
Erprobung einer kontaktanalogen Anzeige für Fahrerassistenzsysteme beim hochautomatisierten Fahren

Dipl.-Ing. T. Weißgerber, Dipl.-Ing. D. Damböck, Dipl.-Ing. M. Kienle, Prof. K. Bengler

Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, Boltzmannstraße 15,
85747 Garching

1 Kurzfassung

Die fortschreitende Entwicklung im Bereich der Fahrerassistenz beeinflusst die Rolle des Fahrzeugführers maßgeblich. So wird der Fahrer durch Systeme wie ACC und LKAS immer mehr aus der Rolle des agierenden Verkehrsteilnehmers herausgelöst und mit der Überwachung der aktivierten Assistenzsysteme konfrontiert. Diese Aufgabe gestaltet sich durch den stetig steigenden Funktionsumfang der Assistenzsysteme zunehmend schwieriger. Durch sinnvoll ausgewählte und gestaltete Anzeigen kann ihm die Überwachungsaufgabe entscheidend erleichtert werden. Das am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München durchgeführte Experiment soll Aufschluss geben, ob ein Fahrer bei einer Fehlfunktion der Verkehrszeichenerkennung schneller eingreift, wenn ihm zusätzlich der Systemzustand und die Systemabsicht im kontaktanalogen Head-Up-Display angezeigt werden.

Die in diesem Beitrag vorgestellte Untersuchung mit 24 Versuchspersonen (Alter $MW=31,6$ Jahre; $SD=12,4$ Jahre) wurde im statischen Fahrsimulator des Lehrstuhls für Ergonomie durchgeführt. Vor dem Hintergrund des hochautomatisierten Fahrens wurden zwei Versuchsfahrten gegenüber gestellt, in welchen der Fahrer sowohl in der Längs- als auch in der Querführung von einer Automation (ACC und LKAS) unterstützt wurde. Während die erste Variante keinerlei Anzeige bot, wurden bei der zweiten Variante der Zustand und das zukünftige Verhalten des ACC über das kontaktanalogue Head-Up-Display dargestellt. Um den Einfluss der Anzeige zu untersuchen, war die Automation fehlerbehaftet und machte somit in bestimmten Situationen einen Eingriff des Fahrers in die Fahrzeugführung erforderlich. Anhand des Eingriffszeitpunktes wurde die objektive Fahrleistung bewertet. Außerdem

wurden Blickdaten aufgenommen, die klären sollten, ob sich das Blickverhalten bei einer Fahrt mit Anzeige von einer Fahrt ohne Anzeige unterscheidet.

2 Einleitung

Der Bedarf an Fahrerassistenzsystemen zur Steigerung des Fahrkomforts und der Erhöhung der aktiven Sicherheit wächst schnell: Einerseits sind die Möglichkeiten der passiven Sicherheit weitestgehend ausgeschöpft, andererseits steigt das Verkehrsaufkommen auf den Straßen stark an, da die individuelle Mobilität heutzutage als ein Grundbedürfnis gesehen werden kann.

Da aus technischer Sicht die Sensorik zur Umfelderkennung immer leistungsstärker wird, werden auch die Möglichkeiten bei der Auslegung von Fahrerassistenzsystemen immer umfangreicher. Gleichzeitig können die notwendigen technischen Komponenten günstiger produziert werden und sind somit nicht mehr nur dem Segment der Oberklassefahrzeuge vorbehalten. Durch das Zusammenspiel dieser Aspekte sind die technische Voraussetzung geschaffen zunehmend mehr Fahraufgaben vom Fahrer auf die Automation zu übertragen.

Allerdings führt diese Entwicklung gleichzeitig zu der Frage nach möglichen Verhaltensänderungen des Fahrers, bedingt durch eine Zunahme der Automation. Auch ein Konzept für ein effizientes Zusammenspiel von Fahrer und Automation muss entwickelt werden mit dessen Hilfe beide Partner kooperieren können, um eine sichere und für den Fahrer komfortable Fahrzeugführung zu gewährleisten. Innerhalb dieses Kooperationsgedankens nimmt der Informationsaustausch zwischen den einzelnen Systemelementen eine elementare Rolle ein (Bruder et al., 2011).

