

# Geändertes Aufmerksamkeitsverhalten bei der Nutzung semi-autonomer Parkassistenten – Sind die Folgen sicherheitskritisch?

Dominik Mühlbacher\* und Ingo Totzke†

**Zusammenfassung:** Um die Nutzung eines semi-autonomen Parkassistenten hinsichtlich möglicher sicherheitskritischer Auswirkungen zu untersuchen, wurde eine Studie mit N=18 Probanden durchgeführt. Aufgabe der Probanden war, insgesamt 35 Parkmanöver auf einem Testgelände und im Realverkehr mit bzw. ohne einen semi-autonomen Parkassistenten durchzuführen. In einigen dieser Manöver wurden während des ersten Rückwärtszuges Hindernisse in der Lücke postiert. Das Blickverhalten der Fahrer deutet darauf hin, dass Displays semi-autonomer Parkassistenten eine eigene Ablenkungsquelle darstellen können. Dies muss allerdings nicht zwingend mit Einbußen bezüglich der Fahrsicherheit einhergehen, wie die Häufigkeiten von Kollisionen mit den Hindernissen belegen.

**Schlüsselwörter:** Ablenkung, Aufmerksamkeit, Blickverhalten, Fahrsicherheit, Parkassistenten.

## 1 Einleitung

In den letzten Jahren ist eine erhöhte Forschungs- und Entwicklungsaktivität im Bereich der Parkassistenten festzustellen. Das Spektrum der eingeführten Fahrerassistenzsysteme reicht hierbei von informierenden Systemen (z.B. ausschließlich Abstandskontrolle oder Parklückenvermessung) bis hin zu vollautonomen Parkassistenten (autonome Steuerung von Lenkung und Fahrgeschwindigkeit; für eine Übersicht siehe Lambert, Kirchner & Hüger, 2008). Einige Systeme sind bereits auf dem Markt, vor allem im Bereich der Abstandskontrolle. Diese meist ultraschallbasierten Systeme verdeutlichen mit Hilfe akustischer und/oder visueller Informationen Abstände zu anderen Objekten, wie z.B. zu den anderen die Parklücke begrenzenden Fahrzeugen. Die am stärksten automatisierte Variante der Parkassistenten stellen zurzeit semi-autonome Fahrerassistenzsysteme für das parallele Einparken dar: Während die Lenkaktivität vom System übernommen wird, ist es Aufgabe des Fahrers, die auf einem Display dargebotenen Anweisungen des Systems hinsichtlich der Längsregelung (d.h. Gas geben und Bremsen) umzusetzen.

In vereinzelt Studien wurde bislang v.a. die Wirksamkeit von Parkassistenten empirisch geprüft, z.B. hinsichtlich einer reduzierten Beanspruchung beim parallelen Einparken (Lee, 2006) oder einer verbesserten Einparkleistung (Doisl, 2007). Andererseits weisen

---

\*Dipl.-Psych. Dominik Mühlbacher, IZVW Universität Würzburg (e-mail: muehlbacher@psychologie.uni-wuerzburg.de).

†Dipl.-Psych. Ingo Totzke, IZVW Universität Würzburg (e-mail: totzke@psychologie.uni-wuerzburg.de).

erste Studien auf die Gefahr visueller Ablenkung des Fahrers durch die Einführung von Displays bei Parkassistenten hin. In einer Untersuchung eines Parkassistenten mit auf einem Display dargebotenen Informationen blickten Probanden bis zu 80% des Einparkmanövers auf das Display (Doisl, 2007). Dies kann sich sicherheitskritisch auswirken, wenn Passanten oder Hindernisse in der Parklücke während des Einparkens übersehen werden. In der vorliegenden Studie sollte daher untersucht werden, in welchem Ausmaß die Nutzung eines semi-autonomen Parkassistenten mit Display das Aufmerksamkeitsverhalten der Fahrer verändert und ob diese Veränderung negative Auswirkungen bezüglich der Fahrsicherheit zur Folge haben kann.

