

Einfluss der Erwartungshaltung auf das Übernahmeverhalten in automatischer Fahrzeugführung

Gloria Pöhler*, Tobias Heine† und Barbara Deml‡

Zusammenfassung: In hochautomatischer Fahrzeugführung soll die Fahrzeugkontrolle mittels einer Übernahmeaufforderung zurück an den Fahrer gegeben werden, wenn das Fahrzeug eine Systemgrenze detektiert. Im Rahmen der Studie wurde untersucht, ob das Übernahmeverhalten eines Fahrers von seiner Erwartungshaltung bzgl. des Systemverhaltens bei einer Systemgrenze abhängt. Hierfür wurde eine Studie im Fahrsimulator mit $N = 48$ Personen durchgeführt, in der zwei kritische Situationen präsentiert wurden. Die dabei erhobenen Parameter zur Beschreibung des Fahrerverhaltens weisen darauf hin, dass die Probanden eine situativ unterschiedliche Erwartungshaltung ausbilden. Die Berücksichtigung der Erwartungshaltung eines Fahrers könnte somit potenziell die Übernahmezeit verbessern.

Schlüsselwörter: Erwartungshaltung, Fahrerverhalten, Hochautomatisches Fahren, Übernahmesituation

1 Theoretischer Hintergrund

Automatische Fahrzeuge gehören voraussichtlich in wenigen Jahren zum Straßenbild Deutschlands und Europas. Dabei werden verschiedene Stufen der Automatisierung unterschieden [1]. In dem Modus „hochautomatische Fahrzeugführung“ übernimmt das System die Fahrzeugkontrolle in bestimmten definierten Situationen. Ist eine fehlerfreie Ausführung der Fahrzeugführung nicht mehr möglich, wird dem Fahrer mittels einer Übernahmeaufforderung signalisiert, die Kontrolle des Fahrzeuges wieder zu übernehmen. Die Rolle des Fahrers während automatischer Phasen sieht hierbei vor, dass dieser die Systeme nicht permanent überwachen muss, sich demnach auch fahrfremden Tätigkeiten widmen kann. Zahlreiche Studien zeigen, dass die Übernahme des Fahrzeuges in kritischen Situationen mit verlängerten Reaktionszeiten [2] oder auch gänzlich fehlenden Reaktionen [3] einher-

* Gloria Pöhler ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe (e-mail: gloria.poeehler@kit.edu).

† Tobias Heine ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe (e-mail: tobias.heine@kit.edu).

‡ Prof. Dr.-Ing. Barbara Deml ist Institutsleiterin am Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe (e-mail: barbara.deml@kit.edu)

geht, welche in Kollisionen münden können [4]. Zur Vermeidung dieser negativen Folgen werden verschiedene Warnkonzepte und deren Einfluss auf die Übernahmezeit untersucht [siehe z.B. 5, 6]. Die Art der kritischen Situation, die bei der Untersuchung des Warnkonzeptes genutzt wird, kann jedoch auch mit einer gewissen Erwartungshaltung des Fahrers verknüpft sein, welche dann wiederum einen Einfluss auf die Übernahmezeit und -qualität nimmt. Erste Hinweise dafür, dass Fahrzeugführer unterschiedliche Erwartungshaltungen über den Funktionsumfang des Systems in verschiedenen kritischen Situationen ausbilden, die sich wiederum auf ihr Verhalten auswirken, finden sich bereits in der Literatur: So kam es bei einem potenziellen Wildunfall zu weniger Kollisionen als bei einem unerwarteten Bremsmanöver eines Vorderfahrzeuges [2].

