

Die Rolle der expliziten Kommunikation im Straßenverkehr

Jonas IMBSWEILER¹, Maureen RUESCH¹, Tobias HEINE¹, Katrin LINSTEDT¹,
Hannes WEINREUTER², Fernando Puente LEÓN², Barbara DEML¹

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation*
Karlsruher Institut für Technologie
Kaiserstraße 12, D-76131 Karlsruhe
² *Institut für Industrielle Informationstechnik*
Karlsruher Institut für Technologie
Hertzstraße 16, D-76131 Karlsruhe

Kurzfassung: Eine der Herausforderungen bei der Einführung von automatischen Fahrzeugführungen wird der Mischverkehr, zwischen manueller und automatischer Fahrzeugführung, in der Stadt sein. Damit ein reibungsloser Verkehrsfluss innerhalb eines solchen Szenarios möglich ist, muss die automatische Fahrzeugführung auf das kooperative Verhalten der menschlichen Verkehrsteilnehmer reagieren können. Ein Teil des kooperativen Verhaltens drückt sich dabei in der Kommunikation auf implizite oder explizite Weise aus (de Ceunynck et al. 2013). Implizite Kommunikation muss interpretiert werden, um das Anliegen des Gegenübers – auch Kooperationspartner genannt – zu verstehen. Dazu gehören im Straßenverkehr: Trajektorienwahl, Beschleunigungs- und Verzögerungsverhalten. Explizite Kommunikation im Straßenverkehr beinhaltet dagegen eindeutige Signale wie Gesten, Lichtthupe, Fahrtrichtungsanzeiger oder Horn.

Bisherige Forschung hat das Kooperationsverhalten entweder beobachtet (de Ceunynck et al. 2013, Imbsweiler et al. 2016), in Experimenten untersucht (Imbsweiler et al. 2017) oder für Rechts-vor-Links-Situationen per Fragebogen abgefragt (Björklund & Åberg 2005). Um diese Ansätze zu ergänzen, wurde ein Fragebogen zum Kooperationsverhalten in ausgewählten innerstädtischen Szenarien entwickelt und durchgeführt ($N = 278$). Auf diese Weise wurden die Erwartungen von Verkehrsteilnehmern an kooperative Verkehrssituationen erfasst. Die Ergebnisse wurden mit den bisherigen Forschungsergebnissen verglichen. Die Analyse zeigt, dass es einen Unterschied zwischen der expliziten Kommunikation in realen bzw. experimentellen Bedingungen und den persönlichen Einschätzungen der Fahrer im Fragebogen gibt. Somit zeigt sich eine Diskrepanz zwischen geäußertem und tatsächlichem Verhalten.

Ziel des Artikels soll es sein, die Unterschiede zwischen geäußertem und tatsächlichem Verhalten in kooperativen Situationen in Bezug auf den Einsatz expliziter Kommunikation darzustellen und für die Entwicklung automatischer Fahrzeugführung nutzbar zu machen.

Schlüsselwörter: Kooperation, explizite/implizite Kommunikation, Verkehrsteilnehmer

1. Hintergrund

Kooperative Situationen im Straßenverkehr sind mit der Einführung von automatischen Fahrzeugführungen und dem damit einhergehenden Mischverkehr in den Vordergrund gerückt. Für den innerstädtischen Mischverkehr gibt es aktuell wenig publizierte Forschung, die relevante Szenarien abdecken. Relevante Szenarien für den innerstädtischen Verkehr sind gleichrangige Engstellen mit jeweils einem Hindernis auf einer Seite, T-Kreuzungsszenarien, bei der zwei Verkehrsteilnehmer links abbiegen und ein Verkehrsteilnehmer geradeausfahren möchte, oder X-Kreuzungsszenarien, in denen alle vier Verkehrsteilnehmer von jeweils einer Richtung zeitgleich eintreffen. Alle Szenarien haben gemeinsam, dass ein „Patt“ entsteht und nach der StVO § 11 (3) die Verkehrsteilnehmer aushandeln, respektive kooperieren müssen, wer zuerst fahren darf. Die Situationen sind in Imbsweiler et al. (2016, 2017a) näher beschrieben. Zum Verhandeln des Vorrangs bzw. Vorfahrtsrechts haben die Verkehrsteilnehmer verschiedene Kommunikationssignale zur Verfügung. Nach de Ceunynck et al. (2013) kann man zwischen impliziten Signalen (bremsen, beschleunigen, stoppen, halten der Geschwindigkeit) und expliziten Signalen (Handgesten, Fahrtrichtungsanzeiger, Horn sowie Lichthupe) unterscheiden.

