

Zur Validität des Blickbewegungsverhaltens unter Nachtsichtverhältnissen in einer Fahrsimulatorstudie

Ilka ZÖLLER, Nan YANG, Bettina ABENDROTH, Ralph BRUDER

*Institut für Arbeitswissenschaft (IAD), TU Darmstadt,
Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt*

Kurzfassung: In diesem Beitrag wird das Blickbewegungsverhalten von Fahrern unter Nachtsichtverhältnissen im statischen IAD Fahrsimulator mit Daten eines Feldversuchs verglichen und so auf Validität überprüft. Dies ist die Voraussetzung für die Übertragbarkeit von im Simulator gewonnenen Versuchsergebnissen auf reales Fahrerverhalten. Hierzu findet ein Vergleich der Größen Erkennungszeit von Fußgängern sowie relative Blickdauer/-häufigkeit statt. Die Ergebnisse zeigen, dass Validität nur für einen Teil dieser Größen gegeben ist und somit ein vergleichbarer Simulator nur bedingt als Untersuchungsumgebung geeignet ist.

Schlüsselwörter: Fahrsimulator, Fahrerverhaltensvalidität, Blickbewegung, Nachtfahrt

1. Einleitung

Der Anteil der Verkehrsunfälle mit Personenschaden in der Nacht beträgt 20%, mit einer Sterblichkeitsrate von immerhin 32% (Statistisches Bundesamt 2013). Entsprechend wichtig ist die Untersuchung von Nachtsichtverhältnissen, um die dabei herrschenden erschwerten Bedingungen für Fahrzeugführer besser verstehen und konkrete Unterstützungsmaßnahmen entwickeln zu können. Als Untersuchungsumgebung bieten Fahrsimulatoren den Vorteil, dass sich Versuchsbedingungen gezielt gestalten und über die komplette Versuchsreihe konstant halten lassen (Knappe 2009). Allerdings stellt eine Simulation nur eine Nachbildung der Realität dar.

Im Fokus dieses Beitrags steht daher die Frage der Validität des Fahrerverhaltens bei nächtlichen Fahrten, um die Übertragbarkeit der in einer Fahrsimulatorstudie erhobenen Daten auf reales Verhalten zu gewährleisten. Die Blickbewegungen aus identisch gestalteten Feld- und Simulatorversuchen werden hierzu vergleichend analysiert. Die vorgestellte Untersuchung fand im Rahmen eines am Institut für Arbeitswissenschaft (IAD) laufenden DFG Projekts zum Thema „Bestimmung und Quantifizierung von Gestaltungsmerkmalen einer realitätsnahen Fahrsimulation“ statt.

2. Methodik

Zur Validierung des Blickverhaltens der Probanden unter Nachtsichtverhältnissen wurde ein bereits 2007 am IAD durchgeführter Feldversuch mit 39 Probanden (17m / 22w, MW = 43,6 Jahre, s = 14,4 Jahre) herangezogen (Fuchs et al. 2008). Als Versuchsträger stand ein BMW 525i zur Verfügung. Die 22,4 km lange Versuchsstrecke beinhaltete überwiegend Überlandpassagen sowie kurze Stadt-Abschnitte. Entlang der Strecke waren 4 Fußgänger positioniert, um die Erkennungszeit von Objekten geringeren Kontrasts näher untersuchen zu können, da sie bei Nachtfahrten als besonders gefährdet anzusehen sind.

Die Versuchsreihe wurde im Rahmen einer Fahrsimulatorstudie mit 45 Probanden (27m / 18w, MW = 41,2 Jahre, s = 14,9 Jahre) am IAD Fahrsimulator nachgefahren. Der IAD Fahrsimulator verfügt über eine gut ausgestattete 180° Frontsicht-Simulation (Auflösung 1920x1200) und ein Mockup eines Chevrolet Aveo. Als Simulationssoftware kommt SILAB zum Einsatz, mit der sich Nachtsichtverhältnisse problemlos darstellen lassen.