3 Hochautomatisiertes Fahren

Die vorliegende Studie wurde im Rahmen des, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projektes „H-Mode“ (Flemisch et al., 2003) am Lehrstuhl für Ergonomie durchgeführt. „H-Mode“ befasst sich generell mit dem Zusammenspiel von Fahrer und Automation im Automobil bei einem variierenden Automationsgrad. Ausgehend von Parasuraman (2000) hat Flemisch (2008) die Automationsgrade bei einer Mensch-Maschine-Schnittstelle, wie in Abbildung 1 strukturiert: Die Automationsgrade ergeben sich aus der Anzahl der

Assistenzsysteme und deren Automatisierungsstufe. Warnsysteme gehören demnach zum assistierten Fahren. Bei einer Semi- oder Teilautomation wird der Fahrer entweder in der Längs- oder in der Querführung aktiv unterstützt. Sind beide Führungsrichtungen gleichzeitig aktiviert (ACC und LKAS) befindet sich der Fahrer im hochautomatisierten Bereich. Er hat trotzdem noch die Kontrolle über das Fahrzeug. Bei vollautomatisiertem oder autonomem Fahren ist der Fahrer als Passagier zu sehen, der die Fahraufgabe nicht mehr selbst bearbeitet, sondern die Rolle des Systemüberwachers übernimmt.

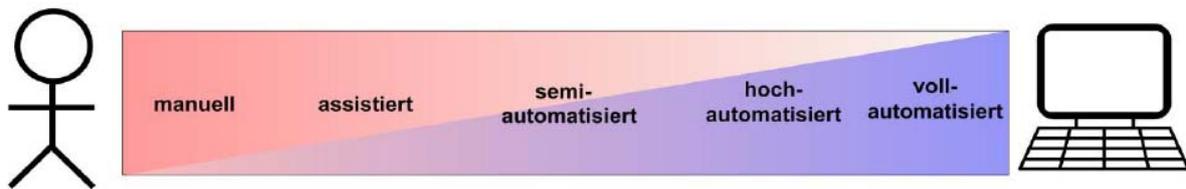


Abbildung 1: Assistenz- und Automationsspektrum (Flemisch et al., 2008).

Ziel des Projektes ist es Mechanismen und Prinzipien einer intuitiv verständlichen Kooperation zwischen Mensch und Maschine im Bereich des hochautomatisierten Fahrens zu erforschen und herauszuarbeiten.

Die Schwierigkeit beim hochautomatisierten Fahren besteht darin, dem Fahrer die Fahraufgabe zu erleichtern, sie ihm aber nicht gänzlich abzunehmen und ihn weiterhin in der Fahrzeugführungsschleife (in-the-loop) zu halten. Dabei ist der Informationsaustausch über Systemzustand und Handlungsabsicht zwischen der Automation und dem Fahrer ein wichtiges Kriterium. Im Bereich des hochautomatisierten Fahrens liegt die Informationsschuld bei der Automation. An Systemgrenzen muss sie in der Lage sein den Fahrer durch gezielte Informationsaufbereitung und -präsentation schnellstmöglich in die Fahraufgabe zurückzuholen. Ebenso müssen Systemfehler für den Fahrer schnell und eindeutig erkennbar sein, um ein schnelles und richtiges Eingreifen zu ermöglichen.

Der Fahrer muss zu jedem Assistenzsystem mit dessen spezifischer Mensch-Maschine-Schnittstelle ein schlüssiges mentales Modell aufbauen und dessen funktionale Grenzen verinnerlichen. Außerdem muss er automatisierte Funktionen überwachen und permanent zur Übernahme bereit sein. Die Rückübernahme erfolgt entweder willentlich vom Fahrer initiiert oder erzwungenermaßen, wenn das System seine Grenzen erreicht oder Fehler macht. Für eine erfolgreiche Übernahme muss

der Fahrer jederzeit wissen in welcher Situation er sich befindet (Situation Awareness; Endsley, 1995) und in welchem Modus sein Assistenzsystem arbeitet (Mode Awareness; Sarter & Woods, 1995).

Im Rahmen einer multimodalen Kommunikation zwischen Fahrer und Automation lag der Schwerpunkt bisher auf der Evaluierung einer haptischen Interaktion (Damböck et al., 2009; Kienle et al., 2009). Weiterführend soll nun der Mehrwert einer zusätzlichen visuellen Rückmeldung des Systemzustandes sowie des zukünftigen Systemverhaltens ermittelt werden. Dieser Ansatz folgt der grundlegenden Forderung, dass dem Fahrer haptisch vermittelt wird, welche Handlungsschritte er durchführen soll und optisch erklärt wird, warum er diese durchführen soll. Ferner findet eine Forderung von Bubb (1992) Anwendung, Informationsinhalt über mehrere Sinneskanäle rückzumelden.

Im vorliegenden Beitrag wird speziell dieser Einfluss einer zusätzlichen optischen Anzeige im Fall einer Fehlfunktion der Automation untersucht. Es wird davon ausgegangen, dass der in die Fahrer-Fahrzeug-Kooperation eingebundene Mensch schneller auf Automationsunzulänglichkeiten reagieren kann, wenn ihm das zukünftig geplante Verhalten des Fahrzeugs angezeigt wird. Aufgrund der augenblicklich noch vorhandenen Fehlbarkeit technischer Systeme und ihrer Sensorik ist es ein logischer Schritt gezielt auf die Auswirkung von Fehlfunktionen im Kontext einer Mensch-Maschine-Interaktion einzugehen. Dies entspricht auch einer Forderung der DIN EN 894-1, wonach Gestalter nicht nur den normalen Betrieb eines Systems, sondern auch andere Zustände berücksichtigen müssen.