De Ceunynck et al. (2013) untersuchten mithilfe einer Beobachtungsstudie verschiedene Rechts-vor-Links Kreuzungen in Tempo-50-Zonen. Dabei fand die Forschergruppe heraus, dass ca. 27 % der Verkehrsteilnehmer ein implizites Signal nutzten. Bei genauerer Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass keine Differenzierung der Einzelsignale getroffen wurde.

Imbsweiler et al. (2016) führten für die eingangs beschriebenen Szenarien eine Beobachtungsstudie durch mit dem Fokus auf Verhaltensströme und die Differenzierung zwischen verschiedenen Signalen. Dabei stellte sich heraus, dass für die T-Kreuzung 45 % aller Verkehrsteilnehmer ein explizites Signal verwendeten, sowie bei der X-Kreuzung 34,3 % der Verkehrsteilnehmer ein explizites Signal einsetzen. Rechnet man den Einsatz des Fahrtrichtungsanzeigers heraus, weil dieser ein rechtlich vorgeschriebenes Signal darstellt, so ergibt sich für die T-Kreuzung nur noch ein Einsatz in 2,8 % sowie für die X-Kreuzung in 3,1 % der Fälle. Auf Basis dieser Daten scheint der Einsatz von expliziten Signalen nur in sehr wenigen Einzelfällen stattzufinden.

Imbsweiler et al. (2017 a, b, c) untersuchten das bereits beschriebene Engstellen- und das T-Kreuzungsszenario in einem quasi-experimentellem Ansatz, in dem verschiedene Annäherungsweisen variiert und hinsichtlich der Präferenzen und der Sicherheit, fahren zu dürfen, untersucht wurden.

Dabei wurde auch analysiert, wie viele explizite Signale von den Probanden ausgingen. Es wurde festgestellt, dass für das Engstellenszenario in 18,4 % der Fälle ein explizites Signal verwendet wurde. Während der Untersuchung des T-Kreuzungsszenarios wurde, abzüglich des Fahrtrichtungsanzeigers, in 13,3 % der Fälle ein Signal gegeben. Auffällig ist, dass es zwei Gruppen von Probanden gab: Solche, die keine oder wenige Signale verwendeten und solche, die viele Signale verwendeten. Es konnte kein zusätzliches diskriminierendes Merkmal der Probanden identifiziert werden.

Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass die erwähnten Beobachtungsstudien und experimentellen Studien der expliziten Kommunikation die Rolle als „letzter Ausweg“ zukommen. Wenn es zu einem Stillstand kommt, kann die explizite Kommunikation einen direkten Ausweg bieten.

Verglichen mit vorangegangenen Studien (Bauer et al. 1980, Risser 1985) zeigt sich, dass sich der Einsatz der expliziten Kommunikation geändert hat. So geht Gasser (2015) davon aus, dass auf Grund der veränderten Winkel der Frontscheibe nicht mehr so gut in das Fahrzeuginnere geguckt werden kann und somit weniger explizit kommuniziert wird. Um zu überprüfen, ob dieser Eindruck auf einen Unterschied zwischen der Wahrnehmung einerseits und der Handlungsausführung andererseits zurückgeführt werden kann, wurde eine Befragung durchgeführt.

