

Untersuchung des Fahrerverhaltens auf visuelle Ausweichanzeigen im kontaktanalogen Head-Up-Display

Examination of Driving Behavior on Visual Evasion Displays in a Contact-Analogous Head-Up-Display valuation

Dipl.-Ing. **D. Weber**, Robert Bosch GmbH, Leonberg;
Dipl.-Psych. **C. Marberger**, Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen;
Dr. rer. nat. **R. W. Henn**, Robert Bosch GmbH, Leonberg;
Dr. phil. nat. **W. Uhler**, Robert Bosch GmbH, Leonberg;
Dipl.-Psych. **S. Hoffmann**, WIVW, Würzburg;
Prof. Dr. rer. nat. **F. Gauterin**, KIT, Karlsruhe;

Kurzfassung

Um die Wirksamkeit kollisionsvermeidender Systeme im Fahrzeug weiter zu steigern, kann neben der bereits etablierten Fahrerunterstützung durch einen warnenden oder eingreifenden Bremsassistenten auch eine Ausweichassistentz in Betracht gezogen werden. Die in dieser Arbeit vorgestellte Ausweichassistentz bezieht sich auf die zeitkritische Vermittlung einer Ausweichmöglichkeit und bedient sich visueller Ausgaben in einem kontaktanalogen Head-Up-Display.

Im dynamischen Fahrsimulator des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW) wurden kritische Auffahrsituationen erzeugt, die nur durch ein Ausweichmanöver von den insgesamt 80 Probanden kollisionsfrei absolviert werden konnten. Neben der Experimentalbedingung "Fahrt mit unspezifischer Kollisionswarnung und Ausweichanzeige" wurden auch zwei Kontrollbedingungen (keinerlei Warnung sowie unspezifische Kollisionswarnung) untersucht.

Es kann im Rahmen der Probandenstudie ein deutlicher Nutzen kontaktanaloger Ausweichanzeigen nachgewiesen werden. Der Anteil ausweichender Fahrer ist durch eine visuelle Ausweichanzeige signifikant höher als in der Kontrollgruppe ohne Anzeige. Die Ausweichrichtung der Fahrer entspricht der Anzeigerichtung.

Abstract

In order to further enhance the effect of collision avoidance systems, one might consider an evasion assistance next to an already established driving support by a warning or intervening braking assistance. The evasion assistance, which will be introduced in this paper, concerns the time-critical communication of evasion options and employs visual output in a contact-analogous head-up-display.

In the dynamic driving simulator of the Wuerzburg Institute for Traffic Sciences GmbH 80 test persons were confronted with critical rear-end collision situations. A crash could only be avoided by performing an evasion manoeuvre. Besides the experimental condition “unspecific collision warning and evasion recommendation” two further control conditions “no warning” and “unspecific collision warning only” were examined.

This experiment shows that contact-analogous evasion recommendations are highly effective. The ratio of evasive manoeuvres is significantly higher in the experimental condition compared to both control groups without dedicated evasion recommendations. The evasion direction of the drivers corresponds to the direction indicated by the display.

1. Einleitung

Ausgangspunkt der Untersuchung stellt das Fahrerverhalten in kritischen Auffahrsituationen ohne Systemunterstützung dar, in denen die meisten Fahrer weder bremsen noch lenken (s. Bild 1) [1]. Der Anteil der Fahrer, der nicht ausreichend bremst, wird bereits heute gezielt durch den Bremsassistenten unterstützt. Ebenso existieren Kollisionswarnsysteme, die den Fahrer auf die Gefahr aufmerksam machen, jedoch oftmals keine spezifischen Handlungsempfehlungen ausgeben.

