

The co-driver: A neglected passenger – Development and evaluation of a co-driver assistance system

**Sandra Ittner, Dominik Mühlbacher, Thomas
Weisswange, Mark Vollrath, Alexandra Neukum**

2019

Preprint:

This is an accepted article published in 10. VDI-Tagung Mensch-Maschine-Mobilität 2019. The final authenticated version is available online at:
[https://doi.org/\[DOI not available\]](https://doi.org/[DOI not available])

Der Beifahrer: Ein vernachlässigter Passagier – Entwicklung und Evaluation eines Beifahrerassistenzsystems

M.Sc. **S. Ittner**, Dr. **D. Mühlbacher**, WIVW GmbH, Veitshöchheim; Dr. **T.H. Weisswange**, Honda Research Institute Europe GmbH, Offenbach; Prof. Dr. **M. Vollrath**, TU Braunschweig; Dipl.-Psych. **A. Neukum**, WIVW GmbH, Veitshöchheim

Kurzfassung

Lange Zeit war der Beifahrer in Bezug auf Assistenzsysteme ein vernachlässigter Faktor. Es gibt nur wenige bis keine Assistenzsysteme, die explizit den Beifahrer mit Informationen über das Fahrgeschehen oder den kognitiven Zustand des Fahrers versorgen. Erste Voruntersuchungen deuten darauf hin, dass diese im Moment eher passive Rolle des Beifahrers, verursacht durch ein Informationsdefizit und fehlende Kontrolle, zu einem Gefühl des Diskomforts führen kann – insbesondere in Fahrsituationen mit hoher Geschwindigkeit oder kleinem Abstand. In der vorliegenden Studie soll untersucht werden, welche Faktoren zu einer Verbesserung des Beifahrererlebens in diesen Situationen beitragen können. Hierzu wurden Theorien und Forschung aus Bereichen des automatisierten Fahrens, der Entscheidungsfindung, der Regelung dynamischer Systeme und der Bewältigung von Stress herangezogen. In einer Simulatorstudie mit $N=40$ Probanden wurden verschiedene Varianten einer Beifahrerassistenz hinsichtlich ihrer Wirkung auf das Beifahrererleben untersucht. Die Assistenz präsentierte unterschiedliche Informationen über den kognitiven Zustand des Fahrers, über die Situation oder gab dem Beifahrer Möglichkeiten zum Eingriff in die Fahrsituation. Die Probanden erlebten verschiedene Folge- und Bremsszenarien auf der Autobahn mit unterschiedlichen Time Headways (THWs) einmal ohne Assistenz (Baseline) und einmal mit Assistenz. Die beiden Bedingungen wurden in permutierter Reihenfolge durchgeführt. Das Konstrukt Diskomfort wurde subjektiv über Bewertungen und offene Fragen nach jedem Folge- und Bremsszenario erfasst. Ausgewählte Ergebnisse werden präsentiert und sowohl hinsichtlich der Möglichkeiten von Beifahrerassistenz als auch der Übertragbarkeit auf automatisiertes Fahren diskutiert.

1. Theoretischer Hintergrund

Der Beifahrer wurde in Bezug auf Assistenzsysteme lange Zeit nicht berücksichtigt. Es gibt nur wenige Assistenzsysteme, die explizit den Beifahrer mit Informationen über das Fahrgeschehen versorgen und keine Beifahrerassistenzsysteme, die den kognitiven Zustand des Fahrers an den Beifahrer kommunizieren. Insbesondere existieren keine Beifahrerassistenzsysteme, die Informationen präsentieren, um den erlebten Diskomfort des Beifahrers während der Fahrt zu beeinflussen. Mit Diskomfort ist in diesem Fall nicht physiologisch oder sozial verursachter Diskomfort gemeint, wie er durch Motion Sickness oder durch betretenes Schweigen entstehen kann. Diese Arbeit bezieht sich auf psychisch verursachten Diskomfort wie er durch Furcht oder Sorge vor einem Unfall entstehen kann. Zwei Beispiele für serienmäßig verfügbare Beifahrerdisplay im Automobilbereich sind im Ferrari im GTC4Lusso T [1] oder bei Mercedes-Benz [2] zu finden. Diese Ideen zu Beifahrerdisplays beziehen sich aber häufig auf das Infotainments des Beifahrers. Im Bereich des automatisierten Fahrens tritt mit höheren Automatisierungsstufen die Fahraufgabe mehr und mehr in den Hintergrund, wodurch der Fahrer immer stärker zum Beifahrer des automatisierten Fahrzeugs wird. In diesem Zusammenhang liegt bereits Forschung vor, welche Informationen zu welchen Zeitpunkten dem Fahrer angezeigt werden können, um ihn über Aktionen des automatisierten Fahrzeugs dauerhaft zu informieren [3]. Die wenigen bereits existierenden Forschungsarbeiten, die sich direkt mit dem Beifahrer beschäftigen, sind weniger auf die Bedürfnisse des Beifahrers fokussiert, sondern häufig auf Unterstützungsmöglichkeiten des Fahrers durch den Beifahrer [4], [5], [6]. Weitere Arbeiten betreffen die Interaktion zwischen Beifahrer und Fahrer [7]. Eine der wenigen Arbeiten, die sich direkt mit den Bedürfnissen des Beifahrers beschäftigt, ist eine Studie von Osswald et al. [8]. Dabei wurden Autofahrer an einer Tankstelle mit Hilfe von Studienmaterialien dazu befragt, welche Informationen für den Beifahrer sinnvoll sind. Am häufigsten wurden Informationen zu Navigation bevorzugt, gefolgt von der Möglichkeit Internet, soziale Medien oder Computerspiele nutzen zu können. Bei kontextbasierten Informationen wurden am häufigsten Informationen zum Wetter, gefolgt von der aktuellen Zeit oder der Geschwindigkeit genannt. Darüber hinaus existiert noch eine Umfrage der InnoFact AG [9], die von Autoscout24 beauftragt wurde und abfragte, welche Faktoren zu Diskomfort des Beifahrers führen können. Auf Basis dieser Recherche wurde genauer untersucht, welche Faktoren den Diskomfort des Beifahrers beeinflussen. Daraus kann dann abgeleitet werden, welche Informationen dargestellt werden müssen, um diesen zu reduzieren. Die Ergebnisse der Online-Umfrage durch die InnoFact AG, sowie eigene erste Voruntersuchungen deuten darauf hin, dass vor allem Situationen mit hohen Geschwindigkeiten und nahes Auffahren zu Diskomfort des

