

Affektive Reaktionen von Fußgänger:innen in der Interaktion mit anthropomorphen automatisierten Personen-Shuttles

Nina THEOBALD

*Technische Universität Darmstadt,
Fachbereich Maschinenbau, Institut für Arbeitswissenschaft,
Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt*

Kurzfassung: Das in diesem Beitrag zur Doktorandenwerkstatt der Linie 1 vorgestellte Forschungsvorhaben hat zum Ziel, die Auswirkungen einer nonverbalen Kommunikation von anthropomorphen automatisierten Personen-Shuttles auf affektive und verhaltensbezogene Reaktionen von Fußgänger:innen zu untersuchen. Zu Beginn des Beitrags wird die diesem Ziel zugrundeliegende Problemstellung erläutert und der zugehörige Stand der Forschung vorgestellt. Anschließend werden die aus der Zielsetzung abgeleiteten Forschungsfragen präsentiert. Der Beitrag schließt mit ersten Überlegungen zum Untersuchungsdesign ab.

Schlüsselwörter: Anthropomorphismus, nonverbale Kommunikation, automatisiertes Fahrzeug, affektive Reaktion, Fußgänger:in

1. Problemstellung und Stand der Forschung

Soziale Normen und informelle Regeln wie Kommunikation, insbesondere in non-verbaler Form, gelten als zentrale Mittel zur Verständigung im Straßenverkehr (Wilde 1980). So wurde in der Feldstudie von Rasouli et al. (2018) in 90 % der beobachteten Situationen am Fußgängerüberweg eine nonverbale Kommunikation zwischen Fußgänger:innen und Fahrer:innen festgestellt. Nonverbale Kommunikation meint den Teil der menschlichen Kommunikation, der für den Informationsaustausch keine sprachlichen Mittel nutzt (Ellgring 2021). Blickkontakt, Gesichtsausdrücke, Kopf- und Handgesten werden unter Verkehrsteilnehmenden eingesetzt, um bspw. die gegenseitige Wahrnehmung zu kommunizieren, Absichten mitzuteilen, Prioritäten auszuhandeln, Blockaden aufzulösen und Verstöße zu rügen (Färber 2016; Sucha et al. 2017). Insbesondere die Joint Attention, die durch das Aufnehmen von Blickkontakt zwischen Parteien oder das Erkennen von relevanten Objekten und Ereignissen im Aufmerksamkeitsfokus einer Partei durch eine andere Partei hergestellt wird, gilt als Grundlage für jede Form sozialer Interaktion (Kidwell & Zimmerman 2007). Auch die Interaktion zwischen Verkehrsteilnehmenden stellt eine Verhandlung dar, bei der die beteiligten Parteien im Hinblick auf ein gemeinsames Ziel, wie bspw. dem Überqueren einer Kreuzung, ihre Aufmerksamkeit teilen und darauf basierend ihre Handlungen für die Zielerreichung koordinieren müssen (Rasouli & Tsotsos 2018). Fußgänger:innen nehmen u. a. Blickkontakt mit Fahrer:innen auf, um ihre Absicht zur Straßenquerung zu signalisieren (Rasouli & Tsotsos 2018). Allerdings wird der von Fußgänger:innen gesuchte Blickkontakt von nur knapp einem Drittel der Fahrer:innen erwidert (Sucha et al. 2017). Dieses Phänomen kann auf die Machtverteilung zurückgeführt werden,

wonach Fahrer:innen aufgrund der Motorisierung ein Machtvorteil zusteht (Sucha et al. 2017).

Auch in Studien zur Interaktion von Fußgänger:innen und automatisierten Fahrzeugen wurde ein großes Bedürfnis nach Blickkontakt deutlich, da Proband:innen das wahrgenommene Risiko auf die Unfähigkeit, mit dem automatisierten Fahrzeug zu kommunizieren und Blickkontakt aufzubauen, zurückführten (Lundgren et al. 2017; Yang 2017). Fahrer:innen von (hoch-)automatisierten Fahrzeugen können sich von der Fahraufgabe abwenden und erfüllen dabei ihre kommunikative Funktion im Straßenverkehr nicht mehr (Stanciu et al. 2018). Durch externe Mensch-Maschine-Schnittstellen (englisch: external Human-Machine Interfaces; kurz: eHMI) automatisierter Fahrzeuge wird diese Lücke geschlossen, indem eine Kommunikation mit Fußgänger:innen ermöglicht wird (Bengler et al. 2020). Ein Ansatz zur Gestaltung von eHMIs stellt der Anthropomorphismus dar (Dey et al. 2020). Anthropomorphismus bezeichnet ein menschliches oder menschenähnliches Design von Nicht-Menschen, das die Zuschreibung von menschlichen oder menschenähnlichen Merkmalen an Nicht-Menschen durch Personen erleichtern oder hervorrufen kann (Roesler et al. 2021). Anthropomorphe eHMIs können im Gegensatz zu maschinenähnlichen eHMIs die ursprünglich von Fahrer:innen in Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmenden angewandte menschliche nonverbale Kommunikation gestaltgleich nachbilden.

