

Profitieren Fahrende von hochautomatisierten Fahrzeugen von einem Training der Blickstrategien in Übernahmesituationen?

Luisa HEINRICH, Katharina VON ZITZEWITZ, Martin BAUMANN

*Abt. Human Factors, Institut für Psychologie und Pädagogik, Universität Ulm,
Albert-Einstein-Allee 45, D-89081 Ulm*

Kurzfassung: In dieser Arbeit wird ein zweistufiges Trainingskonzept zur Steigerung der Verkehrssicherheit in Übernahmesituationen beim automatisierten Fahren evaluiert. Der erste Teil des Trainings befasst sich mit dem Aufbau adäquater mentaler Modelle gegenüber dem automatisierten System, der zweite Teil mit effizientem visuellem Blickverhalten, um Situationsverständnis angemessen aufzubauen. Ziel ist es, den Erfolg des Trainingskonzepts über zwei Messzeitpunkte hinweg durch die Analyse des Blickverhaltens, der Fahrleistung, dem Wissen über das automatisierte System und dessen Akzeptanz zu messen.

Schlüsselwörter: Hochautomatisiertes Fahren, Übernahmeaufforderung, Situationsbewusstsein, Training, Blickverhalten, Mentale Modelle

1. Einleitung & Theorie

Aufgrund der kontinuierlichen technologischen Fortschritte stehen den Nutzern immer mehr leistungsstarke Fahrerassistenzsysteme zur Verfügung. Bis zur vollständigen Entwicklung und Erprobung voll automatisierter Fahrzeuge kann es jedoch sein, dass der Fahrer in unsicheren Situationen die Kontrolle über das Fahrzeug übernehmen muss oder nach eigenem Ermessen eingreifen möchte (Saffarian et al. 2012, SAE International 2021). Aufgrund der möglichen Komplexität der Fahrsituation, in der eine solche Übernahme stattfinden könnte, ist es schwierig bis unmöglich, Mensch-Maschine-Schnittstellen so zu gestalten, dass dieser Prozess allein durch eine intuitiv gestaltete Mensch-Maschine-Schnittstelle sicher ablaufen kann (Noble et al. 2020). Daher reicht eine dem Stand der Technik entsprechende Schnittstellengestaltung möglicherweise nicht aus, um die Verkehrssicherheit in solchen Übernahmesituationen zu gewährleisten. Folglich sollten andere Maßnahmen, wie beispielsweise in das Fahrzeug eingebettete Trainingskonzepte, als zusätzliche Maßnahme zur Erhöhung der Fahrsicherheit in solchen Übernahmesituationen erforscht werden (Noble et al. 2020).

Voraussetzung für eine sichere Übernahme der Kontrolle durch den Fahrer ist unseres Erachtens, dass der Fahrer auf die Übernahme vorbereitet ist (Janssen et al., 2019) und in der Lage ist, effizient ein adäquates Situationsverständnis aufzubauen (Endsley & Kiris 1995), um angemessene Entscheidungen zu treffen und diese in Handlungen umzusetzen. Für die erste Voraussetzung ist es wichtig, dass der Fahrer über ein adäquates mentales Modell des Automatisierungssystems verfügt (Shaw et al. 2020), das es ihm zum Beispiel ermöglicht, vorherzusagen, dass die aktuelle Situation zu einer vom Fahrzeug initiierten Übernahmeaufforderung führen könnte, weil eine bestimmte Systemgrenze erreicht wird. Ein solches mentales Modell würde es

dem Fahrer auch ermöglichen, die beste Handlungsalternative zu wählen, um eine sicherheitskritische Entwicklung der Situation zu vermeiden. Für die zweite Voraussetzung ist es von wesentlicher Bedeutung, dass der Fahrer über eine effiziente Blickstrategie verfügt, um in zeitkritischen Situationen schnell die relevanten Informationen zu sammeln und so schnell wie möglich ein angemessenes Verständnis der aktuellen Situation aufzubauen (Deniel & Navarro 2022). Ein solches Verständnis in Verbindung mit einem adäquaten mentalen Modell der Automatisierung sollte den Fahrenden in die Lage versetzen, in der gegebenen Situation der Übernahmeaufforderung angemessen nachzukommen.

Ziel dieser Studie ist es, die Auswirkungen eines zweistufigen Trainingskonzepts in einer Fahrsimulatorstudie zu evaluieren, das den Fahrer dabei unterstützen soll, ein korrektes mentales Modell über das automatisierte System zu fördern (vgl. Shaw et al. 2020) und über effiziente visuelle Strategien ein adäquates Situationsverständnis aufzubauen (vgl. Deniel & Navarro 2022). Der Erfolg des Trainings wird durch die Analyse des Blickverhaltens während des Übernahmeprozesses, der Fahrleistung und der subjektiven Bewertungen evaluiert.

