält. Sowohl die Angaben zur verursachenden Person als auch zur Unfallursache basiert folglich auf einer ersten Einschätzung am Unfallort.

Für die Beurteilung der Häufigkeit und der Charakteristik der aktuell verursachten Verkehrsunfälle mit Beteiligung von Menschen zu Fuss, wurden sämtliche polizeilich erfassten Verkehrsunfälle in der Schweiz im Jahr 2020 ausgewertet. Die Verkehrsunfallstatistik des Bundesamtes für Strassen (ASTRA) enthält insbesondere Unfälle, in denen Menschen verletzt oder getötet wurden.

In Bezug auf die Ursachen von Verkehrsunfällen mit Fussgänger/innen ist in Abbildung 5 (A) ersichtlich, dass im Jahre 2020 66% der erfassten Verkehrsunfälle innerorts geschehen sind. Bei der Betrachtung der Fussgängerunfälle (Abbildung 5 (B)) erkennt man, dass 95% aller Fussgängerunfälle innerorts passieren.

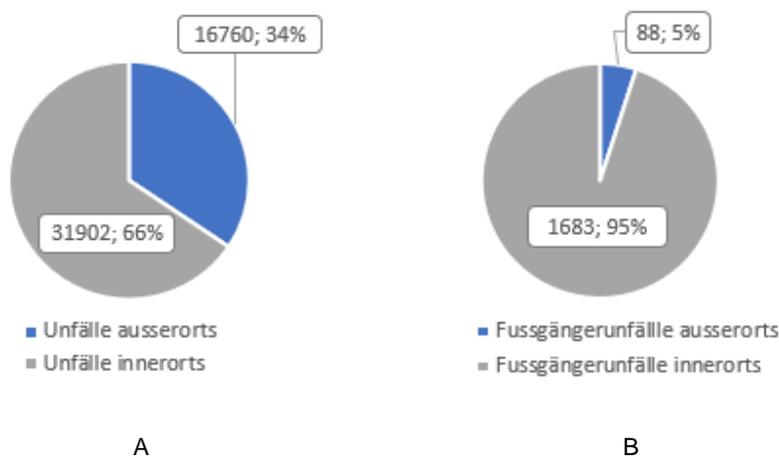


Abbildung 5: Aufteilung der Verkehrsunfälle (Schweiz 2020) nach Unfällen ausserorts und innerorts (A); Aufteilung der Fussgängerunfälle innerorts und ausserorts (B).

In den folgenden Abschnitten werden Fussgängerunfälle innerorts (1'683 Unfälle entsprechen 100%) vertieft ausgewertet.

Hauptursachen von Fussgängerunfällen innerorts

Die Hauptunfallursachen, welche im Unfallprotokoll für Fussgängerunfälle innerorts angegeben werden, sind im Anhang A1 dargestellt. Die folgenden vier häufigsten Hauptursachen wurden für die nähere Auswertung ausgewählt:

Nichtgewähren des Vortritts bei Fussgängerstreifen

Nichtgewähren des Vortritts über Trottoir (Trottoirüberfahrt)

Unvorsichtiges Rückwärtsfahren

Unvorsichtiges Überqueren der Fahrbahn

Die Aufteilung aller Unfälle innerorts nach den obigen Hauptursachen wird in Abbildung 6 dargestellt.

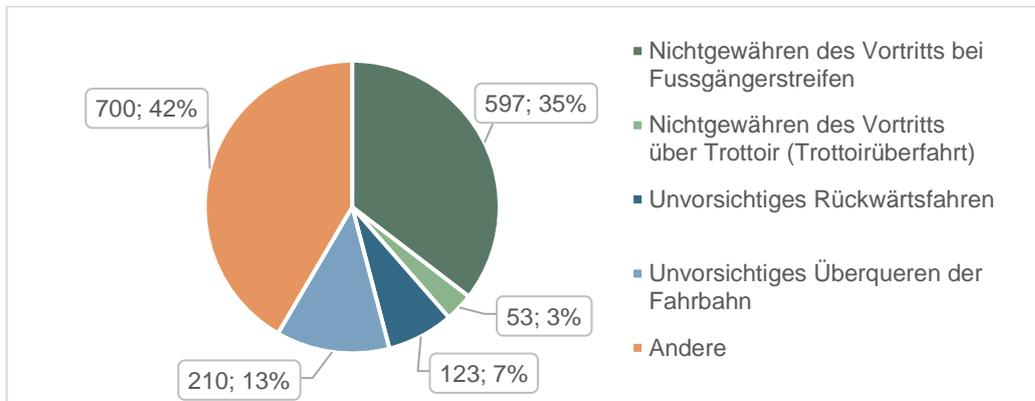


Abbildung 6: Hauptursachen der registrierten Verkehrsunfälle mit Fussgänger/innen (Schweiz 2020, innerorts).

Das Missachten des Vortritts von Fussgänger/innen bei Fussgängerstreifen sorgte für 35% aller Fussgängerunfälle innerorts im Jahre 2020. Unvorsichtiges Überqueren der Fahrbahn wurde bei 13% der Fussgängerunfälle innerorts angegeben und 7% der Ursachen waren Unvorsichtiges Rückwärtsfahren. Knappe 3% der Unfälle geschahen aufgrund Nichtgewähren des Vortritts über Trottoir (Trottoirüberfahrt). Die restlichen 42% der Fussgängerunfälle sind anderen Gründen, wie Momentaner Unaufmerksamkeit, Missachten eines Signals, Mangelhafter Manipulation im Fahrzeug, etc. zuzuschreiben.

Abbildung 7 zeigt die Differenzierung der Unfallfolgen bei den Hauptunfallursachen aus Abbildung 6. Von allen untersuchten Ursachen ist das Nichtgewähren des Vortritts bei Fussgängerstreifen (555 Unfälle resp. 33% aller Fussgängerunfälle innerorts) die häufigste Todesursache (15 Todesfälle resp. 45% aller Unfälle mit Todesopfer) und Ursache für schwere Verletzungen (140 resp. 38% aller Schwerverletzten). Bei der Hauptunfallursache Andere gab es 11 Todesfälle (33%) und 151 Schwerverletzte (40%).

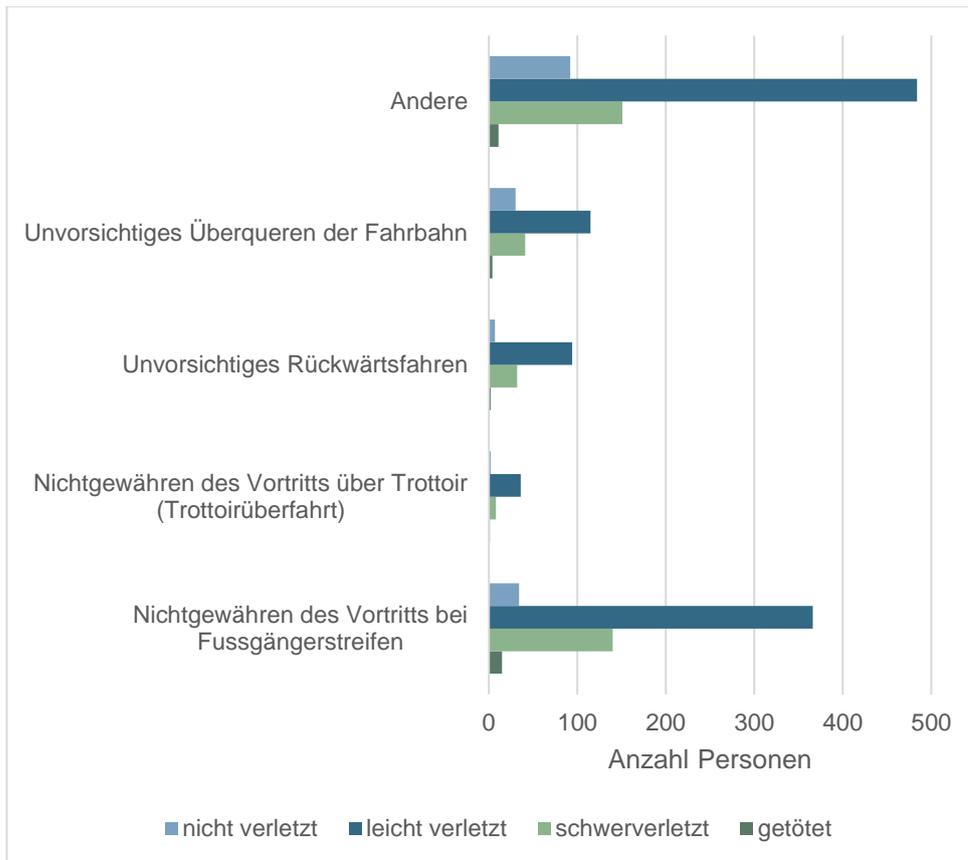


Abbildung 7: Hauptunfallursachen von Fussgängerunfällen mit Unfallfolgen (Schweiz 2020, innerorts).

Alter der am Steuer sitzenden Person versus Alter des Menschen zu Fuss

Abbildung 8 zeigt die Gegenüberstellung des Alters des Menschen zu Fuss und des Alters der fahrzeuglenkenden Person für die Hauptursache Nichtgewähren des Vortritts bei Fussgängerstreifen mit den Unfallfolgen getötet und schwerverletzt (n=155).

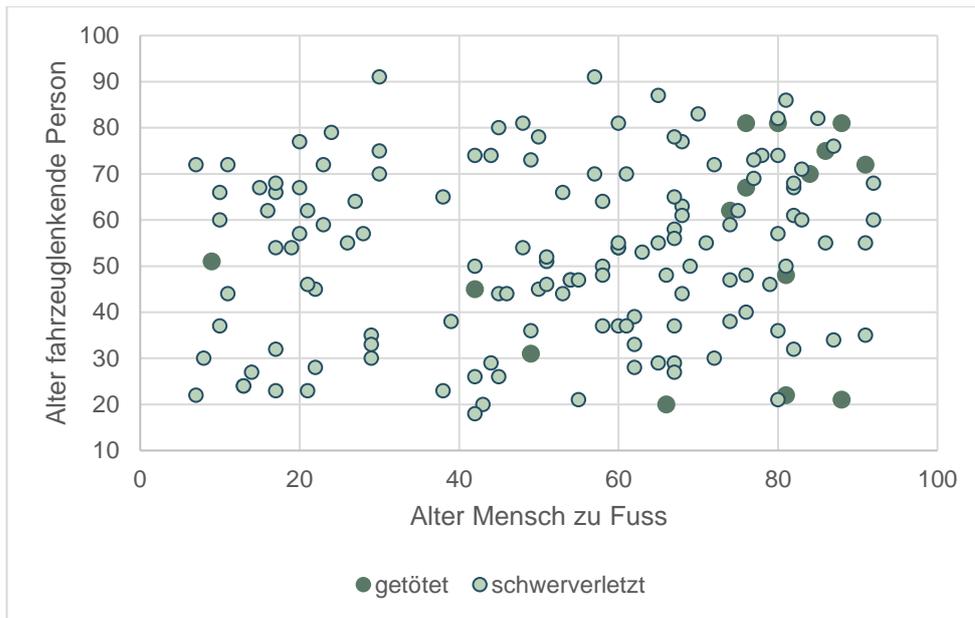


Abbildung 8: Unfallursache Nichtgewähren des Vortritts bei Fussgängerstreifen - Gegenüberstellung von Alter des Menschen zu Fuss und Alter fahrzeuglenkende Person mit den Unfallfolgen getötet und schwerverletzt, n=155 (Schweiz 2020, innerorts).

Auffallend ist, dass für diese Hauptursache bei 66.5% der Unfälle mit Getöteten oder Schwerverletzten mindestens ein Mensch zu Fuss oder eine fahrzeuglenkende Person mit dem Alter von 60 Jahren oder älter involviert waren. Insbesondere zeigte sich: 40% der Unfälle bei Nichtgewähren des Vortritts bei Fussgängerstreifen mit Getöteten oder Schwerverletzten werden von Lenkenden mit dem Alter 60+ verursacht. Ebenso wurden bei 48% der Unfälle bei Nichtgewähren des Vortritts bei Fussgängerstreifen ältere Menschen zu Fuss (Alter 60+) getötet oder schwer verletzt.

Die gleichen Gegenüberstellungen wie in Abbildung 8 bezüglich der anderen Hauptursachen aus Abbildung 6 sind im Anhang A2 ersichtlich. Bei der Hauptursache Unvorsichtiges Rückwärtsfahren waren 85% (29 von 34) der schwerverletzten oder getöteten Menschen zu Fuss älter als 60. Die Betrachtung der Hauptursache Unvorsichtiges Queren der Fahrbahn zeigt, dass 55% (24 von 44) der Schwerverletzten oder getöteten Menschen zu Fuss jünger als 40 waren.