In Studien zu anthropomorphen eHMIs zeigt sich ein vorherrschender Trend zur Untersuchung ihrer Wirkung auf die Effektivität und Effizienz der Entscheidung von Fußgänger:innen zur Straßenquerung (Theobald et al. 2022). Dabei wird die Effektivität als Maß für die Korrektheit und die Effizienz als Maß für die Geschwindigkeit der Entscheidungsfindung von Fußgänger:innen zur Straßenquerung operationalisiert. Während ein wütender Gesichtsausdruck eines virtuellen Avatars, projiziert auf die Windschutzscheibe eines automatisierten Pkws, als effektiv und effizient für die Entscheidung zur Straßenquerung bewertet wurde (Rouchitsas 2022), wurde der Blickkontakt eines virtuellen Fahrers im Fahrersitz eines automatisierten Fahrzeugs für die Entscheidung zur Straßenquerung als nicht effizient eingestuft (Furuya et al. 2021). Es ist jedoch fraglich, ob pragmatische Gütekriterien wie die Effektivität und die Effizienz der Entscheidung zur Straßenquerung für den Abbau psychologischer Barrieren und für eine Förderung der gesellschaftlichen Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge ausreichend sind (Wang et al. 2021). So werden verschiedene Formen der Diskriminierung automatisierter Fahrzeuge nicht nur durch Fahrer:innen manuell gesteuerter Fahrzeuge, sondern auch durch schwache Verkehrsteilnehmende, wie Fußgänger:innen, erwartet und beobachtet (Liu et al. 2020; Wang et al. 2021). Die automatisierten Fahrzeuge von Waymo wurden während Testfahrten im öffentlichen Straßenraum schikaniert und attackiert, weil Anwohner:innen sich in der Nähe der Fahrzeuge unwohl fühlten und Angst hatten (Newcomb 2018). Kommunikation mit automatisierten Fahrzeugen sollte Fußgänger:innen eine stressfreie Erfahrung bieten (Rasouli & Tsotsos 2020) – insbesondere angesichts des Gestaltungskonzepts des Verkehrsraums Shared Space, das den öffentlichen Straßenraum nicht nur sicherer und effizienter, sondern durch eine Reduktion der Dominanz der Fahrzeuge für nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmende wie Fußgänger:innen auch lebenswerter machen soll (Li et al. 2021). Schließlich weist das Review zur Human Factors Forschung im Themenfeld des automatisierten Fahrens von Frison et al. (2020) auf die Notwendigkeit hin, bislang weniger intensiv fokussierte Konstrukte wie Kooperation, Well-Being, Komfort und Emotion zu untersuchen. Der emotionale Zustand bzw. Gemütszustand, der bekanntermaßen die menschliche Entscheidungsfindung und das menschliche

Verhalten reguliert und steuert, wird als Einflussfaktor auf das situative Vertrauen von Fußgänger:innen gegenüber automatisierten Fahrzeugen diskutiert (Zhou et al. 2022).