4 Versuchsaufbau

Das Versuchsfahrzeug des statischen Fahrsimulators am Lehrstuhl für Ergonomie ist ein BMW 6er, der mit der Simulationssoftware SILABTM des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaft (WIVW) vernetzt ist. Diese Software stellt die Simulationsumgebung bereit und zeichnet die fahrdynamischen Daten des Versuchsfahrzeugs auf. Die Frontsicht wird mit drei zusammenhängenden Projektionsflächen aufgespannt, während für die Rückansicht drei einzelne Projektionsflächen die Rückspiegel abdecken.

4.1 Anzeigenkonzept des kontaktanalogen Head-Up-Displays

Als Anzeigemedium für die Fahrt mit Anzeige diente ein kontaktanalogenes Head-Up-Display, dessen Visualisierung mit der Software SILAB™ erzeugt wurde. Die einzelnen Anzeigen des kontaktanalogen Head-Up-Displays sind in der Abbildung 2 aus der Sicht des Fahrers dargestellt. Neben einer Trajektorie (a) für die Darstellung des aktuell, der Querregelung vorgegebenen Fahrstreifens, markierte eine Klammer (b) das erkannte vorausfahrende Fahrzeug. Ein zusätzlicher Rahmen (c), der in diesem Versuch auf seine Wirksamkeit hin untersucht wurde, stellte die aufgenommenen Informationen der Verkehrszeichenerkennung dar. Die erkannten Geschwindigkeitsbegrenzungen wurden ab einer Entfernung von 100 Meter durch den quadratischen Rahmen hervorgehoben, dessen Größe und Position sich bei einer Annäherung anpassten.

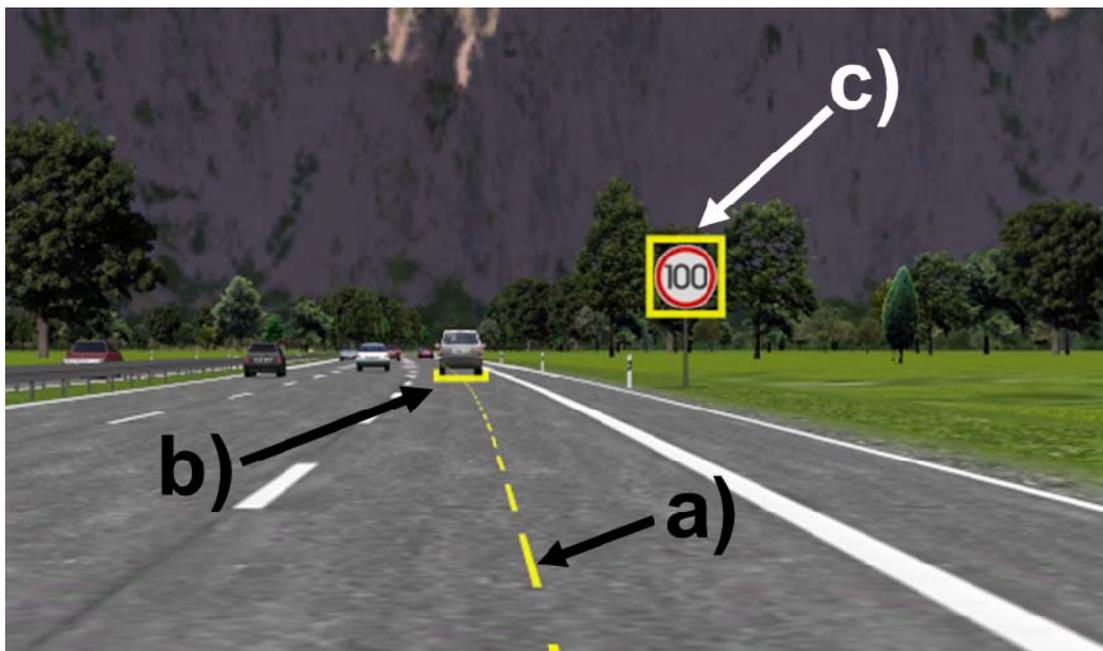


Abbildung 2: Die Anzeigesymbole a) Trajektorie, b) Klammer und c) Rahmen im kontaktanalogen HUD aus der Sicht des Fahrers.

4.2 Systembeschreibung

Das System beinhaltete in Längsführung einen Abstandsregeltempomat (ACC), der durch eine Verkehrszeichenerkennung ergänzt wurde. Im Unterschied zu handelsüblichen Systemen konnte der Abstand zum Vorderfahrzeug nicht vom Fahrer selbst gewählt werden, sondern war auf 1,5 Sekunden fest voreingestellt. Die

von der Automation eingeregelt Geschwindigkeit bei freier Fahrt wurde durch die Verkehrszeichenerkennung vorgegeben.

