

## Herausforderungen beim Hervorrufen von kritischen Brems- oder Lenkreaktionen in Fahrversuchen zur Untersuchung der Fahrerintention

Ingmar LANGER<sup>1</sup>, Jens HEINE<sup>2</sup>, Bettina ABENDROTH<sup>1</sup>, Ralph BRUDER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt, Otto-Berndt-Str. 2, D-64287 Darmstadt*

<sup>2</sup> *Human Factors Center, Adam Opel AG, Bahnhofsplatz, D-65423 Rüsselsheim*

**Kurzfassung:** Das Wissen über ein zukünftiges Fahrerverhalten kann genutzt werden, eine besser an den Fahrer angepasste Unterstützung durch Fahrerassistenzsysteme – auch in Notsituationen – zu erreichen. Nach einer einführenden Beschreibung der Herausforderungen bei der Hervorrufung von Notsituationen werden drei unterschiedliche Versuchsapparaturen beschrieben und anhand einer Auswertung der Probandenreaktionen, des Überraschungsgrades der Probanden und der Rückmeldung zu vergleichbaren Situationen aus dem realen Straßenverkehr bewertet.

**Schlüsselwörter:** Fahrerintention, Fahrversuche, Notausweichen, Notbremsen

### 1. Einleitung

Die Wirkung von Fahrerassistenzsystemen (FAS) mit Fokus auf einem Sicherheitsgewinn wird u.a. durch (möglichst frühe) Warn- bzw. Eingriffszeitpunkte positiv beeinflusst. Je früher Warnungen/Eingriffe stattfinden, desto höher ist allerdings die Gefahr einer Fehlauflösung bzw. Fehlwarnung (Akzeptanzschwierigkeiten - sog. Warndilemma nach Hoffmann & Gayko 2012). Das Wissen über eine zukünftige Fahrerhandlung bzw. über die Intention zu einer Handlung (Zeithorizont wenige Sekunden), welches einem FAS als zusätzliche Eingangsgröße zur Verfügung steht, besitzt das Potential, Fehlauflösungen zu minimieren, die Akzeptanz und damit die Wirksamkeit der FAS zu steigern. In einem Teilprojekt des Verbundprojekts UR:BAN (s. Lehsing et al. 2013) wird daran geforscht das Fahrerverhalten vorherzusagen. Die Adam Opel AG untersucht dabei mit dem Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt u.a. die kritischen Fahrmanöver „Notausweichen“ und „Notbremsen“.

### 2. Herausforderungen und Möglichkeiten bei der Hervorrufung von Notreaktionen

Bei der Untersuchung des Fahrerverhaltens in Notsituationen gibt es besondere Herausforderungen. Die Probanden müssen durch geschicktes Versuchsdesign in eine Situation gebracht werden, in denen sie mit Notmanövern reagieren müssen, um diese Situationen zu bewältigen. Eine einfache Aufforderung an den Probanden würde zu unrealistischem Verhalten führen. Im realen Straßenverkehr ist eine Darstellung solcher Situationen wegen des erhöhten Sicherheitsrisikos für andere Verkehrsteilnehmer unmöglich. Sicherheitskritische Komponenten werden daher sehr häufig im Simulator getestet. Hierbei kann jedoch das Gefahrenbewusstsein der Probanden durch die künstliche Umgebung abgeschwächt sein. Fahrversuche im kontrollierten Feld eignen sich hingegen gemäß Bruder et al. 2007 zur Darstellung kritischer Situationen mit hoher Reproduzierbarkeit.

Es gibt bereits Versuchsapparaturen, die eine scheinbar kritische Situation hervorrufen, ohne Fahrer und/oder Fahrzeug zu gefährden (Beispiel: Andeutung von Frontalkollisionen mit dem System EVITA - s. Hoffmann 2008). Die Versuchsapparaturen, die in der angesprochenen Versuchsreihe verwendet wurden, werden im Folgenden beschrieben:

Lichtsignalanlage (LSA): Zur Darstellung einer Notbremssituation wurde eine LSA aufgebaut, bei der verschiedene Modi der Signalabfolge programmiert waren. Neben einer Standardschaltung („grün“-„gelb“-„rot“) wurde für die Versuche ein Modus ohne Gelbphase vorgesehen. Das Timing der Schaltung war dabei so gewählt, dass ein Anhalten vor der Haltelinie der LSA nur durch eine scharfe Bremsung (Notbremsung) möglich war.