## 2 Methodik

### 2.1 Beschreibung des semi-autonomen Parkassistenten

Der in dieser Studie verwendete semi-autonome Parkassistent unterstützte den Fahrer zunächst bei der Lückensuche, indem freie Parklücken auf einem Display in der oberen Mittelkonsole angezeigt wurden. Nachdem der Fahrer auf der Straße angehalten und in den Rückwärtsgang gewechselt hatte, übernahm das System die Lenkung. Während der Fahrer die Fahrgeschwindigkeit mittels Gas- und Bremspedal regelte und hierbei auf dem Display dargebotene Anweisungen des Systems bezüglich Beschleunigen und Bremsen befolgte, lenkte das System das Fahrzeug autonom auf dem Rückwärtszug. Sofern nach Beendigung des Rückwärtszuges eine ideale Parkposition erreicht wurde, war das Parkmanöver beendet. Falls weitere Vorwärts- bzw. Rückwärtszüge notwendig waren, assistierte das System dem Fahrer auf diese Weise auch auf den weiteren Zügen, bis die durch das System berechnete Endposition erreicht wurde. Der Fahrer konnte den Verlauf des gesamten Parkmanövers auf dem Display in der oberen Mittelkonsole überwachen.

Das Fahrzeug war darüber hinaus mit einer Abstandskontrolle ausgestattet, die mittels Ultraschall Distanzen zu benachbarten Objekten erfasste. Eine zunehmender Annäherung an diese Objekte wurde mittels schneller werdender Warntöne verdeutlicht, bis ein Dauerton bei einem geringen Abstand (weniger als 30cm Entfernung zum Objekt) ausgegeben wurde.

### 2.2 Beschreibung der Fahraufgaben

Die Probanden hatten die Aufgabe, mit und ohne dem in Kapitel 2.1 beschriebenen semi-autonomen Parkassistenten in Parklücken auf einem Testgelände und im Realverkehr einzuparken. Der erste Hauptteil des Versuchs fand auf einem Testgelände im Würzburger Industriegebiet statt, auf dem eine straßenähnliche Situation erzeugt wurde (siehe Abbildung 1). Mehrere Fahrzeuge bildeten sechs Parklücken auf beiden Seiten einer Gasse mit einer Breite von 5.50m, die von beiden Richtungen aus befahren werden konnte. Die Parklücken hatten jeweils eine Breite von 2m. In Anlehnung an Lee (2006) wurden zwei Lückengrößen auf dem Testgelände realisiert: 140% der Fahrzeuglänge (als minimale Lückengröße, bei der zuverlässig vom Parkassistenten eine Parklücke als solche identifiziert wurde) bzw. 160% der Fahrzeuglänge (bei der der Parkassistent zuverlässig mit einem Rückwärtszug eine ideale Parkposition erreichte). Eine der Lücken auf dem Testgelände

war durch ein verschobenes Fahrzeug begrenzt (siehe unten rechts in Abbildung 1). Zur besseren Orientierung der Fahrer wurden zusätzlich Fahrbahnmarkierungen für die Kennzeichnung der Gasse bzw. Bordsteine in Form von Holzbalken für die Kennzeichnung der Parklücken verwendet.

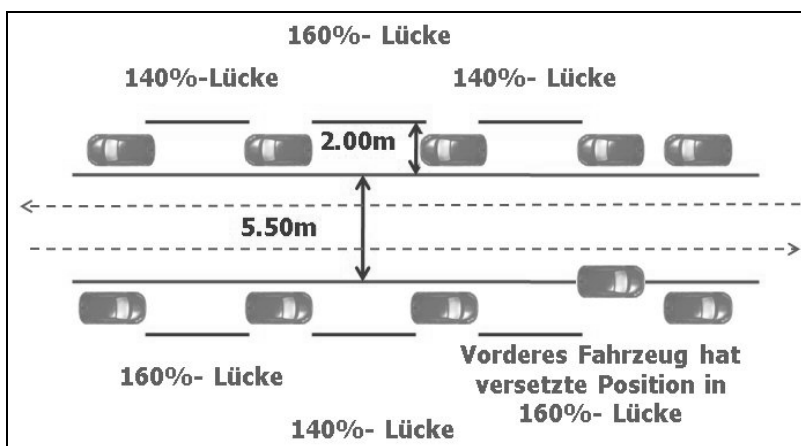


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Versuchsszenerie auf dem Testgelände.