Beifahrers führen. Erklärungen warum diese Situationen zu Diskomfort des Beifahrers führen, bieten Theorien wie das transaktionale Stressmodell [10], das Feedback-Loop Model [11] oder dessen ausführlichere Form, die Theorie der Situation Awareness [12]. Nach dem Feedback-Loop Model reguliert der Fahrer Geschwindigkeit und Abstand zum Vordermann in einer Feedbackschleife. Der Fahrer vergleicht die aktuelle Geschwindigkeit und den aktuellen Abstand mit seiner bevorzugten Zielgeschwindigkeit und Zielabstand. Falls hier eine Diskrepanz vorliegt, findet eine Anpassung in Form einer Reaktion statt. Das Ergebnis dieser Reaktion führt dann zu einer Veränderung in der Umgebung, die vom Fahrer wahrgenommen wird. Diese Reaktion wird so lange in der Feedbackschleife wiederholt, bis die bevorzugte Zielgeschwindigkeit/-abstand erreicht ist. Dabei hat der Fahrer zu jedem Zeitpunkt der Feedbackschleife Informationen über seinen eigenen kognitiven Zustand und Kontrolle über die Situation. Für den Beifahrer läuft dieser Vergleich ebenfalls in Form der Feedbackschleife ab. Der Unterschied zwischen der Fahrer- und Beifahrerfeedbackschleife liegt darin, dass der Beifahrer nicht die Möglichkeit hat, die aktuelle Geschwindigkeit/Abstand durch eine Aktion wie Bremsen an seine bevorzugte Zielgeschwindigkeit/-abstand anzupassen. Zusätzlich hat der Beifahrer keine Informationen über die bevorzugte Geschwindigkeit/Abstand des Fahrers und dessen Vergleichsprozess zwischen aktueller und bevorzugter Geschwindigkeit sowie des wahrgenommenen Abstands. Schließlich hat der Beifahrer nur wenige bis keine Informationen über den Aufmerksamkeitsfokus des Fahrers. Diese Diskrepanz zwischen der Menge an Informationen über den kognitiven Zustand des Fahrers und der Möglichkeit Einfluss oder Kontrolle über die Situation zu haben, kann zu einer unterschiedlichen Einschätzung der Kritikalität einer Situation führen. Diese Unterschiede an verfügbaren Informationen und Kontrolle entsprechen den unterschiedlichen Voraussetzungen persönlicher und situativer Bedingungen im transaktionalen Stressmodell [10]. Auch diese beeinflussen in diesem Modell die Einschätzung der Kritikalität bei Fahrer und Beifahrer. Im nächsten Schritt wird dann noch im Stressmodell von beiden bewertet, ob die Situation aktiv zu bewältigen ist oder eine Flucht möglich ist. Da diese beiden Varianten für den Beifahrer nicht möglich sind, kann diese fehlende Einflussmöglichkeit oder Kontrolle dazu führen, dass dieser Angst entwickelt, welche den Diskomfort beeinflusst. Aus diesen theoretischen Überlegungen wurden die folgenden fünf Hypothesen hergeleitet, um zu untersuchen, welchen Einfluss fehlenden Informationen und fehlende Kontrolle auf den Diskomfort des Beifahrers haben.

1. Der Diskomfort des Beifahrers wird durch Informationen über den Aufmerksamkeitsfokus des Fahrers reduziert
2. Der Diskomfort des Beifahrers wird durch Informationen über den Sicherheitsabstand reduziert

3. Der Diskomfort des Beifahrers wird durch die Möglichkeit Einfluss auf den Bremsprozess zu haben reduziert
4. Der Diskomfort des Beifahrers wird durch Informationen über den bevorzugten Abstand des Fahrers reduziert
5. Der Diskomfort des Beifahrers wird durch Informationen über den Fahr- und Bremsprozess des Fahrers reduziert

Diese Hypothesen werden mit beispielhaften Beifahrerassistenzsystemen im weiteren Verlauf dieser Arbeit mit Probanden getestet.