2. Methode

2.1 Stichprobe

Mit Hilfe der Software „LimeSurvey“ wurde eine Onlineumfrage von $N = 278$ Personen (hiervon $n = 88$ Frauen) durchgeführt. Insgesamt nahmen $N = 597$ Probanden teil, es wurden allerdings nur die vollständig ausgefüllten Fragebögen berücksichtigt.

2.2 Durchführung und Material

Es wurden die beschriebenen Szenarien der T-Kreuzung, X-Kreuzung, Engstelle sowie drei weitere interaktive Szenarien abgefragt, bei denen die rechtliche Situation eindeutig geregelt ist, aber je nach Ausgangslage eine Interaktion erforderlich ist. Dies waren eine einseitige Engstelle und zwei Rechts-vor-Links Szenarien mit einer jeweils breiten und einer schmalen Fahrbahn sowie zwei gleich breiten Fahrbahnen.

Die Situationen wurden randomisiert dargeboten und mittels eines animierten Bildes präsentiert. Nach jeder Situation wurde erhoben, mit wem die Befragten kommunizieren würden, an welcher Position in der Fahrtreihenfolge sie beabsichtigen, die Situation zu verlassen, mit welchen Kommunikationszeichen sie in Kontakt treten würden (implizit: Beschleunigen, Bremsen, Geschwindigkeit halten, Stoppen; explizit: Horn, Fahrtrichtungsanzeiger, Lichthupe oder Handgeste) sowie welches Verhalten sie von dem Kooperationspartner erwarten. Am Ende des Fragebogens wurden demografische Daten abgefragt.

2.3 Datenanalyse

Die Studie war explorativer Natur. Es galt herauszufinden, mit welchen Kommunikationszeichen die Befragten arbeiten würden. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse deskriptiv dargestellt.

Im Anschluss soll die Hypothese getestet werden, ob es möglich ist, anhand der gewählten Signale das Ziel, als erstes oder später zu fahren, vorherzusagen. Es wird zu diesem Zweck eine logistische Regression, mit dem Kriterium als erstes fahren = 0, später = 1, und mit dem gewählten Verhaltensweisen als kategorialen Prädiktoren berechnet.

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden die deskriptiven Ergebnisse dargestellt (Tabelle 1). Anschließend wird die Hypothese getestet, ob sich mit Hilfe der Kommunikationszeichen die Fahrtreihenfolge vorhersagen lässt. In einem ersten Schritt muss über-

Tabelle 1: Deskriptive Statistik über den geäußerten Einsatz von expliziten und impliziten Signalen für alle Situationen

Kommunikationszeichen	Anzahl	Anteil an Gesamtzahl in %	Anteil an expliziten Signalen in %	Anteil an impliziten Signalen in %
Horn	10	2	5	
Lichthupe	424	9	22,4	
Fahrtrichtungsanzeiger	440	9,3	23,2	
Handgeste	1021	21,6	49,4	
Summe Explizit Gesamt	1895	40,1		
Bremsen	1237	26,1		43,6
Beschleunigen	98	20,7		34,5
Geschw. halten	261	5,5		9,2
Stoppen	1240	26,2		43,7
Summe Implizit Gesamt	2836	59,9		

prüft werden, ob sich das vorgeschlagene Modell von dem Nullmodell signifikant unterscheidet. Dies wurde mit Hilfe eines Modelltests überprüft. Das Modell (AIC = 1462) klärt signifikant mehr Varianz auf als das Nullmodell (AIC = 2597,4) und kann verwendet werden $\chi^2 = 1132,9$, $p < .000$.