Fussgängerunfälle international

Im Auftrag des Gesamtverbands der Deutschen Versicherer, GDV, wurden die Unfälle beim Parkieren mit Beteiligung von Fuss- oder Radverkehr in vier Städten in Deutschland genauer untersucht. Die Basis bildeten dabei die amtlich registrierten Unfälle in den Jahren 2012 bis 2016. (H. Schüller et al. 2020)

Es wurde festgestellt, dass je nach Stadt 71% bis 81% der Kollisionen mit anderen Fahrzeugen bei Unfällen im Zusammenhang mit dem Parkieren beim Rückwärtsfahren verursacht werden. Das Ausparkieren steht wesentlich häufiger im Zusammenhang mit Unfällen (50%) als das Einparkieren (17%) oder das Rangieren (11%). Dieses Resultat wird im Grundsatz im Rahmen einer internationalen Studie basierend auf Versicherungsdaten von

Versicherern unterschiedlicher Länder bestätigt. (RCAR 2009, in H. Schüller et al. 2020)

Spezifisch für Fussgänger- und Fahrradunfälle zeigte sich, dass rund jeder fünfte bis achte Fussgänger- und Fahrradunfall im Zusammenhang mit dem Parkieren steht. Den höchsten Anteil an Unfällen beim Parkieren bei denen Fussgänger/innen oder Fahrräder beteiligt sind, weist mit 21% die Stadt Frankfurt/Main und mit 13% den geringsten Anteil die Stadt Freiburg auf. Die Unfallschwere – beschrieben über den Anteil der Unfälle mit schwerem Personenschaden an den untersuchten Unfällen – unterscheidet sich im Vergleich der Städte nur unwesentlich (um maximal zwei Prozentpunkte). Damit wird der Unterschied als nicht relevant eingestuft.

Weiter zeigte sich, dass Kinder der Altersgruppen 0-5 und 6-9 Jahre sowie ältere Fussgänger/innen (65+ Jahre) anteilmässig etwas häufiger in Unfälle beim Parkieren involviert sind.

Die Unfalldichte ist am höchsten auf Strecken, an denen längs oder quer geparkt wird. Strecken mit schrägem Parkieren weisen eine deutlich tiefere Unfalldichte auf.

Die häufigsten Unfallkonstellationen mit Fussgängerinnen und Fussgängern sind Unfälle beim Einparkieren und beim Ausparkieren, wenn Fahrzeuge rückwärts die Fussgängertrajektorie kreuzen. Der Grossteil der Konflikte ereignet sich folglich mit Fussgängerinnen und Fussgängern, die hinter einem ein- oder ausparkierenden Fahrzeug queren. Es ist sowohl das Längs- als auch das Senkrechtparkieren betroffen (H. Schüller et al. 2020).

Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf Fussgängerunfälle

Es wird erwartet, dass Fussgängerunfälle zunehmend von Fahrerassistenzsystemen verhindert werden oder deren Folgen vermindert werden. Wie sich die Anzahl an Fussgängerunfällen mit zunehmender Automatisierung der Fahrzeuge entwickelt, ist stark abhängig von der Marktdurchdringung der automatisierten Fahrzeuge. Bei der Prognose müssen die verschiedenen Level der Automatisierung (siehe auch Kapitel 2.1.1) unterschieden werden. Abbildung 9 (Deublein 2020) zeigt eine Prognose zum Anteil der verschiedenen Automatisierungsstufen bis 2040.

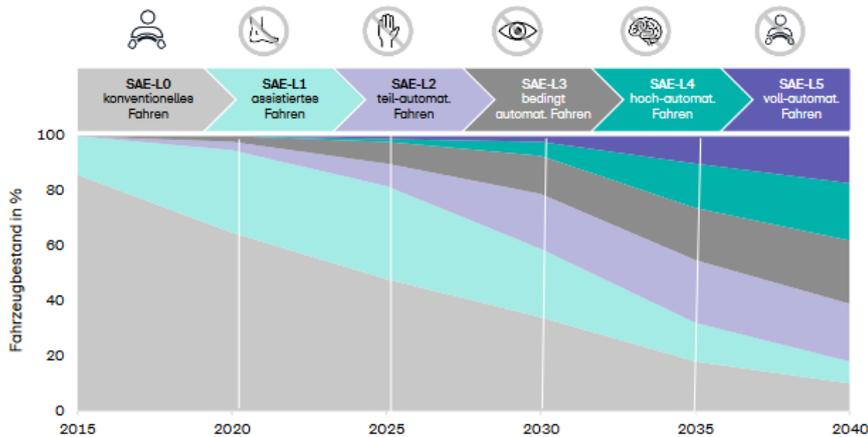


Abbildung 9: Prognose für den Anteil der verschiedenen Automatisierungsstufen am Fahrzeugpark in der Schweiz.

Es wird davon ausgegangen, dass insbesondere Level-1- und Level-2-Fahrzeuge die Sicherheit in den nächsten Jahren erhöhen, also generell die Anzahl Unfälle zurückgehen werden. Level 3 wird als kritisch erachtet und ab Level 4 wird die Zahl der Unfälle stark zurückgehen, auch wenn neue Risiken wie Cyberrisiken ab Level 4 zunehmen könnten. (Willi, Deublein, und Hafsteinsson 2018)

Bei einem grossen Anteil von Level-1-Fahrzeugen wird die Sicherheit auf der Strasse im Vergleich zu ausschliesslich Level-0-Fahrzeugen erhöht. Bei einer grossen Durchdringung von Fahrzeugen mit Automatisierungsgrad L2-L3 könnte die Sicherheit sogar negativ beeinflusst werden. Dazu stellt Deublein (Deublein 2020) fest, dass Sicherheitsprobleme bei Level-3-Fahrzeugen insbesondere dadurch entstehen, dass Lenkende die Reichweite der Sensorik und die Zuverlässigkeit der automatisierten Systeme überschätzen. Bei einem grossen Marktanteil von Level-4- und Level-5-Fahrzeugen ist die Rückfallebene bei einem Systemausfall das Fahrzeug, so dass diese Art von Sicherheitsproblemen nicht mehr relevant sein werden.

Eine zusätzliche Herausforderung stellt der Mischverkehr von Fahrzeugen unterschiedlicher Levels dar. Bei geringen Marktdurchdringungsraten von unter 40% Level-5-Fahrzeugen ist mit einer Zunahme von Unfällen zu rechnen. Die Prognose wird dadurch begründet, dass es einen Verhaltensunterschied zwischen den menschlichen Fahrzeuglenkenden und den vollautomatisierten Fahrzeugen gibt. Level-5-Fahrzeuge funktionieren korrekt nach dem in ihrem Steuerungsalgorithmus hinterlegten Regelwerk. Im Mischverkehr mit hohen Anteilen an von Menschen gelenkten Fahrzeugen kann dieses regelkonforme Verhalten zu Missverständnissen führen. (Deublein 2020)

Aber auch der Mischverkehr von automatisierten Fahrzeugen und nicht motorisierten Verkehrsteilnehmenden stellt eine Herausforderung dar. Bereits bei bisherigen Tests und Versuchen mit automatisierten Fahrzeugen wurden in den letzten Jahren tödliche Unfälle mit Menschen zu Fuss rapportiert. (Banks et al., 2018)

Ausblick Fussgängerunfälle mit automatisierten Fahrzeugen

Ein Grossteil der Fussgängerunfälle in der Schweiz wird gemäss amtlicher Statistik durch «nicht gewähren des Vortritts» oder «unvorsichtiges Verhalten der Fahrzeuglenkenden» beispielsweise beim Rückwärtsfahren verursacht. Automatisierte Fahrzeuge haben das Potenzial, Unfälle mit solchen Ursachen zu vermeiden. Werden diese Unfälle in Zukunft reduziert, profitieren insbesondere ältere Menschen zu Fuss, da diese häufiger durch Fussgängerunfälle schwer oder tödlich verletzt werden.

Aktuell verkehren in der Schweiz keine automatisierten Fahrzeuge ausserhalb von streng überwachten Versuchsbetrieben. Somit stehen keine Daten zur Verfügung, die belegen, dass weniger Fussgängerunfälle verursacht werden. Es kann zudem nicht ausgeschlossen werden, dass automatisierte Fahrzeuge zusätzliche Risiken für Menschen zu Fuss darstellen, die mit nicht automatisierten Fahrzeugen nicht bestehen. Unklar ist, inwieweit auch automatisierte Fahrzeuge Fussgängerunfälle verursachen werden. Mögliche Unfallmechanismen, -ursachen und Präventionsmöglichkeiten sollten verstanden werden, bevor automatisierte Fahrzeuge in der Schweiz zugelassen werden.

2.4 Interaktion von Menschen zu Fuss und Fahrzeugen

Um die Frage zu beurteilen, wie Menschen zu Fuss mit automatisierten Fahrzeugen interagieren werden, muss auch die Interaktion zwischen Fahrzeug und Mensch allgemein berücksichtigt werden. In der Forschung wird bezüglich der Kommunikation zwischen impliziten und expliziten Signalen unterschieden (Dey and Terken 2017:110). Explizite Signale umfassen alle bewussten Zeichengebungen, wie Handzeichen, Lichtzeichen etc. Implizite Signale beinhaltet alles Verhalten, welches als normales Verkehrsverhalten zusammengefasst werden kann, wie Beschleunigen, Bremsen etc. Viele Studien zu automatisierten Fahrzeugen befassen sich dabei mit dem Szenario der Fussgängerquerung (Dey and Terken 2017; Guéguen, Meineri, and Eyssartier 2015; Zang et al. 2021).

In einer Studie haben Dey und Terken (2017:111) untersucht, welches Kommunikationsverhalten Menschen zu Fuss bei der Interaktion mit Fahrzeugen beim Queren einer Strasse zeigen. Explizite Signale konnten nur in 2.5% der Fälle beobachtet werden. Diese Studie zeigt, dass der Fokus auch bei den automatisierten Fahrzeugen auf der impliziten Kommunikation gelegt werden muss. Gueguen et al. (2015:88) haben festgestellt, dass die Anhaltebereitschaft von Fahrzeuglenkenden steigt, wenn Menschen zu Fuss in Richtung der Fahrzeuge schauen. Zang et al. (2021:5) haben in ihrer Untersuchung zudem festgestellt, dass Menschen zu Fuss in Abhängigkeit der Distanz zum Fahrzeug unterschiedlich auf das Fahrzeug reagieren, welches die Geschwindigkeit reduziert. Bei nahen Fahrzeugen warten Menschen zu Fuss, bis das Fahrzeug still steht und gehen dann über die Strasse. Bei weiter entfernten Fahrzeugen wird die Strasse sofort gequert, wenn eine Geschwindigkeitsreduktion festgestellt wird.

Studien, welche die Interaktionen von Menschen zu Fuss mit parkierenden Fahrzeugen untersuchen, gibt es nur wenige (Uttley et al. 2020; de Winter et al. 2021). In einer Studie hat de Winter et al (2021:794) 43 Probanden und

Probandinnen mit Eyetracker durch eine Parkgarage gehen lassen. Dabei konnte aufgezeigt werden, dass Menschen zu Fuss im Umfeld von parkierten Fahrzeugen besonders auf sich bewegende Fahrzeuge schauen. Geschaut wird auch auf die Fahrzeuglenkenden, auf die Räder von parkierten Fahrzeugen und auf die Rückseiten von Fahrzeugen (de Winter et al. 2021:798–801). Die Studie von Uttley et al. (2020:10) hat 52 Interaktionen zwischen Menschen zu Fuss und Fahrzeugen auf einem Parkplatz in Leeds beobachtet und ausgewertet. Handzeichen kamen in diesen Beobachtungen eher selten vor. In zwei Dritteln der Beobachtungen haben Menschen zu Fuss in die Richtung des Fahrzeuges geschaut. Dieses Blickverhalten hatte in der Studie von Uttley et al. (2020:12) keinen Einfluss auf die Anhaltebereitschaft. Einen wesentlichen Unterschied konnte Uttley et al. (2020:13) aber feststellen: Die Anhaltebereitschaft für eine Gruppe von Menschen ist grösser als für eine einzelne Person. Zudem sind in Parksituationen nicht dieselben Interaktionen zwischen Menschen zu Fuss und Fahrzeugen zu beobachten, wie beim Queren der Strasse.

2.5 Interaktion von Menschen zu Fuss und automatisierten Fahrzeugen

Verschiedene Autoren und Autorinnen weisen darauf hin, dass das Verkehrsverhalten von Menschen zu Fuss für automatisierte Fahrzeuge schwer vorherzusagen ist, weil Fussgängerinnen und Fussgänger fähig sind, unerwartete Änderungen bezüglich Gehgeschwindigkeit und Gehrichtung zu vollziehen (Palmeiro et al., 2018 in (Ezzati Amini et al. 2021:789)). Eine weitere Herausforderung ist, dass die Interaktionen zwischen automatisiertem Fahrzeug und Menschen zu Fuss mit allen Menschen funktionieren muss. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Menschen sehen, hören oder lesen können (Ezzati Amini et al. 2021:806).

Andere Autoren und Autorinnen weisen darauf hin, dass das Verhalten von automatisierten Fahrzeugen gegenüber Menschen zu Fuss deren Verhalten beeinflussen wird. Ein risikoaverses Verhalten der Fahrzeuge kann dazu führen, dass die Menschen zu Fuss dies ausnutzen und damit den Verkehrsfluss behindern. Dieses Verhalten von Menschen kann dazu führen, dass die Regeln, wo die Strassen überquert werden dürfen, eingeschränkt werden (Meeder, Bosina, and Weidmann 2017:2).

Es gibt die Befürchtung, dass Fahrzeuge ohne Person am Steuer Menschen zu Fuss erschrecken könnten (Blau 2015). Dabei dürfte es sich aber um ein Übergangsphänomen handeln. Wenn automatisierte Fahrzeuge häufiger im Verkehr anzutreffen sind, dürften sie die Menschen zu Fuss daran gewöhnen.