Um dieser Beobachtung weiter nachzugehen, wurde eine Online-Befragung ($N = 70$) durchgeführt, in der 21 kritische Verkehrsszenarien präsentiert und die damit verbundene Erwartungshaltung gegenüber dem Funktionsumfang eines automatischen Fahrzeuges abgefragt wurde. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen aufbauend auf den Ergebnissen der Umfrage zwei kritische Verkehrsszenarien in einem Fahrsimulator näher untersucht werden: 1) das plötzliche Bremsen eines vorausfahrenden LKWs und 2) das unvermittelte Erscheinen eines stationären Hindernisses (Pannenfahrzeug) auf der eigenen Spur. Obwohl beide Szenarien in der Online-Befragung hinsichtlich ihrer verkehrlichen Kritikalität als gleich gravierend eingestuft werden, unterscheiden sie sich hinsichtlich der Erwartungshaltung: Während die Probanden in der ersten Situation erwarten, dass ein automatisches Fahrzeug eine solche Situation vollständig beherrscht, haben sie in der zweiten Situation keine Erwartungen darüber, ob das Beherrschen des Szenarios im Funktionsumfang eines automatischen Fahrzeuges integriert ist.

In der nachfolgenden Untersuchung soll nun der Frage nachgegangen werden, ob sich diese subjektiv erhobene Erwartungshaltung auch in dem Übernahmeverhalten der Fahrer zeigt.

2 Methode

Die Fragestellung wurde als gemischtes 2×3 Design umgesetzt, mit der Art der kritischen Situation (plötzliches Bremsen eines vorausfahrenden LKWs, unvermitteltes Erscheinen eines Pannenfahrzeuges auf der eigenen Fahrspur) als Gruppenfaktor und der Automationsstufe (manuelle Fahrzeugführung, automatische Fahrzeugführung mit fehlerfreiem System, automatische Fahrzeugführung mit Ausfall des Systems am Ende der Fahrt) als Messwiederholungsfaktor.

An dem Experiment nahmen insgesamt $N = 48$ Personen teil, wobei eine Hälfte der Probanden mit dem ersten kritischen Szenario (LKW) und die andere Hälfte mit dem zweiten kritischen Szenario (stationäres Fahrzeug) konfrontiert wurde. Die Stichprobe bestand größtenteils aus Studierenden mit einem Durchschnittsalter von $M = 24.48$ Jahren ($SD = 4.36$ Jahre). Beide Versuchsgruppen waren hinsichtlich ihrer soziodemographischen Struktur sowie dem Ausmaß an erlebter Immersion in der Fahrsimulation und Ermüdung vergleichbar.

Die Erhebung fand in einem statischen Fahrsimulator statt, der aus einem Golf VI-Fahrzeugsegment vor einer konkav gewölbten Panoramaleinwand besteht. Als Simulati-

onsssoftware wurde SILAB eingesetzt. Ein Eindruck des Fahrsimulators sowie eine Darstellung des Versuchsaufbaus kann Abbildung 1 entnommen werden.



Abbildung 1: Außenansicht des Fahrsimulators (links) und Versuchsaufbau (rechts).

Der Versuchsablauf gestaltete sich folgendermaßen: Nach Lesen einer Einverständniserklärung und dem Ausfüllen eines demographischen Fragebogens erfolgte die Einführung in den Fahrsimulator und die Durchführung zweier Trainingsfahrten. Die erste Trainingsfahrt fand im manuellen Fahrmodus statt, die zweite Gewöhnungsfahrt erfolgte im automatischen Modus, wobei eine Übersteuerung des Fahrzeuges in der Trainingsfahrt erklärt und durchgeführt wurde. Danach wurden die Probanden mit der fahrfremden Tätigkeit, die während der gesamten Versuchsdauer bearbeitet wurde und bei der es sich um den Surrogate-Reference-Task (SuRT) [7] handelte, vertraut.