Ausweichpylone: Eine Weiterentwicklung der „PRORETA-Pylone“ (Bender 2008) wurde eingesetzt, um Lenk-, Brems- oder kombinierte Reaktionen hervorzurufen. Aus der Pylone kann sich lichtschrangesteuert ein Luftschauch entfalten. Durch den seitlichen Impuls des Luftschauchs und die Überdeckung des Fahrstreifens wurde erwartet, dass die Versuchsteilnehmer hauptsächlich Lenkreaktionen zeigen werden.

Wurfhindernis (Karton): Um eine weitere Brems- oder Lenkreaktion zu provozieren, wurde in der letzten Fahrtrunde der Probandenstudie ein Karton aus einem sichtgeschützten Bereich (abgestelltes Fahrzeug am Straßenrand) vor das Fahrzeug geworfen.

### 3. Ergebnisse zu den einzelnen Versuchsapparaturen

Nachfolgend werden die Ergebnisse der einzelnen Versuchsapparaturen vorgestellt. Die Auslösung der LSA bzw. der Ausweichpylone wurde in den Versuchen permutiert.

#### 3.1 Probandenreaktionen

Die Reaktionen der Probanden (insg. N=53, Tabelle 1) wurden im Versuch durch den Versuchsleiter notiert und nachträgliche per Datenanalyse (CAN-Bus-Daten) verifiziert. Aufgrund technischer Zuverlässigkeit sind verschiedene Probandenzahlen zu beachten.

**Tabelle 1:** Übersicht der Probandenreaktionen zu den unterschiedlichen Notsituationen.

	LSA 1. Aus- lösung N=51	LSA 2. Aus- lösung N=51		Pylone 1. Aus- lösung N=44	Pylone 2. Aus- lösung N=46	Karton- wurf N=53
<b>Bremsreaktion</b>	49%	86%	<b>Lenkreaktion</b>	30%	22%	6%
<b>keine Bremsreaktion</b>	41%	10%	<b>Kombinierte Lenk-/ Bremsreaktion</b>	57%	59%	68%
<b>Teilbremsung</b>	10%	4%	<b>Bremsreaktion</b>	9%	17%	26%
			<b>keine Reaktion</b>	4%	2%	0%

Die LSA-Auslösungen wurden bewusst zeitlich spät (Auslösung bei  $TTC \approx 1,5s$ ) gewählt, damit vorhandene Reaktionen einer kritischen Situation zugerechnet werden können, auch wenn ein Anteil an Probanden nicht auf das rote Signal reagierten. Daher zeigten in der ersten Situation der LSA nur die Hälfte der Probanden eine Bremsreaktion auf das Umschalten der LSA, wohingegen 41% keine Bremsreaktion zeigten. 10% reagierten auf das Umschalten mit einer Teilbremsung mit anschließendem wieder beschleunigten Überfahren. Bei der zweiten Situation der LSA zeigten deutlich mehr Probanden eine Bremsreaktion auf die LSA (86%) und nur 10% reagierten nicht mit einer Bremsung.

Auf die Pylone ( $TTC \approx 1,2s$ ) reagierten die Probanden hauptsächlich mit reinen Lenkreaktionen und kombinierten Lenk- und Bremsreaktionen. Nur wenige Probanden zeigten eine reine Bremsreaktion (9%), und nur einzelne zeigten keine Reaktion (4%).

Die Reaktion der Probanden auf das Wurfhindernis ( $TTC \approx 1,2s$ ) wurde von kombinierten Lenk- und Bremsreaktionen (68%) dominiert. Rund ein Viertel reagierten mit einer Bremsung und einzelne Probanden (6%) sind dem Hindernis ausgewichen ohne zu bremsen.

#### 3.2 Überraschungsgrad der Probanden

Direkt im Anschluss an eine Notsituation wurden die Versuchspersonen befragt. Es wurde unter anderem erhoben, wie überrascht die Probanden waren (Skala von 1=„nicht überrascht“ bis 5=„sehr überrascht“). Dabei zeigte sich für die LSA ein Mittelwert (MW) von 3,9 bei einer Standardabweichung (SD) von 1,2. Die anderen beiden Versuchsapparaturen erhielten eine ähnliche Wertung (Ausweichpylone: MW=4,0; SD=1,0 bzw. Wurfhindernis:

MW=4,1; SD=1,0). Ein Signifikanz-Test ergab keine signifikanten Unterschiede.