Während je eines manuellen bzw. eines assistierten Parkmanövers auf dem Testgelände wurden Hindernisse in der Lücke postiert. Diese Hindernisse sollten Passanten oder andere vom System nicht-detektierte Objekte symbolisieren. Zum einen zog hierbei ein Komparse ein an einer Schnur angebundenes Kinderspielzeugauto („Bobbycar“; siehe Abbildung 2 links) in die freie Parklücke, nachdem der Proband die Lücke mit dem Fahrzeug passiert hatte. Zum anderen durchquerte der Komparse, nachdem der Proband die Lücke passiert und zum Gangwechsel angehalten hatte, mit einem Pfosten die Parklücke und postierte diesen in die freie Parklücke siehe (Abbildung 2 rechts). Beide Hindernisse konnten vom Probanden frühestens während des ersten Rückwärtszuges durch Blicke in den Innenspiegel oder direkt nach hinten (durch die Heckscheibe oder die hinteren Seitenscheiben) bemerkt werden. Es wurde jeweils erfasst, ob der Fahrer das Fahrzeug rechtzeitig vor dem Hindernis stoppte oder ob es zu einer Kollision mit dem Hindernis kam.

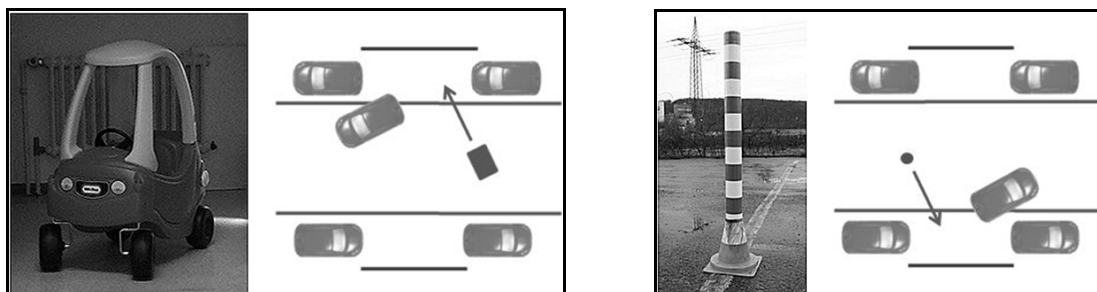


Abbildung 2: Hindernis „Bobbycar“ (links) bzw. „Pfosten“ (rechts) jeweils mit schematischer Darstellung der Situation auf dem Testgelände.

Im anschließenden zweiten Hauptteil des Versuchs wurden Manöver mit und ohne semi-autonome Parkassistentz im Realverkehr durchgeführt. Auf einem ca. 5.9 km langen Rundkurs durch ein Wohngebiet im Würzburger Stadtgebiet wurden insgesamt neun zufällig vorhandene Lücken genutzt. Die Strecke führte sowohl durch verkehrsberuhigte Tempo 30-Zonen (siehe Abbildung 3 links) als auch durch stärker befahrene Innerortsstraßen mit einem Tempolimit von 50 km/h (siehe Abbildung 3 rechts).



Abbildung 3: Situationen aus der Versuchsstrecke im Realverkehr: Verkehrsberuhigte Tempo 30-Zone (links) und stärker befahrene Innerortsstraße mit einem Tempolimit von 50 km/h (rechts).