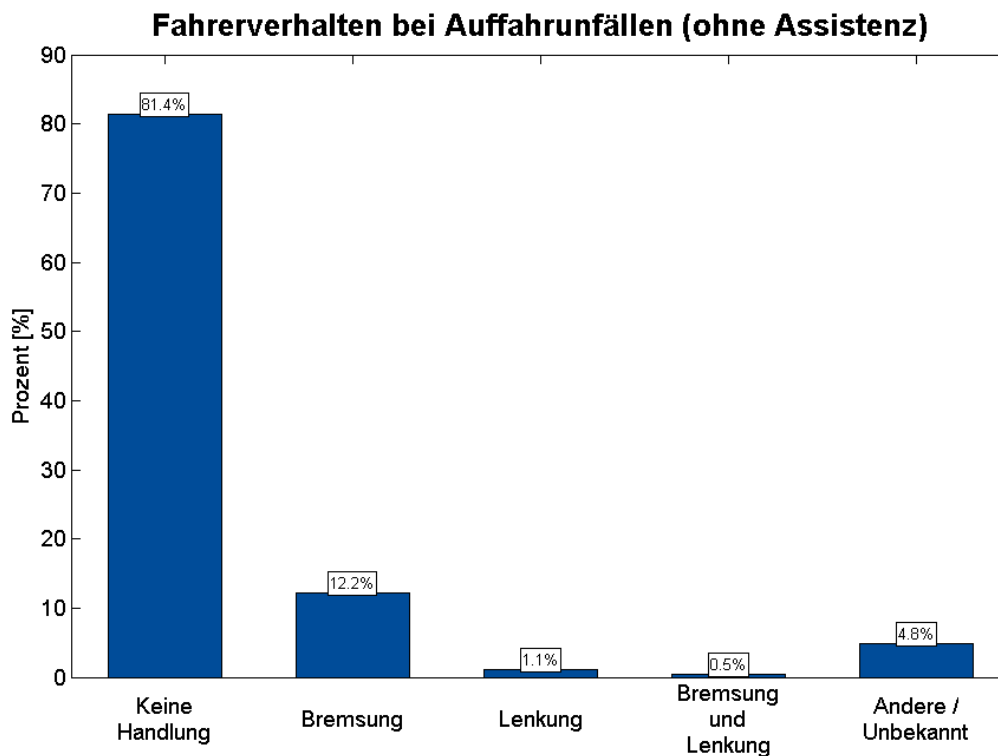


Bild 1: Fahrerverhalten bei Auffahrunfällen (ohne Assistenz) [1]

In dieser Veröffentlichung wird eine neuartige visuelle Ausweichanzeige im kontaktanalogen Head-Up-Display vorgestellt, die den Anteil der ausweichenden Fahrer für spezifische Auffahrsituationen erhöhen soll. Im Fokus des Beitrags stehen die Kernaussagen einer Probandenstudie zum Fahrerverhalten, die im dynamischen Fahrsimulator des WIVW mit 80 Probanden durchgeführt wurde. Zunächst wird auf die Methodik der Studie eingegangen.

2. Definition Anwendungsfälle

Für die Anzeige einer Ausweichmöglichkeit wurde folgender Grundsatz definiert:

Eine Ausweichempfehlung wird dann in Betracht gezogen, wenn die Situation nicht mehr durch reines Bremsen kollisionsfrei gelöst werden kann und beim Ausweichmanöver geringere Unfallfolgen entstehen als ohne einen Ausweicheingriff.

Aus fahrphysikalischen Berechnungen lässt sich herleiten, dass ein Nutzen für Ausweichen gegenüber reinem Bremsen erst bei höheren Relativgeschwindigkeiten ($v_{\text{grenz}} \approx 30 \text{ km/h}$) nachweisbar ist (s. Bild 2) [2].

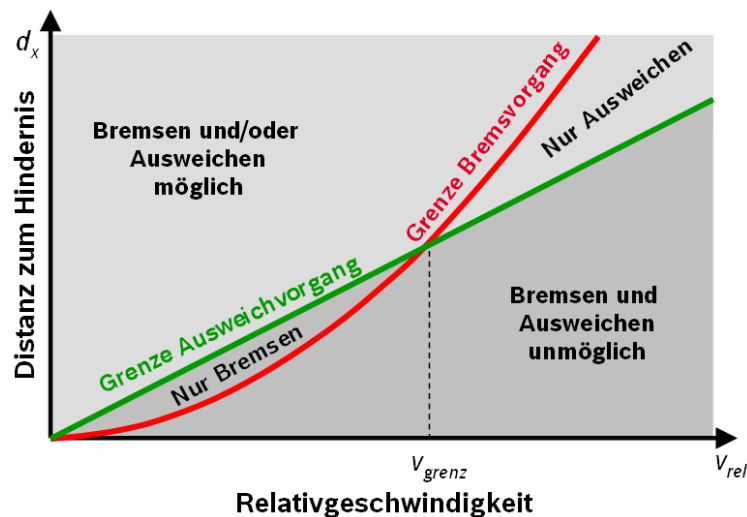


Bild 2: Zusammenhang von Brems- und Ausweichmanövern [2]

Zudem muss für ein Ausweichmanöver eine Ausweichfläche links und / oder rechts zur Verfügung stehen, die in einer konkreten Situation befahren werden kann. Des Weiteren wurde die Einschränkung abgeleitet, dass die Gegenfahrbahn baulich getrennt ist. Somit muss der Gegenverkehr nicht berücksichtigt werden, der nur unzureichend durch die verwendete, auf Sicht arbeitende Radar- und Videosensorik detektierbar ist. Die unfallrelevanten Verkehrsteilnehmer des Gegenverkehrs können in aller Regel zu dem Zeitpunkt, zu dem sie bereits in der Manöverplanung berücksichtigt werden müssten, noch nicht detektiert werden. Diese Einschränkung ergibt sich aus der spezifizierten Sichtweite der Sensorik sowie durch Sichtverdeckungen, die einerseits durch vorausfahrende Fahrzeuge, andererseits durch den Straßenverlauf bedingt sein können. Verlässliche Kommunikation zur Erhöhung des Nutzens in Form von C2X wird derzeit nicht betrachtet.