Die Frage, ob ein vollautomatisiertes Fahrzeug anzeigen soll, ob es vollautomatisiert fährt und ob es eine Anhalteabsicht hat, wird teilweise kontrovers diskutiert. Zang et al. (2021:5) ist der Ansicht, dass ein automatisiertes Fahrzeug auf einen Blickkontakt hin mit Lichtzeichen seine Anhaltebereitschaft signalisieren soll. Ezzati et al. (2021:806f) stellen hingegen fest, dass Menschen zu Fuss alle möglichen Einschränkungen haben können. Beispiels-

weise durch Behinderungen oder Alkoholkonsum und dass noch kein Anzeigesystem entwickelt werden konnte, welches alle diese Faktoren berücksichtigt. Es ist zu bedenken, dass alle konsultierten Studien feststellen, dass die Interaktionen zwischen manuell gefahrenen Fahrzeugen und Menschen zu Fuss auf hauptsächlich impliziten Signalen basieren (Dey and Terken 2017; Uttley et al. 2020; Zang et al. 2021) und diese auch bei Menschen mit Behinderungen zumindest teilweise funktionieren. Aus diesem Grund ist die Aufmerksamkeit bei den Interaktionen stärker auf diese Signale zu setzen.

In einer Studie im Fahrsimulator haben Friedrich et al. (2021:59ff) das Risikoempfinden von Mitfahrenden von automatisierten Fahrzeugen, wie von Menschen zu Fuss untersucht. Es wurde festgestellt, dass starke positive, wie negative Beschleunigungen für die Mitfahrenden das Risikoempfinden negativ beeinflussen. Für die Menschen zu Fuss ist der Hauptparameter die Ausgangsgeschwindigkeit im Konfliktfall.

2.6 Chancen und Risiken des automatisierten Fahrens in Bezug auf Nachhaltigkeit und Mischverkehr mit Fussverkehr

Mit dem automatisierten Fahren ergeben sich verschiedene Chancen und Risiken für den Fussverkehr. Botello et al. (2019) empfehlen, dass sich Fuss- und Veloverkehrsplaner/innen unbedingt mit der Integration von automatisierten Fahrzeugen beschäftigen sollten, da die Bedürfnisse des Fuss- und Veloverkehrs in den Untersuchungen des automatisierten Fahrens bisher noch zu wenig abgedeckt werden.

Risiko: Weniger Fussverkehr infolge automatisierter Fahrzeuge

Botello et al. (2019) zeigen auf, dass das automatisierte Fahren infolge eines reduzierten Reisezeitwerts zu einer Zersiedelung führen könnte, da längere Strecken zurückgelegt werden. Diese Zersiedelung könnte den Anteil von Personenwegen mit ÖV oder Fuss- und Veloverkehr reduzieren. Die öffentliche Hand muss daher handeln, um eine nachhaltige und ressourcenschonende Verkehrsmittelwahl zu erreichen. Zudem weisen Perret et al. (2020) auf die Konkurrenzsituation auf kurzen Distanzen von automatisierten Fahrzeugen zum Fussverkehr hin, insbesondere dann, wenn bedarfsorientierte ÖV-Gefässe oder automatisierte Taxis verkehren. Dies sei eine Herausforderung und sollte aus Nachhaltigkeitssicht vermieden werden, da automatisierte Fahrzeuge mehr Platz und Ressourcen als Menschen zu Fuss beanspruchen.

Chance: Neue Potenziale im städtischen Raum

Perret et al. (2020) schreiben, dass im städtischen Kontext durch das automatisierte Fahren auch Flächen freigespielt werden könnten. Sollten Parkierungsflächen durch eine erhöhte geteilte Nutzung von Fahrzeugen (bspw. automatisierte Taxis oder Kleinbusse) nicht mehr gebraucht werden, könnten diese u.a. dem Fussverkehr zugehalten werden. (Mitteregger et al. 2020; Perret et al. 2020)

Sicherheitsrisiko: Ausnutzen des Verhaltens automatisierter Fahrzeuge

Millard-Ball (2018) weist auf das Risiko hin, dass der Fussverkehr häufiger an beliebigen Orten die Strassen überqueren könnte. Menschen zu Fuss haben ein erhöhtes Sicherheitsgefühl durch ihre Einschätzung, dass automatisierte Fahrzeuge die Verkehrsregeln befolgen, nicht abgelenkt, nicht betrunken, etc. sind. Auch Blau (2015) erklärt, dass sich Fussgänger/innen im Verkehr mit automatisierten Fahrzeugen risikoreicher verhalten könnten. Automatisierte Fahrzeuge müssen dementsprechend sicher sein. Das risikoreiche Verhalten von Fussgänger/innen könnte reduziert werden, wenn diese wissen, dass die Unfallfolgen grösser sein werden oder sogar Strafen erfolgen. Perret et al. (2020) leiten her, dass alle Verkehrsteilnehmenden das gleiche Schutzniveau geniessen sollten, unabhängig vom benutzten Verkehrsmittel. Unterschiedliche Schutzniveaus lassen sich nicht begründen.

Risiko: Zwang zur Vernetzung

Im Rahmen der Diskussion um das automatisierte Fahren wurde auch das Konzept «vehicle to pedestrian» (V2P) entwickelt. Es handelt sich dabei um eine Vernetzung und digitale Kommunikation zwischen Fussgänger/innen und motorisierten Fahrzeugen, bei der Echtzeitinformationen (Position, Geschwindigkeit, Richtung) ausgetauscht werden (Mitteregger et al. 2020). Perret et al. (2020) kommen jedoch zum Schluss, dass Fussgänger/innen aus ethischen Gründen nicht gezwungen werden können, sich in ein digitales Vernetzungssystem einzuklinken bzw. unterzuordnen. Dies würde die persönliche Freiheit gefährden und die Errungenschaft dieser ressourcenschonenden Fortbewegungsart gefährden. Trotzdem könnten Smartphones eine Schlüsselrolle bei der Vernetzung einnehmen, allerdings nur fakultativ.

Risiko: Verkehrsteilnehmende wünschen sich mehr Abtrennung

Automatisierte Fahrzeuge führen zu einem erhöhten kollektiven Bedürfnis für (vertikal, horizontal, zeitlich) abgetrennte und geschützte Infrastrukturen für den Fuss- und Veloverkehr (Blau 2015). Dies zeigte eine Stated-Preference-Befragung mit über 1'300 Velofahrer/innen und Fussgänger/innen auf. Aber auch ohne automatisierte Fahrzeuge steigt die Nachfrage nach einer baulichen Abtrennung in Abhängigkeit der Verkehrsbelastung, Geschwindigkeit und Strassenbreite. Merat et.al. (2018) erforschten mittels einer Studie mit 664 Teilnehmenden aus drei europäischen Städten, wie sicher sich Velofahrende und Zufussgehende bei Interaktionen mit automatisierten Fahrzeugen auf gemeinsam genutzten Flächen fühlen. Das Sicherheitsgefühl war dabei eingeschränkt. Eine Mehrheit würde sich sicherer fühlen, wenn die automatisierten Fahrzeuge sich in designierten Zonen bewegen.

Chance: Aufteilung von Strassennetzen, verstärkte Ausrichtung eines Teils der Strassen auf Koexistenz

Betello et al. (2019) führen aus, dass eine Abwägung stattfinden muss zwischen einer stärkeren Trennung des motorisierten Individualverkehrs, Fuss- sowie Veloverkehrs und gemeinsam genutzten Flächen im Verkehr. Insbesondere Städte sollten ihre Verkehrsplanung an Aufenthaltsqualität und aktiven Mobilitätsformen ausrichten. Die eingesetzte Technologie hat diese Ziele zu erfüllen.

Städtische Strassen werden immer stärker auf visuelle und soziale Interaktionen ausgerichtet («shared space»). Dabei wird explizit auf Unsicherheit/Unklarheit gesetzt und Strassengestaltungen mit klaren Trennungen sowie Regeln/Gesetzen werden zurückhaltender genutzt. Strassenräume werden heute auch als Teil der sozialen Interaktion und Erholung betrachtet (Millard-Ball 2018).

Bei tiefen Verkehrsbelastungen werden automatisierte Fahrzeuge diesen Trend wohl gut unterstützen können, auch über reduzierte Geschwindigkeiten. Da automatisierte Fahrzeuge aber dazu tendieren, die Verkehrsregeln einzuhalten und Risiken zu minimieren, dürfte es bei hohen Verkehrsbelastungen zu Problemen kommen, v.a. wenn Fussgänger/innen das rücksichtsvolle Verhalten von automatisierten Fahrzeugen ausnutzen. Denn bei hohen Verkehrsbelastungen sollte der Verkehrsfluss bzw. die Leistungsfähigkeit aufrechterhalten werden, damit die Verkehrssysteme stabil bleiben (Meeder et al., 2017).

Insgesamt könnten Strassennetze aufgeteilt werden in Strassen für Motorfahrzeuge mit eingeschränkten Rechten für Fussgänger/innen und Strassen für primär nicht-motorisierte Nutzer/innen mit tieferen Geschwindigkeiten von automatisierten Fahrzeugen (Millard-Ball 2018).

3. Versuchsordnung

Die Interaktionen von Menschen zu Fuss mit einem fahrerlosen Fahrzeug wurden in einem Feldversuch beobachtet. Für diesen Feldversuch wurden vier Orte in der Gemeinde Thalwil als geeignet beurteilt. Als Versuchsfahrzeug wurde ein Hyundai Tucson verwendet. Zusätzlich wurde ein zweites Fahrzeug der Empa verwendet, um zu testen, ob ein auffälliges Fahrzeug andere Reaktionen auslöst als ein nicht-auffälliges Fahrzeug. Die Kameras, mit welchen die Reaktionen der Menschen zu Fuss festgehalten wurden, werden ebenso beschrieben wie die beobachtenden Personen und ihre Positionen.

3.1 Standorte

Massgebend für die Versuchsordnung waren die in Kapitel 2.1 festgestellten bisherigen Erkenntnisse sowie die örtlichen Begebenheiten in Thalwil. Aus der Literatur folgt, dass die Konflikte zwischen Menschen zu Fuss und Fahrzeugen beim Parkieren heute insbesondere beim Rückwärtsfahren zu Unfällen führen. Da in der vorliegenden Studie die Menschen zu Fuss aber wahrnehmen können sollen, dass der Fahrersitz des ein- oder ausparkierenden Fahrzeuges leer ist, wurde die Versuchsordnung so gewählt, dass die Menschen zu Fuss das Fehlen eines Lenkenden visuell erkennen könnten. Aufgrund der Literaturanalyse wurden sowohl Längsparkplätze wie auch Parkplätze, auf welchen senkrecht parkiert werden muss, gesucht. Bei den Senkrechtparkplätzen wurde unterschieden zwischen Parkplätzen, bei denen das Fahrzeug während dem Ein- oder Ausparkmanöver das Trottoir queren muss und solchen, bei denen kein Trottoir überfahren wird.

Konkret wurden folgende Anforderungen an die zu untersuchenden Parkplätze formuliert:

- Kommunale Strasse oder öffentlicher Parkplatz mit Fussverkehrsbeziehungen
- Bedeutendes Fussverkehrsaufkommen (im Mittel mindestens ein/e Fussgänger/in pro Minute), mit bedeutendem Anteil an Querungen, also möglichen Konfliktrajektorien mit dem ein- oder ausparkierenden Fahrzeug
- Senkrecht-Parkierung, Parkierung über Trottoir oder Strasse ohne Trottoir
- keine Beeinflussung des Ein-/Ausparkmanövers durch Kreuzungen im näheren Umfeld, keinen Rückstau durch Kreuzungen
- Gute Sichtbarkeit und Sichtweiten zwischen Parkflächen und Fussgängerinfrastrukturen
- in der Nähe von Einkaufsmöglichkeiten oder auf einem zentralen Abschnitt mit heterogener Gruppe von Menschen zu Fuss

Von den sieben Parksituationen, welche zu Projektbeginn vor Ort in Thalwil besichtigt wurden, eigneten sich vier für die Versuche.

Der Postparkplatz (Abbildung 10) bietet hohe Fussgängerfrequenzen und eine hohe Anzahl von ein- und ausparkierenden Fahrzeugen. Die Menschen

zu Fuss queren häufig die ein- oder ausparkierenden Fahrzeugen, da keine abgetrennte Fussverkehrsfläche vorhanden ist.



Abbildung 10: Postparkplatz mit parkierten Fahrzeugen und querenden Fussgängerinnen.

An der alten Landstrasse auf der Höhe der Migros-Filiale (Abbildung 11) sind Längsparkplätze für Beobachtungen geeignet, weil die Menschen zu Fuss nah an den ein- und ausparkierenden Fahrzeugen vorbeigehen müssen und somit die Möglichkeit besteht, dass Menschen zu Fuss das Fehlen eines Lenkenden wahrnehmen. Ein Konflikt wird nicht provoziert.



Abbildung 11: Längsparkplätze an der alten Landstrasse.

Der private Parkplatz vor dem Elektronikfachgeschäft «Expert Frank» (Abbildung 12) eignet sich sehr gut für die Beobachtungen, weil senkrecht über das Trottoir ein- und ausparkiert werden muss. Die Fussverkehrsfrequenzen sind weniger hoch als zum Beispiel auf dem Postplatz, aber ausreichend.



Abbildung 12: Senkrechtparkplätze vor dem Elektronikfachgeschäft «Expert Frank».