2. Methoden

An der Studie im statischen Simulator nahmen insgesamt $N = 40$ Versuchspersonen teil ($n = 20$ weiblich und $n = 20$ männlich). Das Alter der Teilnehmer bewegte sich zwischen 21 und 68 Jahren ($M = 43.2$ Jahre, $SD = 14.2$ Jahre). Da die verschiedenen Varianten des Beifahrerassistenzsystems in einem „between“-Design untersucht wurden, wurde auf eine gleichmäßige Verteilung des Geschlechts und der Altersgruppen in den Teilstichproben geachtet. 65 % der Teilnehmer gaben an täglich Fahrer zu sein und die Hälfte der Teilnehmer (50 %) sind mindestens einmal in der Woche Beifahrer.

Die Dauer eines Durchgangs der Studie pro Proband betrug 1.5 Stunden. In dieser Zeit erlebten die Teilnehmer als Beifahrer zwei Fahrten auf einer zweispurigen Autobahn von jeweils 20 Minuten. Eine Fahrt wurde dabei ohne Beifahrerassistenzsystem durchgeführt (Baseline) und eine Fahrt mit Beifahrerassistenzsystem. Vor der Fahrt mit dem Beifahrerassistenzsystem, wurden Fahrer und Beifahrer gemeinsam in einer Eingewöhnungsfahrt mit der Funktionsweise des Beifahrerassistenzsystems vertraut gemacht. Pro Fahrt wurden die Probanden dann mit drei Bremssituationen und drei Folgesituationen konfrontiert. Jede Situation wurde mit einer konstanten Geschwindigkeit von 130 km/h und einem festgelegten Abstand (THW = 0.3 s, 0.6 s und 0.9 s) erlebt. Diese sehr kurzen Abstände wurden gewählt, da diese im statischen Simulator weniger kritisch als in der Realität wirken können. Dieser Effekt kann durch die fehlende Längsbeschleunigung noch verstärkt werden. Hier wurde vor allem bei den kürzeren Abständen 0.3 s und 0.6 s ein Effekt des Beifahrerassistenzsystems erwartet, da sich hier aufgrund der kleineren Zeitspannen für Reaktionen die subjektive Kritikalität und somit der Diskomfort erhöhen kann. Das kann dazu führen, dass das Bedürfnis größer ist, Informationen über den kognitiven Zustand des Fahrers oder Einfluss auf die Situation zu erhalten.

In den Bremsszenarien erlebten die Teilnehmer eine Folgefahrt in zähfließendem Verkehr. Zu unerwarteten Zeitpunkten wechselte dann ein Fahrzeug der anderen Fahrspur auf die eigene Fahrspur vor ein Vorderfahrzeug. Dadurch wurde das Vorderfahrzeug und folglich auch der

eigene Fahrer zu einem Bremsmanöver gezwungen. Die Folgeszenarien ähnelten im Aufbau den Bremsszenarien. Während der Folgefahrt wechselte jedoch kein Fahrzeug auf die eigene Fahrspur.

Zur Vermeidung von Reihenfolgeeffekten erfolgte die Abfolge der Szenarien in permutierter Reihenfolge. Da sich beide Szenariotypen im Aufbau ähnelten, wurden äußerliche Gegebenheiten, wie Fahrzeugarten, Landschaft und Spurposition, leicht verändert, um den Wiedererkennungswert zu reduzieren. Diese Methoden wurden gewählt, um somit auch einen möglichen Erwartungseffekt zu reduzieren, da dieser Erwartungseffekt einen ungewollten Einfluss auf den erlebten Diskomfort des Beifahrers haben könnte.

Der Fahrer war einer von zwei Mitarbeitern der WIVW GmbH, die vorher bezüglich des Fahrstils trainiert wurden. Dadurch konnte eine größtmögliche Standardisierung und Vergleichbarkeit des Fahrstils für jeden teilnehmenden Beifahrer gewährleistet werden. Den Teilnehmern wurde lediglich mitgeteilt, dass der Fahrer ein weiterer Teilnehmer der Studie sei. Daher wurde der Fahrer in der gesamten Studie von der Versuchsleitung wie ein weiterer Teilnehmer behandelt. Mit Hilfe dieser Strategie sollte erreicht werden, dass der Beifahrer weniger Vertrauen in den Fahrer hat, weil dieser aus Sicht des Beifahrers, nicht schon vorher weiß, wie er in den Situationen reagieren muss.

Der Diskomfort wurde mittels subjektiver Ratings nach jedem erlebten Szenario gemessen. Hierzu haben die Beifahrer nach jedem Szenario auf einer 16-stufigen Kategorienunterteilungsskala (von 0 = „überhaupt kein Diskomfort“ bis 15 = „sehr starker Diskomfort“) bewertet, wie hoch der erlebte Diskomfort in der Situation war. Zusätzlich bewerteten die Teilnehmer in einer Nachbefragung allgemein, wie hilfreich das erlebte Beifahrerassistenzsystem ist, um den Diskomfort des Beifahrers zu reduzieren (16-stufige Kategorienunterteilungsskala von 0 = „überhaupt nicht hilfreich“ bis 15 = „sehr deutlich hilfreich“). Außerdem gaben sie an, ob sie ein Beifahrerassistenzsystem sinnvoll finden. Das Design der verschiedenen Varianten der Beifahrerassistenzsysteme wurde auf Basis der oben genannten Theorien abgeleitet. Jede Variante des Beifahrerassistenzsystems bezieht sich dabei auf jeweils einen Teil des Feedback-Loop Modells [11] und wird mit einer der oben genannten Hypothesen untersucht.