Der Straßentyp Autobahn erfüllt diese Anforderungen. Es steht dort nicht nur ausreichend Ausweichfläche zur Verfügung, sondern die Gegenfahrbahn ist auch baulich getrennt.

Im Rahmen der Unfallforschung wurden für einen Ausweichassistenten Auffahrunfälle aus der Folgefahrt heraus (GIDAS UTYP 60 – 62) und durch Einschervorgänge verursachte Auffahrunfälle (GIDAS UTYP 63 – 64) als relevante Unfalltypen identifiziert.

3. Systementwurf

Bei der Erarbeitung des Systementwurfs wurde neben der Ausweich- auch die von der Robert Bosch GmbH entwickelte und sich bereits in Serie befindende Bremsassistenten "Predictive Emergency Braking System (PEBS)" berücksichtigt. Der Fahrer wird durch eine optisch/akustische Warnung und einem kurzen Bremsruck auf die kritische Situation aufmerk-

sam und bremsbereit gemacht. Neben den Warnkomponenten sind auch automatisch eingeleitete Teilverzögerungen Bestandteil des Bremsassistenten, die bei einer ausbleibenden Handlung des Fahrers die Geschwindigkeit des Fahrzeugs reduzieren und mögliche Unfallfolgen minimieren. Die Ausweichassistenten hingegen sollen in geeigneten Situationen mittels visueller Ausweichanzeigen die Lenkbereitschaft des Fahrers erhöhen und ihn bei der Durchführung des Ausweichmanövers unterstützen. Derzeit wird kein autonomer Lenkeingriff verfolgt. Der Fahrer ist somit für die Initiierung des Ausweichmanövers selbst zuständig und für dessen Durchführung verantwortlich.

Eine wesentliche Eigenschaft des Systementwurfs besteht darin, dass die Ausweich- in die Bremsassistenten integriert ist, da sich beide Strategien nicht gegenseitig ausschließen. Wenn der Bremsweg nicht mehr ausreicht, kann unter Umständen ein Ausweichmanöver in letzter Sekunde das Ziel einer Unfallvermeidung noch erreichen. (s. Bild 2) [3]. Die Geschwindigkeitsreduktion durch die Teilverzögerungen der Bremsassistenten kann als Bestandteil der Ausweichassistenten gesehen werden. Durch die Bremsassistenten wird das Ausweichmanöver als ganzes sicherer und kalkulierbarer. Mehrere eigenständig arbeitende und zudem noch konkurrierende Assistenzsysteme sollten zukünftig im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ausgeschlossen werden. Die Lösung liegt – wie bei der Brems-Ausweich-Assistenten vorgestellt – in einem gesamtheitlichen Systemansatz, der mehrere, aufeinander abgestimmte Funktionen umfasst, die auf eine gemeinsame Systemarchitektur zugreifen.

4. Anforderungen an visuelle Anzeigen

Die meisten Veröffentlichungen, die sich mit der Mensch-Maschine-Schnittstelle eines Ausweichassistenten befassen, beschreiben haptische Konzepte in Form von überlagerten Lenkmomenten (z. B. [4]) und Vibrationen am Lenkrad (z. B. [5]). In dieser Veröffentlichung hingegen liegt der Schwerpunkt auf visuellen Ausweichanzeigen im kontaktanalogen Head-Up-Display. Über ein Head-Up-Display können wichtige Daten und Informationen direkt in die Windschutzscheibe geblendet werden, so dass der Blick des Fahrers zur Informationsaufnahme nicht mehr von der Straße abgewendet werden muss. Bei kontaktanalogen Anzeigen verschmelzen die "virtuellen Informationen für den Betrachter mit der Realität, da sie sich, konträr zu konventionellen Anzeigeelementen, hinsichtlich Entfernung und Dynamik [...] in die Umwelt integrieren und dadurch sowohl eine extrem effektive als auch effiziente Informationsaufnahme und -verarbeitung gewährleisten." [6]

Neben der Ausweichanzeige wurde im Rahmen eines übergreifenden HMI-Konzepts auch eine kontaktanaloge visuelle Kollisionsanzeige entwickelt. Während die Kollisionsanzeige immer in kritischen Situationen für die Dauer der kritischen Situation eingeblendet wird, wird

die Ausweichanzeige nur angezeigt, sobald und solange unfallfreies Ausweichen möglich ist. Die Positionierung der Anzeigen wird wesentlich durch die Anzeigefläche des Head-Up-Displays bestimmt. Da die Kollisions- und die Ausweichanzeigen zeitgleich eingeblendet werden können müssen, sollten sich die beiden Anzeigen räumlich nicht überdecken. Außerdem müssen die Anzeigen für die identifizierten Unfalltypen Folgefahrt und Einscherer, für verschiedene aktive Eingriffe in die Fahrdynamik sowie für diverse Fahrzeugausrichtungen auf der Fahrbahn geeignet sein.