Nachfolgend fanden die drei Versuchsfahrten (manuelle Versuchsfahrt; Fahrt mit einem absolut zuverlässigen, automatischen System; Fahrt im automatischen Modus, der mit einem Ausfall des Systems am Ende einhergeht) statt. Die Strecke war in allen Bedingungen identisch und bestand aus einer zweispurigen Landstraße mit abschnittsweiser Beschränkung der Geschwindigkeit auf 70 km/h. Jede Fahrt dauerte ungefähr zehn Minuten. Nach jeder Fahrt erfolgte die Erhebung subjektiver Daten: Zur Erhebung von Vertrauen und Misstrauen wurde eine deutsche Version der Trust-Checklist nach Jian et al. genutzt [8]. Die mentale Beanspruchung der Probanden wurde mit der SEA-Skala, einer deutschen Version der RSME-Skala, erhoben [9]. Weitere relevante Größen des Fahrerverhaltens bildeten Blickbewegungen auf die beiden Areas of Interest (AOI's) „Frontales Verkehrsgeschehen (Front)“ und „Fahrfremde Aufgabe (SuRT)“, die Leistung in der fahrfremden Aufgabe sowie diverse Fahrdaten.

3 Ergebnisse

Die Daten der fahrfremden Aufgabe, die subjektiven Maße sowie die Blickdaten wurden im Rahmen einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung analysiert. Als Post-hoc Tests wurden t -Tests für abhängige respektive unabhängige Stichproben genutzt. Die Fahrparameter wurden einem χ^2 -Test (Anzahl an Kollisionen) bzw. unabhängigen t -Tests unterzogen. Alle Analysen fanden auf einem Signifikanzniveau von 5% statt. Im Falle mehrerer t -Tests wurde eine Bonferroni-Holm-Korrektur durchgeführt. Nachfolgend

werden die aussagekräftigsten Ergebnisse in Zusammenhang mit der Fragestellung berichtet.

3.1 Subjektive Daten

Bezüglich des Ausmaßes an Vertrauen zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für den Messwiederholungsfaktor, $F(1.41, 60.65) = 21.49$. Der Haupteffekt für den Gruppenfaktor ($F(1, 43) = 0.33$) sowie der Interaktionseffekt ($F(1.41, 60.65) = 2.02$) ergaben keine signifikanten Unterschiede. Probanden der „LKW“-Bedingung zeigten im automatisch-fehlerhaften Modus ein signifikant geringeres Vertrauen ($MW = 3.42, SD = 1.71$) als im automatisch-zuverlässigen Modus ($MW = 5.33, SD = 1.12, t(22) = 4.43, p < .001, d = 0.92$). Probanden der „Pannenfahrzeug“-Bedingung zeigten im automatisch-fehlerhaften Modus ebenfalls ein signifikant geringeres Vertrauen ($MW = 4.17, SD = 1.37$) als im automatisch-zuverlässigen Modus ($MW = 5.14, SD = 0.92, t(23) = 3.15, p = .002, d = 0.64$).

Auch der Haupteffekt für den Messwiederholungsfaktor auf der Skala „Misstrauen“ ergab einen signifikanten Unterschied mit $F(1.75, 75.34) = 29.13$. Der Haupteffekt für den Gruppenfaktor ($F(1, 43) = 0.71$) sowie der Interaktionseffekt ($F(1.75, 75.34) = 2.73$) zeigten keine signifikanten Unterschiede. Probanden der „LKW“-Bedingung zeigten im automatisch-reliablen Durchgang ein geringeres Misstrauen ($MW = 1.99, SD = 0.58$) als die Versuchsteilnehmer des stationäres Fahrzeuges in demselben Durchgang ($MW = 2.53, SD = 1.06$). Dieses Ergebnis wurde nach α -Adjustierung nicht signifikant ($t(23) = 3.15, p = .035, d = 0.63$).

Die Beurteilungen der Vertrauens- und Misstrauensskalen sind grafisch noch einmal in Abbildung 2 dargestellt.

