

# **Einfluss mentaler Modelle auf das Situationsbewusstsein und die Übernahmeleistung von Fahrer:innen in automatisierten Fahrzeugen**

Sarah SCHWINDT

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt  
Otto-Bernd-Str. 2, D-64287 Darmstadt*

**Kurzfassung:** Automatisierte Fahrzeuge ab dem SAE Level 3 bieten Fahrenden die Möglichkeit, sich vollständig von der Fahraufgabe abzuwenden und stattdessen fahrfremden Tätigkeiten nachzugehen, wobei es jederzeit zu einer Rückübernahmeaufforderung kommen kann. Da in einem solchen Fall die schnelle Erfassung der Fahrsituation von besonderer Relevanz für die sichere Übernahme der Fahraufgabe ist, wird in diesem Beitrag zur Doktorandenwerkstatt ein Ansatz zur Untersuchung des Einflusses mentaler Modelle auf das Situationsbewusstsein und die Übernahmeleistung von Fahrenden in automatisierten Fahrzeugen vorgestellt. Dazu wird zunächst die Problemstellung genauer beschrieben. Anschließend werden die Zielsetzung und Fragestellungen der diesem Beitrag zugrunde liegenden Dissertation sowie die Kontur für das Untersuchungsdesign vorgestellt.

**Schlüsselwörter:** Mentale Modelle, Situationsbewusstsein, automatisiertes Fahren

## **1. Problemstellung**

Ab dem SAE Level 3 (SAE International 2021) bieten zukünftige automatisierte Fahrzeuge den Fahrenden die Möglichkeit, sich vollständig von der Fahraufgabe abzuwenden und stattdessen fahrfremden Tätigkeiten, wie bspw. dem Arbeiten am Laptop oder dem Lesen von Büchern, nachzugehen (Kurpiers et al. 2020). In automatisierten Fahrzeugen des SAE Level 3 kann es dabei allerdings jederzeit zu einer Rückübernahmeaufforderung (Take-Over-Request, TOR) kommen (SAE International 2021). Bei einem solchen TOR müssen die Fahrenden ihre Aufmerksamkeit innerhalb kurzer Zeit von der fahrfremden Tätigkeit, hin zur eigentlichen Fahraufgabe lenken und die Situation so weit erfassen, dass sie die Fahraufgabe wieder vollständig übernehmen können (Tanshi et al. 2019). Problematisch dabei ist, dass die Rückübernahme der Fahraufgabe meist in komplexen Situationen wie bspw. aufgrund einer Fahrbahnverengung in einer Baustelle oder einer vorausliegenden Unfallstelle gefordert wird.

In den meisten bisherigen Studien wird für die Rückübernahme ein Zeitbudget von ca. acht Sekunden angenommen (Zhou et al. 2021). Die Ergebnisse der Studie von Merat et al. (2014) zeigen allerdings, dass Fahrende, die lediglich zehn Sekunden lang nicht auf die Fahrumgebung konzentriert waren, vom Zeitpunkt des TOR bis zu 40 Sekunden zur vollständigen Zurückerlangung der Fahrzeugkontrolle benötigen. Es ist demnach fraglich, ob Fahrende, die wegen der Konzentration auf eine fahrfremde Tätigkeit der Fahrumgebung über einen längeren Zeitraum keine Aufmerksamkeit gewidmet haben, in der Lage sind, eine komplexe Situation innerhalb eines

Zeitbudgets von acht Sekunden ausreichend zu erfassen und folglich die Fahrzeugkontrolle vollständig und sicher zu übernehmen.