Mit den entwickelten visuellen Anzeigen werden verschiedene Ziele verfolgt: Die Kollisionsanzeige soll die Aufmerksamkeit des Fahrers auf das Gefahrenobjekt lenken sowie die Bremsbereitschaft erhöhen. Durch die Ausweichanzeige soll zusätzlich der Anteil der Fahrer, die in dieser Situation lenken, erhöht werden. Hierzu muss die Ausweichmöglichkeit beim Fahrer vergegenwärtigt, die Blockade, ohne eigene Absicherung auszuweichen, aufgehoben sowie der Fahrer zum Ausweichen angeleitet werden. Das Bremsmanöver darf jedoch durch die Ausweichanzeige nicht vernachlässigt werden, damit ein koordinierter und in sich abgestimmter Ablauf des Brems-Ausweich-Manöver sichergestellt ist.

5. Auswahl Anzeigekonzept

Die Entwicklung und die endgültige Auswahl des Anzeigekonzepts erfolgten über mehrere Schritte. Zunächst wurden ausgewählte Konzepte einer Runde aus internen und externen Experten vorgestellt und anschließend anhand definierter Kriterien bewertet. Eine Auswahl von insgesamt vier Konzepten kam in die engere Betrachtung und wurde im Rahmen der Probandenstudie im Fahrsimulator untersucht. Drei dieser Konzepte bestanden aus einer Kollisions- und einer Ausweichanzeige, eines lediglich aus einer Ausweichanzeige. Die Auswahl des zu untersuchenden Zielkonzepts basierte einerseits auf ersten Erfahrungen zum ausgelösten Fahrerverhalten, andererseits aber auch auf Aspekte der technischen Realisierbarkeit bzgl. der Darstellung.

Die Ausweichanzeige des Zielkonzepts (s. Bild 3) besteht aus einem gelben Pfad, der unter dem Ego-Fahrzeug beginnt und in einen kollisionsfreien Zielzustand auf der Nachbarspur führt. Für die Kollisionsanzeige wurde das Gefahrenzeichen 101 der StVO, das eine Gefahrenstelle signalisiert, angepasst. Im Wesentlichen belaufen sich die Anpassungen auf ein gesamtrottes Zeichen mit transparentem Hintergrund. Die Kollisionsanzeige steht auf der Fahrbahn des Ego-Fahrzeugs, ist fahrzeugbreit und ca. 1,5 m hoch. Durch die Kollisionsanzeige sollen die Rückleuchten des vorausfahrenden Fahrzeugs, die wichtiger Bestandteil einer kritischen Situation sind, so wenig und so kurz wie möglich überdeckt werden. Die Kollisionsanzeige wird nach zweimaligem Blinken mit einer Frequenz von 5 Hz permanent an-

gezeigt bis keine Kollisionsgefahr mehr besteht. Der Ausweichpfad wird zusätzlich eingeblendet solange kollisionsfrei ausgewichen werden kann und das Ausweichmanöver gegenüber dem reinen Bremsmanöver eine niedrigere Kollisionswahrscheinlichkeit hat.



Bild 3: Zielkonzept, bestehend aus Kollisionsanzeige (rotes Warndreieck) und Ausweichanzeige (gelber Pfad)

6. Aufbau und Ablauf Probandenstudie

Die Probandenstudie fand im dynamischen Fahrsimulator des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW) statt. Der Simulator war zur Bearbeitung der zu Grunde liegenden Fragestellungen gut geeignet, da er auch den für die Bremsassistenten elementaren Bremsruck als Warnelement sowie die sich daran anschließende Teilverzögerung darstellen konnte.

Im Rahmen der Hauptuntersuchung, der Evaluierung des Zielkonzepts, wurden drei Gruppen erhoben:

1. *Kontrollgruppe 1 (KG1): Keine Anzeigen*
In KG1 wurden keinerlei optische, akustische oder haptische Anzeigen eingeblendet.
2. *Kontrollgruppe 2 (KG2): Warn- und Eingriffsstrategie des Bremsassistenten PEBS*
KG2 gibt den Stand der Technik wieder. In der kritischen Situation wurde der Bremsassistent, bestehend aus Bremsruck, Teilverzögerungen und akustischer Warnung, aktiviert. Zusätzlich wurde die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte visuelle Kollisionsanzeige eingeblendet. Alle Anzeigen wurden zeitgleich aktiviert.

3. *Experimentalgruppe: Brems-Ausweich-Assistenz (BAA)*

Für die Brems-Ausweich-Assistenz wurden die Anzeigen der KG2 um die visuelle Ausweichanzeige erweitert. Die Ausweichanzeige wurde zeitgleich mit den anderen Anzeigen eingeblendet. Bremsruck und Teilverzögerung waren ebenfalls Teil der Auslösestrategie.