Aufmerksamkeit (Hypothese 1). Bei dieser Variante des Beifahrerassistenzsystems wurde dem Beifahrer mitgeteilt, dass die Aufmerksamkeit des Fahrers über ein EEG im Schläfenbereich sowie über eine Eyetracking-Brille ermittelt wird. Mit diesen Informationen sollte bestimmt werden, wie stark die Aufmerksamkeit des Fahrers auf die Straße und das Verkehrsgeschehen gerichtet ist. Diese Informationen zur Aufmerksamkeit wurden dann dem Beifahrer in vereinfachter Form auf einem Display präsentiert. Dieses Display war vor ihm in

Höhe der Windschutzscheibe auf dem Armaturenbrett angebracht. Dadurch konnte der Beifahrer die Informationen betrachten, ohne den Kopf zu stark senken zu müssen. Die Informationen waren nur für den Beifahrer sichtbar und wurden mittels farblicher Kodierung, einer prozentualen Anzeige und eines Icons dargestellt (Bild 1). Die Ableitung der Aufmerksamkeit aus den EEG-Daten und Blickbewegungen wurde dem Beifahrer dabei nur simuliert und nicht auf Basis der realen Daten modelliert.

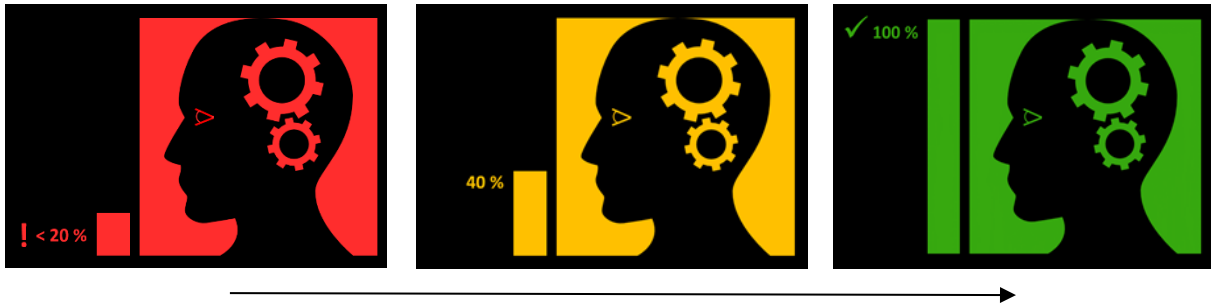


Bild 1: Stufenweiser Anstieg der Aufmerksamkeit des Fahrers wie sie auf dem Beifahrerdisplay präsentiert wird. Rote Visualisierung bei sehr geringer Aufmerksamkeit auf das Verkehrsgeschehen (links), in orange bei leichter Ablenkung (mitte) und in grün bei höchster Konzentration auf den Umgebungsverkehr und die Straße (rechts).

Sicherheitsabstand (Hypothese 2). Diese Variante eines Beifahrerassistenzsystems war für den Fahrer und Beifahrer sichtbar. Hier wurde in der Simulation im Stile eines Head-up-Displays ein grüner semitransparenter Balken vor das Auto auf die Straße projiziert. Die grüne Farbe wurde so lange beibehalten, wie ein ausreichend großer Sicherheitsabstand zum Vordermann eingehalten wurde (Bild 2 links). Hat der Fahrer den Sicherheitsabstand zum Vordermann unterschritten, änderte der Balken seine Farbe zu Rot (Bild 2 rechts). Die rote Farbe signalisiert Fahrer und Beifahrer, dass bei aktuellem Abstand und Geschwindigkeit der Fahrer nicht mehr rechtzeitig auf eine Bremsung des Vordermanns reagieren könnte. Ein Unfall wäre somit nicht mehr vermeidbar. Entgegen der gesetzlichen Vorschriften betrug in dieser Studie der dargestellte Sicherheitsabstand 0.3 Sekunden. Dieser Schwellenwert wurde gewählt, da untersucht werden sollte, ob sich das Beifahrerassistenzsystem positiv auf den erlebten Diskomfort auswirken kann, wenn der kürzeste Abstand präsentiert wird.

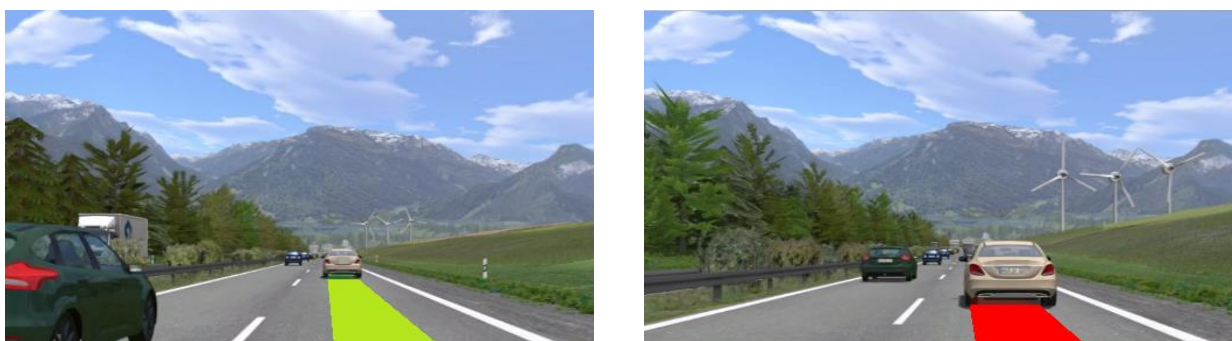


Bild 2: Darstellung des Sicherheitsabstandes in Form eines transparenten Balkens auf der Straße, wenn der Sicherheitsabstand eingehalten wird (links) und wenn der Sicherheitsabstand unterschritten wird (rechts).