Eine weitere Parksituation, die den Anforderungen genügt, ist der Parkplatz Platte. Abbildung 13 zeigt den Parkplatz und insbesondere den Verbindungsweg von der Bushaltestelle über den Parkplatz am Gebäude der Gemeindeverwaltung Thalwil vorbei.



Abbildung 13: Parkplatz Platten vor dem Gebäude der Gemeindeverwaltung Thalwil.

3.2 Fahrzeuge

Als Versuchsfahrzeug wurde ein Hyundai Tucson Plug-In Hybrid verwendet, der mit remote Parkassistenten ausgestattet war (Abbildung 14). Der Parkassistent erlaubt es dem Fahrer, das Fahrzeug remote vorwärts oder rückwärts in eine Parklücke, bzw. aus einer Parklücke fahren zu lassen.



Abbildung 14: Versuchsfahrzeug Hyundai Tucson auf dem Postplatz in Thalwil.

Die Bedienung des Parkassistenten erfolgt über den Fahrzeugschlüssel, welcher hierfür mit zusätzlichen Tasten versehen ist (Abbildung 15). Damit muss der Fahrer resp. die Fahrerin zuerst das Fahrzeug verriegeln (Taste 1) um dann durch längeres Drücken der Hold-Taste (2) den Park-Modus zu aktivieren. Anschliessend kann das Fahrzeug durch kontinuierliches Drücken der Vorwärts bzw. Rückwärtstaste bewegt werden (Tasten 3). Sobald die Taste losgelassen wird, macht das Fahrzeug eine Vollbremsung. Während dem ganzen Vorgang darf sich der/die Fahrer/in als für das Fahrzeug verantwortliche Person nicht weiter als einige Meter vom Fahrzeug entfernt befinden (Abbildung 16). Ansonsten macht das Fahrzeug ebenfalls eine Vollbremsung. Abschliessend kann der Park-Modus durch erneutes Drücken der Hold-Taste beendet werden.



Abbildung 15: Hyundai-Funkschlüssel mit Zusatzasten für die Bedienung des Parkassistenten (Bildquelle: .autobild.de).

Falls während dem Parkvorgang ein/e Fussgänger/in vor bzw. hinter das Fahrzeug läuft oder sich das Fahrzeug einem Objekt nähert, wird dies durch die Ultraschallsensoren detektiert und das Fahrzeug bremst ab. Zusätzlich kann das Hyundai-System Objekte wie Wände oder Fahrzeuge links und rechts der designierten Parklücke detektieren und durch Lenkbewegungen eine Kollision verhindern, beziehungsweise das Fahrzeug sauber zwischen die Objekte zentrieren.



Abbildung 16: Fernbedienung des Parkassistenten (Bildquelle: hyundai.de).

Neben dem beschriebenen Versuchsfahrzeug wurde mit einem zweiten Fahrzeug getestet, ob Passanten und Passantinnen auf auffällige Fahrzeuge reagieren. Für diesen Zweck wurde das Versuchsfahrzeug der EMPA (siehe Abbildung 17), welches diverse Sensoren im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren aufweist und auf welchem diverse Aufkleberaufgebracht sind, ebenfalls auf dem jeweiligen Parkplatz abgestellt.



Abbildung 17: Auffälliges Versuchsfahrzeug der Empa.

3.3 Kameras

Zur Dokumentation von Beobachtungen und für Auswertungen nach dem Versuch wurden verschiedene Videokameras eingesetzt. Es handelt sich dabei um Kleinkameras der Hersteller GoPro und Jip sowie um herkömmliche Videokameras für die Privatnutzung (Sony). Diese wurden mithilfe von entsprechenden Halterungen an Kandelabern und anderen Objekten aufgehängt oder auf Stativen im Umfeld der Versuchsfläche positioniert.

Der Datenschutz ist sichergestellt. Einerseits werden die Videobilder auf einem zugangsgeschützten Speicherort gesichert und können nur vom Forschungsteam im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens verwendet werden. Andererseits werden die Daten nach Beendigung des Projektes gelöscht. Es werden keine Videobilder veröffentlicht.

Pro Standort wurden jeweils 2-3 Kameras eingesetzt und dabei sichergestellt, dass diese mit einem freien Sichtfeld aus unterschiedlichen Perspektiven auf den Versuchsbereich gerichtet sind.



Abbildung 18: Übersicht Versuchsfelder und Kamerastandorte; Post, Migros/Alte Landstrasse und «Expert Frank» (Bildquelle: Swisstopo, 2022)

3.4 Beobachtende Personen und Interviewer/innen

Für die Beobachtungen wurden insgesamt fünf Personen so positioniert, dass sie von Passantinnen und Passanten möglichst nicht gesehen wurden. Es wurde darauf geachtet, dass sie sich im Schatten und etwas versteckt aufhalten konnten, aber dennoch die Szene ausreichend gut beobachten konnten. So wurde sichergestellt, dass die beobachtenden Personen von den zu beobachtenden Personen nicht gesehen wurden.

Die Interviews wurden von insgesamt sechs Personen durchgeführt. Die Personen, welche die Interviews durchführten, waren sichtbar und in den häufigsten Trajektorien der Menschen zu Fuss, die am fahrerlosen Fahrzeug vorbeigingen, positioniert. So wurde sichergestellt, dass die Menschen zu Fuss direkt nach dem Passieren des fahrerlosen Fahrzeugs interviewt werden konnten.

4. Methode

Die Versuche wurden an zwei Tagen durchgeführt. Am ersten Versuchstag wurden die Reaktionen der Menschen zu Fuss beobachtet. Mittels Beobachtungsraster wurden teilweise verdeckte Feldbeobachtungen durchgeführt. Auf Basis der Resultate der Beobachtungen wurde das Beobachtungsraster weiterentwickelt und ein Interviewleitfaden erstellt. Am zweiten Versuchstag wurden die beobachteten Personen nach Möglichkeit in einem kurzen Interview befragt.

4.1 Beobachtungen

Eine Beobachtung kann auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden. Einerseits wird zwischen qualitativer und quantitativer Beobachtung unterschieden, andererseits zwischen verschiedenen Formen der Beobachtung. Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine qualitative Beobachtung, die teilweise quantitativ ausgewertet wird.

Bei der Beobachterposition wird zwischen Selbst- und Fremdbeobachtung unterschieden. In diesem Projekt wird die Methode der Fremdbeobachtung gewählt, da untersucht werden soll, wie Personen unvorbereitet mit einem automatisierten Fahrzeug interagieren. Gleichzeitig handelt es sich auch um eine nichtteilnehmende Beobachtung, bei der der Beobachter alles von aussen beobachten kann und eine passive Rolle einnimmt (Pfeiffer 2018).

Die Beobachtungen werden als teilweise verdeckte Feldbeobachtungen durchgeführt, um ein möglichst natürliches Verhalten der Menschen zu Fuss zu erfassen. Aufmerksame und interessierte Passantinnen und Passanten werden mit Plakaten und auf Nachfrage mit Flyern über den Versuch informiert. Dies führt zu einer möglichst natürlichen Beobachtungssituation, bei der nur einer sehr aufmerksamen Person klar ist, dass eine Verkehrsbeobachtung stattfindet. Die Beobachtungen sollen so durchgeführt werden, dass das Verhalten der beobachteten Personen durch die Beobachtung möglichst nicht verändert wird. Bei den Beobachtungen in Thalwil wurde nur in wenigen Fällen eine Verhaltensveränderung durch das Beobachtungssetting festgestellt.

Daten können auf unterschiedliche Weise erhoben und ausgewertet werden. Bei der systematischen Beobachtung erhält der Beobachter genaue Anweisungen, was und wie er beobachten und aufzeichnen soll. Dies erleichtert die Auswertung und die konsistente Aufzeichnung von Daten. Die Einbeziehung von technischen Hilfsmitteln, wie Kameras wird als vermittelte Beobachtung bezeichnet (Pfeiffer 2018). Eine Beobachtung ohne technische Hilfsmittel wird als eine direkte Beobachtung bezeichnet. Das Verhalten selbst wird zu einem bestimmten Zeitpunkt beobachtet und ausgewertet. In diesem Projekt werden Kameras als technische Hilfsmittel eingesetzt. Der Grossteil der Beobachtungen im Projekt wurden direkt mit einem Beobachtungsraster vor Ort vorgenommen. Das Beobachtungsraster enthält Kriterien, die systematisch erhoben und ausgewertet wurden, aber auch genü-

gend Freitextfelder für unerwartete Beobachtungen. Die Videoaufzeichnungen wurden nicht systematisch ausgewertet. Sie können aber genutzt werden, um spezifisches Verhalten zu erklären und zu vermitteln.

Beobachtungsort:

Die Beobachtungen wurden an zwei Testtagen an vier Standorten (Kapitel 2.2) in Thalwil durchgeführt. Für diese Studie wurde eine Interaktion als eine Situation definiert, in der ein Verkehrsteilnehmer resp. eine Verkehrsteilnehmerin auf einen anderen resp. eine andere reagieren muss.

Beobachtungsraster:

Das Beobachtungsraster (Siehe Anhang A3) ist an die Studie «Road user interactions in a shared space setting: Priority and communication in a UK car park» (Uttley et al., 2020) angelegt. Dadurch wird die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ermöglicht und es können weitere Schlüsse aus der Studie gewonnen werden. Die Beobachtungsraster wurden stichwortartig ausgefüllt. Die stichwortartigen Schlüsselwörter wurden danach durch eine Kodifizierung ausgewertet.

4.2 Teilnehmende Beobachtung und Interview

Am 2. Versuchstag fand ergänzend zur nichtteilnehmenden Beobachtung ein Interview mit den Versuchspersonen nach deren Beobachtung statt.

Raster für die teilnehmende Beobachtung

Das Beobachtungsraster (Siehe Anhang A4) richtet sich nach dem Beobachtungsraster vom ersten Versuchstag, wobei die meistgenannten Punkte (kodifizierte Schlüsselwörter) bereits vorgegeben sind, um eine schnellere und einfachere Auswertung möglich zu machen. Zusätzlich war auch genug Platz, um noch zusätzliche neue Erkenntnisse zu nennen.

Fragebogen für die Interviews

Zusätzlich zu der Beobachtung wurde am 2. Versuchstag auch noch Interviews nach den Beobachtungen geführt. Genutzt wurde ein halbstrukturiertes Interview mit vorgegebenen Fragen (Siehe Anhang A4). Dabei wurden die beiden Aspekte, ob der Versuch wahrgenommen wurde und die Reaktion darauf, abgefragt. Diese wurden teilweise durch konkretere Fragen vertieft, falls gewisse Aspekte bei den offenen Fragen nicht beantwortet wurden. Die Fragen wurden so gewählt, dass die Hypothesen aus dem ersten Beobachtungstag verifiziert werden können. Das Interview wurde ebenfalls stichwortartig dokumentiert. Anhand einer Kodifizierung konnten die Ergebnisse aus den Interviews quantitativ ausgewertet werden.

5. Resultate

Im Folgenden sind die Resultate der Beobachtungen vom ersten Versuchstag und der Interviews vom zweiten Versuchstag zusammengefasst.

5.1 Erkenntnisse zu den Standorten (1. Versuchstag)

Am ersten Versuchstag wurden die Versuche an allen vier Orten gemäss Kapitel 3.1 durchgeführt. Die Versuche beim Postplatz eigneten sich sehr gut für die Beobachtungen, da sehr viele Personen den Parkplatz querten und mit dem fahrerlosen Fahrzeug interagieren mussten. Die Versuche am Mittag vor dem Migros wurden erschwert, da immer wieder Personen ihr Fahrzeug auf den für die Versuche abgesperrten Parkplatz parkieren wollten. Die Beobachtungen zeigten, dass dieser Effekt insbesondere am Mittag stärker ist und dass gegen den Nachmittag die Frequenz der Störungen durch parkierende Fahrzeuge abnahm. Der Parkplatz Platten erwies sich als nicht geeignet für Beobachtungen oder später auch Interviews. Das Fussgängeraufkommen war derart klein, dass keine Beobachtungen gemacht werden konnten.

Am 1. Versuchstag wurde auch getestet, inwiefern das Versuchsfahrzeug Hyundai Tucson auch ohne Fahrer bereits auffällig ist, allein dadurch, dass es rot und relativ neu ist. Dazu wurde das Versuchsfahrzeug der Empa mit Aufklebern und zusätzlichen Sensoren auf dem Dach in der Nähe des Beobachtungssperimeters parkiert, so dass Personen, die das eigentliche Versuchsfahrzeug Hyundai Tucson passierten, nicht abgelenkt wurden, aber wir trotzdem die Reaktionen der Passantinnen und Passanten auf das auffällige Auto der Empa erkennen konnten. Es zeigte sich, dass selbst das auffällige Versuchsfahrzeug der Empa kaum spontane Reaktionen auslöste. Einige wenige Interessierte näherten sich dem Fahrzeug und lasen die Beschriftungen. Das Versuchsfahrzeug Hyundai Tucson wurde nicht mehr beachtet als jedes andere Fahrzeug, welches per Zufall auf dem Parkplatz abgestellt war.

