

Patt-Situationen im Stadtverkehr – Der Einfluss von Verkehrsaufkommen auf die wahrgenommene Schwierigkeit und das Kooperationsverhalten an T-Kreuzungen

Nadine-Rebecca STRELAU¹, Hannes WEINREUTER², Michael HEIZMANN²,
Barbara DEML¹

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation
Karlsruher Institut für Technologie*

Engler-Bunte-Ring 4, D-76131 Karlsruhe

² *Institut für Industrielle Informationstechnik*

Karlsruher Institut für Technologie

Hertzstraße 16, D-76187 Karlsruhe

Kurzfassung: In dieser Arbeit wurde das Kooperationsverhalten von Autofahrern in Patt-Situationen an T-Kreuzungen untersucht. Es wurde eine Onlinestudie durchgeführt, in der 34 Probanden Videos einer simulierten T-Kreuzung präsentiert wurden und nach jedem Video nach ihrem Verhalten sowie der wahrgenommenen Schwierigkeit befragt wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Position, von der die T-Kreuzung angefahren wird und ein vorausfahrendes Fahrzeug einen signifikanten Einfluss auf das Kooperationsverhalten sowie die wahrgenommene Schwierigkeit und Übersichtlichkeit haben. Durch entgegenkommenden Verkehr sowie wartende Fahrzeuge hinter den Kooperationspartnern konnte dagegen kein Einfluss gezeigt werden. Der Einfluss der Schwierigkeit auf das Kooperationsverhalten kann nicht eindeutig geklärt werden.

Schlüsselwörter: Fahrer-Fahrzeug-Interaktion, Kooperation, Fahrverhalten, Patt-Situationen

1. Theoretischer Hintergrund

Nach der deutschen Straßenverkehrsordnung gibt es einige Situationen, in denen die Vorfahrt nicht klar geregelt ist. Hierzu zählt unter anderem eine T-Kreuzung mit Rechts-vor-Links-Vorfahrtsregelung, bei der in einer bestimmten Konstellation drei Verkehrsteilnehmer gleichzeitig an die Kreuzung heranzufahren und es somit zu einer Patt-Situation kommt (Abbildung 1). Um diese Situation aufzulösen, müssen die Verkehrsteilnehmer miteinander kooperieren. Im Mischverkehr aus manuellen und automatisierten Fahrzeugen müssen letztere auch in der Lage sein, in diesen uneindeutigen Situationen kooperatives Verhalten zu zeigen. Hierfür ist es wichtig, das Verhalten manueller Autofahrer zu verstehen. Die Schwierigkeit einer Situation scheint einen Einfluss auf das Kooperationsverhalten zu haben. In einfacheren Situationen, wie beispielsweise einer gleichrangigen Engstelle, bevorzugen Autofahrer es, selbst als erstes zu fahren. In schwierigeren Situationen wie der T-Kreuzung bevorzugen sie es dagegen, wenn ein anderer Verkehrsteilnehmer zuerst fährt (Imbsweiler et al. 2018). Aufbauend auf diesen Erkenntnissen soll untersucht werden, inwieweit unterschiedliche Schwierigkeiten innerhalb von T-Kreuzungen wahrgenommen werden und Einfluss auf das Kooperationsverhalten haben.

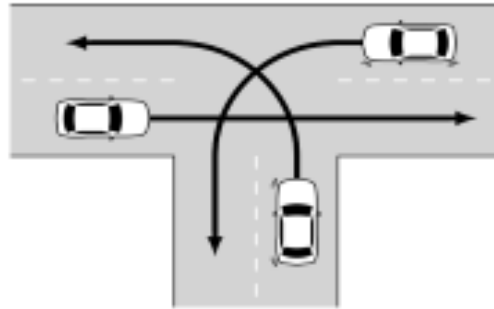


Abbildung 1: T-Kreuzung mit drei gleichzeitig ankommenden Fahrzeugen. In diesem Fall ist die Vorfahrt nicht eindeutig geregelt.