### 2.3 Beschreibung der Blickerfassungsmethode

Das Blickverhalten des Probanden wurde durch das kopfbasierte System „Dikablis“ erfasst. In die Head-Unit dieses Geräts sind zwei Kameras integriert, die in die Umwelt bzw. auf das linke Auge des Probanden gerichtet sind. Durch Überlagerung der beiden Kamerabilder konnte die Blickrichtung des Probanden bestimmt werden. Die überlagerten Videos wurden manuell codiert. Hierfür wurden fünf Blickregionen (sog. Area-of-Interest; AOI) definiert:

1. Frontscheibe
2. Spiegel
3. Vordere Seitenscheiben
4. Display
5. Heckscheibe und hintere Seitenscheiben

Für jedes AOI wurden folgende Parameter berechnet:

- Blickdauer (mit den Kenngrößen Mittelwert, Median, Maximum)
- Blickhäufigkeit
- Blickzuwendung („kein Blick in AOI“ vs. „mindestens ein Blick in AOI“)
- relativer Anteil der Blickregion an der Gesamtzeit eines Manövers

Im Folgenden wird ausschließlich das Blickverhalten der Fahrer während des ersten Rückwärtszuges betrachtet, da hier der Fahrer den fließenden Verkehr verlässt und in Kontakt mit möglichen Hindernissen in der Lücke geraten kann. Der erste Rückwärtszug

beginnt mit dem Anhalten auf der Straße nach Passieren der freien Parklücke und endet mit dem Anhalten am Ende der ersten Rückwärtsbewegung. Da sich die Ergebnisse von Testgelände und Realverkehr hinsichtlich der berichteten Aspekte nicht unterscheiden, werden diese nachfolgend gemeinsam vorgestellt.

## 2.4 Versuchsablauf

Der Versuch begann auf dem in Kapitel 2.2 beschriebenen Testgelände mit dem Anlegen des Blickerfassungssystems. Anschließend sollten die Probanden während einer Trainingsphase in jeweils vier Manövern ohne bzw. mit semi-autonomer Parkassistenten den Umgang mit dem Testfahrzeug üben sowie Funktionalität und Gebrauch des Parkassistenten kennenlernen.

Im darauf folgenden ersten Hauptteil der Untersuchung wurden 18 Manöver (neun Manöver mit und neun Manöver ohne semi-autonome Parkassistenten) auf dem Testgelände durchgeführt. Nach den ersten neun Manövern sowie nach allen Manövern auf dem Testgelände gab es Pausen, in denen die Probanden jeweils das Blickerfassungsgerät ablegen konnten und Fragebögen zu den bisher absolvierten Manövern ausfüllten.

Im Realverkehr wurden neun Manöver mit und ohne semi-autonome Parkassistenten im Realverkehr durchgeführt. Im Anschluss an diesen Versuchsteil fand eine ausführliche Abschlussbefragung durch den Versuchsleiter statt. Der Versuch dauerte etwa vier Stunden. Insgesamt absolvierte jeder Proband 35 Parkmanöver.

## 2.5 Stichprobe

An dem Versuch nahmen  $N=18$  Probanden (9 Frauen, 9 Männer) im Alter von 19 bis 72 Jahren ( $m=40.3$ ,  $sd= 21.9$ ) teil. Die Probanden stammen aus dem Testfahrerpanel des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW). Um möglichst heterogene Versuchsgruppen zu erzielen, bestand die Stichprobe jeweils zur Hälfte aus Fahrern, die ihre Fähigkeiten im parallelen Parken als „gut“ bzw. als „schlecht“ bezeichneten. Ein Drittel der Fahrer stammte wiederum jeweils aus einer jüngeren (19-20 Jahre), mittelalten (25-49 Jahre) bzw. älteren (65-72 Jahre) Altersgruppe. Die notwendigen Informationen wurden im Vorfeld des Versuchs mit Hilfe einer Online-Befragung erhoben. Für die Teilnahme am Versuch erhielten die Probanden eine Aufwandsentschädigung.

