

Gestaltung von prosozialen Mensch-Maschine-Schnittstellen zur Förderung der Kooperation im städtischen Mischverkehr

Felix FRIEDRICH

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

Kurzfassung: Der vorliegende Beitrag bildet die Grundlage für das Forschungsvorhaben, prosoziales Verhalten verstärkt in die Ausgestaltung von Interaktionskonzepten zwischen menschlichen Fahrenden und automatisierten Fahrzeugen beim Fahrstreifenwechsel im städtischen Mischverkehr zu integrieren. Die prosoziale Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen soll dazu beitragen, die Kooperation in unterschiedlichen Verkehrssituationen zu fördern, um somit die Verkehrssicherheit zu erhöhen und den Verkehrsfluss effizienter zu gestalten. Dazu werden im folgenden Beitrag die identifizierten Forschungslücken präsentiert und darauf aufbauend Forschungsfragen formuliert.

Schlüsselwörter: Kooperation, Mischverkehr, Fahrstreifenwechsel, Prosoziales Verhalten, automatisiertes Fahren

1. Motivation und Problemstellung

Der Straßenverkehr stellt für viele Menschen eine fordernde Alltagsumgebung dar, in der das Verkehrsklima eher durch Konkurrenz als durch Kooperation geprägt ist (Knobel et al. 2013). Mit der Einführung des automatisierten Fahrens und der Übergabe der Fahraufgabe an das Fahrzeug soll der Faktor Mensch als Stör- und Fehlerquelle im Straßenverkehrssystem eliminiert und das Verkehrsklima insgesamt verbessert werden. Situationen mit hoher Ambiguität und unklaren Regeln, wie z. B. Fahrstreifenwechsel, Engstellen und Abbiegen mit Einfädeln, erfordern aufgrund ihrer erhöhten Unfallwahrscheinlichkeit eine genauere Untersuchung (Imbsweiler et al. 2017; Imbsweiler et al. 2018; Rettenmaier et al. 2019), mit dem Ziel, Gefahrenpotenziale zu identifizieren und Gestaltungslösungen zu entwickeln. Insbesondere der Fahrstreifenwechsel ist ein komplexes Manöver im Straßenverkehr, bei dem das Verhalten zwischen zwei oder mehreren Verkehrsteilnehmenden koordiniert werden muss und das sowohl die Regelung der longitudinalen als auch der lateralen Bewegung des Fahrzeugs umfasst.

Insbesondere unüberlegte Fahrstreifenwechsel können zu starken Bremsmanövern des nachfolgenden Fahrzeugs (Kerner 2015) oder sogar zu Unfällen führen (Pande & Abdel-Aty 2006). Dabei ist die fehlende oder fehlerhafte Kommunikation und Wahrnehmung zwischen den Verkehrsteilnehmenden einer der Hauptgründe für gefährliche Fahrstreifenwechsel (Zheng et al. 2022).

Dieses Problem soll zukünftig durch die Integration von Vehicle-to-Vehicle (V2V) Kommunikation in automatisierte und konventionelle Fahrzeuge gelöst werden und die Kooperationsbereitschaft des nachfolgenden Fahrzeugs erhöhen (Zheng et al. 2022).

Die Kooperationsbereitschaft könnte dabei durch die Implementation von prosozial gestalteten Kommunikationshinweisen und -signalen der Kooperationspartner gefördert werden. Bisher ist nicht erforscht, wie V2V- Kommunikation gezielt durch Prinzipien des prosozialen Verhaltens gestaltet werden kann, um kooperatives Verhalten beim Fahrstreifenwechsel zu unterstützen (Boll et al. 2019; Sadeghian et al. 2020).

2. Stand der Forschung und Forschungslücken

2.1 Kooperation

Eine allgemeingültige Definition des Begriffs *Kooperation* ist in der Literatur nicht zu finden, da der Begriff auf eine Vielzahl unterschiedlicher Situationen und thematischer Kontexte anwendbar ist. Als Grundlage für diesen Beitrag dient eine in der Literatur weitverbreitete Definition von Hoc (2001, S.505): „Kooperation ist ein Ereignis, bei dem zwei oder mehr menschliche Akteure jeweils versuchen, ein Ziel zu erreichen, wobei sie miteinander interferieren und beide versuchen, die Interferenz so zu handhaben, dass sowohl ihre eigene Aktivität als auch die Aktivität der anderen Person erleichtert wird“.