In der Querführung umfasste das System einen Spurhalteassistenten (LKAS), der den Fahrer durch ein überlagertes Lenkmoment am aktiven Lenkrad im Fahrstreifen hielt. Zusätzlich verfügte das System über eine Fahrstreifenwechselunterstützung (LCS), welche durch Blinken initiiert und vom System selbständig durchgeführt werden konnte. Allerdings beinhaltete die Funktion keine Verkehrsüberwachung. Da somit Fahrzeuge im toten Winkel nicht erkannt wurden, musste der Fahrer eigenverantwortlich bei Fahrstreifenwechsel sicherstellen, dass der Nebestreifen frei war.

Das System fuhr selbstständig in der Mitte des Fahrstreifens und hielt die Geschwindigkeitsbegrenzungen ein. Damit auf Höhe des Verkehrszeichens die vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit eingehalten wurde, leitete das System die Verzögerung 100 Meter vor dem Verkehrszeichen ein. Beschleunigungen hingegen führte der Regler erst auf Höhe des Verkehrszeichens aus.

4.3 Versuchsstrecke

Die Versuchsstrecke war in der Fahrsimulationssoftware SILABTM als reine Autobahnfahrt konzipiert. Dieser Straßentyp wurde ausgewählt, weil hier das Assistenzsystem seine Wirkung insgesamt am besten entfalten konnte und ein Einsatz hochautomatisierter Fahrzeugführung am ehesten denkbar erscheint.

Die Versuchsstrecke war aus einzelnen Streckenabschnitten von ein bis zwei Kilometer Länge zusammengesetzt, innerhalb derer unterschiedliche Manöver stattfanden. Um den Einfluss von Lerneffekten im Verlauf einer Versuchsfahrt zu minimieren, wurden durch eine zufällige Anordnung der Streckenabschnitte zwölf unterschiedliche Gesamtstrecken erzeugt, die wiederum zufällig den Versuchspersonen zugeordnet wurden. Insgesamt beinhaltete die Versuchsstrecke 40 Geschwindigkeitswechsel, wovon die Automation zwei nicht erkannte.

In Abbildung 3 ist die Situation, mit der für diesen Beitrag relevanten Fehlfunktion in der Simulatorumgebung dargestellt. Das Vorderfahrzeug und der eigene Fahrstreifen sind erkannt. Hier handelt es sich um eine Fehlfunktion der Längsregelung, da die Geschwindigkeitsbegrenzung nicht erfasst und nicht mit einem Rahmen markiert

wurde. Spätestens wenn das Verkehrszeichen passiert wurde, sollten die Fahrer diese Fehlfunktion identifizieren können und durch eine Verringerung der Geschwindigkeit eingreifen. Um dem Probanden keinerlei Hinweis durch das Aufleuchten der Bremslichter vorausfahrender Fahrzeuge zu geben, beachteten diese Verkehrsteilnehmer die Geschwindigkeitsbegrenzung nicht. Der Fahrer musste das Fehlen des Rahmens explizit durch eine Blickzuwendung wahrnehmen.



Abbildung 3: Fehlfunktion Geschwindigkeitswechsel aus Fahrersicht mit kontaktanaloger Anzeige. Das Verkehrszeichen wurde nicht erkannt und ist dementsprechend nicht mit einem Rahmen markiert.

4.4 Versuchsablauf und Datenerfassung

24 Versuchspersonen absolvierten jeweils eine 25 Minuten dauernde Versuchsfahrt mit und ohne Anzeige in permutierter Reihenfolge. Vor jeder Versuchsfahrt fand eine fünf minütige Eingewöhnungsfahrt und eine Einführung in die Funktionen des Assistenzsystems statt. Die Versuchspersonen sollten das Assistenzsystem überwachen und notfalls korrigierend eingreifen. Sie wurden gebeten, so viel wie möglich mit Assistenzsystem zu fahren, Kollisionen zu vermeiden und Geschwindigkeitsbegrenzungen einzuhalten.

Während der Versuchsfahrt wurde das Blickverhalten der Probanden mit Hilfe des kopfbasierten Blickerfassungssystems DIKABLIS (Digitales kabelloses Blickerfassungssystem) erfasst. Zusätzlich zu den fahrdynamischen Daten wurde auch der Eingriffszeitpunkt in Relation zum Verkehrszeichen als Bewertungsgröße der Fahrleistung herangezogen. Der Eingriff fand entweder über die Betätigung der

Bremse oder das Deaktivieren des Assistenzsystems statt. Das Betrachtungsintervall begann 200 Meter vor und endete 99 Meter nach dem Verkehrszeichen.