In Tabelle 2 sind die Modellparameter dargestellt. Außer dem Signal Horn stellt jedes Signal einen signifikanten Prädiktor dar. Somit kann die Hypothese angenommen werden. Das Verwenden einer Handgeste (Wahrscheinlichkeit = ,714), Stoppen (Wahrscheinlichkeit = 1,971) und Lichthupe (Wahrscheinlichkeit = ,924) erhöht die Wahrscheinlichkeit, als zweites oder später zu fahren. Das Kommunikationssignal Beschleunigen (Wahrscheinlichkeit = -2,625), Bremsen (Wahrscheinlichkeit = -,426), Geschwindigkeit halten (Wahrscheinlichkeit = -3,794) sowie Horn (Wahrscheinlichkeit = -1,742) erhöht die Wahrscheinlichkeit, als erstes zu fahren.

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die expliziten Kommunikationssignale in der Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmer eine größere Rolle einnehmen, verglichen mit dem gezeigten Verhalten in Studien im Realverkehr oder in Experimenten. So wurde im Durchschnitt angegeben, dass in 40 Prozent der Fälle ein explizites Signal verwendet werden würde (Beobachtungsstudie je nach Kreuzung zwischen 2,8 und 3,1 %). Das Horn als explizites Signal kann auf Basis aller drei Untersuchungsansätze als

Tabelle 2: Regressionstabelle für das getestete Modell

	B (SD)	95% KI für Odds Ratio		
		2,5 %	Odds ratio	97,5 %
Konstante	0,575*** (0,174)	,237	1,777	,920
Handgeste	0,714*** (0,143)	,435	2,043	,997
Beschleunigen	-2,625*** (0,377)	-3,409	,072	-1,922
Stoppen	1,971*** (0,147)	1,697	7,177	2,263
Bremsen	-0,476*** (0,159)	-,794	,621	-,168
Geschw. Halten	-3,794*** (0,342)	-4,516	,022	-3,164
Hupe	-1,742** (0,842)	-3,540	,175	-,166
Lichthupe	0,924*** (0,200)	,054	2,519	1,329
Fahrtrichtungsanzeiger	0,152 (0,174)	-,184	1,164	,480

Anmerkung : McFadden-Pseudo² = ,437 ; Observations 2,224; Log Likelihood -731.241; Akaike Inf. Crit. 1480,481, ***p < ,01, **p < ,05

nicht relevantes explizites Signal bezeichnet werden, da diese nur sehr selten eingesetzt wird.

Des Weiteren konnte die getestete Hypothese aufzeigen, dass es möglich ist, defensive und offensive Signale zu identifizieren. Auffällig dabei ist, dass alle expliziten Signale mit höherer Wahrscheinlichkeit zu den defensiven Verhaltensweisen gezählt werden können und als zusätzliche Information zu den impliziten Signalen verwendet werden würden.

Welche Schlüsse können nun für die Gestaltung von einer automatischen Fahrzeugführung im Spezifischen und für die Mensch Maschine Interaktion im Allgemeinen gezogen werden?

Auf der einen Seite zeigt sich für die automatische Fahrzeugführung, dass menschliche Verkehrsteilnehmer zwar angeben, dass explizite Signale eine entscheidende Rolle spielen, diese aber nur sporadisch und dezidiert im Straßenverkehr einsetzen. Die explizite Kommunikation gewinnt dann an Bedeutung, wenn das Verhalten der Verkehrsteilnehmer zu einem Stillstand führt. Dann ist es möglich, mit expliziten Signalen die Situation aufzulösen. Auf der anderen Seite gibt es für die automatische Fahrzeugführung keine Möglichkeit, ein offensives explizites Signal zur Intentionsvermittlung zu verwenden. Hier muss die Forschung ansetzen und entweder neue verständliche Signale entwickeln, wie z.B. durch visuelle Darstellungen an der Karosserie oder durch eine Intentionserkennung, die Situation im Mischverkehr vor einem Patt auflösen kann. Des Weiteren stellt sich die Frage, was menschliche Verkehrsteilnehmer von einer automatischen Fahrzeugführung erwarten würden. Dies soll mit einem weiteren Fragebogen, der die Erwartungen an eine automatische Fahrzeugführung in den Fokus stellt, untersucht werden.