Im Fahrzeuginnenraum werden bereits affektive Mensch-Maschine-Schnittstellen untersucht, die durch eine gezielte Emotionsregulierung einerseits ein sicheres Fahrerverhalten fördern und andererseits das Benutzererlebnis verbessern (Braun et al. 2022). Die Gestaltung wohlfühlorientierter interaktiver Systeme, die positive Emotionen hervorrufen und die hedonische Qualität von Interaktionen erhöhen, könnten beim Nachweis positiver Auswirkungen auf ein sicherheitsrelevantes Verhalten unverzichtbar werden (Braun et al. 2022). Daher könnten affektive eHMI automatisierter Fahrzeuge durch ein Einwirken auf die menschlichen Emotionen zur Regulierung des Verkehrsklimas beitragen (Sadeghian et al. 2020) und infolge eine effektive und effiziente Kooperation zwischen automatisierten Fahrzeugen und Fußgänger:innen ermöglichen. Insbesondere Gesichter und Augen, die im Zuge der nonverbalen Kommunikation anthropomorpher eHMIs involviert sind, lösen affektive Reaktionen seitens der Betrachter:innen aus (Hoback 2019; Landwehr et al. 2011), die in einem Annäherungs- oder Vermeidungsverhalten münden (Purucker et al. 2014; Windhager et al. 2010). In diesem Zusammenhang ist die bereits im Kontext des Zufußgehens im Straßenverkehr angewandte Theorie von Mehrabian und Russell (1974) einschlägig (Franěk 2013), die affektive Reaktionen im Sinne intensiver, relativ kurz andauernder Gefühle, emotionaler Regungen bzw. Stimmungen (Eschenbeck 2021) in einem unmittelbaren Zusammenhang zu den Verhaltensweisen sieht: Im Fall einer positiven affektiven Reaktion versucht das Individuum mit der Umgebung Kontakt aufzunehmen (Annäherungsverhalten), im Fall einer negativen affektiven Reaktion versucht das Individuum einen solchen Kontakt mit der Umgebung zu vermeiden (Vermeidungsverhalten). So scheinen bestimmte Umgebungseigenschaften spezifische, positive oder negative affektive Reaktionen hervorzurufen, die wiederum das Verhalten bestimmen (Franěk 2013). Demnach könnten die Effektivität und die Effizienz einer Interaktion mit anthropomorphen eHMIs automatisierter Fahrzeuge durch das Hervorrufen von affektiven Reaktionen und annähernden bzw. vermeidenden Verhaltensweisen zu erklären sein (Rouchitsas 2022).

2. Zielsetzung und Forschungsfragen

Ausgehend von der dargelegten Problemstellung und dem aktuellen Stand der Forschung hat dieses Forschungsvorhaben zum Ziel, die affektiven Reaktionen von Fußgänger:innen im Hinblick auf ihre Verhaltensweisen in der frühen Phase des Interaktionsaufbaus mit anthropomorphen automatisierten Fahrzeugen sowie auf die Effektivität und Effizienz der Mensch-Fahrzeug-Interaktion zu untersuchen. Die zentralen Forschungsfragen (FF) lauten daher:

- FF1: Welchen Einfluss hat eine nonverbale Kommunikation von anthropomorphen automatisierten Fahrzeugen auf die affektiven Reaktionen von Fußgänger:innen in der frühen Phase des Interaktionsaufbaus?
- FF2: Welcher Zusammenhang besteht zwischen den affektiven Reaktionen und den unmittelbaren verhaltensbezogenen Reaktionen von Fußgänger:innen in der frühen Phase des Interaktionsaufbaus mit anthropomorphen automatisierten Fahrzeugen?

FF3: Welcher Zusammenhang besteht zwischen den affektiven Reaktionen, unmittelbaren verhaltensbezogenen Reaktionen von Fußgänger:innen und der Effektivität und Effizienz der Interaktion mit anthropomorphen automatisierten Fahrzeugen?

3. Überlegungen zum Untersuchungsdesign und methodischen Vorgehen

Die Beantwortung der Forschungsfragen soll an einem anthropomorphen Korpus eines hoch- bzw. vollautomatisierten Personen-Shuttles erfolgen, um ein interaktives System, das zur nonverbalen Kommunikation fähig ist, zu konzipieren (Rasouli & Tsotsos 2018). Da Studien zur affektiven Robotik einen Einfluss von Nähe und Präsenz eines Roboters auf affektive Ergebnisgrößen zeigen, ist eine immersive einer nicht-immersiven virtuellen Realität als primäre Evaluierungsumgebung vorzuziehen (Roesler et al. 2021; Wang et al. 2021). Daher sollen Proband:innen in der virtuellen Realität mithilfe der Virtual Reality (VR) Brille HTC Vive Pro Eye in einem Shared Space Szenario aus der Perspektive von Fußgänger:innen mit anthropomorphen automatisierten Personen-Shuttles interagieren.