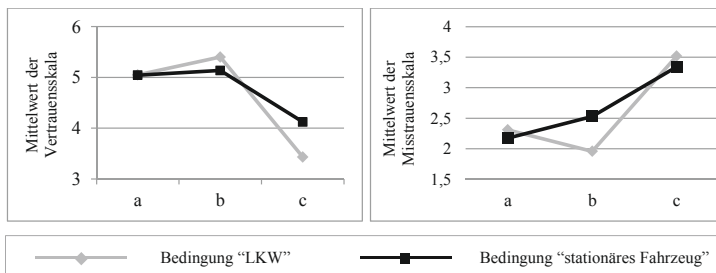


Abbildung 2: Mittelwert der Vertrauensskala (links) und Mittelwert der Misstrauensskala (rechts) in allen drei Automationsstufen, wobei a) manuelle Versuchsfahrt, b) Fahrt mit einem zuverlässigen, automatischen System und c) Fahrt im automatischen Modus mit Ausfall des Systems am Ende.

Bezüglich der Variable „mentale Beanspruchung“ zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Haupteffekt für den Messwiederholungsfaktor, $F(1.49, 64.05) = 27.21$. Der Haupteffekt für den Gruppenfaktor ($F(1, 43) = 2.91$) sowie der Interaktionseffekt

($F(1.49, 64.05) = 2.96$) ergaben keine signifikanten Unterschiede. Im reliablen, automatischen Modus zeigten die Probanden der „LKW“-Bedingung eine signifikant geringere mentale Beanspruchung ($MW = 27.79$, $SD = 16.71$) als Probanden der Bedingung „stationäres Fahrzeug“ ($MW = 43.33$, $SD = 26.2$, $t(39.06) = 2.45$, $p < .01$, $d = 0.71$).

3.2 Fahrfremde Aufgabe

Die Analyse der Anzahl gelöster fahrfremder Aufgaben ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Messwiederholungsfaktor, $F(1.74, 69.59) = 181.58$. Der Haupteffekt für den Gruppenfaktor ($F(1, 40) = 1.21$) sowie der Interaktionseffekt ($F(1.74, 69.59) = 2.51$) ergaben keine signifikanten Unterschiede. Die Versuchsteilnehmer der „LKW“-Bedingung lösten in dem automatischen Durchgang mit Ausfall des Systems signifikant mehr fahrfremde Aufgaben ($MW = 321.82$, $SD = 63.5$) als im 100%-reliablen, automatischen Modus ($MW = 252.5$, $SD = 43.34$, $t(21) = 7.39$, $p < .001$, $d = 1.28$). Probanden der Bedingung „stationäres Fahrzeug“ lösten in der Ausfallbedingung ebenfalls signifikant mehr Aufgaben ($MW = 279.59$, $SD = 84.8$) als im fehlerfreien automatischen Modus ($MW = 244$, $SD = 73.81$, $t(21) = 3.48$, $p < .01$, $d = 0.45$).

Bezüglich der mittleren Reaktionszeit beim Lösen der fahrfremden Aufgabe zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Haupteffekt für den Messwiederholungsfaktor, $F(1.16, 47.35) = 42.56$. Der Haupteffekt für den Gruppenfaktor ($F(1, 41) = 2.22$) sowie der Interaktionseffekt ($F(1.16, 47.35) = 0.234$) ergaben keine signifikanten Unterschiede. Beim direkten Vergleich beider Bedingungen in der automatisch-fehlerhaften Fahrt zeigte sich eine signifikant längere mittlere Reaktionszeit bei der Konfrontation mit dem Pannenfahrzeug ($MW = 2324.76$, $SD = 1033.71$) im Vergleich zu der LKW-Situation ($MW = 1730.7$, $SD = 318.04$, $t(27.67) = 2.68$, $p < .01$, $d = 0.76$).

Die Ergebnisse der mittleren Reaktionszeit und der Anzahl gelöster fahrfremden Ausgaben kann Abbildung 3 im Überblick entnommen werden.