5 Ergebnisse

Bei diesem Versuch nahmen insgesamt 24 Versuchspersonen teil. Ihr durchschnittliches Alter betrug 31,6 Jahre bei einer Standardabweichung von 12,4 Jahre. Ihr Alter variierte von 19 bis 66 Jahre. Von diesen 24 Versuchspersonen waren 5 Frauen und 19 Männer.

Für die statistische Auswertung wurde im Vorfeld des Versuchs ein Signifikanzniveau von 5% festgelegt.

5.1 Eingriff

Bei der Fahrt mit kontaktanaloger Anzeige griffen 11 von 24 Versuchspersonen bei dem nicht sensierten Verkehrszeichen ein. Unter der Alternativbedingung (ohne Anzeige) griffen 10 von 24 Versuchspersonen ein. Die Anzahl der Eingriffe über die Fahrten gesehen weisen somit keinen Unterschied auf ($\chi^2(1)=0,085$; $p=.771$). Ein Einfluss des Head-Up-Displays auf die Anzahl der Gesamteingriffe bei einer Fehlfunktion ist nicht nachzuweisen. Das liegt möglicherweise daran, dass in dieser speziellen Situation einer Fehlfunktion die Anzeige nicht vorhanden ist und damit ihren hinweisenden Charakter verliert.

Für eine genauere Betrachtung des Verhaltens der Versuchspersonen zeigt Abbildung 4 die Anzahl der Versuchspersonen, die bei der Fehlfunktion nicht eingriffen. Das waren bei der Fahrt mit Anzeige 13 und bei der Fahrt ohne Anzeige 14 Versuchspersonen. Um ihr Verhalten interpretieren zu können wird unterschieden ob eine Blickzuwendung zum Verkehrszeichen stattfand oder nicht. Von den Versuchspersonen die in der Situation nicht eingriffen, blickten damit ohne Anzeige signifikant mehr Versuchspersonen auf das Verkehrszeichen als mit Anzeige ($\chi^2(1)=4,492$; $p=.034$).

Von den 13 Versuchspersonen, die in der Fahrt mit Anzeige nicht eingriffen, blickten 8 gar nicht auf das Verkehrszeichen. Bei der Fahrt ohne Anzeige waren dies nur 3 von 14 Versuchspersonen. Diese beiden Gruppen sind schlüssig zu erklären. Ein Fahrer, der nicht auf das Verkehrszeichen blickt hat keine Information, die er

verarbeiten kann und wird demnach auch nicht eingreifen. Der Vergleich mit und ohne Anzeige zeigt, dass das Head-Up-Display unaufmerksame Fahrer auf Fehlfunktionen nicht hinweisen kann.

Im Umkehrschluss bleiben bei der Fahrt mit Anzeige 5 Versuchspersonen die zwar auf das Verkehrszeichen blickten und trotzdem nicht eingriffen. In der Fahrt ohne Anzeige waren dies sogar 11 Versuchspersonen. Da diese Probanden nachweislich auf das Verkehrszeichen blickten, bleiben zwei Erklärungen für den ausbleibenden Eingriff. Entweder wurde das Verkehrszeichen von den Fahrern mental nicht verarbeitet oder sie griffen willentlich nicht ein. Festzuhalten bleibt, dass in der Fahrt ohne Anzeige deutlich mehr Versuchspersonen nicht eingriffen, obwohl sie das Verkehrszeichen wahrgenommen haben müssten.

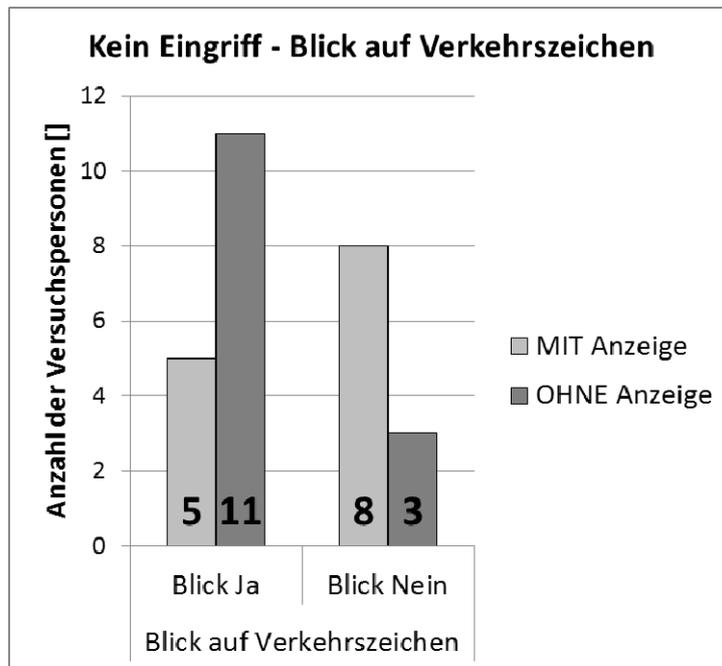


Abbildung 4: Anzahl der Versuchspersonen, die nicht eingriffen - unterschieden in Blickzuwendungen zum Verkehrszeichen