# 3 Ergebnisse

Während des ersten Rückwärtszuges blicken die Probanden mit Parkassistent 22% der Dauer des Zuges auf das Display, während Blicke nach hinten (Spiegel, Heckscheibe und hintere Seitenscheiben zusammengefasst) im Vergleich zum manuellen Einparken seltener werden (manuell 67% vs. assistiert 57% der Dauer des ersten Rückwärtszuges; siehe Abbildung 4). Die Blickanteile in die anderen AOIs unterscheiden sich dagegen nicht.

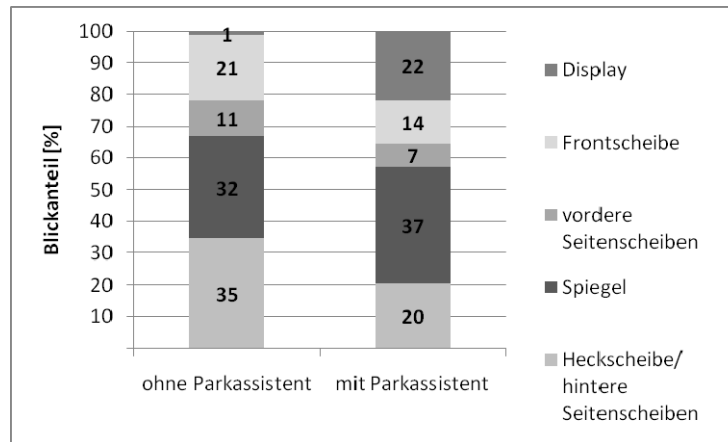


Abbildung 4: Blickanteile [in Prozent] während des ersten Zuges für Manöver ohne bzw. mit Parkassistent nach AOIs.

Des Weiteren sinkt die Wahrscheinlichkeit in Manövern mit System, dass ein Fahrer während des ersten Rückwärtszuges mindestens einmal durch die Heckscheibe oder die hinteren Seitenscheiben blickt. Während in 94% der manuellen Manöver die Fahrer mindestens einmal durch die Heckscheibe oder die hinteren Seitenscheiben blicken, gilt dies beim assistierten Einparken lediglich für 70% der Manöver (siehe Abbildung 5). Die Wahrscheinlichkeiten für Blicke in die anderen AOIs bleiben dagegen konstant.

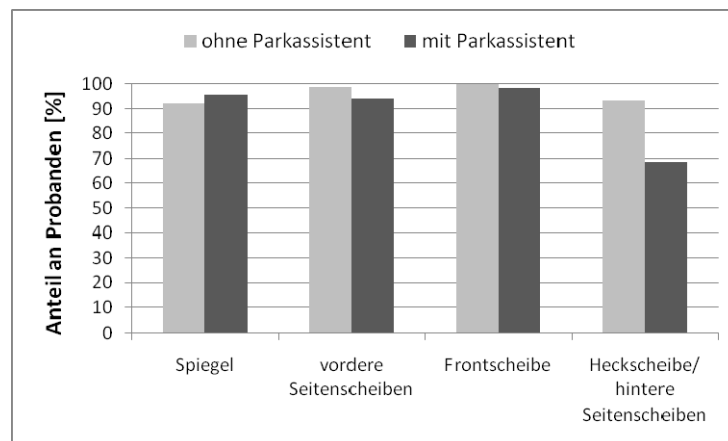


Abbildung 5: Anteil an allen Manövern [in Prozent], in denen während des ersten Zuges ohne bzw. mit Parkassistent mindestens einmal in ein AOI geblickt wurde.

Abbildung 6 veranschaulicht, dass die Displayblicke v.a. im sehr niedrigen Geschwindigkeitsbereich auftauchen. Während das Fahrzeug steht bzw. sich langsamer als mit 0.5 km/h bewegt, wird im Durchschnitt 42% der Dauer des ersten Rückwärtszuges auf das Display geblickt (siehe Abbildung 6). Bei höheren Geschwindigkeiten (ab 0.5 km/h) liegt dieser Anteil nur noch bei durchschnittlich 8-15% (je nach Fahrgeschwindigkeit). Somit treten Displayblicke v.a. im stehenden bzw. nur langsam rollenden Fahrzeug auf.