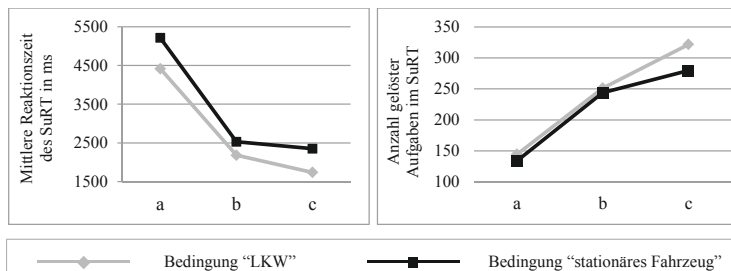


Abbildung 3: Mittlere Reaktionszeit (links) und Anzahl gelöster Aufgaben (rechts) in allen drei Automationsstufen, wobei a) manuelle Versuchsfahrt, b) Fahrt mit einem zuverlässigen, automatischen System und c) Fahrt im automatischen Modus mit Ausfall des Systems am Ende.

3.3 Blickdaten

Zur Beschreibung des Blickverhaltens wurden die kumulierten Fixationsdauern auf die beiden AOI's „Front“ und „SuRT“ berechnet (Abbildung 4). Um den zeitlichen Verlauf der kumulativen Fixationsdauern zu analysieren, wurden die Gesamtdauern der kritischen Situationen in jeweils sechs Zeitintervalle unterteilt, was zu einer durchschnittlichen Intervalldauer von je 6.7 Sekunden führte. Die Differenz der Fixationsdauern auf beide AOI's soll darstellen, ob das frontale Verkehrsgeschehen oder die fahrfremde Aufgabe von den Probanden in dem jeweiligen Zeitintervall vermehrt betrachtet wurde.

Bezüglich dieser Variable zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für den Messwiederholungsfaktor mit $F(3.19, 130.92) = 41.91$, ein signifikanter Haupteffekt für den Gruppenfaktor mit $F(1, 41) = 11.65$ sowie ein signifikanter Interaktionseffekt, $F(3.19, 130.92) = 8.13$. Nachfolgende Analysen ergaben einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Versuchsbedingungen im fünften ($t(29.91) = 5.07, p < .001, d = 1.57$) und sechsten Zeitintervall ($t(41) = 3.07, p < .01, d = 0.94$) der automatisch-fehlerhaften Fahrt.

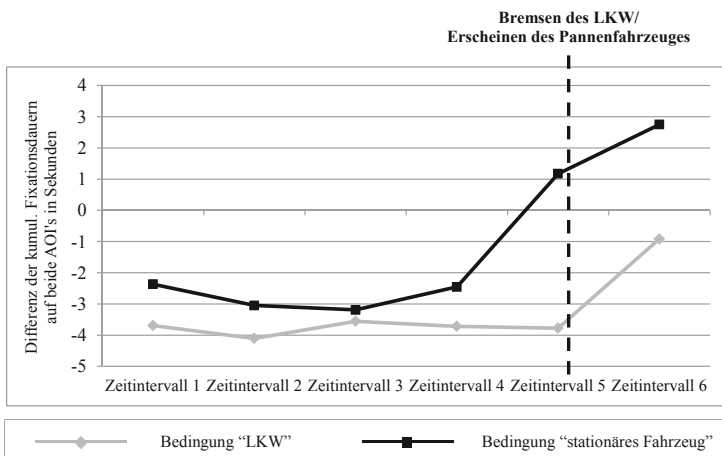


Abbildung 4: Differenz der kumulierten Fixationsdauern auf die AOI's „Front“ und „SuRT“ in sechs Zeitintervallen, mit einer durchschnittlichen Dauer von 6,7 Sekunden pro Zeitintervall. Eine positive Differenz auf der y-Achse beschreibt eine überwiegende Fixation auf das frontale Verkehrsgeschehen, während eine negative Differenz bedeutet, dass sich die Probanden mehrheitlich der fahrfremden Aufgabe zugewandt haben.

3.4 Fahrparameter

In der Versuchsbedingung „stationäres Fahrzeug“ verursachten 24% aller Personen eine

Kollision, in der Bedingung „LKW“ 38% aller Personen ($\chi^2(1) = 2.74$, $p = .089$, $\text{Odds Ratio} = 2.8$).