Aktive Abstandsbewertung (Hypothese 3). Diese Variante des Beifahrerassistenzsystems war von der Funktionsweise für den Fahrer ähnlich, wie die Variante „*Sicherheitsabstand*“. Der einzige Unterschied lag darin, dass der Beifahrer bei dieser Variante die Möglichkeit bekam, mit einem versteckten Knopf, selbst bestimmen zu können, wann der Balken seine Farbe zu Rot ändert. Dadurch konnte der Beifahrer selbst entscheiden, wann ihm der Sicherheitsabstand zu gering war und dem Fahrer dies signalisieren. Da dem Fahrer nicht bekannt war, dass der Beifahrer den Farbwechsel bestimmte, war der angezeigte Sicherheitsabstand aus Sicht des Fahrers objektiv und losgelöst von der subjektiven Meinung des Beifahrers.

Bevorzugter Abstand (Hypothese 4). In dieser Variante wurde ähnlich wie bei „*Sicherheitsabstand*“ ein semitransparenter Balken in der Simulation vor das Auto auf die Straße projiziert. Dieser hatte eine blaue Farbe und behielt diese und seine Form während der Fahrt. Der Balken repräsentierte den bevorzugten Abstand des Fahrers. Dieser bevorzugte Abstand wurde vorher in einer Kalibrierungsfahrt mit Fahrer und Beifahrer eingestellt. Hier wurde der Fahrer gebeten den Abstand einzuhalten, mit dem er sich wohl fühle und bei dem er der Überzeugung sei, er könne rechtzeitig auf ein Bremsen des Vordermanns reagieren.

Bremsinformation (Hypothese 5). Hier wurden dem Beifahrer Informationen über die Stellung des Gas- und Bremspedals auf dem schon für die Variante „*Aufmerksamkeit*“ verwendeten Display angezeigt. Auf dem Display wurden ikonisch zwei Stellungen des Gaspedals angezeigt (Bild 3 links und mitte). Ein Icon präsentierte die Stellung, sobald der Fahrer seinen Fuß auf das Gaspedal stellte (Bild 3 links). Das andere präsentierte die Stellung, wenn der Fuß vom Gaspedal genommen wurde, um diesen auf das Bremspedal zu setzen (Bild 3 mitte). Für das Bremspedal wurden drei verschiedene Stellungen als Icons präsentiert, welche die Stärke des Bremsmanövers an den Beifahrer rückmeldeten (Bild 3 rechts). Gleichzeitig wurde in der Mitte des Display das eigene Fahrzeug mit drei verschiedenen Stufen der Bremslichter, entsprechend zur Stärke der Bremsreaktion, präsentiert.



Bild 3: Darstellung auf dem Beifahrerdisplay, wenn der Fahrer Gas gibt (links), wenn er den Fuß vom Gaspedal nimmt (mitte) und bei einem stärkeren Bremsmanöver (rechts).

3. Ergebnisse

Insgesamt sind die Bewertungen des Diskomforts für alle Bedingungen im mittleren und niedrigen Bereich der Skala. In den Brems- und Folgesituationen ist der Diskomfort jedoch ohne das Beifahrerassistenzsystem höher als mit Assistenzsystem ($F(1,34) = 48.1, p < .01, \eta^2 = .59$). Zwischen den Varianten des Assistenzsystems gibt es keinen Unterschied in Bezug auf den erlebten Diskomfort ($F(4,34) < 1, p = n.s.$). Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Varianten des Beifahrerassistenzsystems getrennt nach Brems- und Folgeszenarien berichtet:

Bremsszenarien. Genauere Analysen zeigen, dass der Diskomfort der Teilnehmer mit einem THW von 0.6 s geringer ist, wenn sie mit dem System „Aufmerksamkeit“ ($t(7) = 2.5, p < .05$) gefahren sind als ohne System (Bild 4). Der Diskomfort der Beifahrer ist ebenfalls mit dem System „Sicherheitsabstand“ und einem THW von 0.9 s niedriger als ohne System (Hypothese 2: $t(7) = 3.3, p < .05$). Dieser Effekt wurde auch mit einem THW von 0.3 s und dem System „Aktive Abstandsbewertung“ (Hypothese 3: $t(7) = 4.6, p < .05$) gefunden. Für das System „Bevorzugter Abstand“ wurden keine Unterschiede im erlebten Diskomfort zwischen den Teilen mit und ohne Beifahrerassistenzsystem gefunden (Hypothese 4). Während der Fahrt mit dem System „Bremsinformation“ und einem THW von 0.3 s ist der Diskomfort der Beifahrer höher als ohne System (Hypothese 5: $t(7) = -2.6, p < .05$).