2. Methode

Vierunddreißig Probanden wurden einer von drei Trainingsgruppen (Kontrollgruppe, mentales Modell Gruppe, mentales Modell + Blicktraining Gruppe) zugeteilt. Nach dem Training absolvierten sie vier Experimentalfahrten. Probanden fuhren in automatisiertem Modus auf einer Landstraße und waren mit einer Nebenaufgabe beschäftigt. Aufgrund eines Auffahrunfalls, welcher die eigene Fahrspur blockierte, wurden sie aufgefordert, die Fahrzeugkontrolle zu übernehmen. Die Fahrten unterschieden sich weiterhin in ihrer Komplexität. In zwei Fahrten wurde das Ego-Fahrzeug kurz nach der Übernahmeaufforderung von einem Motorradfahrer überholt. Fahrende mussten den linken Seitenspiegel vor dem Ausweichmanöver prüfen und das Ausweichmanöver verzögern, um eine Kollision zu verhindern. Untersucht wurde der Einfluss der Trainingsgruppe auf das Blickverhalten, die Übernahmeleistung, das Wissen über das automatisierte System und dessen Akzeptanz.

Um die Stabilität des Trainingseffekts über die Zeit zu evaluieren, wurden die Experimentalfahrten zu einem zweiten Messzeitpunkt erneut absolviert. Insgesamt konnten 31 Datensätze für die finale Datenanalyse verwendet werden. Das mittlere Alter lag bei $M = 25.29$ Jahren ($SD = 8.23$) und 39 % der Probanden waren weiblich.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse werden im Hinblick auf die Wirkung des Trainingskonzepts auf die Übernahmeleistung, das Blickverhalten, das Wissen (mentales Modell) und die Akzeptanz bewertet und Implikationen diskutiert.

3.1. Fahrleistung

Für die Übernahmeleistung wurde die minimale Zeit bis zu einer Kollision (minTTC) mit dem Auffahrunfall, sowie die Standardabweichung der lateralen Position (SDLP) nach Initiierung des Ausweichmanövers betrachtet. Weder für den ersten, noch den

zweiten Messzeitpunkt konnte ein signifikanter Effekt der Trainingsgruppe auf die minTTC ($p_{MZP1} = .670$; $p_{MZP2} = .176$) oder die SDLP ($p_{MZP1} = .665$; $p_{MZP2} = .335$) gefunden werden.

3.2. Blickverhalten (ausgewählte Metriken)

Für das Blickverhalten wurden verschiedene Metriken (vgl. ISO 15007:2020(E)) betrachtet und in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Deskriptives Blickverhalten während der Übernahmezeit (nach Übernahmeaufforderung, vor Übernahme der Fahrzeugkontrolle)

Blickmetrik	Anzahl Blicke Front	Mittlere Blickdauer Front [in ms]	Anzahl Blicke Spiegel
Gruppe	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Kontrollgruppe	0.92 (0.81)	1137 (1420)	0.00 (0.00)
Mentales Modell	1.72 (1.16)	1033 (907)	0.15 (0.49)
Mentales Modell + Blicktraining	1.23 (1.18)	760 (517)	0.12 (0.43)

Die Anzahl der Blicke auf die Frontscheibe (Auffahrunfall) unterschieden sich signifikant zwischen Kontrollgruppe und Mentaler Modell Gruppe ($\gamma_{2(\beta_0)} = 0.44$, $t(31.13) = 2.58$, $p = .015$). Die mittlere Blickdauer unterschied sich nicht zwischen den Gruppen. Ein möglicher Gruppenunterschied in der Anzahl der Blicke auf die Spiegel verfehlte das statistische Signifikanzniveau ($p = .065$).

3.3. Subjektive Maße

Für die subjektiven Maße wurde die Einstellung (Akzeptanz) gegenüber dem automatisierten System und das Wissen (mentales Modell) über das System betrachtet. Während es zu Beginn des ersten Messzeitpunkts noch keine Unterschiede zwischen den Gruppen gab, so unterschied sich die Akzeptanz zum Ende des ersten Messzeitpunkts signifikant zwischen den Experimentalgruppen und der Kontrollgruppe ($\gamma_{1(\beta_0)} = -0.20$, $t(27) = -2.55$, $p = .017$). Dieser Effekt blieb über die Messungen bestehen ($\gamma_{1(\beta_0)} = -0.21$, $t(26) = -3.01$, $p = .006$; $\gamma_{1(\beta_0)} = -0.22$, $t(25) = -2.57$, $p = .017$). Bezüglich des mentalen Modells wurden bis zum Ende des zweiten Messzeitpunkts keine Gruppenunterschiede gefunden. Am Ende des zweiten Messzeitpunkts unterschied sich der Wissensstand der trainierten Gruppen signifikant von der Kontrollgruppe ($\gamma_{1(\beta_0)} = -0.59$, $t(25) = -3.80$, $p < .001$).