Weitere aufgezeichnete Fahrparameter umfassen die Reaktionszeit (RT) in ms auf das kritische Ereignis, welches definiert ist als die Zeit, die zwischen Bremsen des LKWs bzw. Erscheinen des Pannenfahrzeuges und einer Bremsreaktion der Probanden verging. Die Time-to-Collision zum Zeitpunkt dieser Bremsreaktion (TTC_{br}) in ms sowie die minimale Time-to-Collision (TTC_{min}) in ms während der kompletten kritischen Situation wurden ebenfalls ausgewertet. Eine Übersicht der statistischen Kennwerte dieser Fahrparameter in beiden Versuchsbedingungen, gegliedert nach Fahrten, in denen eine Kollision stattfand und Fahrten, in denen eine Kollision vermieden werden konnte, findet sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: Darstellung der Reaktionszeiten (RT) in ms auf das kritische Ereignis, der Time-to-Collision zum Zeitpunkt des Bremsengriffs (TTC_{br}) in ms und der minimalen Time-to-Collision (TTC_{min}) in ms während der kritischen Situation.

			Bedingung „LKW“	Bedingung „stationäres Fahrzeug“	t-Wert (df)	p-Wert
Kollision (n = 6 - 12)	RT	MW	2582.6	2469.5	0.918 (16)	.187
		SD	261.4	209.9		
	TTC_{br}	MW	1394.0	1047.1	1.946 (16)	.035
		SD	406.1	209.5		
	TTC_{min}	MW	287.3	168.0	0.765 (13.6)	.229
		SD	507.3	131.7		
keine Kollision (n = 6 - 10)	RT	MW	1749.5	1828.7	0.561 (14)	.292
		SD	101.3	332.7		
	TTC_{br}	MW	3083.6	2298.6	2.491 (11.2)	.015
		SD	262.5	937.2		
	TTC_{min}	MW	2327.5	1875.9	1.395 (12.4)	.094
		SD	341.6	923.8		

4 Diskussion

Die durchgeführte Studie sollte die Frage adressieren, ob sich eine subjektiv berichtete Erwartungshaltung bezüglich des Funktionsumfangs eines automatischen Fahrzeuges in zwei Verkehrssituationen auf das Übernahmeverhalten der Fahrer auswirkt. Die Befunde hierfür werden nun nachfolgend für jede erhobene Größe diskutiert.

Bezüglich des Verhaltens in der fahrfernden Aufgabe zeigte sich in beiden Bedingungen ein Anstieg insgesamt gelöster Aufgaben von der Automationsstufe „automatisch-reliabel“ zu „automatisch-fehlerhaft“, was bei dem gegebenem Versuchsdesign vermutlich auf Trainingseffekte zurückzuführen ist. Mit Blick auf die Effektstärken zeigt sich jedoch für

den Anstieg in der „LKW“-Gruppe ein großer Effekt ($d = 1.28$), während der Anstieg gelöster fahrfremder Aufgaben in der Bedingung „stationäres Fahrzeug“ mit einem kleinen Effekt ($d = 0.45$) einhergeht. Hier kann vermutet werden, dass sich die Probanden der „LKW“-Bedingung in ihrer Erwartungshaltung bezüglich des Systems bestärkt fühlten und mehr Aufgaben lösten, während die Unsicherheit über das Systemverhalten in der Gruppe „stationäres Fahrzeug“ durch einen einmalig erlebten 100%-reliablen Durchgang zwar reduziert, jedoch nicht vollständig beseitigt werden konnte.

In der „Pannenfahrzeug“-Bedingung zeigte sich eine signifikant längere mittlere Reaktionszeit als bei der „LKW“-Gruppe. Diese Beobachtung kann durch das Blickverhalten beider Versuchsgruppen erklärt werden: Probanden, die der Bedingung „stationäres Fahrzeug“ zugewiesen waren, haben länger auf das frontale Verkehrsgeschehen geblickt und daher auch mehr Zeit für die Bearbeitung der fahrfremden Aufgabe benötigt. Die Reaktionszeit bei der Bearbeitung des SuRT streute in der Bedingung „Pannenfahrzeug“ mehr als in der Bedingung „LKW“. Die „LKW“-Situation könnte ein deutlich konsistenteres Verhalten bei den Probanden erzeugt haben, da die Fahrer erwarteten, dass der Funktionsumfang des automatischen Fahrzeuges die Beherrschung dieser Situation umfasst.