Als Coverstory wurde den Probanden die Evaluierung einer neuartigen visuellen Abstandsanzeige im Head-Up-Display genannt. Die Aufgabe bestand darin, einen bestimmten Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug zu halten. Die Auslösung der kritischen Situationen fand für die Probanden überraschend auf einem geraden, dreispurigen Autobahnabschnitt statt, als sie auf dem mittleren Fahrstreifen mit einer Geschwindigkeit von 120 km/h fuhren. Jeder Proband durchfuhr im Rahmen von Messwiederholungen drei Experimentalbedingungen. In einer Einschersituation wechselte aus einer Fahrzeugkolonne auf der rechten Fahrspur ein langsames bremsendes Fahrzeug auf die mittlere Fahrspur. Die Ausweichanzeige zeigte auf die freie Fahrspur links. In zwei weiteren Bedingungen bremste das vorausfahrende Fahrzeug und die Ausweichanzeige zeigte entweder nach links oder nach rechts auf die jeweils freie Fahrspur. Die Reihenfolge der Szenen wurde zwischen den Probanden permutiert. Die kritischen Situationen waren so ausgelegt, dass ein Unfall durch einen reinen Bremseneingriff bei einer Reaktionszeit größer als $t = 0.8$ s nicht mehr vermieden werden konnte [7], während die Unfallvermeidung durch ein Ausweichmanöver mit der definierten Systemauslegung bis zu einer Reaktionszeit von $t = 1.4$ s möglich war. Nach jeder Auslösung wurden die Probanden zur kritischen Situation, den Anzeigen sowie zum Fahrerverhalten befragt. Außerdem wurden die Probanden nach der ersten Fahrt darüber aufgeklärt, dass ein kollisionsvermeidendes System bei den folgenden Fahrten aktiv sein kann. Da sich ab der zweiten Fahrt ein starker Lerneffekt bemerkbar macht, liegt der Fokus im Rahmen dieser Veröffentlichung auf der Auswertung der ersten kritischen Situation, die jeder Proband durchfahren ist.

An der Studie nahmen insgesamt 80 Probanden teil. Das Alter (Gruppe 1: 25 – 49 Jahre, Gruppe 2: 50 – 70 Jahre) und das Geschlecht waren gleichverteilt. In den Gruppen KG1 und KG2 fuhren jeweils 16 Probanden, mit der Ausweichanzeige insgesamt 24 Probanden.

7. Hypothesenbildung

Mittels der Probandenstudie wird das Fahrerverhalten auf die ausgewählte Ausweichanzeige untersucht. Es ergeben sich folgende drei Kernfragen:

1. Wie unterscheiden sich die Häufigkeiten der initiierten Ausweichmanöver zwischen den Gruppen?
2. Stimmt die Richtung des Ausweichmanövers mit der Richtung der Ausweichanzeige überein?
3. Gibt es Unterschiede zwischen den Gruppen bzgl. der Kollisionshäufigkeit?

Aus den Fragen werden folgende drei Hypothesen gebildet:

H1: Initiale Lenkreaktion

Die Probanden, die mit Ausweichanzeige fahren, lenken am häufigsten, gefolgt von KG2. Am seltensten lenken die Probanden in KG1.

Es wird erwartet, dass das Zielkonzept durch die Ausweichanzeige am stärksten zum Lenken auffordert. Darüber hinaus wird erwartet, dass in KG2 mehr Fahrer als in KG1 lenken, da in KG2 durch die unspezifische Kollisionsanzeige auch Vermeidungsstrategien wie das Ausweichen angesprochen werden können.

H2: Ausweichrichtung mit Ausweichanzeige

Mit Ausweichanzeige weichen mehr Fahrer in als entgegen der Anzeigerichtung aus.

Es wird erwartet, dass die Probanden mit Zielkonzept in Richtung der Ausweichanzeige ausweichen. Dies ist das intendierte Ziel, das mit den Anzeigen erreicht werden soll.

H3: Kollisionen

Kollisionen können am häufigsten mit Ausweichanzeige vermieden werden. Die Häufigkeit der Kollisionsvermeidung liegt in KG2 höher als in KG1 aber niedriger als mit Ausweichanzeige.

Es wird erwartet, dass die Ausweichanzeige mehr Ausweichmanöver als in KG2 initiiert, wodurch in dieser Untersuchung mehr Kollisionen als in KG2 vermieden werden können. Die Szenen sind derart ausgelegt, dass Kollisionen nur durch ein Ausweichmanöver vermieden werden können (s. Kapitel 6. Aufbau und Ablauf der Probandenstudie). Bei KG2 wird hauptsächlich Bremsen adressiert, teils aber auch Lenken verstärkt (siehe H1), wodurch erwartet wird, dass mehr Kollisionen als in KG1 vermieden werden können.

8. Ergebnisdarstellung und Interpretation

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der inferenzstatistischen Auswertungen zu den drei zuvor definierten Hypothesen vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse interpretiert.