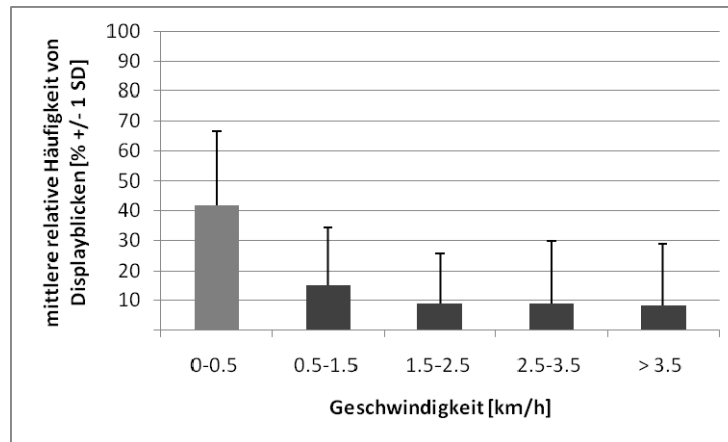


Abbildung 6: Blickanteile von Displayblicken [in Prozent] während assistierter Manöver nach Geschwindigkeiten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen.

Bei Betrachtung der Dauern aller auf das Display gerichteten Blicke zeigt sich, dass 62% der Displayblicke während des ersten Rückwärtszuges weniger als 1s dauern. Lediglich 3% der Displayblicke überschreiten die Dauer von 5s (siehe Abbildung 7).

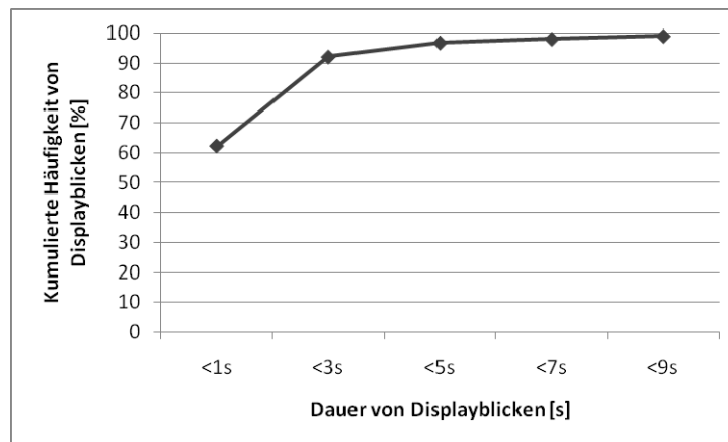


Abbildung 7: Kumulierte Häufigkeit von Displayblicken [in Prozent] für verschiedene Dauern von Displayblicken

Weiterhin haben die gezeigten Veränderungen im visuellen Aufmerksamkeitsverhalten der Probanden keine negativen Einflüsse auf die Fahrsicherheit während des ersten Rückwärtszuges beim Parkmanöver: So ergeben sich keine Unterschiede bezüglich der Kollisionsanzahl mit den in die Parklücken positionierten Hindernissen mit vs. ohne Parkassistenz (siehe Tabelle 1). Die relativen Häufigkeiten für Kollisionen in der manuellen Bedingung liegen bei jeweils 22%, bei assistierten Manövern dagegen bei 25% („Pforten“) bzw. 11% („Bobbycar“).

Tabelle 1: Absolute und relative Häufigkeiten von Kollisionen bei Parkmanövern mit den Hindernissen „Pfosten“ und „Bobbycar“ in Manövern mit bzw. ohne Parkassistenten.