Nach Fuller (2011) kann die Entscheidung für eine Handlung beim Autofahren durch die Aufgabenschwierigkeit erklärt werden. Diese wird durch den relativen Anteil von Aufgabenanforderung an der Fähigkeit definiert. Je höher die Aufgabenanforderungen bei gleichbleibender Fähigkeit sind, desto höher ist also die Aufgabenschwierigkeit für den Fahrer. Autofahrer wählen sich nach diesem Modell die Aufgabenschwierigkeit so, dass sie in einem akzeptierten Rahmen liegt. Wenn die Schwierigkeit zu hoch ist, also die Aufgabenanforderungen die Fähigkeit übersteigen, wendet der Fahrer Maßnahmen an, dem entgegen zu wirken. Eine erhöhte Schwierigkeit in der Patt-Situation an der T-Kreuzung sollte demnach dazu führen, dass Autofahrer eher anhalten anstatt als erstes durch die Kreuzung zu fahren. Zu den Aufgabenanforderungen gehören eine Vielzahl von Faktoren, die sich vor allem aus der Fahrumgebung und anderen Verkehrsteilnehmern zusammensetzen. In der hier vorgestellten Studie wurde der Fokus auf den Einfluss von anderen Fahrzeugen an der Kreuzung gelegt. Für innerstädtische Pattsituationen wurde dieser Einfluss nach Wissen der Autoren in Studien bisher noch nicht untersucht. Für andere Verkehrsszenarien konnte schon gezeigt werden, dass das Verkehrsaufkommen oder vorausfahrende Fahrzeuge Einfluss auf das Verhalten von Autofahrern haben (z.B. Cantin et al. 2009; Teh et al. 2014). Für die Studie in dieser Arbeit wurde dementsprechend erwartet, dass andere Fahrzeuge an der T-Kreuzung die wahrgenommene Schwierigkeit erhöhen und dadurch das Kooperationsverhalten beeinflusst wird.

Ein Konzept ähnlich zur Schwierigkeit im Fahrkontext stellt die Übersichtlichkeit (eng. visual clutter) dar. Nach Edquist (2008) stellen andere Verkehrsteilnehmer Objekte dar, die für sicheres Fahren beachtet werden müssen und somit zu einer unübersichtlicheren Situation führen, was wiederum das Fahrverhalten beeinflusst. Analog zur Schwierigkeit wurde für die hier durchgeführte Studie erwartet, dass andere Fahrzeuge an der Kreuzung einen Einfluss auf die wahrgenommene Übersichtlichkeit der Situation haben.

2. Methode

2.1 Stichprobe

An der Studie nahmen $N = 34$ Probanden (22 männlich) im Alter von 18 bis 80 Jahren ($M = 31.85$, $SD = 15.84$) teil. Alle Probanden waren im Besitz einer gültigen Fahrerlaubnis, die sie im Durchschnitt seit 14.26 Jahren ($SD = 15.86$) besitzen.

2.2 Durchführung und Material

Die Studie wurde mithilfe der Software „LimeSurvey“ als Onlineumfrage durchgeführt, bei der den Probanden Videos von Anfahrten an eine T-Kreuzung vorgespielt wurden. Die Videos wurden mit der Fahrsimulationssoftware „Silab 6.0“ erstellt. Die Probanden sahen eine 50m lange Anfahrt an eine T-Kreuzung aus der Perspektive des Fahrers. Ein eingeblendeter Pfeil zeigte an, in welche Richtung das Fahrzeug an der Kreuzung fahren sollte. Die Geschwindigkeit betrug 30km/h, 25m vor der Kreuzung bremste das eigene Fahrzeug gleichmäßig ab. Aus den beiden anderen Straßen der T-Kreuzung fahren zwei Fahrzeuge in der gleichen Geschwindigkeit an die Kreuzung heran, so dass alle drei Fahrzeuge zur gleichen Zeit an der Kreuzung ankamen. Eine Sekunde bevor alle Fahrzeuge zum Stehenbleiben gekommen wären, wurde das Video abgeschnitten, so dass die Situation noch nicht aufgelöst war.