Kooperatives Fahren wird definiert als „das Fahren unter Einbeziehung von Kommunikation, Koordination und Abstimmung zwischen Fahrzeugen zur Steuerung des Verkehrsverhaltens, z. B. Einfädeln auf dem Beschleunigungsstreifen oder der Spurwechsel. Voraussetzung für kooperatives Fahren im Kontext des autonomen Fahrens ist eine Vehicle-to-Infrastructure oder Vehicle-to-Vehicle-Kommunikation.“ (Zukunftsinstitut.de 2024). Entscheidend für die Umsetzung von kooperativem Fahren ist dabei die Abwägung zwischen den individuellen Zielen der einzelnen Verkehrsteilnehmenden und den übergeordneten Zielen des Gesamtverkehrs.

Um die Kooperation zwischen nicht automatisierten und automatisierten Fahrzeugen und ihren Insass*innen zu fördern, muss der Straßenverkehr als sozialer Raum verstanden werden (Joisten et al. 2020). Obwohl bereits Ansätze existieren, die das Fahrzeug als eine soziale Umgebung betrachten, konzentrieren sich diese hauptsächlich auf die Interaktion zwischen Fahrer*innen und Passagier*innen (Knobel et al., 2013). Für eine erfolgreiche Kooperation ist die Kommunikation zwischen den beteiligten Akteuren entscheidend. Im Straßenverkehr wird dabei zwischen impliziter und expliziter Kommunikation unterschieden (De Ceunynck et al. 2013). Die implizite Kommunikation umfasst unter anderem das Fahrverhalten wie Bremsen, Beschleunigen und die Trajektorie, die explizite Kommunikation Blinker, Hupe oder Handzeichen (Dey und Terken 2017; Stanciu et al. 2018).

Durch die Optimierung der Kommunikation zwischen den Verkehrsteilnehmenden kann die Effizienz und Sicherheit des Verkehrs erhöht werden (Fiosins et al. 2016). Neben der Sicherheit soll auch das allgemeine Verkehrsklima verbessert werden. Nach Haar et al. (2022) wird erwartet, dass der Verkehr als angenehmer empfunden wird, wenn die Verkehrsteilnehmenden kooperieren, indem sie beispielsweise eine Lücke öffnen oder auf eine langsamere Spur wechseln, wenn sich ein schnelleres Fahrzeug nähert.

2.2 Prosoziales Verhalten

Bierhoff (2021) definiert prosoziales Verhalten als eine „intentionale und freiwillige Handlung, die potenziell bzw. tatsächlich einem Empfänger zugutekommt. Ziel von prosozialem Verhalten kann sein, 1) einer anderen Person Nutzen zu bringen, 2) selbst Nutzen daraus zu ziehen oder 3) beides zu erreichen“.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt die Definition von prosozialem Fahren nach Harris et al. (2014, S.4). Sie definieren prosoziales Fahren als ein „Muster sicheren Fahrverhaltens, das potentiell das Wohlergehen von Fahrgästen, anderen Fahrenden und Fußgehenden schützt und die effektive Zusammenarbeit mit anderen im Fahrumfeld fördert.“

Die Motive für prosoziales Handeln sind vielfältig: Die Art der Hilfsituation, die Beziehung zu den Betroffenen sowie Altruismus und Egoismus können ausschlaggebend für die Initiierung, die Intensität und die Dauer des Verhaltens sein (Friedlmeier 2022). Mit zunehmender Anzahl und Diversität der Verkehrsteilnehmenden (Fußgänger*innen, unterschiedliche Automatisierungsgrade der Fahrzeuge, neue Formen der Mikromobilität, mobile Roboter etc.) gewinnt dieses jedoch im Straßenverkehr sowohl für menschliche als auch automatisierte Verkehrsteilnehmende stetig an Bedeutung (Sahin et al. 2021).

Wilbrink et al. (2023) betonen, dass die prosoziale Kommunikation über externe Mensch-Maschine-Schnittstellen als Vorbild für die Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden dienen kann. So hilft ein besseres Verständnis der prosozialen Einstellung, den Interaktionsprozess zwischen Fahrzeugen und Fußgehenden besser zu verstehen (Ge et al. 2021).