Die zunehmende Automatisierung führt dazu, dass Kooperation zwischen menschlichen Nutzern untereinander in die Mensch-Maschine-Kooperation transferiert werden muss. Vor dem Hintergrund der aufgezeigten Diskrepanz zwischen Erwartungen und tatsächlichem Handeln ist für die Gewinnung verlässlicher Erkenntnisse der Einsatz mehrerer Untersuchungsansätze zentral.

5. Literatur

- Benmimoun A, Neunzig D & Maag C (2004). Effizienzsteigerung durch professionelles/partnerschaftliches Verhalten im Straßenverkehr. FAT-Schriftreihe Nr. 181. Frankfurt/Main: Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V.
- Björklund, G, & Åberg, L (2005). Driver behaviour in intersections: Formal and informal traffic rules. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(3), 239–253.
<https://doi.org/10.1016/j.trf.2005.04.006>
- Borkenau P, Ostendorf P (1993). NEO-Fünf-Faktoren Inventar nach Costa und McCrae.: Handanweisung. Göttingen: Hogrefe. <http://dx.doi.org/10.1026//0012-1924.48.1.19>
- Ceunynck, T de, Polders, E, Daniels, S, Hermans, E, Brijs, T, & Wets, G (2013). Road Safety Differences Between Priority-Controlled Intersections and Right-Hand Priority Intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2365, 39–48.
<https://doi.org/10.3141/2365-06>
- Gasser TM., Arzt C, Ayoubi M, Bartels A, Bürkle L, Eier J, Flemisch F, Häcker D, Hesse T, Huber W, Lotz C, Maurer M, Ruth-Schumacher S, Schwarz J & Vogt W (2012). Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung - Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe Bundesanstalt für Straßenwesen (bast), (F 83).
- Gasser, T. M. (2015). Grundlegende und spezielle Rechtsfragen für autonome Fahrzeuge. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Eds.), *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte* (pp. 543–574). Berlin: Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45854-9_25
- Imbsweiler J, Ruesch M, Palyafári R, Deml B & Puente León F (2016). Entwicklung einer Beobachtungsmethode von Verhaltensströmen in kooperativen Situationen im innerstädtischen Verkehr. In 32. VDI/VW-Gemeinschaftstagung Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren, Wolfsburg, 8-9 November 2016.
- Imbsweiler J, Palyafári, Deml B, Puente León F (2017a). Untersuchung des Entscheidungsverhaltens in kooperativen Situationen am Beispiel einer Engstelle. *Automatisierungstechnik. Sonderheft „Mensch und Fahrzeugautomatisierung“*.
- Imbsweiler, J, Linstedt, K., Palyafári, P, Weinreuter, H, Puente León, F & Deml, B (2017b). Quasi-experimentelle Untersuchung des Blickverhaltens und der Fahrparameter von Autofahrern in Engstellen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*. <https://doi.org/10.1007/s41449-017-0083-6>
- Imbsweiler, J, Deml, B, Palyafári, R, Puente León, F & Ries, F (2017c). Cooperation behavior of road users in t-intersections. In T. Goschke, A. Bolte, & C. Kirschbaum (Eds.), *Abstracts of the 59th Conference of Experimental Psychologists* (S. 173). Lengerich: Pabst Science Publishers
- Risser R (1985). Behavior in traffic conflict situations. *Accident, Analysis & Prevention*, 2(17), 179–197. 10.1016/j.sbspro.2014.12.211

Danksagung: Diese Arbeit ist im Rahmen des Teilprojekts „Ereignisdiskrete Modellierung kooperativen Entscheidungsverhaltens in der automatischen Fahrzeugführung“ innerhalb des Schwerpunktprogrammes SP 1835 „Kooperativ interagierende Automobile“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG durchgeführt worden. Die Autoren bedanken sich bei der DFG für die Förderung.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

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.

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

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de