Die bisherige Forschung zur bestmöglichen Unterstützung der Fahrenden bei der Rückübernahme der Fahrzeugkontrolle beschäftigt sich überwiegend mit der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human Machine Interface, HMI). Der Fokus liegt dabei auf den Möglichkeiten, durch die Positionierung des HMI Displays, die Modalität des TOR sowie die zeitliche Gestaltung des TOR unmittelbar auf die Übernahmeleistung der Fahrenden einzuwirken (Epple et al. 2018; Stier et al. 2020; Smith et al. 2020). Dabei bleibt allerdings unberücksichtigt, dass schwere Unfälle häufig auf mangelndes Situationsbewusstsein und nicht auf eine fehlerhafte Handlung zurückzuführen sind (Vollrath et al. 2015). In der Forschung zum Situationsbewusstsein von Fahrenden in automatisierten Fahrzeugen wurde bislang nur die Qualität des Situationsbewusstseins mittels Methoden wie Eye-Tracking in Echtzeit erfasst und zur Ermittlung des optimalen Timings eines TOR genutzt (Hayashi et al. 2020; Zhou et al. 2021). Obwohl das schnelle Wiedererlangen des Situationsbewusstseins in automatisierten Fahrzeugen mit SAE Level 3 besonders sicherheitsrelevant ist (Zhou et al. 2021), wurde bislang vernachlässigt, inwiefern Fahrende unterstützt werden können, in Folge eines TOR das Situationsbewusstsein schnellstmöglich und in ausreichendem Umfang wieder zu erlangen.

## **2. Zielsetzung und Fragestellungen**

Das Situationsbewusstsein von Fahrenden, also ihre Wahrnehmung, ihr Verständnis und die Projektion der Situation (Endsley 1995), kann durch vielfältige Faktoren beeinflusst werden (Bellet et al. 2009; Endsley 1995, 2017; Morgan et al. 2018). Einerseits können systemseitige Faktoren, wie bspw. die Komplexität, das Automationslevel oder die Systemzuverlässigkeit einen Einfluss auf das Situationsbewusstsein haben (Endsley 1995, 2017). Andererseits kann das Situationsbewusstsein durch individuelle Faktoren wie die Erwartungen und Ziele der Fahrenden oder deren Informationsverarbeitungsmechanismen beeinflusst werden (Endsley 1995, 2017). Zentral für die Wahrnehmung, das Verständnis sowie die Projektion einer Situation ist allerdings das mentale Modell, das Fahrende einerseits von der Fahrumgebung und andererseits von dem Fahrzeug haben, in dem sie sich befinden (Endsley 2017). Mentale Modelle stellen die kognitive Repräsentation der externen Realität dar (Jones et al. 2011). Dadurch ermöglichen sie einerseits die Erfassung der verschiedenen Komponenten, deren Beziehungen, Aufgaben und Ziele und unterstützen andererseits die Kategorisierung der wahrgenommenen Information (Endsley 2000). Sie entstehen aus der Summierung verschiedener bereits erlebter Situationen (Endsley 2017) und werden kontinuierlich angepasst, wenn sich neue Erfahrungen nicht in bereits bestehende Strukturen einordnen lassen (Bach 2010).

In der bisherigen Forschung zur Unterstützung des Situationsbewusstseins der Fahrenden und der daraus resultierenden Optimierung der Übernahmeleistung werden mentale Modelle allerdings wenig betrachtet. Aufgrund ihrer zentralen Rolle für die Formung des Situationsbewusstseins ist jedoch von besonderem Interesse zu untersuchen, wie die mentalen Modelle von Fahrenden bezüglich ihrer Fahrumgebung und der Funktionsweisen und Systemgrenzen des automatisierten Fahrzeuges aufgebaut sind und welchen Einfluss die verschiedenen Komponenten des mentalen Modells über die Formung des Situationsbewusstseins auf die daraus resultierende Übernahmeleistung haben. Da mentale Modelle über das Erfahren verschiedener

Situationen aufgebaut werden (Bach 2010), ist weiterhin interessant zu untersuchen, wie sie sich einerseits durch das Erleben verschiedener TOR-Situationen entwickeln und wie sie andererseits durch die Vermittlung von theoretischem Wissen positiv beeinflusst werden können. So haben Studien bereits gezeigt, dass Erfahrung und gesteigertes Wissen bei manuellen Fahrten zu einer Verbesserung der Fahrleistung führen können (Walker et al. 2009; Morgan et al. 2018). Daher stellt sich weiterhin die Frage, ob durch Erfahrung bzw. Wissen auch die Rückgewinnung des Situationsbewusstseins und die daraus resultierende Übernahmeleistung positiv beeinflusst werden können.