5.2 Beobachtungen (1. Versuchstag)

Am ersten Versuchstag, an welchem die Reaktionen der Menschen zu Fuss auf den automatisierten Parkassistenten beobachtet wurden, konnten bei Sonnenschein und leichter Bewölkung total 126 Beobachtungen schriftlich festgehalten werden. 45 Beobachtungen wurden auf dem Postplatz festgehalten. Vor dem Expert Frank waren es 43 und beim Migros 38. Es wurden 96 Einzelpersonen, 27 kleine Gruppen und 3 grössere Gruppen beobachtet. 40% der Beobachtungen betrafen männliche Versuchspersonen, 53% weibliche, die restlichen 7% waren gemischte Gruppen. Die von den beobachtenden Personen abgeschätzten Alterskategorien teilten sich wie folgt auf: 11 Kinder, 5 Jugendliche, 89 Erwachsene und 21 Senioren und Seniorinnen. In 9% der Beobachtungen waren die Personen abgelenkt. Davon acht Mal in einem Gespräch vertieft und zwei Mal mit dem Smartphone abgelenkt. In einem Fall wurde die Person durch ein anderes Fahrzeug abgelenkt.

Weitere quantitative Ergebnisse sind:

- Bei ca. 80% der Beobachtungen wurden Kopfbewegungen aufgrund des automatisierten Fahrzeugs beobachtet.
- 9 Personen versuchten mittels Handbewegung mit dem Fahrzeug zu kommunizieren.
- Die Reaktion der Menschen zu Fuss auf das automatisierte Fahrzeug wurde von den beobachtenden Personen gemäss Tabelle 1 kategorisiert.

| Aufmerksamkeit/Reaktion | Anzahl Beobachtungen |
|-------------------------------|----------------------|
| Überrascht, spricht uns an | 12 |
| Überrascht | 16 |
| Keine Reaktion | 20 |
| Kurz überrascht | 7 |
| Reaktion auf Kamera | 1 |
| Nur kurzer Blick | 25 |
| Starren | 9 |
| Kopf zurückgedreht | 26 |
| Gibt Auto Vortritt | 3 |
| Bleibt stehen | 5 |
| Dreht sich um | 2 |
| Merkt nicht, dass kein Fahrer | 0 |

Tabelle 1: Zusammenfassung der beobachteten Reaktionen am ersten Versuchstag (nur Beobachtungen).

Diese Resultate wurden mit der Fokusgruppe diskutiert. Das Projektteam fasste die Eindrücke, die qualitativen Resultate sowie die Inputs der Fokusgruppe wie folgt zusammen:

- Menschen zu Fuss benötigen jeweils 2-5s, bis sie erkennen, dass kein/e Fahrer/in im Fahrzeug ist. Viele wirken überrascht.
- Menschen zu Fuss suchen eine/n Verantwortliche/n für die Fahrzeugbewegung. In Situationen, in denen der Blickkontakt zu der für die Fahrzeugsteuerung verantwortlichen Person (neben Fahrzeug stehend) schnell hergestellt war, waren die Reaktionen weniger stark ausgeprägt.
- Kinder sind eher neugierig, ältere Personen scheinen eher ein Risiko zu erkennen und haben eher erschrocken bis ängstlich reagiert.
- Keine Fussgänger/-innen sind vom Trottoir auf die Fahrbahn des motorisierten Individualverkehrs ausgewichen. Die Personen haben auf dem Trottoir gewartet. (beobachtet am Versuchsort «Expert Frank»)
- Risikoscheue, allenfalls auch rasch gehende Personen und Ungeduldige, gingen über das freigewordene Parkfeld, anstatt ihre Bewegung zu unterbrechen. (Postplatz und Expert Frank).

- Die Reaktionen waren in Situationen ausgeprägter, in denen sich die Wegtrajektorien des Fahrzeugs und der Fussgänger/innen kreuzten, in denen also ein Konflikt klar vorhersehbar war.
- Im Gegensatz zu den von Uttley et al (2020) untersuchten Interaktionen zwischen parkierenden Autos mit Fahrer/in und Menschen zu Fuss konnten keine relevanten Unterschiede im Verhalten von Gruppen und Einzelpersonen beobachtet werden.

Aus diesen Resultaten wurden folgende Thesen formuliert:

1. Die Interaktion mit dem fahrerlosen Fahrzeug führt im Schnitt zu Verzögerungen von 5-10 s bei den Fussgänger/innen.
2. Rund 50% der Fussgänger/innen erkennen die fehlende Person am Lenkrad.
3. Ältere Personen suchten den Blickkontakt zu einer verantwortlichen Person häufiger als Junge.
4. Der Anteil der Fussgänger/innen, die reagieren, ist bei älteren Personen grösser als bei Jüngeren.
5. Diejenigen, die nicht reagieren, sind abgelenkt oder erkennen aufgrund selektiver Wahrnehmung die Situation nicht. Der Anteil derjenigen, die die Situation erkennen und keine Reaktion zeigen, ist klein.

Gemeinsam mit der Fokusgruppe wurde definiert, dass die Thesen 2-4 für die Interviews am zweiten Versuchstag im Fokus stehen sollen. Zusätzlich soll untersucht werden, ob die Interviewten das fahrerlose Fahrzeug überhaupt bemerkt haben und ob sie dem automatisierten Fahren generell eher positiv oder eher negativ gegenüberstehen. Zudem wurde angeregt, das Vorwissen der Interviewten im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren zu erfragen.

Die Resultate des 1. Versuchstags und die Diskussion mit der Fokusgruppe bildeten die Basis für den Interviewleitfaden für den 2. Versuchstag. Die Resultate des 1. Versuchstags sind in Anhang 5 dargestellt.

5.3 Interviews (2. Versuchstag)

Am zweiten Versuchstag wurden die Reaktionen der Menschen zu Fuss ebenfalls beobachtet und anschliessend mit denjenigen Fussgänger/innen, welche dazu bereit waren, Interviews durchgeführt. Bei Sonnenschein und leichter Bewölkung wurden total 105 Personen oder Gruppen beobachtet. Von den 105 Beobachtungen fanden 43 beim Expert Frank, 39 auf dem Postplatz und 23 bei der Migros statt. Es wurden 84 Einzelpersonen und 21 kleinere Gruppen beobachtet. Dabei waren gut die Hälfte der Personen und Gruppen weiblich, 11 Gruppen waren gemischt und die restlichen 42 Einzelpersonen und Gruppen waren männlich. Die Altersgruppen wurden wie folgt eingeschätzt: 69 Erwachsene, 26 Senioren, 7 Jugendliche und 3 Kinder.

Von allen 105 beobachteten Personen und Gruppen wurden 15 als abgelenkt eingestuft. Die Ablenkung war entweder ein Smartphone oder ein Gesprächspartner.

89 der beobachteten Personen und Gruppen konnten interviewt werden (85%). Bei zwei Personen konnte bereits beobachtet werden, dass sie nicht erkannten, dass der Fahrersitz leer war. Zusätzliche 15 gaben an, nichts Besonderes bemerkt zu haben. Total haben also 81% (72 Personen und Gruppen) etwas Besonderes bemerkt. 59 Personen und Gruppen gaben an, dass sie bemerkt haben, dass während dem Parkvorgang kein/e Fahrer/in im Auto sass. Auf Nachfrage gaben zusätzlich zwei Personen an, dass sie das fahrerlose Fahrzeug erkannten. Total sind es also ca. 70% der Befragten, die die Situation mit dem fahrerlosen Fahrzeug korrekt erkannt und wahrgenommen haben.

Total haben rund 60% die für das Parkmanöver verantwortliche Person ausserhalb des Fahrzeugs gesehen oder sie aktiv gesucht. Bei den Kindern und Jugendlichen haben 75% die verantwortliche Person gesehen oder gesucht. Bei den Erwachsenen waren es 57% und bei den Senioren waren es 50%. Die absoluten Zahlen sind jedoch sehr klein und die Belastbarkeit der Unterschiede nach Alter ist deshalb nicht gegeben.

Die von den Interviewern notierten Reaktionen auf das fahrerlose Fahrzeug waren in 24 Fällen positiv, in 23 Fällen neutral und in 41 Fällen eher negativ. Es haben also ähnlich viele Personen auf das fahrerlose Fahrzeug eher positiv oder neutral wie negativ reagiert.

Bei denjenigen Menschen zu Fuss, die das fahrerlose Fahrzeug erkannt haben, reagierten 5 von 6 Seniorinnen und Senioren neutral oder positiv auf das automatisierte Fahren. Bei den Erwachsenen reagierten 53% positiv oder neutral und bei den Kindern war der Anteil bei 50%.

Bei denjenigen Menschen zu Fuss, die das fahrerlose Fahrzeug nicht erkannt haben, reagierten ebenfalls 50% neutral oder positiv. Bei den Erwachsenen, Kindern und Jugendlichen reagierte der grössere Teil neutral oder positiv. Bei den Seniorinnen und Senioren reagierten 1/3 positiv oder neutral, als sie über das fahrerlose Fahrzeug informiert wurden.

19 von 89 interviewten Personen oder Gruppen gaben an, bereits zuvor ein fahrerloses Fahrzeug gesehen zu haben. Auf Nachfragen wurden insbesondere zwei Beispiele genannt: der Tesla und die automatisierten Kleinbusse, wie sie zum Beispiel die Post in Sion versuchsweise betrieben hatte. Ob in allen Fällen tatsächlich ein fahrerloses Fahrzeug zuvor gesehen worden ist oder ob die Personen eher von diesen Fahrzeugen gelesen oder gehört haben, ist nicht klar zu unterscheiden.

Alle Resultate der Interviews sind in Anhang A6 dargestellt.

6. Diskussion

Im Folgenden werden die Resultate der Interviews diskutiert und die mit der Fokusgruppe abgestimmten Fragen beantwortet. Weiter Erkenntnisse werden eingeordnet und auch die Limitationen der Studie erörtert.

Thesen und mit der Fokusgruppe definierte Fragen:

Die in Kapitel 5.2 definierten Thesen und Fragen können wie folgt eingeordnet und beantwortet werden.

These 1: Rund 50% der Fussgänger/innen erkennen die fehlende Person am Lenkrad.

Die These wird verworfen, es sind 70% und damit deutlich mehr als die Hälfte der Menschen zu Fuss, welche das automatisierte Fahrzeug wahrgenommen haben. Einschränkend ist festzuhalten, dass nur Personen befragt wurden, die die Chance hatten, die Situation wahrzunehmen.

These 2: Ältere Passanten und Passantinnen suchten den Blickkontakt zu einer verantwortlichen Person häufiger als Junge.

Die Kinder und Jugendlichen gaben häufiger an, dass sie die verantwortliche Person gesehen oder gesucht haben. Es konnte nicht unterschieden werden, ob die verantwortliche Person sofort gesehen wurde, oder ob sie gesucht werden musste. Die These muss verworfen werden.

These 3: Der Anteil der Fussgänger/innen, die reagieren, ist bei Älteren grösser als bei Jüngeren.

Eine Reaktion wurde bei allen Fussgänger/innen, die das fahrerlose Fahrzeug bemerkt haben, festgestellt. Der Anteil der Senioren und Seniorinnen, die positiv reagierten war höher als in den anderen Altersgruppen. Aufgrund der kleinen Zahl an Senioren und Seniorinnen ist das Resultat nicht repräsentativ.

Bei denjenigen, die das Fahrzeug nicht als fahrerlos erkannten, konnte hingegen festgestellt werden, dass der Anteil der Senioren, die negativ auf das automatisierte Fahren reagierten grösser war als in den anderen Alterskategorien.

Frage 1: Haben die Interviewten das Fehlen eines Fahrers/einer Fahrerin überhaupt bemerkt?

Das Fehlen eines Fahrers/einer Fahrerin wurde von 70% der Befragten erkannt. Zwei Drittel der Befragten gaben das Fehlen des Fahrers/der Fahrerin sogar aktiv an, als sie gefragt wurden, ob sie etwas Besonderes bemerkt haben.

Frage 2: Wie stehen die Interviewten dem automatisierten Fahren gegenüber?

Die Reaktionen auf das fahrerlose Fahrzeug waren zu rund 50% neutral oder positiv. In rund 50% der Fälle waren die Reaktionen eher negativ. Diese Reaktion auf das automatisierte Parkieren ist ein Hinweis auf die Einstellung

der Interviewten zum automatisierten Fahren, kann aber nicht direkt übertragen werden. Die Frage kann also nicht abschliessend beantwortet werden.

Frage 3: Welches Vorwissen haben die Interviewten?

Rund 21% der Befragten war das Thema automatisiertes Fahren nicht neu. Sie haben angegeben, bereits ein automatisiertes Fahrzeug gesehen zu haben. Welche Art von automatisiertem Fahren die interviewten Personen bereits gesehen oder tatsächlich erlebt haben, bleibt unklar.

Weitere Erkenntnisse

Während der ganzen Versuchsphase wurde keine Person und keine Gruppe beobachtet, die das Fahrzeug austesten wollte, indem sie absichtlich vor das fahrende Fahrzeug stand, um es zum Halten zu zwingen.

Die Bedingungen werden als real eingeschätzt. Einzelne Fokusgruppenmitglieder, welche einen Teil der Versuche beobachteten, meldeten allerdings zurück, dass teilweise fast nicht sichtbar war, ob ein Fahrer/eine Fahrerin im Auto sitze, weil die Frontscheibe aufgrund der Sonneneinstrahlung und des Schattenwurfs eines Baumes spiegelte. Das zeigt aber auch, dass die Bedingungen sehr real waren und nicht darauf ausgelegt, dass besonders viele Passanten den fehlenden Fahrer/die fehlende Fahrerin erkennen mussten.