Vergleichbare Befunde wurden auch bei dem Konstrukt mentale Beanspruchung beobachtet: Probanden der 100%-reliablen Bedingung, die der Gruppe des LKWs zugeordnet wurden, zeigten eine signifikant geringere mentale Beanspruchung als Probanden, die in dieser Automationsstufe mit dem Auftauchen eines stationären Fahrzeuges konfrontiert wurden. Dies spricht für einen hypotesenkonform verringerten Involviertheitsgrad der Probanden der „LKW“-Bedingung, die erwarteten, dass das Fahrzeug eine solche Situation beherrscht und sie als Fahrer nicht überwachen müssten.

Das Vertrauen der Probanden ist sowohl in der „LKW“- wie auch in der „Pannenfahrzeug“-Bedingung des reliablen Durchgangs hoch, da beiden Gruppen mit einem positiven Systemverhalten konfrontiert werden, und reduziert sich in beiden Bedingungen signifikant mit dem Erleben eines Systemausfalls. Mit Blick auf die Effektstärken sinkt das Vertrauen in der „LKW“-Bedingung jedoch stärker, was ebenfalls mit einer inkonsistenten Erwartungshaltung erklärt werden könnte. Die Werte der Skala „Misstrauen“ verhalten sich in der „LKW“-Gruppe nahezu gespiegelt zu den Werten der Vertrauensskala, während das Misstrauen der Probanden des stationären Fahrzeuges im 100%-reliablen Durchgang im Vergleich zum manuellen Durchgang sogar ansteigt. Eine Erklärung wäre auch hier, dass sich die Probanden unsicher bezüglich des Systemverhaltens in einer solchen Situation sind und diese Skepsis durch ein einmalig erlebtes positives Systemverhalten nicht reduziert werden kann.

Bezüglich der Kollisionen zeigte sich, dass mehr Probanden in der „LKW“-Bedingung kollidierten als in der Bedingung „stationäres Fahrzeug“. Diese Beobachtung zeigte zwar lediglich eine tendenzielle Signifikanz, kann aber aufgrund des ermittelten Odd's Ratio, welches besagt, dass die Probanden der „LKW“-Bedingung 2.8 mal häufiger kollidierten als die Fahrer der anderen Bedingung, als statistisch bedeutsam interpretiert werden.

Bei genauerem Blick auf die weiteren Fahrparameter fällt auf, dass sich die beiden Versuchsgruppen weder hinsichtlich ihrer Reaktionszeit auf das kritische Ereignis noch bezüglich ihrer TTC_{min} statistisch signifikant voneinander unterscheiden. Die „LKW“-Gruppe zeigte jedoch sowohl für die Fahrten, in denen eine Kollision stattfand wie auch

die Durchgänge, in denen eine Kollision vermieden werden konnte, eine signifikant größere TTC_{br} als die Probanden der Gruppe „Pannenfahrzeug“. Wenn die Fahrer demnach gleich schnell auf die kritische Situation reagierten und ihre TTC_{min} ebenfalls vergleichbar war, bedeutet dies, dass die Probanden der „LKW“-Bedingung zwar eine höhere TTC_{br} zeigten, aber nachfolgend verhaltener bremsen als die Fahrer, die mit dem stationären Fahrzeug konfrontiert wurden. Dies könnte an der hypothetisierten Erwartungshaltung liegen, nach der Fahrer der „LKW“-Gruppe annahmen, dass das Fahrzeug die gegebene Situation lösen könne.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die vermutete unterschiedliche Erwartungshaltung bezüglich des Systemverhaltens die Reaktion von Probanden auf Systemausfälle in automatischen Systemen beeinflusst. Dies gilt sowohl für die Fahrdaten als auch für die Leistung in der fahrfremden Aufgabe, das Blickverhalten und ebenso die subjektiven Maße. Trotz gleicher objektiver Kritikalität haben Autofahrer in unterschiedlichen Verkehrssituationen eine andere Erwartungshaltung an ein automatisches Fahrzeug, was sich in einer unterschiedlich gut umgesetzten Übernahmeleistung zeigt.