Dementsprechend ergeben sich für die diesem Beitrag zugrunde liegende Dissertation die folgenden Fragestellungen:

- F1: Welche Komponenten des mentalen Modells tragen durch die Formung des Situationsbewusstseins zu einer hohen Übernahmeleistung der Fahrenden in automatisierten Fahrzeugen bei?
- F2: Wie groß ist der jeweilige Einfluss der verschiedenen Komponenten des mentalen Modells auf die Formung des Situationsbewusstseins und darüber auf die Übernahmeleistung der Fahrenden in automatisierten Fahrzeugen?
- F3: Welchen Einfluss haben Erfahrung und das Erlernen von theoretischem Wissen auf das mentale Modell, das Situationsbewusstsein und die daraus resultierende Übernahmeleistung der Fahrenden in automatisierten Fahrzeugen?

## **2. Kontur für das Untersuchungsdesign**

Um in Forschungsfrage 1 die Komponenten des mentalen Modells zu ermitteln, die das Situationsbewusstsein beeinflussen und zu einer hohen Übernahmeleistung der Fahrer:innen führen, und in Forschungsfrage 2 das Ausmaß des jeweiligen Einflusses der verschiedenen Komponenten des mentalen Modells auf das Situationsbewusstsein und die Übernahmeleistung der Fahrer:innen zu bestimmen, müssen die mentalen Modelle der Proband:innen zum einen bezüglich relevanter TOR-Situationen und zum anderen bezüglich automatisierter Fahrzeuge des SAE Level 3 erfasst werden. Dazu ist zunächst zu identifizieren, welche TOR-Situationen für automatisierte Fahrzeuge des SAE Level 3 aufgrund ihrer Kritikalität und Häufigkeit besonders relevant sind. Für die Auswahl der Probanden ist weiterhin festzulegen, ob lediglich die mentalen Modelle von Probanden ohne Erfahrung mit automatisierten Fahrzeugen erfasst werden oder ob auch Probanden mit Erfahrung einbezogen werden sollen. In jedem Fall ist der jeweilige Erfahrungs- bzw. Wissensstand zu automatisierten Fahrzeugen zu überprüfen.

Im Anschluss an die Erfassung der verschiedenen Komponenten des mentalen Modells, sollen Proband:innen Fahrten in einem Fahrsimulator absolvieren, in welchen sie die als relevant identifizierten TOR-Situationen erleben. Zur Erhebung des Situationsbewusstseins eignet sich dabei besonders die Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT) nach Endsley (1988), wobei die dabei eingesetzten Fragen speziell auf die im Vorfeld identifizierten Komponenten der mentalen Modelle auszurichten sind. Da durch die verbale Beantwortung der SAGAT-Fragen lediglich

solche Informationen erhoben werden können, die den Proband:innen bewusst sind, soll zusätzlich ein Eye Tracking System verwendet werden, um über das Blickbewegungsverhalten alle von den Proband:innen fixierten Komponenten der Fahrumgebung bzw. des Fahrzeugs zu erfassen (Hayashi et al. 2020; Zhou et al. 2021). Zur Quantifizierung der Übernahmeleistung sollen Kennwerte wie die Time-to-Collision, die Anzahl an Kollisionen oder das Bremsverhalten Verwendung finden (Müller 2020). Die vergleichende Auswertung der Daten zum Situationsbewusstsein und der Daten zur Übernahmeleistung ermöglicht, auf den Einfluss der Komponenten des mentalen Modells auf die Formung des Situationsbewusstseins und die daraus resultierende Übernahmeleistung zu schließen.

Um schließlich Forschungsfrage 3 zu beantworten, d.h. den Einfluss von Erfahrung und theoretischem Wissen auf das mentale Modell, das Situationsbewusstsein und die Übernahmeleistung der Fahrer:innen in automatisierten Fahrzeugen zu ermitteln, soll eine weitere Versuchsreihe im between-subject Design durchgeführt werden. Auch hier soll zunächst das mentale Modelle der Proband:innen erfasst werden, bevor eine Fahrt im Fahrsimulator durchgeführt und im Anschluss daran erneut das mentale Modell erfasst wird. Während der eine Teil der Proband:innen vor der Fahrt im Simulator keine weiteren Informationen erhält, wird dem anderen Teil theoretisches Wissen über das Fahrzeug und die Fahrumgebung vermittelt. Wie oft und in welchem zeitlichen Abstand dieser Ablauf wiederholt und in welcher Form bzw. mit welchem Inhalt das theoretische Wissen vermittelt werden sollte muss noch evaluiert werden.