5.2 Blickdaten

Abbildung 5 zeigt die prozentuale Verweildauer (EN ISO 15007-1) auf die definierten Areas of Interest (AOI) „Szenerie voraus“, „Tachometer“ und „Verkehrszeichen“. Für die AOI „Szenerie voraus“ ($t(23)=1,358$; $p=.188$) und „Tachometer“ ($t(23)=-1,606$; $p=.122$) besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Fahrten mit und ohne Anzeige. Die Verweildauer auf der AOI „Verkehrszeichen“ hingegen ist bei der Fahrt

mit Anzeige signifikant höher als bei der Fahrt ohne Anzeige ($t(23)=2,095$; $p=.047$). Die Differenz der Verweildauern für die definierten AOIs zur 100% Marke ergänzen sich aus den Blickzuwendungen zu den Rückspiegeln, Blickübergangszeiten und für die Erfüllung der Fahraufgabe irrelevante Blickzuwendungen. Das Head-Up-Display hat den aufmerksamen Fahrer demnach während der Fahrt mit Anzeige dahingehend sensibilisiert, das Verkehrszeichen stärker zu beachten und zu kontrollieren.

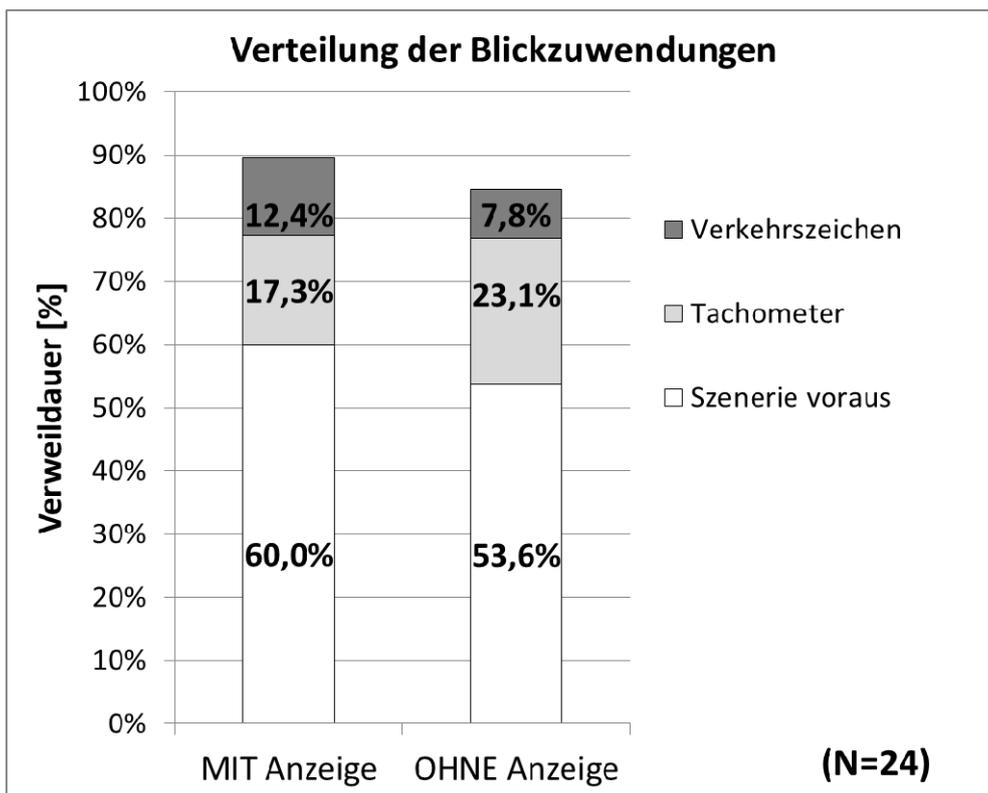


Abbildung 5: Mittlere prozentuale Verweildauer der Blickzuwendungen auf definierte Areas of Interest (AOI) in der Fehlfunktion "Verzögern von 120 auf 100 km/h".