Folgeszenarien. In den Folgesituationen ist der Diskomfort nur mit dem System „Aktive Abstandsbewertung“ und THWs von 0.3 s (Hypothese 3: $t(7) = 3.8, p < .05$) und 0.6 s ($t(7) = 2.8, p < .05$) geringer als ohne Beifahrerassistenzsystem (Bild 5).

In der Nachbefragung geben 60 % der Teilnehmer an, ein Beifahrerassistenzsystem sinnvoll und 17.5 % der Teilnehmer es teilweise sinnvoll zu finden. Zusätzlich wurde jedes Beifahrerassistenzsystem noch allgemein dahingehend bewertet, wie hilfreich es war, um den Diskomfort zu senken. Mit einer mittleren Bewertung von $m = 10.3$ ($sd = 4.2$) wird hier das Beifahrerassistenzsystem „Aufmerksamkeit“ als „deutlich hilfreich“ und im Vergleich zu den anderen Varianten am hilfreichsten bewertet. Gefolgt wird dieses System von dem System „Sicherheitsabstand“ mit einem mittleren Rating von $m = 9.4$ ($sd = 3.3$) als „teilweise hilfreich“ bewertet wird. Die Systeme „Aktive Abstandsbewertung“ und „Bevorzugter Abstand“ werden ebenfalls als „teilweise hilfreich“ mit einer mittleren Bewertung von $m = 8.3$ eingeschätzt ($sd = 4.8$). Das System „Bremsinformation“ wird im Vergleich zu den anderen System am wenigsten hilfreich bewertet. Mit einer mittleren Bewertung von $m = 7.8$ ($sd = 4.6$) ist es aber noch „teilweise hilfreich“ in Bezug auf die Reduktion des Diskomforts.

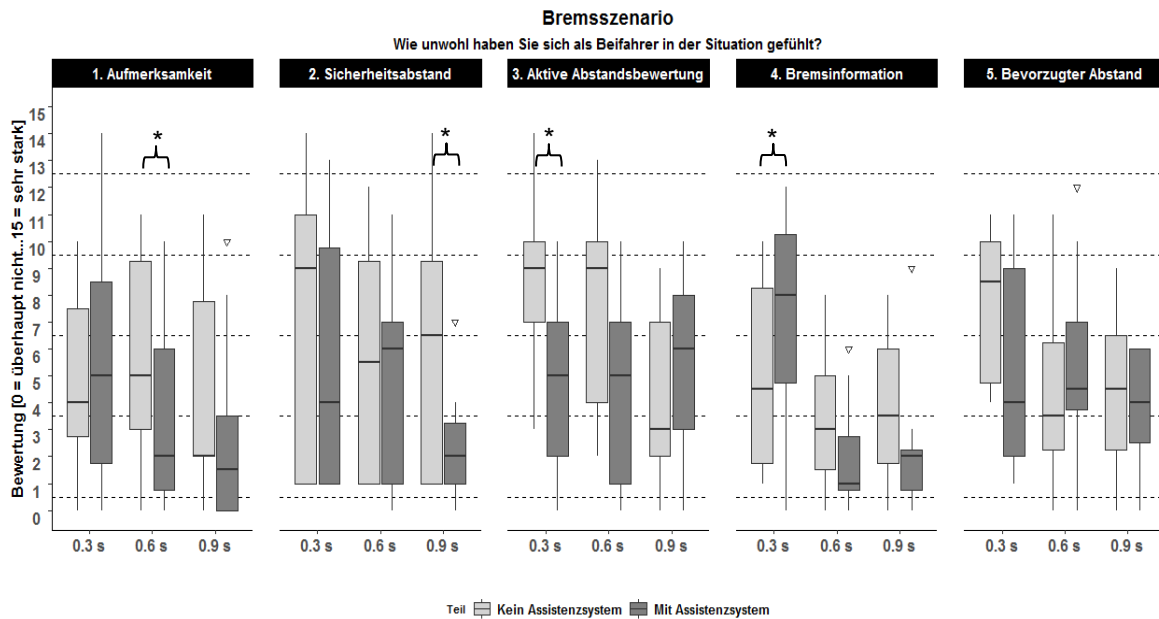


Bild 4: Bewertungen des Diskomforts in den Bremszenarien mit und ohne Beifahrerassistenzsystem pro Variante und Abstand.