Der Verkehr an der Kreuzung wurde durch drei unabhängige Variablen manipuliert. Dies waren zum einen, ob weitere Fahrzeugen hinter den beiden Kooperationsfahrzeugen fuhr und ob dem Probanden während der Anfahrt an die Kreuzung Verkehr entgegenkam. Zum andern wurde variiert, ob ein Fahrzeug vor dem eigenen Fahrzeug fuhr. Dieses fuhr in dieselbe Richtung wie das eigene Fahrzeug und fuhr über die Kreuzung kurz bevor die anderen Fahrzeuge aus den beiden Straßen der Kreuzung ankamen. Jedes dieser Szenarios wurde aus allen drei möglichen Anfahrtsrichtungen der T-Kreuzung gezeigt. Jeder Proband sah jedes mögliche Szenario, so dass sich ein 2x2x2x3-within-Design mit insgesamt 24 Videos ergab. Die Reihenfolge der Videos wurde randomisiert. Abbildung 2 zeigt beispielhaft einen Screenshot eines der gezeigten Videos.



Abbildung 2: Der Screenshot aus einem Video zeigt die Anfahrt aus Anfahrtsposition links mit einem Vorderfahrzeug.

Nach jedem Video gaben die Probanden mit Hilfe eines Schiebereglers auf einer Skala von 0 bis 100 an, wie wahrscheinlich es ist, dass sie in dieser Situation als erstes durch die Kreuzung fahren würden. Danach bewerteten sie anhand einer siebenstufigen Likertskala die Schwierigkeit und Übersichtlichkeit der Situation.

2.3 Datenanalyse

Aufgrund der Verletzung der Normalverteilungsannahme wurden die Daten mittels nicht-parametrischer Tests ausgewertet. Die statistische Auswertung erfolgte mittels des Programms SPSS 25.

3. Ergebnisse

3.1 Kooperationsverhalten

Die eingeschätzte Wahrscheinlichkeit als erstes zu fahren wurde über alle Situationen hinweg durchschnittlich mit 24% angegeben (SD = 32).

Bei der Betrachtung der verschiedenen Anfahrtspositionen lässt sich deskriptiv ein Unterschied zwischen den Positionen erkennen (siehe Abbildung 3). Der durchgeführte Friedman-Test zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit als erstes zu fahren sich signifikant zwischen den Positionen unterscheidet ($\chi^2(2) = 88.14, p < .001$). Die durchgeführten Dunn-Bonferroni-Post-Hoc-Tests zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den Positionen unten und links ($z = 7.803, p < .001$) sowie den Positionen unten und rechts ($z = 6.153, p < .001$). Die Positionen links und rechts unterscheiden sich nicht signifikant ($z = -1.651, p = .296$).

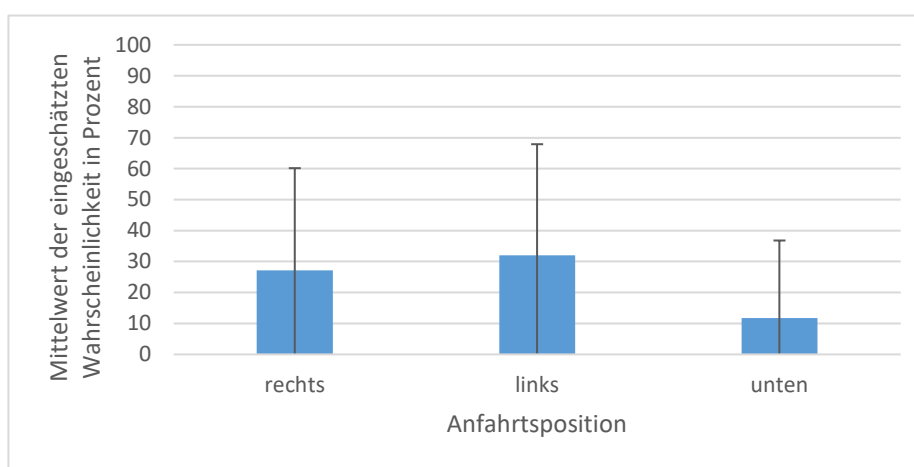


Abbildung 3: Mittlere eingeschätzte Wahrscheinlichkeit als erstes über die Kreuzung zu fahren aufgeteilt nach den drei Anfahrtspositionen.