H1: Initiale Lenkreaktion

Bild 4 kann entnommen werden, dass tendenziell am meisten Probanden mit Ausweichanzeige in Gruppe BAA (80%) und am wenigsten Probanden in KG1 (25%) lenken. In KG2 lenken über die Hälfte (56%) der Probanden. Es bestehen signifikante globale Gruppenunterschiede, wobei lediglich beim Einzelvergleich zwischen KG1 und BAA ein signifikanter Unterschied besteht ($p = .001 < .05$). Die Hypothese kann tendenziell bestätigt werden. Die Ergebnisse sind hypothesenkonform.

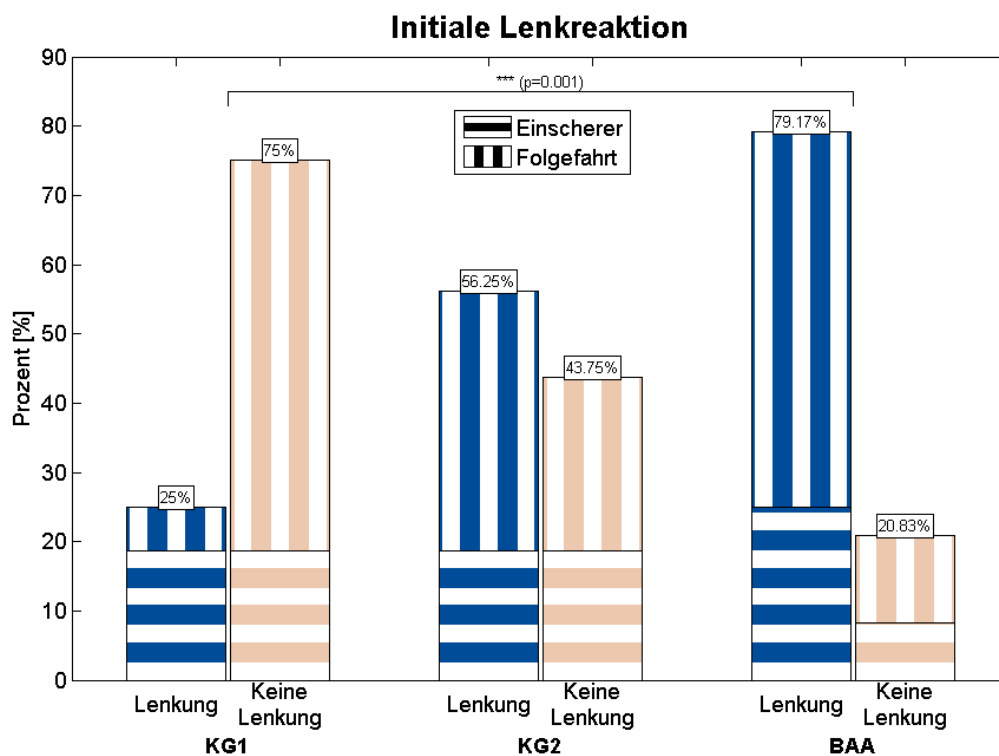


Bild 4: Verteilung der initialen Lenkhäufigkeiten

Die ausgewählte kombinierte Brems- und Ausweichanzeige, die auf der Darstellung eines Ausweichpfads beruht, erfüllt die an sie gestellte Anforderung und fordert am stärksten zum Lenken auf. Der "Pfad" ist für die meisten Probanden unmittelbar verständlich und bietet eine konkrete Ausweidlösung beginnend bei der Initialreaktion bis hin zum kollisionsfreien Zielzustand auf der Nachbarspur an.

H2: Ausweichrichtung mit Ausweichanzeige

Alle Probanden (mit einer Ausnahme) weichen in Anzeigerichtung aus (s. Bild 5). Die Fahrbedingungen (Einschersituation und Folgefahrten) unterscheiden sich nicht signifikant. Die Hypothese kann bestätigt werden, die Ergebnisse sind hypothesenkonform.