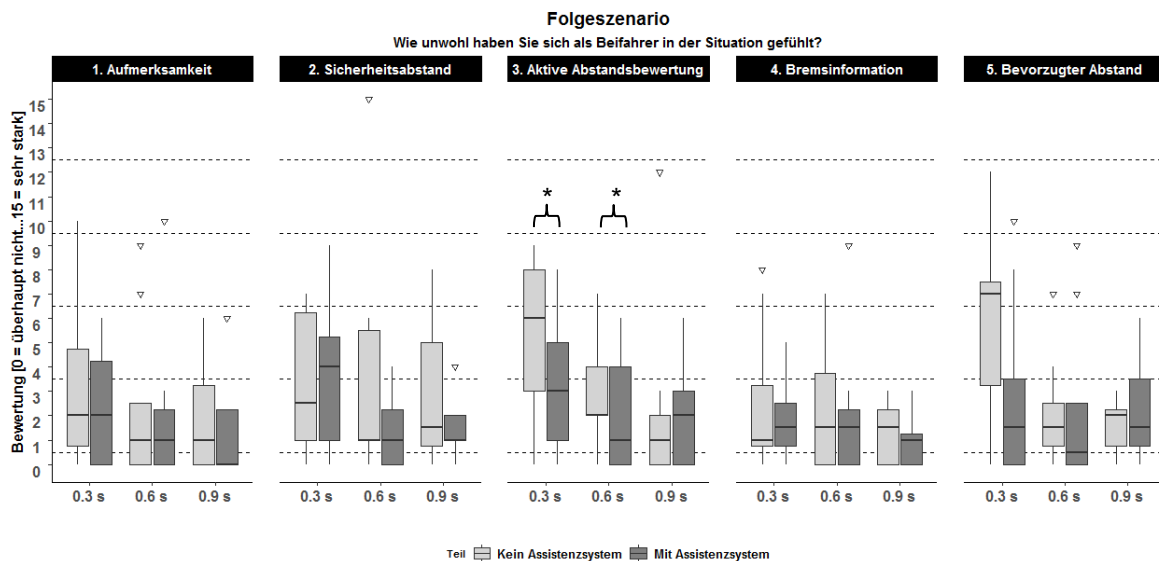


Bild 5: Bewertungen des Diskomforts in den Folgeszenarien mit und ohne Beifahrerassistenzsystem pro Variante und Abstand.

4. Diskussion

Die Ergebnisse bestätigen also teilweise die Hypothesen 1-3. Beifahrer mit einem Beifahrerassistenzsystem erleben bei mittleren Abständen weniger Diskomfort mit der Variante „*Aufmerksamkeit*“ sowie mit „*Sicherheitsabstand*“ bei großen Abständen. Das System „*Aktive Abstandsbewertung*“ führt vor allem bei kurzen und mittleren Abständen zu einer Reduktion des Diskomforts. In der Nachbefragung wird das System „*Aufmerksamkeit*“ am hilfreichsten bewertet, gefolgt von den Varianten „*Sicherheitsabstand*“ und „*Aktive*

Abstandsbewertung“. Diese werden noch als „*teilweise hilfreich*“ in Bezug auf die Reduktion von Diskomfort bewertet. Es kann Beifahrern also helfen ihren Diskomfort zu reduzieren, indem sie Informationen über den kognitiven Zustand des Fahrers erhalten. Diese zusätzlichen Informationen ermöglichen es die Kritikalität der Situation präziser einzuschätzen. (Hypothese 1/2). Zusätzlich führt auch die Möglichkeit Einfluss auf die Situation nehmen können dazu, dass die Kritikalität von Situationen anders eingeschätzt wird und somit weniger Diskomfort entsteht (Hypothese 3). Dieser Effekt wurde vor allem für die zwei kürzeren Abstände gefunden. Die Ergebnisse des Systems „*Acting Driver*“ lassen es zu dem darauf schließen, dass das Vermeiden von kritischen Situationen, verursacht durch geringe Abstände, für den Beifahrer am hilfreichsten ist. Im Falle des Systems „*Aktive Abstandsbewertung*“ kann der Beifahrer dem Fahrer signalisieren, wenn ihm der Abstand zu klein ist. Somit kann verhindert werden, dass zu nahe Abstände entstehen.

Die Variante „*Bevorzugter Abstand*“ hat keinen Einfluss auf den erlebten Diskomfort (Hypothese 4), während das System „*Bremsinformationen*“ bei kurzen Abständen den Diskomfort sogar erhöht (Hypothese 5). Bei der Variante „*Bremsinformationen*“ ist es möglich, dass die zusätzlichen Informationen über die Stärke des Bremsvorgangs bei kurzen Abständen die Kritikalität der Situation aus Sicht des Beifahrers verstärken könnten. Kurze Abstände führen zu kleinen Zeitfenstern für Reaktionen sowohl in Bezug auf die Bremsreaktion des Fahrers als auch auf eine Reaktion oder Einschätzung der Situation des Beifahrers. Somit ist es möglich, dass in diesem kurzen Zeitfenster die zusätzlichen Informationen über die Stärke des Bremsvorgangs nicht zu einer Reduktion des Diskomforts führen, sondern zu einer Erhöhung aufgrund der hervorgehobenen Kritikalität.

Anzumerken ist die Tatsache, dass der Diskomfort in vielen Situationen ohne Assistenzsystem bereits als „*sehr gering*“ oder „*gering*“ bewertet wurde. Die niedrigen Bewertungen des Diskomforts können möglicherweise dadurch erklärt werden, dass die Situationen im statischen Simulator weniger kritisch wirkten, als in der Realität. Es ist möglich, dass viele Teilnehmer den Fahrstil des Fahrers trotz der niedrigen Abstände immer noch als sicher eingeschätzt haben. Außerdem kann die fehlende Längsbeschleunigung im statischen Simulator zu einer Entschärfung der Situationen geführt haben. Dies kann einen Einfluss auf die Effektgröße des Beifahrerassistenzsystems haben. Deswegen ist es empfehlenswert in zukünftigen Studien den Effekt des Assistenzsystems mit sicherheitskritischeren Fahrstilen zu validieren. Weiterhin könnte die Studie in einem dynamischen Fahrsimulator oder im Realverkehr wiederholt werden, da hier die Längsbeschleunigung vorhanden wäre. Des Weiteren sind die Bewertungen des Diskomforts in den Teilstichproben sehr unterschiedlich. Dies kann darauf hindeuten, dass Beifahrertypen existieren, die unterschiedlich leicht

Diskomfort empfinden. Auch hier besteht die Möglichkeit in weiteren Studien den Effekt eines Beifahrerassistenzsystems auf Teilnehmer genauer zu untersuchen, die besonders leicht Angst oder Sorge vor einem Unfall und demnach Diskomfort entwickeln.