Für die Szenarien, in denen ein Fahrzeug vor dem eigenen Fahrzeug fuhr, wurde die Wahrscheinlichkeit als erstes zu fahren ($M = 26.05, SD = 34.03$) höher eingeschätzt, als in den Szenarien, in dem kein Vorderfahrzeug zu sehen war ($M = 21.23, SD = 31.32$). Dieser Unterschied ist nach dem Wilcoxon-Test signifikant ($z = -3.223, p = .001$). Eine Fahrzeugschlange hinter den Kooperationsfahrzeugen hat keinen Einfluss auf das Kooperationsverhalten (Wilcoxon-Test: $z = -1.31, p = .190$), genauso wie entgegenkommender Verkehr vor der Kreuzung (Wilcoxon-Test: $z = -1.249, p = .212$).

3.2 Schwierigkeit und Übersichtlichkeit

Die eingeschätzte Schwierigkeit der Szenarien unterscheidet sich signifikant zwischen den Anfahrtspositionen (Friedman-Test: $\chi^2(2) = 8.209, p = .016$). Die durchgeführten Dunn-Bonferroni-Post-Hoc-Tests zeigen allerdings keinen signifikanten Unterschied zwischen den Positionen unten und links ($z = -2.187, p = .086$), rechts und unten ($z = -1.479, p = .417$) sowie rechts und links ($z = 0.707, p = 1.0$). Für die eingeschätzte Übersichtlichkeit zeigt sich auch ein signifikanter Unterschied zwischen den Anfahrtspositionen ($\chi^2(2) = 13.461, p = .001$). Die durchgeführten Dunn-Bonferroni-

Post-Hoc-Tests zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den Positionen unten und links ($z = 2.701$, $p < .021$). Die Positionen unten und rechts ($z = 2.315$, $p = .062$) sowie links und rechts ($z = -0.386$, $p = 1.0$) unterscheiden sich nicht signifikant.

Die Szenarien mit vorausfahrendem Fahrzeug wurden signifikant schwerer (Wilcoxon-Test: $z = -2.818$, $p = .005$) und weniger übersichtlich (Wilcoxon-Test: $z = -4.593$, $p < .001$) eingeschätzt als Szenarien ohne vorausfahrendes Fahrzeug. Weitere Fahrzeuge hinter den Kooperationsfahrzeugen führten nicht zu signifikanten Unterschieden in der Schwierigkeit (Wilcoxon-Test: $z = -0.816$, $p = .415$) oder der Übersichtlichkeit (Wilcoxon-Test: $z = -1.158$, $p = .247$). Auch entgegenkommender Verkehr hat keinen Einfluss auf die Schwierigkeit (Wilcoxon-Test: $z = -0.269$, $p = .788$) oder Übersichtlichkeit (Wilcoxon-Test: $z = -1.629$, $p = .103$)

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Autofahrer in der Patt-Situation an T-Kreuzungen tendenziell eher eine geringe Wahrscheinlichkeit aufweisen als erstes über die Kreuzung zu fahren. Die Richtung, aus der die Kreuzung angefahren wird, hat einen signifikanten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit als erstes zu fahren. Wenn Fahrer von unten anfahren, ist die Bereitschaft als erstes zu fahren am niedrigsten. Dies könnte ein Anzeichen dafür sein, dass die Situation nicht richtig erkannt wurde. Möglich wäre es, dass die durchgehende Straße als Vorfahrtsstraße interpretiert wurde und Probanden denken, dass sie von der unteren Anfahrtsrichtung den anderen Fahrzeugen die Vorfahrt geben müssten. Dies würde zu den Ergebnissen von Björklund & Åberg (2005) passen, die diesen Hauptstraßeneffekt an T-Kreuzungen (allerdings ohne Patt-Situation) zeigen konnten. Da sich die Anfahrtspositionen links und rechts allerdings nicht unterscheiden, sollte das Verständnis der Situation weiter untersucht werden. Die Schwierigkeit der Situation wurde für die Anfahrt von der unteren Position am schwierigsten und unübersichtlichsten eingeschätzt. Dies steht im Einklang mit dem Modell von Fuller (2011), dass eine erhöhte Schwierigkeit zu kompensatorischem Verhalten, also Stehenbleiben, führt. Da die Einschätzung der Übersichtlichkeit demselben Muster wie der Schwierigkeit folgt, kann davon ausgegangen werden, dass diese beiden Konstrukte eng miteinander verwandt sind.