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass sich Veränderungen in den Einstellungen (Akzeptanz) und dem Wissen (mentales Modell) über die Zeit entwickeln und verstärken (vgl. Singer & Jenness 2020). Jedoch konnte nicht gezeigt werden, dass ein kombiniertes Trainingskonzept zur Stärkung mentaler Modelle und Blickstrategien die Leistung in Übernahme-situationen signifikant steigert.

Eine größere Anzahl an Blicken auf die Frontscheibe (Auffahrunfall) könnte dafür sprechen, dass diese in den mentalen Modell Gruppen von besonderer Bedeutung für die Informationsgewinnung waren. Die Spiegel wurden insbesondere in der Kontrollgruppe vernachlässigt, sind jedoch für die Wahrnehmung des Motorradfahrers im komplexen Szenario unumgänglich. Dennoch ist es in keiner der Fahrten zu einer sicherheitskritischen Situation gekommen (keiner der Probanden ist mit dem überholenden Motorradfahrer kollidiert). In den betrachteten Blickmetriken werden zwar Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen ersichtlich, diese spiegeln sich aber nicht in der Fahrleistung wider.

Es lassen sich insbesondere die folgenden drei Limitationen ableiten. Erstens ist es durchaus denkbar, dass die gewählten Szenarien bereits ohne Trainingseinheit gut zu bewältigen waren. Zweitens ist diese Studie mit einer Stichprobe von 9 bis 12 Probanden pro Trainingsgruppe stark unterpower und systematische Gruppenunterschiede konnten nicht ausgeschlossen werden. Drittens, erlebte die Kontrollgruppe bereits eine Übernahmeaufforderung vor der Experimentalphase.

Möglicherweise könnte das kombinierte Trainingskonzept eine Erhöhung der Verkehrssicherheit für komplexere Szenarien und bei Erstinteraktion mit dem automatisierten System erzielen. In zukünftigen Studien sollte der Fokus entsprechend auf Grenzfällen („edge cases“) liegen und ein größerer Probandenkreis erzielt werden.

5. Literatur

- Deniel J & Navarro J (2022). Gaze behaviours engaged while taking over automated driving: a systematic literature review. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 1–34. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2022.2036861>
- Endsley MR & Kiris EO (1995). The out-of-the-loop performance problem and level of control in automation. *Human Factors*, 37(2), 381–394. <https://doi.org/10.1518/001872095779064555>
- ISO 15007:2020(E): Road vehicles – Measurement and analysis of driver visual behaviour with respect to transport information and control systems. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. <https://www.iso.org/standard/63220.html>
- Janssen CP, Iqbal ST, Kun AL & Donker SF (2019). Interrupted by my car? Implications of interruption and interleaving research for automated vehicles. *International Journal of Human Computer Studies*, 130(December 2018), 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.07.004>
- Noble AM, Klauer SG, Machiani SG & Manser MP (2020). Importance of Training for Automated, Connected, and Intelligent Vehicle Systems. In Fisher DL, Horrey WJ, Lee JD & Regan MA (Eds.), *Handbook of Human Factors for Automated, Connected, and Intelligent Vehicles* (1st Edition, pp. 395–420). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b21974-18>
- SAE International. (2021). (R) Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles.
- Saffarian M, de Winter JCF & Happee R (2012). Automated Driving: Human-factors issues and design solutions. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 56th Annual Meeting*, 56(1), 2296–2300. <https://doi.org/10.1177/1071181312561483>
- Shaw E, Large DR & Burnett G (2020). Driver Training for Future Automated Vehicles: Introducing CHAT (CHeck, Assess, Takeover). <https://nottingham-repository.worktribe.com/index.php/output/5147168/driver-training-for-future-automated-vehicles-introducing-chat-check-assess-takeover>
- Singer J & Jenness JW (2020). Impact of Information on Consumer Understanding of a Partially Automated Driving System. In AAA Foundation for Traffic Safety. https://aaaafoundation.org/wp-content/uploads/2020/09/ImpactOfInfoOnUnderstandingPartiallyAutomatedDrivingSystem_FinalReport.pdf %0Ahttps://trid.trb.org/view/1742041



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeitswissenschaft in-the-loop

**Mensch-Technologie-Integration
und ihre Auswirkung auf Mensch,
Arbeit und Arbeitsgestaltung**

70. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement IAT
Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

06. – 08. März 2024

GfA-Press

Bericht zum 70. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 06. – 08. März 2024

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2024

ISBN 978-3-936804-34-8

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin, Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003, Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2024 fröse multimedia, Frank Fröse,

office@internetkundenservice.de, www.internetkundenservice.de