Im Bereich des automatisierten Fahrens tritt der Fahrer in höheren Automatisierungsstufen zunehmend in den Hintergrund und wird zum Beifahrer des Fahrzeuges. Auch hier ist denkbar, den potentiellen Diskomfort des Fahrers durch Informationen über den Systemzustand des automatisierten Fahrzeuges zu beeinflussen. Dies würde den Informationen über den Aufmerksamkeitsfokus des Fahrers oder den Sicherheitsabstand entsprechen und könnte dem Fahrer helfen, die Kritikalität einer Situation besser abzuschätzen. Dem Fahrer würde es dadurch leichter fallen, rechtzeitig entscheiden zu können wann er eingreifen muss, da er Informationen über jede aktuelle und zukünftige Aktion des Fahrzeuges vorliegen hätte. Diese Form der Information wurde dem Fahrer beispielsweise in der Studie von Naujoks et al. [3] präsentiert. Hier wurden zukünftige Aktionen des automatisierten Fahrzeuges, wie z. B. der bevorstehende Spurwechsel aufgrund eines Hindernisses, dem Fahrer auf einem Display mitgeteilt. Zusätzlich geben die Ergebnisse Hinweise darauf, dass es für den Fahrer des automatisierten Fahrzeuges angenehmer sein kann, wenn dieser die Möglichkeit hat, auf den Fahrstil Einfluss zu nehmen. Wie in dieser Studie könnte der Fahrer dann die Option haben, die Sicherheitsabstände des automatisierten Fahrzeuges zu individualisieren. Es könnte außerdem ein vorausschauender Fahrstil konfiguriert werden, der zu geringe Abstände vermeidet, wodurch keine kritischen Ereignisse entstehen würden.

Ein Beifahrerassistenzsystem bietet also die Möglichkeit durch die Darstellung von Informationen oder die Möglichkeit der Einflussnahme des Beifahrers dessen Diskomfort zu reduzieren. Dies kann auch bedeuten, die Fahrsicherheit zu erhöhen. Der Beifahrer könnte zum Beispiel Aspekte der Fahraufgabe übernehmen, wie die zusätzliche Überwachung der Verkehrslage oder die Navigation in komplexen Verkehrssituationen.

Referenzen

- [1] Owen, R. M. (2016, 01. März). Ferrari GTC4Lusso Released at Geneva. Aufgerufen am 11.06.2016, von <http://ferrarism.com/ferrari-gtc4lusso-released-at-geneva/>.
- [2] Innovative SPLITVIEW Technik: Mercedes-Benz S-Klasse: Zwei Programme auf einem Bildschirm. (2008, 10. Dezember). Aufgerufen am 11.06.2016, von <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Innovative-SPLITVIEW-Technik-Mercedes-Benz-S-Klasse-Zwei-Programme-auf-einem-Bildschirm.xhtml?oid=9919674> /.
- [3] Naujoks, F., Forster, Y., Wiedemann, K., & Neukum, A. (2017). A human-machine interface for cooperative highly automated driving. In *Advances in Human Aspects of Transportation* (pp. 585-595). Springer, Cham.
- [4] Perterer, N., Meschtscherjakov, A., & Tscheligi, M. (2015). Co-Navigator: an advanced navigation system for front-seat passengers. In *Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 187-194). ACM.
- [5] Maurer, B., Trösterer, S., Gärtner, M., Wuchse, M., Baumgartner, A., Meschtscherjakov, A., ... & Tscheligi, M. (2014). Shared gaze in the car: towards a better driver-passenger collaboration. In *Adjunct Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 1-6). ACM.
- [6] Trösterer, S., Wuchse, M., Döttlinger, C., Meschtscherjakov, A., & Tscheligi, M. (2015). Light my way: visualizing shared gaze in the car. In *Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 196-203). ACM.
- [7] Meschtscherjakov, A., Perterer, N., Trösterer, S., Krischkowsky, A., & Tscheligi, M. (2017). The Neglected Passenger—How Collaboration in the Car Fosters Driving Experience and Safety. In *Automotive User Interfaces* (pp. 187-213). Springer, Cham.
- [8] Osswald, S., Sundström, P., & Tscheligi, M. (2013). The front seat passenger: How to transfer qualitative findings into design. *International journal of vehicular technology*.
- [9] Drei von zehn deutschen Beifahrern leiden leise. (2013, 14. Februar) . Aufgerufen am 11.06.2016, von <http://about.autoscout24.com/de-de/au-press/au-press-news-as24.aspx?pid=338610>
- [10] Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. New York, NY, USA: Springer.
- [11] Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K. H. (1960). Plans and the structure of behavior. New York, NY, USA: Holt.

- [12] Endsley, M. R. (1995). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human factors*, 37(1), 65-84.