## 1. Literatur

- Bach N (2010) Mentale Modelle als Basis von Implementierungsstrategien: Konzepte für ein erfolgreiches Change Management.
- Bellet T, Bailly-Asuni B, Mayenobe P, Banet A (2009) A theoretical and methodological framework for studying and modelling drivers' mental representations. In: Safety Science 47 (9), 1205–1221. DOI: 10.1016/j.ssci.2009.03.014.
- Endsley M R (1988) Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT). In: Proceedings of the IEEE 1988 National Aerospace and Electronics Conference, 789–795.
- Endsley M R (1995) Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. In: Hum Factors 37 (1), 32–64. DOI: 10.1518/001872095779049543.
- Endsley M R (2000) Situation Models: An Avenue to the Modeling of Mental Models. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 44 (1), 61–64. DOI: 10.1177/154193120004400117.
- Endsley M R (2017) From Here to Autonomy. In: Human factors 59 (1), 5–27. DOI: 10.1177/0018720816681350.
- Epple S, Roche F, Brandenburg S (2018) The Sooner the Better: Drivers' Reactions to Two-Step Take-Over Requests in Highly Automated Driving (62). In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (1).
- Hayashi H, Oka N, Kamezaki M, Sugano S (2020) Development of a Situational Awareness Estimation Model Considering Traffic Environment for Unscheduled Takeover Situations. In: Int. J. ITS Res. DOI: 10.1007/s13177-020-00231-4.
- Jones N, Ross H, Lynam T, Perez P, Leitch A (2011) Mental models: an interdisciplinary synthesis of theory and methods.
- Kurpiers C, Biebl B, Hernandez J M, Raisch F (2020): Mode Awareness and Automated Driving—What Is It and How Can It Be Measured? In: Information 11 (277).
- Merat N, Jamson A H, Lai F C H, Daly M, Carsten O M J (2014) Transition to manual: Driver behaviour when resuming control from a highly automated vehicle. In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 27 (3), 274–282. DOI: 10.1016/j.trf.2014.09.005.
- Morgan P L, Vionescu A, Alford C, Caleb-Solly P (2018) Exploring the Usability of a Connected Autonomous Vehicle Human Machine Interface Designed for Older Adults.

- Müller A L (2020) Auswirkungen von naturalistischen fahrfremden Tätigkeiten während hochautomatisierter Fahrt. Dissertation. TU Darmstadt, Darmstadt. IAD.
- SAE International (2021) J3016\_202104. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Online verfügbar unter [https://saemobilus.sae.org/content/J3016\\_202104](https://saemobilus.sae.org/content/J3016_202104).
- Smith M, Jordan L, Bagalkotkar K, Sai M S, Nittala R, Gabbard J (2020) Hit the Brakes! In: 12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. AutomotiveUI '20: 12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. Virtual Event DC USA, 21 09 2020 22 09 2020. New York, NY, USA: ACM, 46–49.
- Stier D, Heid U, Minker W (2020) Adapting In-Vehicle Voice Output: A User- and Situation-Adaptive Approach. In: 12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. AutomotiveUI '20: 12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. Virtual Event DC USA, 21 09 2020 22 09 2020. New York, NY, USA: ACM, 12–15.
- Tanishi F, Nobari K D, Wang J, Söffker D (2019) Design of Conditional Driving Automation Variables to Improve Takeover Performance. In: IFAC-PapersOnLine 52 (8), 170–175. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.08.066.
- Vollrath M, Briest S, Maciej J, Howe J (2015) Fahren Ältere situationsbewusster als Jüngere?.
- Walker G H, Stanton N A, Kazi T A, Salmon P M, Jenkins D P (2009) Does advanced driver training improve situational awareness? In: Applied ergonomics 40 (4), 678–687. DOI: 10.1016/j.apergo.2008.06.002.
- Zhou F, Yang X J, Winter J (2021) Using Eye-tracking Data to Predict Situation Awareness in Real Time during Takeover Transitions in Conditionally Automated Driving.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten

68. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und  
Fabrikautomatisierung IFF, Magdeburg

02. – 04. März 2022

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 68. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 02. – 04. März 2022**

**Otto-von Guericke-Universität Magdeburg;**

**Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2022

ISBN 978-3-936804-31-7

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](mailto:info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de) · [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de)

### **Screen design und Umsetzung**

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)