5.3 Eingriffszeitpunkt

In Abbildung 6 ist der Eingriffszeitpunkt für die Fahrten mit und ohne Anzeige dargestellt. Der Nullpunkt der Ordinate entspricht dem Zeitpunkt, zu dem das Verkehrszeichen vom Fahrzeug passiert wird. Bei der Fahrt mit kontaktanaloger Anzeige wurden die Verkehrszeichen – bei funktionierendem System – in einem Abstand von drei Sekunden, durch den Rahmen im Head-Up-Display markiert. Um die beiden Fahrten statistisch vergleichen zu können wurden für die Mittelwertberechnung des Eingriffszeitpunktes die Versuchspersonen herangezogen,

die in beiden Fahrten eingegriffen hatten. Daher reduziert sich die Stichprobengröße hier auf N=6. Es ist zu erkennen, dass mit Anzeige signifikant früher eingegriffen wurde als ohne Anzeige ($t(5)=-2,661$; $p=.045$). Die Voranzeige im Head-Up-Display verschafft dem Fahrer damit einen zeitlichen Vorteil. Er weiß, dass das Verkehrszeichen im Normalbetrieb in einem Abstand von ca.100 Meter markiert wird. Fehlt der Rahmen um das Verkehrszeichen, hat er durch die Anzeige einen zusätzlichen Hinweis auf das Vorliegen einer Fehlfunktion.

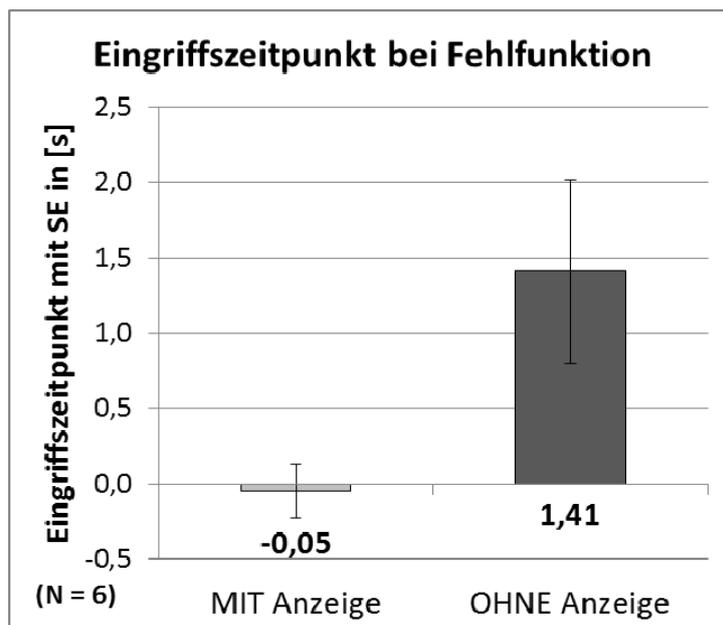


Abbildung 6: Mittlerer Eingriffszeitpunkt bei der Fehlfunktion "Verzögern von 120 auf 100km/h" für die Fahrten mit und ohne Anzeige (Fehlerbalken indizieren \pm einen Standardfehler); Das nicht erkannte Verkehrszeichen wird am Nullpunkt passiert.

6 Diskussion

Wie die vergleichbare Anzahl der Eingriffe für beide Fahrten zeigt, ist für den Fall eines nicht detektierten Verkehrszeichens die implementierte Anzeige im kontaktanalogen Head-Up-Display nur bedingt geeignet passive und unachtsamen Fahrer bei Fehlfunktionen in die Kontroll- und Überwachungsaufgabe zurückzuholen. Das liegt möglicherweise daran, dass Verkehrszeichen zeitlich nur sehr begrenzt in der Fahrszenarie vorhanden sind und damit auch der Rahmen zur Verkehrszeichenerkennung nur in kurzen Zeitkorridoren Rückmeldung liefern kann.

Diese Problematik gilt besonders für die Fahrer, die nicht auf das Verkehrszeichen blickten und nicht eingriffen. Der Effekt, dass mit Anzeige mehr Versuchspersonen

nicht auf das Verkehrszeichen blickten und nicht eingriffen, kann auch durch ein erhöhtes Systemvertrauen (Trust in Automation) begründet werden. Die Visualisierung des Systemzustandes erhöht die Transparenz des Systems für den Nutzer und erzeugt damit Vertrauen in dieses System. Bezüglich der Eingriffszahlen ist es jedoch nicht auszuschließen, dass sich bei dieser Art von Fehlfunktion Langzeit- und Lerneffekte positiv auf die Erkennungsrate auswirken. Die Versuchspersonen in diesem Versuch hatten maximal 25 Minuten Zeit sich bis zum Auftreten der Fehlfunktion an die Anzeige zu gewöhnen.