2.3 Fahrstreifenwechsel

Der Fahrstreifenwechsel automatisierter Fahrzeuge ist bereits Gegenstand der Forschung (Stoll et al. 2020; Zheng et al. 2022; Kerner et al. 2015). Die bisherigen Untersuchungen konzentrieren sich jedoch überwiegend auf den Autobahnkontext oder die Fahrparameter automatisierter Fahrzeuge (Kauffmann et al. 2018; Stoll et al. 2020).

Aufbauend auf den Erkenntnissen zum Stand der Forschung wurde in einem nächsten Schritt ein Fahrstreifenwechselmodell strukturiert, auf das verschiedene, bereits existierende Modelle des Straßenverkehrs sowie sozialpsychologische Modelle übertragen werden können. Dazu zählen unter anderem der Kooperationsprozess im Straßenverkehr nach Kraft et al. (2019), das Entscheidungsmodell zur Hilfsbereitschaft nach Latané und Darley (1970) sowie das Stimulus-Response-Modell nach Woodworth (1929).

Das entwickelte Ablaufmodell des kooperativen Fahrstreifenwechsels berücksichtigt sowohl die Perspektive des kooperations anbietenden als auch des kooperations nachfragenden Akteurs. Es wird die Annahme getroffen, dass beide Fahrzeuge mit V2V-Kommunikation ausgestattet sind und es sich um ein nicht automatisiertes vernetztes Fahrzeug (non automated connected vehicle, NACV) und ein hoch automatisiertes vernetztes Fahrzeug (high automated connected vehicle, HACV) handelt (Springer et al. 2019). Das Ablaufmodell dient als Grundlage, um mögliche Ansatzpunkte für die Interaktionsgestaltung zu identifizieren und Hinweise zu geben, zu welchem Zeitpunkt im Interaktionsablauf welche Informationen für eine erfolgreiche Kooperation verfügbar sein müssen.

2.4 Forschungslücken

Die Untersuchung der Kooperation zwischen menschlichen Verkehrsteilnehmenden und automatisierten Fahrzeugen beschränkt sich überwiegend auf Autobahnsituationen oder auf die Perspektive des im automatisierten Fahrzeug sitzenden Passagiers. Die Interaktion eines in einem konventionellen Fahrzeug sitzenden Fahrenen mit einem automatisierten Fahrzeug steht noch nicht ausreichend im Fokus der Forschung. Darüber hinaus wird auf die Bedeutung prosozialen Verhaltens für eine erfolgreiche Kooperation hingewiesen, die im Kontext des Straßenverkehrs lange Zeit ein wenig beachtetes Thema war.

So geben Knobel et al. (2013) an, dass prosoziales Verhalten zwar gut erforscht ist, rücksichtsvolles Fahren jedoch nicht zu den untersuchten prosozialen Verhaltensweisen gehört.

Sadeghian et al. (2020) fordern, die Interaktion mit automatisierten Fahrzeugen prosozial zu gestalten und zu untersuchen, wie Hinweise und Signale des automatisierten Fahrzeugs kooperatives Verhalten und die Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden unterstützen können.

Prosoziales Verhalten im Straßenverkehr eröffnet somit neue, bisher nicht erforschte Möglichkeiten, wobei in diesem Forschungsvorhaben der Fokus auf der prosozialen Gestaltung der Interaktion zwischen dem menschlichen, kooperationsbietenden Fahrenen und dem kooperationsanfragenden automatisierten Fahrzeug liegt.

Aus den beschriebenen Forschungslücken ergibt sich die Notwendigkeit, prosoziales Verhalten im Straßenverkehr sowohl auf individueller als auch auf gesellschaftlicher Ebene zu erforschen und zu fördern (Sahin et al. 2021; Boll et al. 2019; Sadeghian et al. 2020).

3. Forschungsfragen

Das Forschungsprojekt adressiert diese Forschungslücken, indem es sich auf die Entwicklung und Evaluation einer prosozialen Mensch-Maschine-Schnittstelle für den kooperativen Fahrstreifenwechsel konzentriert. Diese Schnittstelle, bestehend aus *internal Human-Machine-Interfaces* (iHMI) und *external Human-Machine-Interfaces* (eHMI), soll die Kooperation zwischen Mensch und automatisiertem Fahrzeug im urbanen Mischverkehr unterstützen. Dazu wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

FF1: Welche Faktoren beeinflussen das prosoziale Verhalten eines potenziell kooperationsgewährenden Fahrenen während eines von einem automatisierten Fahrzeug signalisierten Fahrstreifenwechsel im städtischen Mischverkehr?