Die unabhängige Variable stellt die nonverbale Kommunikation des anthropomorphen automatisierten Personen-Shuttles dar, die es gilt, mithilfe von Probandenstudien menschenzentriert zu gestalten. Die abhängige Variable der affektiven Reaktion von Fußgänger:innen soll sowohl durch subjektive Messgrößen, wie durch den Einsatz der Self-Assessment Manikin Scale (Bradley & Lang 1994) oder den Positive and Negative Affect Schedule (Watson et al. 1988), als auch durch objektive Messgrößen, wie die elektrodermale (Mudassar et al. 2021) und okuläre Aktivität (Kramer 1990), erhoben werden. Die abhängige Variable der unmittelbaren verhaltensbezogenen Reaktion von Fußgänger:innen in Form des Annäherungs- und Vermeidungsverhaltens soll sowohl durch das Blick- als auch durch das Bewegungs- sowie Entscheidungsverhalten erfasst werden (Franěk 2013; Mehrabian & Russell 1974). Schließlich soll die Effektivität, die als Genauigkeit und Vollständigkeit der Zielerreichung von Benutzer:innen gilt, durch die Angemessenheit der verhaltensbezogenen Reaktion von Fußgänger:innen in der Interaktionssituation und die Effizienz, die das Verhältnis von eingesetzten Ressourcen zu erreichten Ergebnissen meint, durch den Zeitaufwand in Form der Interaktionsdauer operationalisiert werden (Deutsches Institut für Normung e. V. 2020).

4. Literatur

- Bengler K, Rettenmaier M, Fritz N, Feierle A (2020) From HMI to HMIs: Towards an HMI framework for automated driving. *Information* 11 (2): 1–17.
- Bradley M, Lang P (1994) Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 25 (1): 49–59.
- Braun M, Weber F, Alt F (2022) Affective automotive user interfaces – Reviewing the state of driver affect research and emotion regulation in the car. *ACM Computing Surveys* 54 (7): 1–26.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2020) *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2019)*; Deutsche Fassung EN ISO 9241-210:2019. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- Dey D, Habibovic A, Löcken A, Wintersberger P, Pfleging B, Riener A, Martens M, Terken J (2020) Taming the eHMI jungle: A classification taxonomy to guide, compare, and assess the design principles of automated vehicles' external human-machine interfaces. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 7: 1–24.

- Ellgring J (2021) Nicht verbale Kommunikation/nonverbale Kommunikation. Zuletzt zugegriffen am 14.01.2023. <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/nicht-verbale-kommunikation-nonverbale-kommunikation>.
- Eschenbeck H (2021) Affekt. Zuletzt zugegriffen am 14.01.2023. <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/affekt>.
- Färber B (2016) Communication and communication problems between autonomous vehicles and human drivers. In: Maurer M, Gerdes JC, Lenz B, Winner H (Hrsg.) *Autonomous driving: Technical, legal and social aspects*. Berlin, Heidelberg: Springer Open, 125–144.
- Franěk M (2013) Environmental factors influencing pedestrian walking speed. *Perceptual & Motor Skills: Exercise & Sport* 116 (3): 992–1019.
- Frison A-K, Forster Y, Wintersberger P, Geisel V, Riener A (2020) Where we come from and where we are going: A systematic review of human factors research in driving automation. *Applied Sciences* 10 (24): 1–36.
- Furuya H, Kim K, Bruder G, Wisniewski P, Welch G (2021) Autonomous vehicle visual embodiment for pedestrian interactions in crossing scenarios. In: Kitamura Y, Quigley A, Isbister K, Igarashi T (Hrsg.) *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: ACM, 1–7.
- Hoback A (2019) Relationships between aggressive driving behaviors, demographics and pareidolia. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 2: 1–4.
- Kidwell M, Zimmerman D (2007) Joint attention as action. *Journal of Pragmatics* 39 (3): 592–611.
- Kramer A (1990) Physiological metrics of mental workload: A review of recent progress. In: Damos DL (Hrsg.) *Multiple task performance*. London: Taylor & Francis, 279–328.
- Landwehr J, McGill A, Herrmann A (2011) It's got the look: The effect of friendly and aggressive "facial" expressions on product liking and sales. *Journal of Marketing* 75 (3): 132–146.
- Li Y, Cheng H, Zeng Z, Liu H, Sester M (2021) Autonomous vehicles drive into shared spaces: eHMI design concept focusing on vulnerable road users. In: *2021 IEEE International Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)*. Indianapolis, IN, USA: IEEE Press, 1729–1736.
- Liu P, Du Y, Wang L, Da Young J (2020) Ready to bully automated vehicles on public roads? *Accident Analysis and Prevention* 137: 1–8.
- Lundgren V, Habibovic A, Andersson J, Lagström T, Nilsson M, Sirkka A, Fagerlön J, Fredriksson R, Edgren C, Krupenia S, Saluäär D (2017) Will there be new communication needs when introducing automated vehicles to the urban context? In: Stanton NA, Landry S, Di Bucchianico G, Vallicelli A (Hrsg.) *Advances in Intelligent Systems and Computing, Advances in Human Aspects of Transportation*. Cham: Springer International Publishing, 485–497.
- Mehrabian A, Russell J (1974) *An approach to environmental psychology*. University of Michigan: The MIT Press.
- Mudassar M, Kalatian A, Farooq B (2021) Analysis of pedestrian stress level using GSR sensor in virtual immersive reality. *Collective Dynamics* 7: 1–24.
- Newcomb A (2018) Humans harass and attack self-driving Waymo cars. Zuletzt zugegriffen am 14.01.2023. <https://www.nbcnews.com/tech/innovation/humans-harass-attack-self-driving-waymo-cars-n950971>.
- Purucker C, Sprott D, Herrmann A (2014) Consumer response to car fronts: Eliciting biological preparedness with product design. *Review of Managerial Science* 8 (4): 523–540.
- Rasouli A, Kotseruba I, Tsotsos J (2018) Understanding pedestrian behavior in complex traffic scenes. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles* 3 (1): 61–70.
- Rasouli A, Tsotsos J (2018) Joint attention in driver-pedestrian interaction: From theory to practice. *arXiv Preprint 180202522*: 1–111.
- Rasouli A, Tsotsos J (2020) Autonomous vehicles that interact with pedestrians: A survey of theory and practice. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 21 (3): 900–918.
- Roesler E, Manzey D, Onnasch L (2021) A meta-analysis on the effectiveness of anthropomorphism in human-robot interaction. *Science Robotics* 6 (58): 1–31.
- Rouchitsas A (2022) *Virtual human characters for autonomous vehicle-to-pedestrian communication*. Luleå University of Technology: Engineering Psychology, Dissertation.
- Sadeghian S, Hassenzahl M, Eckoldt K (2020) An exploration of prosocial aspects of communication cues between automated vehicles and pedestrians. In: *12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. New York, NY, USA: ACM, 205–211.
- Stanciu S, Eby D, Molnar L, St. Louis R, Zanier N, Kostyniuk L (2018) Pedestrians/bicyclists and autonomous vehicles: How will they communicate? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2672 (22): 1–9.