Der Überraschungsgrad der zweiten Auslösung der Lichtsignalanlage wurde mit einem MW von 2,3 (SD=1,0) bewertet. Ein T-Test konnte einen hochsignifikanten Unterschied ( $p < 0,001$ ) zur Bewertung der ersten Auslösung aufzeigen. Bei der Untersuchung zur Wiederholung der Ausweichpylone (MW=2,9; SD=1,0) zeigte sich ebenfalls ein hochsignifikantes Ergebnis beim T-Test im Vergleich zur ersten Auslösung ( $p < 0,001$ ).

### 3.3 Vergleichbare Situationen aus dem Straßenverkehr

Ein weiteres Frageitem im Anschluss an jede Notsituation befasste sich mit von den Probanden ähnlich erlebten Situationen aus dem Straßenverkehr. Nach einer Clusterung der Nennungen (Mehrfachantworten möglich) kamen folgende Nennungen zu der entsprechenden Situation am häufigsten vor:

Lichtsignalanlage: Unaufmerksamkeit des Fahrers (N=13), Drohende Fahrt über "Rot" (N=10), Scharfe Bremsung d. Vorfahrenden (N=6)

Ausweichpylone: Kind tritt / Ball rollt seitlich auf die Fahrbahn (N=18), Wild / Tier kreuzt die Fahrbahn (N=13), Ausparkendes Fahrzeug & Öffnung der Seitentür (N=12)

Wurfhindernis: Kind tritt / Ball rollt seitlich auf die Fahrbahn (N=12), Ladung / Gegenstand auf Fahrbahn (N=8), Wild / Tier kreuzt die Fahrbahn (N=7)

## 4. Diskussion und Ausblick

Die dargestellten Ergebnisse zum Überraschungsgrad der ersten Auslösung zeigen, dass die Versuchsapparaturen zur Darstellung von Notsituationen geeignet sind. Eine wiederholte Auslösung im Versuch führt jedoch zu einem deutlichen Rückgang des Überraschungsgrades. Dabei scheint ein abweichender Darstellungsort den Rückgang abzuschwächen.

Die Probandenreaktionen waren größtenteils mit den Erwartungen übereinstimmend. So konnten durch Pylone und Wurfhindernis viele Reaktionen mit einem Lenkanteil erhalten werden. Die LSA ohne Gelbphase eignet sich dazu reine Notbremsungen zu provozieren. Hier kann der gewählte Kompromiss im Timing zwischen spätem Umschalten, um scharfe Bremsungen zu erhalten und früherem Umschalten, um einen größeren Anteil an Reaktionen zu erhalten diskutiert werden. Die wiederholte Auslösung erzielte eine sehr gute Quote von Bremsreaktionen, allerdings mit den oben beschriebenen Einbußen im Überraschungsgrad, welche sich vermutlich in Form von einer Bremsbereitschaft der Probanden widerspiegelt.

Die Deckung der Assoziation der dargestellten Szenarien der Probanden mit kritischen Situationen im realen Verkehr zeigt, dass die Darstellung von kritischen Situationen in diesem Versuch zu realen Wahrnehmungen passt und lässt in einem ersten Schritt vermuten, dass die Reaktionen auf den realen Verkehr übertragbar sind.

## 5. Literatur

- Bender E (2008) Handlungen und Subjektivurteile von Kraftfahrzeugführern bei automatischen Brems- und Lenkeingriffen eines Unterstützungssystems zur Kollisionsvermeidung. Stuttgart: Ergonomia.
- Bruder R, Abendroth B, Landau K (2007) Vom Nutzen von Fahrversuchen für die Gestaltung. In: Bruder R & Winner H. Wie objektiv sind Fahrversuche? Stuttgart: Ergonomia.
- Hoffmann J (2008) Das Darmstädter Verfahren (EVITA) zum Testen und Bewerten von Frontalkollisionsgegenmaßnahmen. Dissertation TU Darmstadt.
- Hoffmann J, Gayko J (2012) Fahrerwarnelemente. In: Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Winner H, Hakuli S & Wolf G (Hrsg.). Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Lehsing C, Bengler K, Busch F, Schendzielorz T (2013) UR:BAN – the German Research Initiative for User Centered Driver Assistance Systems and Traffic Network Management. In: Proceedings of the mobil.TUM Conference. München.