FF2: Inwiefern kann durch eine prosoziale Gestaltung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle das Verhalten eines menschlichen Fahrenen beeinflusst werden, um die Kooperation bei einem von einem automatisierten Fahrzeug beabsichtigten Fahrstreifenwechsel im städtischen Mischverkehr zu fördern?

4. Ausblick

In diesem Beitrag wurden die Lücken im Stand der Forschung zur Kooperation zwischen Fahrenden und automatisiertem Fahrzeug im Stadtverkehr sowie zur Integration prosozialen Verhaltens in die Interaktionsgestaltung aufgezeigt.

Es wurde bereits ein Ablaufmodell für einen kooperativen Fahrstreifenwechsel aus der Perspektive eines kooperationsfordernden automatisierten Fahrzeugs und eines kooperationsbietenden menschlichen Fahrenden entwickelt, aus dem in einem nächsten Schritt ein Interaktionskonzept ausgearbeitet und detailliert wurde.

Durch Vorstudien sollen begründete Annahmen für die Hauptversuche getroffen und eine fundierte Grundlage für die Gestaltung der xHMI-Konzepte geschaffen werden. Die Hauptversuche finden in einem statischen Fahrsimulator statt, in dem der städtische Mischverkehr mithilfe der Simulationssoftware SILAB des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften implementiert wird.

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist es schließlich, prosoziale Gestaltungsansätze für iHMI und eHMI zur Förderung der Kooperation zu identifizieren, prototypisch umzusetzen und Empfehlungen für die Gestaltung prosozialer Mensch-Maschine-Schnittstellen für die Interaktion zwischen menschlichen Fahrenden und automatisierten Fahrzeugen im städtischen Mischverkehr zu formulieren.

5. Literatur

- Bierhoff HW (2021) prosoziales Verhalten, Dorsch Lexikon der Psychologie <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/prosoziales-verhalten>, abgerufen am 08.01.2024.
- Boll S, Koelle M, Cauchard J (2019) Understanding the Socio-Technical Impact of Automated (Aerial) Vehicles on Casual Bystanders. 1st International Workshop on Human-Drone Interaction, Ecole Nationale de l'Aviation Civile, May 2019, Glasgow, United Kingdom.
- De Ceunynck T, Polders E, Daniels S, Hermans E (2013) Road Safety Between Priority-Controlled Intersections and Right-Hand Intersections. In: Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board. December 2013.
- Dey D, Terken J (2017) Pedestrian interaction with vehicles: role of explicit and implicit communication. In: Proceedings of the 9th international conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications, S 109–113.
- Fiosins M, Friedrich B, Görmer J, Mattfeld D, Müller JP, Tchouankem H (2016) A multagent approach to modeling autonomic road transport support systems. In: McCluskey TL, Kotsialos A, Müller JP, Klügl F, Rana O, Schumann R (eds) Autonomic road transport support systems, Springer, New York, pp. 67–85.
- Friedlmeier W (2022) Definition prosoziales Motivsystem. In Dorsch-Lexikon der Psychologie, <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/prosoziales-motivsystem> (abgerufen am 28.08.2023)
- Ge Y, Liu X, Shen B, Qu W (2021) Can prosocial attitude reduce the risk behavior in simulated driving? Transportation Research Part F 79 (2021) 84–93.
- Haar A, Haeske AB, Kleen A, Schmettow M, Verwey WB (2022) Improving clarity, cooperation and driver experience in lane change manoeuvres. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 13 (2022).
- Harris P, Houston J, Vazquez JA, Smither J (2014) The Prosocial and Aggressive Driving Inventory (PADI): A self-report measure of safe und unsafe driving behaviors. In: Accident Analysis & Prevention, November 2014.
- Hoc JM (2001) Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. Int. J. Human-Computer Studies (2001), 54, 509-5430.
- Imbsweiler J, Palyafári R, Puente León F, Deml B (2017) Untersuchung des Entscheidungsverhalten in kooperativen Verkehrssituationen am Beispiel einer Engstelle. at- Automatisierungstechnik 20178; 65 (7): 477-488, de Gruyter, Oldenbourg.