Limitationen

Die Tests wurden an zwei Tagen durchgeführt mit einer eher kleinen Anzahl an Versuchspersonen. Zudem wurde nur mit einem Fahrzeug getestet.

Die Gemeinde Thalwil hat über die Versuche informiert. So wussten die Passantinnen und Passanten zwar nicht exakt, an welchem Tag und wo die Versuche zum fahrerlosen Fahrzeug stattfinden werden, aber das Thema an und für sich war den interessierten Gemeindebürgern bereits bekannt.

Die Versuche verwendeten den automatisierten Einparkassistenten als Simulation für das automatisierte Fahren. Es zeigte sich in den Interviews, dass für die Passanten und Passantinnen die Person neben dem Fahrzeug, welche verantwortlich für das Fahrzeug war, wichtig war. Die Person wurde gesehen oder sogar aktiv gesucht. Die Reaktion der Menschen und auch die Antworten auf die entsprechenden Interviewfragen zeigen, dass diese Limitation einen grossen Einfluss auf die Resultate hat. Es wurde zwar das fahrerlose Fahren simuliert, aber die verantwortliche Person neben dem Fahrzeug wurde gesehen. Die Resultate sind somit nicht direkt auf das automatisierte Fahren übertragbar.

Es konnte festgestellt werden, dass Personen, welche schon andere Begegnungen mit automatisierten Fahrzeugen haben, positiver auf diesen Versuch reagiert haben. Diese Studie kann deswegen vor allem Aussagen darüber treffen, wie Menschen zu Fuss auf ein automatisiertes Fahrzeug im Erstkontakt reagieren. Es sind keine Aussagen darüber möglich, wie Menschen zu Fuss reagieren, wenn diese Begegnungen häufiger werden.

7. Fazit und Ausblick

Menschen zu Fuss reagieren sowohl bei normalen, nicht automatisierten Fahrzeugen als auch bei automatisierten Fahrzeugen hauptsächlich auf implizite Signale wie Bremsen und Beschleunigen. Aus der Literatur wird gefolgert, dass dort, wo automatisiertes Fahren bereits zugelassen ist, keine systematischen Verhaltensänderungen der Menschen zu Fuss beobachtet werden konnten. Es gab einige Ausnahmen, die aber nach Einschätzung des Projektteams nach einem Erstkontakt nicht mehr vorkommen werden. Es gilt dabei wohl zu beachten, dass nicht alle Menschen zu Fuss wahrnehmen werden, ob ein Fahrzeug automatisiert unterwegs ist. Gewisse Nutzergruppen (Sehbehinderte, Kleinkinder etc.) werden dies auch nicht wahrnehmen können. Der Automatisierungsgrad eines Fahrzeuges sollte nicht massgeblich sein dafür, wie die Menschen zu Fuss auf ein Fahrzeug reagieren müssen. Im Gegenteil, jedes automatisierte Fahrzeug muss angemessen auf die Menschen zu Fuss reagieren können. Die Beobachtungen und Befragungen ergaben, dass es zum jetzigen Zeitpunkt keinen Sensibilisierungsbedarf von Menschen zu Fuss zum automatisierten Parkassistenten gibt. Aber rund die Hälfte der Menschen zu Fuss haben eher eine skeptische Einstellung gegenüber Fahrzeugen ohne Fahrer/in. Diese Einstellungen könnten mittel- und langfristig entscheidend sein, wie gut diese neue Technologie akzeptiert wird und sollte im Rahmen von Versuchen mit automatisierten Fahrzeugen weiter untersucht werden.

Darüber hinaus war der Informationsstand von vielen Personen nicht besonders hoch. Vielen Menschen war nicht klar, dass Parkassistenzsysteme, bei denen niemand im Fahrzeug sitzt, bereits zugelassen sind. Bei der Einführung von weiteren automatisierten Fahrzeugtechnologien sollte aktiver kommuniziert werden, welche Systeme neu zugelassen werden und bei Versuchen und Zulassungen sollten die Einstellung gegenüber dieser Technologie aber auch die Häufigkeit der Nutzung der Technologie beobachtet werden. Dies scheint ein guter Indikator dafür zu sein, ob die Technologie erfolgreich und sicher ist.

Weiterer Forschungsbedarf

Diese Forschungsarbeit kann nur Aussagen zur Interaktion von Menschen zu Fuss mit einem Fahrzeug mit Einparkassistent machen, dies als erste zugelassene Näherung zu einem vollständig fahrerlosen Fahrzeug. Aus der Analyse des Verhaltens von Menschen zu Fuss mit genau diesem Fahrzeug sind keine Sicherheitsprobleme erkennbar. Wie Menschen zu Fuss auf ein Fahrzeug reagieren, bei dem keine verantwortliche Person mehr neben dem Fahrzeug steht, müsste in einem weiteren Forschungsprojekt untersucht werden.

Die meisten Untersuchungen von Interaktionen von Menschen zu Fuss mit herkömmlichen Fahrzeugen gibt es zum Queren der Strasse. Ein Vergleich mit einem automatisierten Fahrzeug und Menschen, welche die Strasse queren, ist anzustreben, auch wenn eine solche Untersuchung in der Schweiz nur mit Spezialzulassung möglich ist. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Um langfristig Aussagen über die Sicherheit solcher Systeme zu machen, wäre es sinnvoll, wenn die Verwendungshäufigkeit solcher Systeme untersucht wird, damit zukünftige Unfalldaten expositionsbereinigt ausgewertet werden können. Eine solche Untersuchung sollte regelmässig zur Verwendung von zugelassenen Technologien von automatisiertem Fahren durchgeführt werden.

Die Einstellung gegenüber automatisierten Fahrzeugen ist gemäss unserer Untersuchung bei den befragten Menschen zu Fuss ausgeglichen zwischen neutral/positiv und negativ. Es gibt einige Indizien, dass die Exposition zu solchen Fahrzeugen diese Einstellung verändert. Aus diesem Grund würde sich eine Zeitreihenstudie zur Einstellung zu automatisierten Fahrzeugen anbieten. Eine solche Studie könnte auch lokal in Thalwil durchgeführt werden. Ein Ort mit einer solchen Zeitreihe würde sich als Standort für Verkehrsversuche anbieten, da diese Studie einen Teil der Evaluation der Versuche bereits zur Verfügung stellen würde.

Empfehlungen Behörden

Bei der Einführung von automatisierten Fahrzeugen werden immer wieder neue Technologien eingeführt werden. Um diesen Prozess zu steuern, wird empfohlen, dass ein Untersuchungsframework erstellt wird, mit welchem alle zukünftigen Level-3 und Level-4-Technologien untersucht werden, damit allfällige Sicherheitsprobleme für Menschen zu Fuss erkannt werden und entsprechend reagiert werden kann.

Im Unfallaufnahmeprotokoll (UAP) soll zukünftig erfasst werden können, ob ein Fahrassistenzsystem eingegriffen hat oder nicht, damit nicht nur menschliche Fehler bei Verkehrsunfällen untersucht werden können, sondern auch technisches bzw. algorithmisches Versagen. Dazu müssten entweder die Voraussetzungen fahrzeugseitig geschaffen werden, damit der Polizist oder die Polizistin, welche/r den Unfall aufnimmt, diese Information auf einfache Weise erhalten kann, oder eine Art staatliche Unfallursachenermittlung für Strassenverkehrsunfälle – analog der SUST (Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle) für Flugunfälle – initiiert werden.

Sobald Fahrassistenzsysteme weiterverbreitet sind, müssen auch Normen überprüft werden. Wenn Fahrzeuge selbstständig parkieren können, müssen Parkplätze nicht mehr so dimensioniert werden, dass aus dem parkierten Fahrzeug ein- und ausgestiegen werden kann.

Empfehlungen AXA STIP

Es wird empfohlen, Automatisierungssysteme dahingehend zu untersuchen, ob diese ein Potential zur Reduktion von Unfällen haben. Mit Versicherungsdaten kann nach Einführung eines neuen Systems zusätzlich dessen Wirkung untersucht werden. Wenn das Potential und allenfalls auch die Wirkung zur Verhinderung von Unfällen gross ist, können die Kunden aktiv auf die Möglichkeit zur Nutzung von Fahrassistenzsystemen hingewiesen werden. So werden Fahrzeuglenkende motiviert, die Fahrerassistenzsysteme zu nutzen, sobald diese verfügbar sind.

Es ist aufgefallen, dass viele der Befragten über Änderungen im Verkehrsrecht schlecht informiert sind. Als grosse Versicherung mit Kundenkontakt

könnte die AXA hier in eine Lücke springen und ihre Kunden aktiver über Änderungen im Verkehrsrecht informieren. Das würde bei der Zulassung von Automatisierungssystemen helfen, Schreckmomente und Unsicherheiten zu verhindern.

Empfehlungen Gemeinde Thalwil

Für die Verkehrs- und Infrastrukturplanung der Gemeinde Thalwil und generell für Gemeinden ergibt sich aus diesem Versuch kein Handlungsbedarf. Falls sich die Gemeinde als innovativer Standort für die Erprobung von neuen Technologien im Bereich des automatisierten Fahrens anbieten möchte, wird empfohlen, eine Zeitreihen-Studie zur Einstellung gegenüber automatisiertem Fahren zu initialisieren. Mit einer solchen regelmässigen Befragung und allenfalls wiederholten Beobachten mit bereits und künftig zugelassenen Assistenzsystemen kann untersucht werden, welche Technologien von der breiten Bevölkerung gut angenommen werden und ob/wie sich die Einstellung gegenüber dieser Technologie hin zum Positiven verändert. Weiter kann untersucht werden, welche Technologien von der Bevölkerung eher als unsicher wahrgenommen werden und welche sogar abgelehnt werden.

A1 Hauptursachen für Fussgängerunfälle innerorts

Anderer Bedienungsfehler

Anderer Einfluss im Zusammenhang mit Unaufmerksamkeit und Ablenkung

Anderer momentaner äusserer Einfluss

Anderes Fehlverhalten bei Fahrbewegungen

Anderes Fehlverhalten im Zusammenhang mit Vortritt

Einwirkung von Alkohol

Mangelhafte Manipulation im Fahrzeug (Gas statt Bremse, Wegrutschen von Bremse bei Automaten, usw.)

Momentane Unaufmerksamkeit

Nichtanpassen an die Linienführung (enge Kurve, Verzweigungsbereich, usw.)

Nichtbenützen der für Fussgänger/FäG bestimmten Verkehrsflächen

Nichtgewähren des Vortritts bei Fussgängerstreifen

Nichtgewähren des Vortritts über Trottoir (Trottoirüberfahrt)

Springen, Laufen oder Spielen auf der Fahrbahn

Unbekannte Ursache

Ungenügend gesichertes Fahrzeug beim Parkieren

Unvorsichtiges Rückwärtsfahren

Unvorsichtiges Überqueren der Fahrbahn

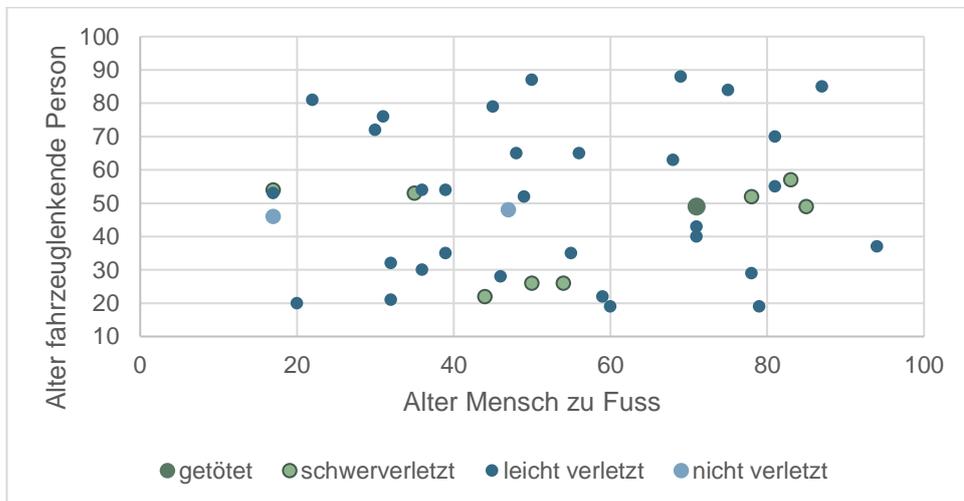
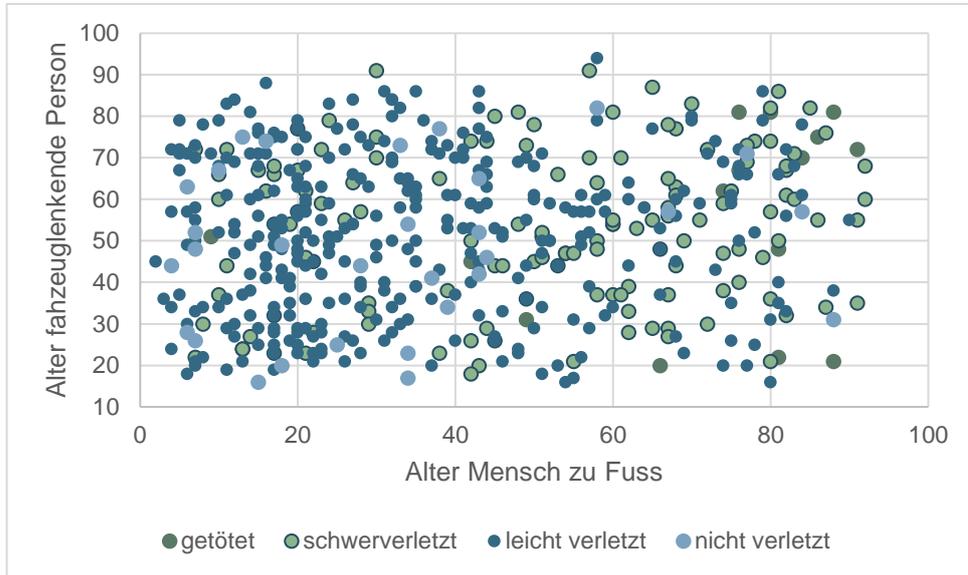
Unvorsichtiges Wenden des Fahrzeugs

Vorschriftswidriges Parkieren

Zu nahes Überholen (seitlich)

Abbildung 19: Hauptursachen für Fussgängerunfälle auf Parkplätzen, innerorts, Schweiz 2020, (Bundesamt für Strassen 2022).