Ein positiv erlebtes Systemverhalten (wie in dem 100%-reliablen Durchgang) hat Auswirkungen auf das Verhalten der Probanden bei einer nachfolgenden Konfrontation mit dem System, indem zum Beispiel mehr fahrfremde Aufgaben bearbeitet werden. Dies gilt zwar für beide Versuchsgruppen, aber nur wenn die Erwartungshaltung dem Systemverhalten gleicht (in diesem Fall: positive Erwartungshaltung und positives Systemverhalten), wird das Verhalten gegenüber dem System verstärkt. Im vorliegenden Fall wurden mehr Aufgaben in der „LKW“-Bedingung als in der „stationäres Fahrzeug“-Bedingung gelöst. Bei einer unbestimmten Erwartungshaltung passt sich das Verhalten nach einmaliger positiver Konfrontation mit dem System nicht so stark an, sondern das System steht, zumindest über einen zweiten Versuch hinaus, weiter unter stärkerer Beobachtung.

Zukünftige Untersuchungen sollten daher einerseits prüfen, ob man die Erwartungshaltung über einen längeren Zeitraum verändern kann und andererseits die Frage beleuchten, welches Verhalten Probanden mit negativer Erwartungshaltung zeigen, wenn sie mit einem positiven Systemverhalten konfrontiert werden.

Literatur

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), „Rechtsfolgen zunehmender Automatisierung“, Forschung Kompakt 11/12, Heft F83, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen: Bergisch Gladbach, 2012.
- [2] D. Damböck, T. Weissgerber, M. Kienle und K. Bengler, „Requirements for Cooperative Vehicle Guidance“, In 16th International IEEE Conference, S. 1656-1661, 2013.
- [3] D. de Waard, M. van der Hulst, M. Hoedemaeker und K. A. Brookhuis, „Driver Behavior in an Emergency Situation in the Automated Highway System“, *Transportation Human Factors*, 1 (1), S. 67-82, 1999.
- [4] D. J. Saxby, G. Matthews, J. S. Warm, E. M. Hitchcock und C. Neubauer, „Active and passive fatigue in simulated driving: discriminating styles of workload regulation and their safety impacts“, *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 19 (4), S. 287-300, 2013.

- [5] Toffetti, A., Wilschut, E. S., Martens, M. H., Schieben, A., Rambaldini, A., Merat, N. und Flemisch, F., "CityMobil: Human Factor Issues Regarding Highly-automated Vehicles on an eLane", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2110, S. 1-8, 2009.
- [6] Lorenz, L., Kerschbaum, P. und Schumann, J., „Designing take over scenarios for automated driving: How does augmented reality support the driver to get back in the loop“, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, Vol. 52, No. 4, S. 297-301, 2014.
- [7] International Organization for Standardization, „ISO/TS 14198:2012(E): Road Vehicles - Ergonomic Aspects of Transport Information and Control Systems - Calibration Tasks for Methods which assess Driver Demand due to the Use of In-Vehicle Systems“, Genf: ISO, 15.11.2012.
- [8] G. Pöhler, T. Heine, und B. Deml, „Itemanalyse und Faktorstruktur eines Fragebogens zur Messung von Vertrauen im Umgang mit automatischen Systemen“, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 70 (3), S. 151-160, 2016.
- [9] K. Eilers, F. Nachreiner, und K. Hänecke, „Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung“, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 40 (4), S. 215-224, 1986.