- Imbsweiler J, Ruesch M, Weinreuter H, Puente León F, Deml B (2018) Cooperation behaviour of road users in t-intersections during deadlock situations. *Transportation Research Part F* 58 (2018) 665–677
- Joisten P, Freund A, Abendroth B (2020) Gestaltungsdimensionen der Kommunikation von automatisierten Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmenden. *Z.Arb.Wiss* (2020) 74:132-145.
- Kauffmann N, Winkler F, Naujoks F, Vollrath M (2018) „What Makes a Cooperative Driver?“ Identifying parameters of implicit and explicit forms of communication in a lane change scenario. *Transportation Research Part F* 58 (2018) 1031-1042.
- Kerner BS (2015) Test bed for simulations of the effect of a vehicle ad hoc network on traffic flow. In: *Vehicular Communications and Networks*. Elsevier, pp. 223-254.
- Knobel M, Hassenzahl M, Männlein S, Lamara M, Schumann J, Eckoldt K, Laschke M, Butz A (2013) Become a Member of the Last Gentlemen: Designing for Prosocial Driving. *DPPI 2013. Praxis and Politics*. Newcastle upon Tyne, UK.
- Kraft AK, Maag C, Baumann M (2019) How to support cooperative driving by HMI design? *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 3 (2019).
- Latané B, Darley JM (1970) *The unresponsive bystander: Why doesn't he help?* New York, NY: Meredith Corporation.
- Pande A, Abdel-Aty M (2006). Assessment of freeway traffic parameters leading to lane-change related collisions. *Accid. Anal. Prev.* 38 (5), 936-948.
- Rettenmaier M, Pietsch M, Schmidler J, Bengler K (2019) Passing through the Bottleneck – The Potential of External Human-Machine Interfaces. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, Paris, France. June 9-12, 2019.
- 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 (AutomotiveUI'20)*, September 21-22. 2020, Virtual Event, DC, USA. ACM, New York, NY, USA, 7 Pages.
- Şahin H, Müller H, Sadeghian S, Dey D, Löcken A, Matvienko A, Colley M, Habibovic A, Wintersberger P (2021) Workshop on Prosocial Behavior in Future Mixed Traffic. In: *13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '21)*, September 9–14, 2021, Leeds, United Kingdom. ACM, New York, NY, USA, 4 pages.
- Springer S, Neumann I, Kämpfe B, Morgenstern T, Krems JF, Schmalfuß F, Busch J, Vogel O, Jungmann A (2019) HMI-Testing for (Non-) Automated Vehicles in Urban Connected Mixed Traffic: Cooperative Lane Change. *AutomotiveUI'19 Adjunct*, September 21-25, 2019, Utrecht, Netherlands
- Stanciu SC, Eby DW, Molnar LJ, St. Louis RM, Zanier N, Kostyniuk LP (2018) Pedestrians/bicyclists and autonomous vehicles: how will they communicate? *Transp Res Rec* 5:1–9.
- Stoll T, Lanzer M, Baumann M (2020) Situational influencing factors on understanding cooperative actions in automated driving, *Transportation Research Part F* 70 (2020) 223-234.
- Wilbrink M, Cieler S, Weiß SL, Beggiato M, Joisten P, Feierle A, Oehl M (2023) Principles for External Human-Machine Interfaces. *Information* 2023, 14, 463
- Zheng J, Ma L, Zhang W (2022) Promotion of cooperative lane changes by use of emotional vehicle-vehicle communication. *Applied Ergonomics* 102 (2022).
- Zukunftsinstitut (2023) Glossar Mobilität: Trendbegriffe und Definitionen. 13.12.2023. <https://www.zukunftsinstitut.de/zukunftsthemen/megatrend-glossar/mobilitaet-glossar> (abgerufen am 15.01.2024)

Acknowledgement: Die vorliegende Arbeit ist ein Ergebnis des Verbundforschungsprojektes STADT:up (Förderkennzeichen 19A22006S). Das Forschungsvorhaben wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung trägt allein der Verfasser.



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