A2 Alter der involvierten Verkehrsteilnehmenden



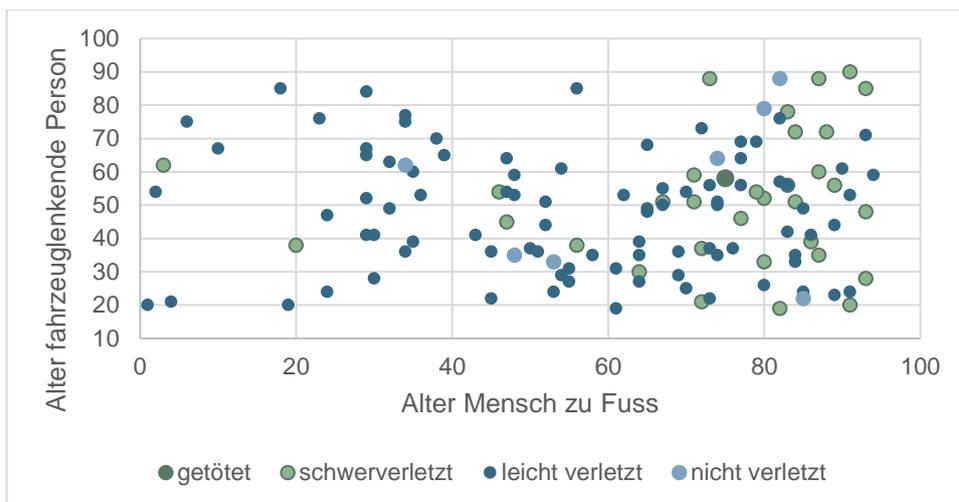


Abbildung 22: Unfallursache Nichtgewähren des Vortritts über Trottoir (Trottoirüberfahrt) - Gegenüberstellung von Alter des Menschen zu Fuss und Alter der fahrzeuglenkenden Person (Schweiz, 2020)

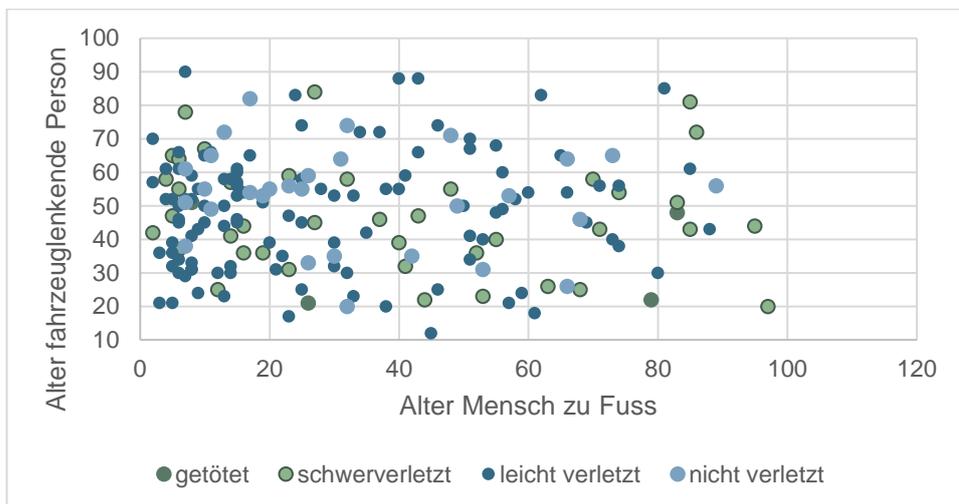


Abbildung 23: Unfallursache Unvorsichtiges Überqueren der Fahrbahn - Gegenüberstellung von Alter des Menschen zu Fuss und Alter der fahrzeuglenkenden Person (Schweiz, 2020)

A3 Beobachtungsraster

| | |
|---|---|
| Wetter: | <input type="radio"/> Bewölkt <input type="radio"/> Sonnig <input type="radio"/> leichter Regen |
| Beobachtungsstandort: | <input type="radio"/> Postplatz Thalwil <input type="radio"/> Migros Thalwil <input type="radio"/> Expert <input type="radio"/> Platte |
| Einzelperson oder Gruppe von Fussgängern: | <input type="radio"/> Einzelperson <input type="radio"/> Kleine Gruppe (2-5) <input type="radio"/> Mittलगrosse Gruppe (6-10) <input type="radio"/> Grössere Gruppe (10<) |
| Geschlecht des Fussgängers: | <input type="radio"/> Weiblich <input type="radio"/> Männlich <input type="radio"/> Gemischt / Divers |
| Alter der Fussgänger: | <input type="radio"/> Kinder <input type="radio"/> Jugendliche <input type="radio"/> Erwachsene <input type="radio"/> Senioren |
| Mögliche Ablenkungen von Fussgängern | <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja: |
| Zusätzliche Anmerkungen | |
| Handbewegungen | <input type="radio"/> Ja: <input type="radio"/> Nein: |
| Kopfbewegungen | <input type="radio"/> Ja: <input type="radio"/> Nein: |
| Blick auf andere Verkehrsteilnehmer | <input type="radio"/> Ja: <input type="radio"/> Nein: |
| Bewegung und Position des Fussgängers | |
| Aufmerksamkeit / Reaktion des Fussgängers | |
| Szenario | <input type="radio"/> automatisiert <input type="radio"/> manuell <input type="radio"/> Einparkierendes Fahrzeug: <input type="radio"/> Ausparkierendes Fahrzeug: <input type="radio"/> vorwärts <input type="radio"/> seitwärts <input type="radio"/> rückwärts |
| Involvierung weiterer Verkehrsteilnehmer | <input type="radio"/> Weitere Fussgänger <input type="radio"/> Weitere Fahrradfahrer <input type="radio"/> Weitere Motorisierte Fahrzeuge |
| Uhrzeit | |

A4 Beobachtungsraster und Fragebogen Interviews

| | |
|---|--|
| Wetter: | <input type="checkbox"/> Bewölkt <input type="checkbox"/> Sonnig <input type="checkbox"/> leichter Regen |
| Beobachtungsstandort: | <input type="checkbox"/> Postplatz Thalwil <input type="checkbox"/> Migros Thalwil <input type="checkbox"/> Expert |
| Einzelperson oder Gruppe von Fussgängern: | <input type="checkbox"/> Einzelperson <input type="checkbox"/> Kleine Gruppe (2-5) <input type="checkbox"/> Mittlere Gruppe (6-10) <input type="checkbox"/> Grössere Gruppe (10<) |
| Alter der Fussgänger: | <input type="checkbox"/> Kinder <input type="checkbox"/> Jugendliche <input type="checkbox"/> Erwachsenen <input type="checkbox"/> Senior |
| Geschlecht des Fussgängers: | <input type="checkbox"/> Weiblich <input type="checkbox"/> Männlich <input type="checkbox"/> Gemischt / Divers |
| Mögliche Ablenkungen von Fussgängern | <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Smartphone <input type="checkbox"/> Gespräch <input type="checkbox"/> andere Fahrzeuge |
| Handbewegungen | <input type="checkbox"/> Ja: <input type="checkbox"/> Nein: |
| Kopfbewegungen | <input type="checkbox"/> Ja: <input type="checkbox"/> Nein: |
| Blick auf andere Verkehrsteilnehmer | <input type="checkbox"/> Ja: <input type="checkbox"/> Nein: |
| Bewegung und Position des Fussgängers | <input type="checkbox"/> Seitlich vorne durch <input type="checkbox"/> Seitlich hinten durch <input type="checkbox"/> Vorne <input type="checkbox"/> Hinten. <input type="checkbox"/> Parallel <input type="checkbox"/> Stehend |
| Aufmerksamkeit / Reaktion des Fussgängers | <input type="checkbox"/> Keine Reaktion <input type="checkbox"/> Spricht uns an <input type="checkbox"/> Überrascht <input type="checkbox"/> Reaktion auf Kamera <input type="checkbox"/> Nur kurzer Blick <input type="checkbox"/> Starren <input type="checkbox"/> Kopf gedreht <input type="checkbox"/> Gibt Auto Vortritt. <input type="checkbox"/> Bleibt stehen <input type="checkbox"/> Dreht sich um <input type="checkbox"/> Merkt nicht das kein Fahrer |
| Szenario | <input type="checkbox"/> Einparkierend Vorwärts <input type="checkbox"/> Einparkierend seitwärts <input type="checkbox"/> Einparkierend rückwärts <input type="checkbox"/> Ausparkierend vorwärts <input type="checkbox"/> Ausparkierend seitwärts <input type="checkbox"/> Ausparkierend rückwärts |
| Involvierung weiterer Verkehrsteilnehmer | <input type="checkbox"/> Weitere Fussgänger <input type="checkbox"/> Weitere Fahrradfahrer <input type="checkbox"/> Weitere Motorräder <input type="checkbox"/> Weitere Autos <input type="checkbox"/> Weitere Lastwagen <input type="checkbox"/> Bus |
| Zusätzliche Anmerkungen | |
| Uhrzeit: | |

Herzlichen Dank, dass Sie sich bereit erklärt, haben für ein kurzes Interview. Wir werden Ihnen ein paar Fragen stellen. Wir werden für die Auswertung das Interview aufnehmen. Ist das für Sie in Ordnung?

| | | |
|---|-----------------------------------|---|
| Haben Sie etwas bemerkt? | <input type="radio"/> Nein | <input type="radio"/> Ja Was?: |
| Wir führen gerade eine Verkehrsbeobachtung durch. | | |
| Haben Sie das fahrerlose Fahrzeug bemerkt? | <input type="radio"/> Nein | <input type="radio"/> Ja: |
| Welche Reaktion hat dies bei Ihnen ausgelöst? (Nur bei vorherigen Frage Ja) | | |
| Haben sie die verantwortliche Person gesucht und/oder gesehen? (Nur bei Frage 3 Ja) | | |
| Welche Reaktion löst die Information bei Ihnen aus, dass sie gerade an einem automatisierten Fahrzeug vorbeigegangen sind, ohne dies zu bemerken? (Nur bei Frage 3 nein) | | |
| Haben Sie bereits zuvor ein fahrerloses Fahrzeug erlebt? | <input type="radio"/> Nein | <input type="radio"/> Ja. Was war das Erlebnis? |
| Wir haben Video-Aufnahmen von der Situation gemacht. Dürfen wir die Videoaufnahme von ihrer Reaktion auf das automatisierte Fahrzeuge verwenden? | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Alter der Fussgänger: | <input type="radio"/> Kinder | <input type="radio"/> Jugendliche |
| | <input type="radio"/> Erwachsenen | <input type="radio"/> Senior |
| Interview Nr.: | | |
| Interviewer: | | |

A5 Resultate Versuchstag 1

| | |
|--|---------------|
| Wetter | Anzahl |
| Bewölkt | 114 |
| Sonnig | 12 |
| leichter Regen | 0 |
| Beobachtungsstandort | Anzahl |
| Postplatz Thalwil | 45 |
| Migros Thalwil | 38 |
| Expert | 43 |
| Platte | 0 |
| Gruppengrösse | Anzahl |
| Einzelperson | 96 |
| Kleine Gruppe | 27 |
| Mittelgrosse Gruppe | 0 |
| Grössere Gruppe | 3 |
| Geschlecht | Anzahl |
| Männlich | 50 |
| Weiblich | 67 |
| Gemischt/Divers | 9 |
| Alter | Anzahl |
| Kind | 11 |
| Jugendlich | 5 |
| Erwachsener | 89 |
| Senior | 21 |
| Ablenkung (Ja/Nein) | Anzahl |
| Ja | 11 |
| Nein | 115 |
| Ablenkung Freitext | Anzahl |
| Smartphone | 2 |
| Gespräch | 8 |
| andere Fahrzeuge | 1 |
| Handbewegung (Ja/Nein) | Anzahl |
| Ja | 9 |
| Nein | 117 |
| Kopfbewegung (Ja/Nein) | Anzahl |
| Ja | 101 |
| Nein | 25 |
| Blick auf andere Verkehrsteilnehmer (Ja/Nein) | Anzahl |
| Ja | 3 |
| Nein | 123 |

| Bewegung und Position | Anzahl |
|--|---------------|
| Seitlich vorne durch | 11 |
| Seitlich hinten durch | 3 |
| Vorne | 55 |
| Hinten | 11 |
| Parallel | 39 |
| Stehend | 7 |
| Aufmerksamkeit/Reaktion | Anzahl |
| Überrascht, spricht uns an | 12 |
| Überrascht | 16 |
| Keine Reaktion | 20 |
| Kurz überrascht | 7 |
| Reaktion auf Kamera | 1 |
| Nur kurzer Blick | 25 |
| Starren | 9 |
| Kopf zurückgedreht | 26 |
| Gibt Auto Vortritt | 3 |
| Bleibt stehen | 5 |
| Dreht sich um | 2 |
| Merkt nicht das kein Fahrer | 0 |
| Aufmerksamkeit/Reaktion Levels | Anzahl |
| Keine Reaktion | 21 |
| Schwach | 60 |
| Stark | 45 |
| Szenario | Anzahl |
| Einparkend Vorwärts | 14 |
| Einparkend seitwärts | 0 |
| Einparkend rückwärts | 46 |
| Ausparkierend vorwärts | 62 |
| Ausparkierend seitwärts | 0 |
| Ausparkierend rückwärts | 4 |
| Involvierung weitere Verkehrsteilnehmer | Anzahl |
| Fussgänger | 2 |
| Auto | 0 |
| Velo | 0 |
| Motorrad | 0 |