		Gültige Manöver	Abs. Häufigkeit Kollisionen	Rel. Häufigkeit Kollisionen
„Pfosten“	ohne Parkassistenten	9	2	0.22
	mit Parkassistenten	8	2	0.25
„Bobbycar“	ohne Parkassistenten	9	2	0.22
	mit Parkassistenten	9	1	0.11

## 4 Diskussion

Die berichteten Ergebnisse legen nahe, dass der Gebrauch eines semi-autonomen Parkassistenten zu einer Veränderung des Aufmerksamkeitsverhaltens der Fahrer führt: Der Fokus der Aufmerksamkeit der Fahrer verschiebt sich von der Situation hinter dem Egofahrzeug (v.a. weniger Blickanteile durch die Heckscheibe und die hinteren Seitenscheiben, während die Blickanteile für Spiegelblicke konstant bleiben) nach vorne in Richtung des Displays (mehr Blickanteile). Diese Aufmerksamkeitsverlagerung geht allerdings nicht mit gegenüber dem manuellen Einparken zusätzlichen Einbußen bezüglich der Fahrsicherheit einher.

Dennoch sollte eine Ausweitung der Automation (wie z.B. die Einführung vollautonomer Parkassistenten) wohlüberlegt sein: Zum einen besteht die Gefahr, dass bei einer stärkeren Unterstützung des Fahrers durch Parkassistenten dessen Aufmerksamkeit für das Umfeld noch weiter abnimmt. Der positiven Auswirkung der Automation auf Entlastung und Komfort des Fahrers stünden somit mögliche negative Folgen wie eine erhöhte Wahrscheinlichkeit des Auftretens sicherheitskritischer Situationen gegenüber. Die Gefahr solcher sicherheitskritischer Situationen wäre insbesondere beim Erreichen von Systemgrenzen (z.B. sich bewegende Objekte wie Passanten oder aufgrund ihrer Form und Oberfläche nicht-detektierte Objekte wie schmale Pfosten oder Fahrräder) gegeben. Andererseits könnte sich der Fahrer bei vollautonomen Parkassistenten vollständig auf die Fahrzeugumwelt konzentrieren und müsste nicht länger das Systemdisplay überwachen. Dies könnte die Fahrsicherheit erhöhen.

Abschließend ist hervorzuheben, dass die berichteten Ergebnisse zum Blickverhalten beim Einparken sowohl auf dem Testgelände als auch im Realverkehr gelten. So wurden z.B. keine Unterschiede im Blickverhalten der Fahrer in Abhängigkeit der Versuchsumgebung gefunden. Das Testgelände wurde als Versuchsumgebung ausgewählt, um das Einparkverhalten in standardisierter Umgebung unter Kontrolle bestimmter Einflussfaktoren (z.B. Umgebungsverkehr oder Lückengrößen) beobachten zu können. Dagegen fand der zweite Hauptteil des Versuchs im Realverkehr statt, um in einer natürlichen Umgebung das Fahrverhalten erfassen zu können. Da die berichteten Ergebnisse unabhängig von der Versuchsumgebung sind, scheinen die Einflüsse der externalen Faktoren auf das Blickverhalten nicht groß zu sein. Allerdings erfolgte die Einführung der genannten Hindernissituationen „Bobbycar“ und „Pfosten“ zur Prüfung möglicher sicherheitskritischer Wirkungen semi-autonomer Parkassistenten ausschließlich im Testgelände. Die entsprechenden Ergebnisse zur Fahrsicherheit sind somit gegebenenfalls nicht ohne weiteres auf den Realver-

kehr übertragbar. Zur umfassenden Beantwortung dieses möglichen methodischen Kritikpunktes sind weitere empirische Untersuchungen notwendig.

## Literatur

- [1] Lambert, G., Kirchner, A. & Hüger, P. (2008). Parkassistenzsysteme. Technologien von heute und morgen. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Ed.): *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme*. (VDI-Berichte, Nr. 2048). Düsseldorf, VDI-Verlag.
- [2] Lee, W. C. (2006). Beiträge zur Entwicklung eines Fahrerassistenz-Systems für Einparkvorgänge. Dissertation: Technische Universität Ilmenau.
- [3] Doisl, C. (2007). Ergonomische Empfehlungen für die Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten für Parkassistenzsysteme. Unveröffentlichtes Manuskript, BeOne Group.