- Sucha M, Dostal D, Risser R (2017) Pedestrian-driver communication and decision strategies at marked crossings. *Accident Analysis and Prevention* 102: 41–50.
- Theobald N, Joisten P, Abendroth B (2022) Anthropomorphismus in der Interaktion zwischen Fußgänger:innen und automatisierten Fahrzeugen – ein Überblick zum aktuellen Forschungsstand. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) *Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten*. Magdeburg: GfA-Press, 2170/B.8.8, 1–6.
- Wang Y, Hespanhol L, Tomitsch M (2021) How can autonomous vehicles convey emotions to pedestrians? A review of emotionally expressive non-humanoid robots. *Multimodal Technologies and Interaction* 5 (12): 1–19.
- Watson D, Clark L, Tellegen A (1988) Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology* 54(6): 1063–1070.
- Wilde G (1980) Immediate and delayed social interaction in road user behaviour. *Applied Psychology* 29 (4): 439–460.
- Windhager S, Hutzler F, Carbon C-C, Oberzaucher E, Schaefer K, Thorstensen T, Leder H, Grammer K (2010) Laying eyes on headlights: Eye movements suggest facial features in cars. *Collegium Antropologicum* 34 (3): 1075–1080.
- Yang S (2017) Driver behavior impact on pedestrians' crossing experience in the conditionally autonomous driving context. KTH, School of Computer Science and Communication (CSC): Media Technology and Interaction Design, Masterthesis.
- Zhou S, Sun X, Liu B, Burnett G (2022) Factors affecting pedestrians' trust in automated vehicles: Literature review and theoretical model. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* 52 (3): 490–500.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Nachhaltig Arbeiten und Lernen

**Analyse und Gestaltung lernförderlicher
und nachhaltiger Arbeitssysteme
und Arbeits- und Lernprozesse**

69. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

01. – 03. März 2023

GfA-Press

Bericht zum 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 01. – 03. März 2023

**Fakultät Maschinenbau, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) und
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2023
ISBN 978-3-936804-32-4

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

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de