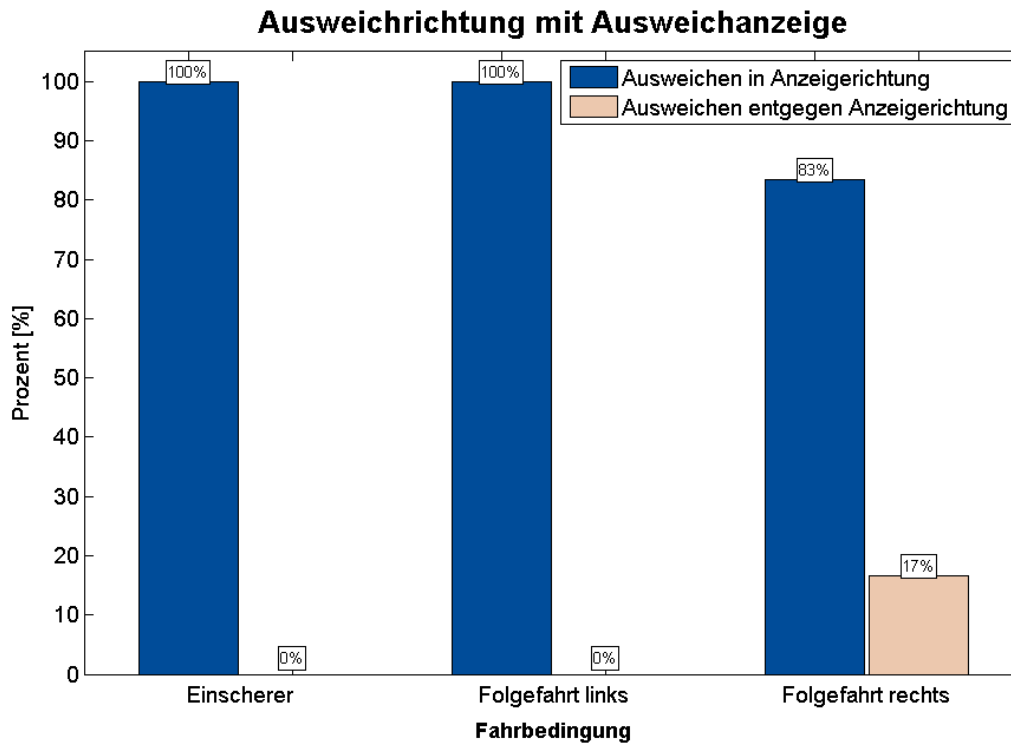


Bild 5: Verteilung der Häufigkeiten von Ausweichrichtung mit Ausweichanzeige

Wie erwartet weichen mehr Probanden, die mit Ausweichanzeige fahren, in Richtung der Ausweichanzeige als entgegen der Anzeigerichtung aus. Der Pfad hat einen führenden Charakter. Besonders deutlich wird dies in der Fahrbedingung Folgefahrt, bei der die Ausweichmöglichkeiten nach links und nach rechts bezüglich der Freifläche und der Verkehrslage zwar gleichberechtigt sind, die Probanden aber der Anzeigerichtung folgen. In den Kontrollgruppen KG1 und KG2 hingegen kann bei den Folgefahrten keine Vorzugsrichtung bei der Ausweichrichtung nachgewiesen werden (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Ausweichrichtung der Probanden in den Kontrollgruppen

Gruppe	Fahrbedingung	Ausweichrichtung	
		links	rechts
KG1	Folgefahrt	1	0
KG2	Folgefahrt	3	3

H3: Kollisionen

Bei BAA bleiben die meisten Probanden kollisionsfrei (71%), in KG1 tendenziell die wenigsten (13%). In KG2 bleiben 31% der Probanden kollisionsfrei (s. Bild 6). Die meisten Probanden, die kollidiert sind, haben nicht gelenkt. Es bestehen signifikante globale Gruppenunterschiede, wobei lediglich bei den Einzelvergleichen zwischen KG1 und BAA ($p = .0003 < .05$) und zwischen KG2 und BAA ($p = .014 < .05$) signifikante Unterschiede bestehen. Die Hypothese kann tendenziell bestätigt werden. Die Ergebnisse sind hypothesenkonform.