Ein vorausfahrendes Fahrzeug erhöht die Wahrscheinlichkeit, als erstes über die Kreuzung zu fahren. Die Übersichtlichkeit wurde für diese Szenarien als niedriger eingeschätzt. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen des Einflusses der Position. Hier zeigte sich bei einer niedrigeren eingeschätzten Übersichtlichkeit (und höheren eingeschätzten Schwierigkeit) eine niedrigere Wahrscheinlichkeit als erstes über die Kreuzung zu fahren. Bei einem vorausfahrenden Fahrzeug zeigte sich dagegen bei einer niedrigeren Übersichtlichkeit (und erhöhten Schwierigkeit) eine höhere Wahrscheinlichkeit als erstes über die Kreuzung zu fahren. Die eingeschätzte Übersichtlichkeit bzw. Schwierigkeit allein scheint also nicht geeignet zu sein, um das Kooperationsverhalten von Autofahrern in einer Patt-Situation an T-Kreuzungen zu erklären. Eine mögliche Erklärung für das Verhalten bei einem vorausfahrenden Fahrzeug könnte sein, dass die Probanden die Situation zwar als schwieriger bewerten, sich dann aufgrund der eigenen Unsicherheit in der Situation an dem Verhalten des vorausfahrenden Fahrzeugs orientieren. Dies würde wiederum die Annahme stützen, dass Fahrer die Patt-Situation nicht richtig erkennen bzw. interpretieren. Weitere Forschung sollte sich deshalb verstärkt damit beschäftigen, inwieweit Patt-Situationen richtig erkannt werden. Für das Verhalten einer automatischen Fahrzeugführung im

Mischverkehr mit manuellen Fahrern ist dann bedeutend, dass nicht alle Verkehrsteilnehmer dasselbe Verständnis der Situation haben und dies zusätzlich von der Anfahrtsrichtung an die Kreuzung beeinflusst wird.

5. Literatur

- Björklund, G., & Åberg, L. (2005). Driver behaviour in intersections: Formal and informal traffic rules. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8, 239-253. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2005.04.006>
- Cantin, V., Lavallière, M., Simoneau, M., & Teasdale, N. (2009). Mental workload when driving in a simulator: Effects of age and driving complexity. *Accident Analysis and Prevention*, 41(4), 763–771. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.03.019>
- Edquist, J. (2009). *The Effects of Visual Clutter on Driving Performance*. Dissertation. Monash University.
- Fuller, R. (2011). Driver Control Theory: From Task Difficulty Homeostasis to Risk Allostasis. In B. E. Porter (Ed.), *Handbook of traffic psychology*. London, Waltham, MA: Academic Press.
- 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: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 665–677. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.07.006>
- Teh, E., Jamson, S., Carsten, O., & Jamson, H. (2014). Temporal fluctuations in driving demand: The effect of traffic complexity on subjective measures of workload and driving performance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 22, 207-217. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2013.12.005>

Danksagung: Diese Arbeit ist im Rahmen des Teilprojekts „Komplexität in kooperativen Verkehrssituationen: Ereignisdiskrete Modellierung in der automatischen Fahrzeugführung“ innerhalb des Schwerpunktprogrammes SPP 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 HUMAINE gestalten

67. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie (WiPs)
Ruhr-Universität Bochum

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW)
Ruhr-Universität Bochum

3. - 5. März 2021

GfA-Press

Bericht zum 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 3. - 5. März 2021

**Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum
Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2021
ISBN 978-3-936804-29-4

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,
- 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.

Screen design und Umsetzung

© 2021 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de