A6 Resultate Versuchstag 2

| | |
|--|---------------|
| Wetter | Anzahl |
| Bewölkt | 81 |
| Sonnig | 24 |
| leichter Regen | 0 |
| Beobachtungsstandort | Anzahl |
| Postplatz Thalwil | 39 |
| Migros Thalwil | 23 |
| Expert | 43 |
| Gruppengrösse | Anzahl |
| Einzelperson | 84 |
| Kleine Gruppe | 21 |
| Mittelgrosse Gruppe | 0 |
| Grössere Gruppe | 0 |
| Geschlecht | Anzahl |
| Männlich | 42 |
| Weiblich | 52 |
| Gemischt/Divers | 11 |
| Alter | Anzahl |
| Kind | 3 |
| Jugendlich | 7 |
| Erwachsener | 69 |
| Senior | 26 |
| Ablenkung (Ja/Nein) | Anzahl |
| Nein | 90 |
| Smartphone | 7 |
| Gespräch | 5 |
| Andere Fahrzeuge | 0 |
| Diverses | 3 |
| Handbewegung (Ja/Nein) | Anzahl |
| Ja | 8 |
| Nein | 97 |
| Kopfbewegung (Ja/Nein) | Anzahl |
| Ja | 81 |
| Nein | 24 |
| Blick auf andere Verkehrsteilnehmer (Ja/Nein) | Anzahl |
| Ja | 6 |
| Nein | 99 |

| Bewegung und Position | Anzahl |
|--|---------------|
| Seitlich vorne durch | 24 |
| Seitlich hinten durch | 1 |
| Vorne | 44 |
| Hinten | 0 |
| Parallel | 34 |
| Stehend | 2 |
| Aufmerksamkeit/Reaktion | Anzahl |
| Spricht uns an | 7 |
| Überrascht | 15 |
| Keine Reaktion | 11 |
| Reaktion auf Kamera | 0 |
| Nur kurzer Blick | 32 |
| Starren | 9 |
| Kopf zurück gedreht | 7 |
| Gibt Auto Vortritt | 2 |
| Bleibt stehen | 16 |
| Dreht sich um | 4 |
| Merkt nicht das kein Fahrer | 2 |
| Aufmerksamkeit/Reaktion Levels | Anzahl |
| Keine Reaktion | 13 |
| Schwach | 48 |
| Stark | 44 |
| Szenario | Anzahl |
| Einparkend Vorwärts | 12 |
| Einparkend seitwärts | 8 |
| Einparkend rückwärts | 33 |
| Ausparkierend vorwärts | 48 |
| Ausparkierend seitwärts | 0 |
| Ausparkierend rückwärts | 4 |
| Involvierung weitere Verkehrsteilnehmer | Anzahl |
| Nein | 102 |
| Fussgänger | 3 |
| Auto | 0 |
| Velo | 0 |
| Motorrad | 0 |
| Bus | 0 |
| Lastwagen | 0 |
| Etwas bemerkt? (Ja/Nein) | Anzahl |
| Ja | 72 |
| Nein | 17 |

| | |
|--|---------------|
| Was wurde bemerkt? | Anzahl |
| Fahrerloses Fahrzeug | 59 |
| Platz teilweise abgesperrt | 1 |
| Fahrzeug bewegt sich aber nicht auf fahrer geschaut | 9 |
| Videoüberwachung | 3 |
| Fahrerloses Fahrzeug bemerkt? | Anzahl |
| Ja | 61 |
| Nein | 28 |
| Reaktion auf Fahrerloses Fahrzeug (Interview) | Anzahl |
| Erstaunt | 7 |
| Komisch/Verblüfft | 9 |
| Beängstigend | 4 |
| Zukunft | 7 |
| Keine besondere Reaktion | 7 |
| Fühlt sich nicht 100% sicher | 4 |
| Handbremse nicht gezogen | 4 |
| Cool/interessiert | 12 |
| Kurz erschrocken | 6 |
| Solange sicher alles okay | 1 |
| Verantwortliche Person gesucht? | Anzahl |
| Ja | 36 |
| Nein | 25 |
| Reaktion das Fahrzeug nicht bemerkt (Interview) | Anzahl |
| Unnötig | 1 |
| Solange sicher alles okay | 3 |
| Normal ein Schritt in die Zukunft | 4 |
| Beängstigend | 10 |
| Keine besondere Reaktion | 5 |
| Kurz erschrocken | 1 |
| Handbremse nicht gezogen | 2 |
| Reaktion zusammengefasst (Interview) | Anzahl |
| Erstaunt | 7 |
| Komisch/Verblüfft | 9 |
| Beängstigend | 14 |
| Zukunft | 7 |
| Keine besondere Reaktion | 12 |
| Fühlt sich nicht 100% sicher | 4 |
| Handbremse nicht gezogen | 6 |
| Cool/interessiert | 12 |
| Kurz erschrocken | 7 |
| Solange sicher alles okay | 4 |
| Unnötig | 1 |
| Normal ein Schritt in die Zukunft | 4 |

| Reaktion zusammengefasst vereinfacht | Anzahl |
|---|---------------|
| Positiv | 24 |
| Neutral | 23 |
| Negativ | 41 |
| Zuvor fahrerloses Fahrzeug gesehen? | Anzahl |
| Ja | 19 |
| Nein | 70 |
| Alter (Interview) | Anzahl |
| Kinder | 3 |
| Jugendlich | 6 |
| Erwachsen | 62 |
| Senior | 18 |

A7 Bibliografie

- Blau, Michael Julian Armstrong. 2015. "Driverless Vehicles' Potential Influence on Cyclist and Pedestrian Facility Preferences."
- Botello, Bryan, Ralph Buehler, Steve Hankey, Andrew Mondschein, and Zhiqiu Jiang. 2019. "Planning for Walking and Cycling in an Autonomous-Vehicle Future." *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 1* (2019) (100012). doi: 10/gg68rw.
- Bundesamt für Strassen. 2020. "Teilrevision Des Strassenverkehrsgesetzes Und Des Ordnungsbussengesetzes - Erläuternder Bericht Zur Eröffnung Des Vernehmlassungsverfahrens."
- Bundesamt für Strassen, ASTRA, Verkehrsunfalldaten 2020. www.unfalldaten.ch, 2022.
- Deublein, Markus. 2020. "Bfu: Automatisiertes Fahren, Mischverkehr."
- Dey, Debargha, and Jacques Terken. 2017. "Pedestrian Interaction with Vehicles: Roles of Explicit and Implicit Communication." Pp. 109–13 in *Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. Oldenburg Germany: ACM.
- Die Post, smart shuttle, <https://swissaam.ch/de/projects/smartshuttle/>, 2021.
- Ezzati Amini, Roja, Christos Katrakazas, Andreas Riener, and Constantinos Antoniou. 2021. "Interaction of Automated Driving Systems with Pedestrians: Challenges, Current Solutions, and Recommendations for EHMI's."
- Friedrich, Bernhard, Anysia Mayerhofer, Sefa Yilmaz-Niewerth, Mark Vollrath, Vanessa Stange, Markus Maurer, Susanne Ernst, Markus Steimle, Nayel Salem, Chris Timmermann, and Nico Diekmann. 2021. *AFiM: Automatisiertes Fahren Im Mischverkehr Untersuchung Der Sicherheit Und Leistungsfähigkeit Des Urbanen Mischverkehrs Unter Berücksichtigung Des Inhärenten Risikos*. Braunschweig: TUBS-IVS.
- Guéguen, Nicolas, Sébastien Meineri, and Chloé Eyssartier. 2015. "A Pedestrian's Stare and Drivers' Stopping Behavior: A Field Experiment at the Pedestrian Crossing." *Safety Science* 75:87–89. doi: 10/f68swz.
- H. Schüller et al. 2020. *Unfallrisiko Parken Für Schwächere Verkehrsteilnehmer - Forschungsbericht*. edited by Unfallforschung der Versicherer. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.
- Honda. 2021. "Japan: Honda startet Sicherheitssystem mit Fahrfunktionen nach Level 3." Retrieved February 11, 2022 (<https://www.honda.de/cars/world-of-honda/news-events/2021-03-04-japan-honda-startet-sicherheitssystem-mit-fahrfunktionen-nach-level-3.html>).

- Meeder, Mark, Ernst Bosina, and Ulrich Weidmann. 2017. "Autonomous Vehicles: Pedestrian Heaven or Pedestrian Hell?" 11.
- Merat, Natasha, Tyron Louw, Ruth Madigan, Marc Wilbrink, and Anna Schieben. 2018. "What Externally Presented Information Do VRUs Require When Interacting with Fully Automated Road Transport Systems in Shared Space?" *Accident Analysis & Prevention* 118:244–52. doi: 10/gdm9pf.
- Mercedes-Benz. 2021. "Einfach Technik: Hochautomatisiertes Fahren mit dem DRIVE PILOT." Retrieved February 11, 2022 (<https://group.mercedes-benz.com/magazin/technologie-innovation/einfach-technik-drive-pilot.html>).
- Millard-Ball, Adam. 2018. "Pedestrians, Autonomous Vehicles, and Cities." *Journal of Planning Education and Research* 38(1):6–12. doi: 10/gcwpfp.
- Mitteregger, Mathias, Emilia Bruck, Aggelos Soteropoulos, Andrea Stickler, Martin Berger, Jens Dangschat, Rudolf Scheuven, and Ian Benerjee. 2020. *AVENUE21. Automatisierter Und Vernetzter Verkehr: Entwicklungen Des Urbanen Europa*. Springer.
- Perret, Fabienne, Tobias Arnold, Remo Fischer, Peter de Haan, and Ueli Haefeli. 2020. *Automatisiertes Fahren in Der Schweiz: Das Steuer Aus Der Hand Geben?* Vol. TA 71/2020. Zürich: vdf.
- Pfeiffer, Franziska. 2018. "Die 7 Formen der Beobachtung für die Bachelorarbeit mit Beispielen." *Scribbr*. Retrieved March 31, 2022 (<https://www.scribbr.de/methodik/formen-der-beobachtung/>).
- Rober Bosch GmbH. n.d. "Sensor Data Fusion for a Powerful Interpretation of the Vehicle's Surroundings." *Bosch Mobility Solutions*. Retrieved (<https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/sensors/sensor-data-fusion/>).
- SAE International, ed. 2021. "SAE J3016 - Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles."
- Toyota Prius, Intelligent Park Assist, <https://www.toyota-europe.com/world-of-toyota/safety-technology/parking-aids>
- UN/ECE, ed. 2017. "Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to Steering Equipment."
- Uttley, J., Y. M. Lee, R. Madigan, and N. Merat. 2020. "Road User Interactions in a Shared Space Setting: Priority and Communication in a UK Car Park." *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 72:32–46. doi: 10/gpdzrr.
- VW. 2020. "VW: Park Assist Plus mit Fernbedienung." *Die Systeme zum assistieren Fahren im Detail*. Retrieved February 11, 2022 (<https://www.volkswagen-newsroom.com/de/touareg-ehybrid-und-touareg-r-internationale-fahrvorstellung-6461/die-systeme-zum-assistieren-fahren-im-detail-6464>).

Willi, Christian, Markus Deublein, and Helgi Hafsteinsson. 2018. "FVS: Automatisiertes Fahren, Auswirkungen Auf Die Strassenverkehrssicherheit."

de Winter, Joost, Pavlo Bazilinskyy, Dale Wesdorp, Valerie de Vlam, Belle Hopmans, Just Visscher, and Dimitra Dodou. 2021. "How Do Pedestrians Distribute Their Visual Attention When Walking through a Parking Garage? An Eye-Tracking Study." *Ergonomics* 64(6):793–805. doi: 10/gk2xvq.

Zang, Guoqin, Shéhérazade Azouigui, Sébastien Saudrais, Olivier Peyricot, and Mathieu Hébert. 2021. "Quantitative Study of Vehicle-Pedestrian Interactions: Towards Pedestrian-Adapted Lighting Communication Functions for Autonomous Vehicles." *IS&T International Symposium on Electronic Imaging 2021 Autonomous Vehicles and Machines*. doi: 10/gn4jcv.