Ungeklärt jedoch bleibt warum Fahrer nicht eingriffen, obwohl sie auf das Verkehrszeichen blickten. Da der Prozess der Informationsverarbeitung nicht gemessen werden kann gibt es keine Möglichkeit zu klären, ob der Fahrer die wahrgenommene Information nicht verarbeitet hat oder ob er sich bewusst gegen einen Eingriff entschieden hat. An dieser Stelle können nur der Prozess der Informationsaufnahme sowie die daraufhin eingeleitete Reaktion objektiv bewertet werden. In weiterführenden Versuchen kann mittels einer direkten Befragung der Versuchspersonen unmittelbar nach der Fehlfunktion - insbesondere für die Gruppe, die auf das Verkehrszeichen blickte und nicht eingriff - geklärt werden, ob die Information nicht verarbeitet wurde oder ein Eingriff bewusst verweigert wurde. Ähnliche Aufschlüsse kann eine Fehlfunktion in einem Beschleunigungsszenario liefern. In dieser Situation würde ein Verkehrszeichen, das eine Geschwindigkeitserhöhung erlaubt – nicht wie in diesem Versuch eine Geschwindigkeitsreduzierung - von der Automation nicht erkannt.

Hinsichtlich des Blickverhaltens für alle Versuchspersonen fällt auf, dass mit Anzeige der Blick prozentual länger auf dem Verkehrszeichen verweilte. Die Blickzuwendungen entwickelten sich bei der Fahrt mit Anzeige Zugunsten des Verkehrszeichens. Wird berücksichtigt, dass ein Verkehrszeichen nur für einen begrenzten Zeitraum in der Szenerie als Informationsgeber zur Verfügung steht und daher als ein zeitkritischen Objekt zu sehen ist, kann eine erhöhte Blickzuwendung positiv gewertet werden. Für zukünftige Entwicklungen ist es jedoch nicht entscheidend die Blickzuwendungen auf das Verkehrszeichen auszuweiten, sondern den optimalen Zeitpunkt für einen geeigneten Darstellungshorizont der

Symboleinblendung zu bestimmen. Dieses Wissen hätte auch Auswirkungen auf die Konstruktionsvorgaben eines Head-Up-Displays.

Für den positiven Einfluss einer ergänzenden Anzeige des zukünftigen Systemverhaltens spricht, dass diejenigen Fahrer die eingegriffen haben, dies bei der Fahrt mit Anzeige deutlich früher getan haben als bei der Fahrt ohne Anzeige. Sie konnten den Zeitvorteil in der Informationsdarstellung sehr gut nutzen, da sie dauerhaft sowohl ihr Umfeld überwachten als auch die Automation kontrollierten.

Aus der Sicht des hochautomatisierten Fahrens gilt es für eine zielgerichtet Weiterentwicklung der Head-Up Technologie Konstruktionsziele zu ermitteln und für abgesicherte Fahrszenarien der Automobilindustrie kostengünstigere Anzeigealternativen aufzuzeigen.

7 Literaturverzeichnis

- Bruder, R., Franz, B., Kauer, M., & Schreiber, M. (2011). Fahrerverhalten bei einer kooperativen Fahrer-Fahrzeug-Interaktion. In R. Bruder & H. Winner (Eds.), *Mensch + Fahrzeug. Zukunft der Fahrzeugführung kooperativ oder autonom?*. Stuttgart: Ergonomia Verlag.
- Bubb, H. (1992). *Menschliche Zuverlässigkeit: Definitionen Zusammenhänge Bewertung* (1. Auflage). Landsberg: ecomed-Fachverlag.
- Damböck, D., Kienle, M., Bengler, K., Flemisch, F., Kelsch, J., Heesen, M., & Schieben, A. (2009). *Vom assistierten zum hochautomatisierten Fahren: Zwischenbericht aus den Projekten DFG H-Mode und EU-HAVEit*. VDI Tagung "Fahrer im 21. Jahrhundert", Braunschweig.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. In W. C. Howell (Ed.), *Human Factors* (pp. 32–64).
- Flemisch, F. O., Adams, C. A., Conway, S. R., Goodrich, K. H., Palmer, M. T., & Schutte, P. C. (2003). *The H-Metaphor as a Guideline for Vehicle Automation and Interaction* (NASA/TM - 2003-212672 No. 301-621-0390). Hanover, Maryland.
- Flemisch, F., Kelsch, J., Löper, C., Schieben, A., & Schindler, J. (2008). *Automation spectrum, inner/outer compatibility and other potentially useful human factors concepts for assistance and automation*. Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter Annual Meeting, Braunschweig.

-
- Kienle, M., Damböck, D., Kelsch, J., Flemisch, F., & Bengler, K. (2009). *Towards an H-Mode for Highly Automated Vehicles: Driving with Side Sticks*. AutomotiveUI'09, Essen.
- DIN EN 894-1 (Januar 2009). Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DIN EN ISO 15007-1 (Oktober 2003). Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. In M. a. C. IEEE Transactions on Systems (Ed.), *Part A: Systems and Humans* (Vol. 3, pp. 286–297).
- Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1995). How in the World Did We Ever Get into That Mode?: Mode Error and Awareness in Supervisory Control. In W. C. Howell (Ed.), *Human Factors* (pp. 5–19).