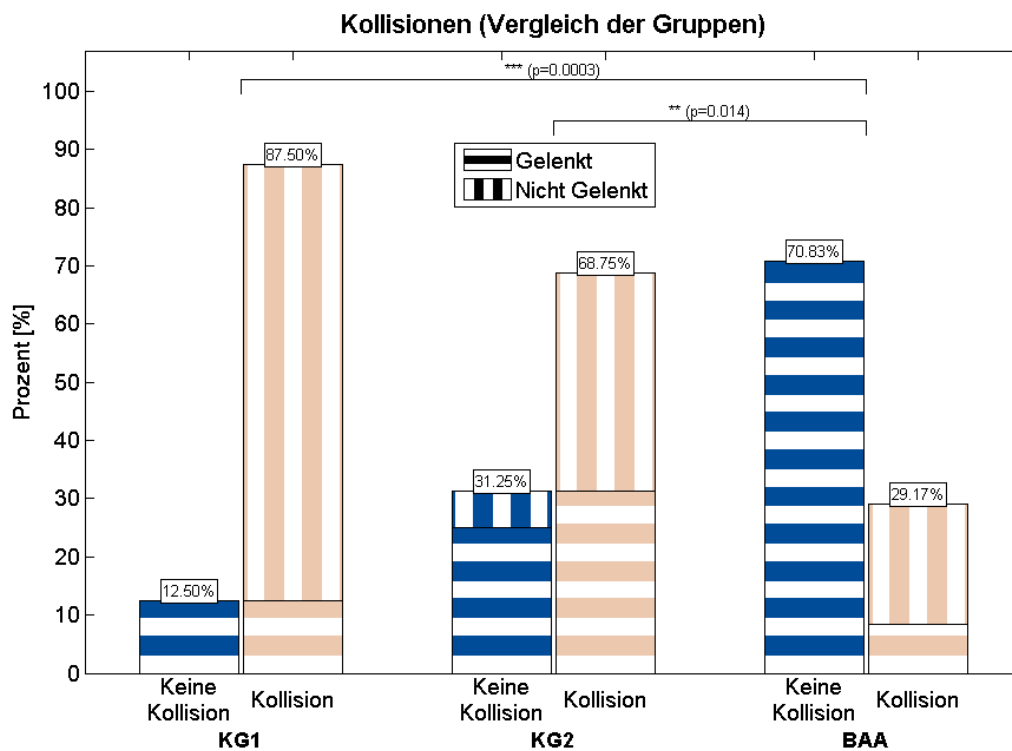


Bild 6: Verteilung der Kollisionshäufigkeiten

Die hohe Kollisionsvermeidung in der Gruppe BAA lässt sich einerseits darauf zurückführen, dass bei BAA anteilig am meisten Probanden lenken (s. H1: 80%). Andererseits kann das Ausweichmanöver nur dann kollisionsfrei erfolgen, wenn die Lenkreaktionszeit niedrig ist. Dies ist für die Ausweichanzeige "Pfad" der Fall (Mittelwert $\mu = 1.81$ s, Standardabweichung $s = 0.40$ s). Es kann sogar gezeigt werden, dass die Probanden mit Ausweichanzeige im Vergleich zu KG1 und KG2 signifikant am frühesten lenken. Bei Betrachtung der Kollisionshäufigkeiten wird der Zusammenhang mit den beiden Größen "Initiale Lenkreaktion" und "Lenkreaktionszeit" deutlich.

Kernaussagen

Die Ergebnisse der Probandenstudie können in drei Kernaussagen zusammengefasst werden:

1. Der Anteil der Fahrer, die in kritischen Auffahrsituationen lenken, in denen Kollisionen nicht mehr durch reines Bremsen verhindert werden können, kann mit visueller Ausweichanzeige erhöht werden, gegenüber dem Fahren ohne Anzeige in signifikantem Ausmaß.
2. Die Ausweichrichtung des Fahrers kann durch die Ausweichanzeige geleitet werden.
3. Der Anteil der Fahrer, die in kritischen Auffahrsituationen, in denen Kollisionen nicht mehr durch reines Bremsen verhindert werden können, kollisionsfrei bleiben, kann mit visueller Ausweichanzeige signifikant erhöht werden.

9. Zusammenfassung und Ausblick

In der Veröffentlichung werden visuelle Ausweichanzeigen für ein kontaktanaloges Head-Up-Display vorgestellt und in ihrer Wirkung untersucht. Im Fokus der Veröffentlichung steht die Untersuchung des Fahrerverhaltens auf eine ausgewählte visuelle kontaktanaloge Ausweichanzeige mit zugehöriger unspezifischer Kollisionswarnung. Es kann im Rahmen der Probandenstudie ein deutlicher Nutzen dieser kontaktanalogen Ausweichanzeige nachgewiesen werden. Der Anteil ausweichender Fahrer ist durch eine visuelle Ausweichanzeige signifikant höher als in der Kontrollgruppe ohne Anzeige. Die Ausweichrichtung der Fahrer entspricht der Anzeigerichtung.

Zukünftig sollen zur Absicherung der Anzeigen noch weiterführende Untersuchungen zu Fehlauflösungen durchgeführt werden. Außerdem stellt sich die Frage, wie visuelle mit haptischen Ausweichanzeigen interagieren. Unabhängig davon sind wichtige Fragen zu rechtlichen Gesichtspunkten wie der Produkthaftung noch nicht eindeutig geklärt.

- [1] Wiacek, C. J., Wassim, G. N.: Driver/Vehicle Characteristics in Rear-End Precrash Scenarios Based on the General Estimates System (GES). SAE SP, 1999, 99-104
- [2] Stämpfle, M. und Branz, W.: Kollisionsvermeidung im Längsverkehr – die Vision vom unfallfreien Fahren rückt näher. 3. Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz, 2008, S. 23
- [3] Eckert, A., Hartmann, B., Rieth, P. E.: Emergency Steer Assist – Advanced Driver Assistance System for Emergency Lane Change Maneuvers, FISITA, 2010

- [4] Bender, E: Handlungen und Subjektivurteile von Kraftfahrzeugführern bei automatischen Brems- und Lenkeingriffen eines Unterstützungssystems zur Kollisionsvermeidung. TU Darmstadt (IAD) Diss. Darmstadt 2008
- [5] Beruscha, F., Wang, L., Augsburg, K., Wandke, H.: Do Drivers Steer Toward Or Away From Lateral Directional Vibrations At The Steering Wheel?. European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems, 2010
- [6] Bergmeier, U.: Kontaktanalog markierendes Nachsichtsystem. TU München (Fakultät für Maschinenwesen) Diss. München 2009
- [7] Green, M.: "How Long Does It Take to Stop?" Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times. Transportation Human Factors, 2000, 195-216