Während der Feld- und Simulatorversuche wurde die Blickbewegung der Probanden mit Hilfe von einem Eye-Tracking System (3-Punkt-Kalibration) aufgezeichnet. Zur Beurteilung der Validität wurden drei Kennwerte betrachtet. Die Erkennungszeit des Fußgängers beschreibt die Dauer zwischen der Fußgängererkennung und dem Passieren dieses Fußgän-

gers (Fuchs et al. 2008). Die relative Blickdauer bzw. -häufigkeit verdeutlicht die auf den gesamten Versuch bezogene Zeitlänge bzw. Häufigkeit, mit der ein Proband einen bestimmten Area of Interest (AOI) fixiert. Als AOIs wurden Straße (Fahrbahn, Schilder, Verkehr), Kombi-Instrument, Innenraum, Fußgänger und Sonstiges (Gebäude, Bäume, andere Objekte) festgelegt. Bei der Gegenüberstellung der Daten aus den zwei Stichproben Feld und Simulator wurden statistische Tests angewendet. Die Voraussetzung für einen t-Test ist die Normalverteilung der Stichproben. Bei fehlender Normalverteilung kommt der Mann-Whitney-Test zum Einsatz. Zudem wird Varianzhomogenität vorausgesetzt, die mittels eines F-Tests festgestellt wird. Bei Varianzheterogenität kommt der Welch-Test zum Einsatz.

3. Ergebnisse

Die Erkennungszeit eines Fußgängers in einem Streckenabschnitt mit Tempolimit 50 km/h beträgt in der Realfahrt im Mittel 2,2 s ($s = 2,3$ s) und im Fahrsimulator 2,1 s ($s = 0,9$ s). Der gefundene Unterschied ist nicht signifikant (Mann-Whitney-U = 778,000, $Z = -1,2$, $p = 0,228$). In 70 km/h-Streckenabschnitten beträgt die mittlere Erkennungszeit im Feldversuch 2,69 s ($s = 2,6$ s) und in der Simulatorstudie 3,1 s ($s = 1,4$ s). Auch hier lässt sich kein signifikanter Unterschied zeigen (Mann-Whitney-U = 278,000, $Z = -1,8$, $p = 0,068$). Die Erkennungszeit eines Fußgängers unter Nachtsichtverhältnissen erweist sich somit für 50 km/h- und 70 km/h-Zonen im IAD Fahrsimulator als valide.

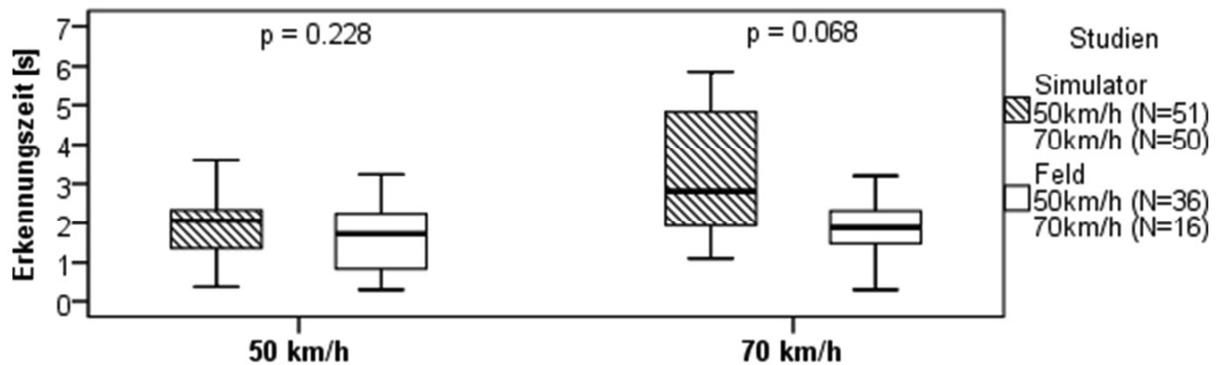


Abbildung 1: Verteilung der Erkennungszeit eines Fußgängers für 50km/h- und 70km/h-Zonen im Fahrsimulator und Feld.

Bei der Betrachtung der relativen Blickdauer und -häufigkeit scheiden, aufgrund von Simulator-Übelkeit, einzelne Datensätze aus der Betrachtung aus. Im Folgenden wird ein kurzer Ausschnitt der Ergebnisse der relativen Blickdauer (Abbildung 2) und relativen Blickhäufigkeit (Abbildung 3) gezeigt.

Der am häufigsten und längsten betrachtete Interessensbereich ist die Straße (Abbildung 2a und 3a).

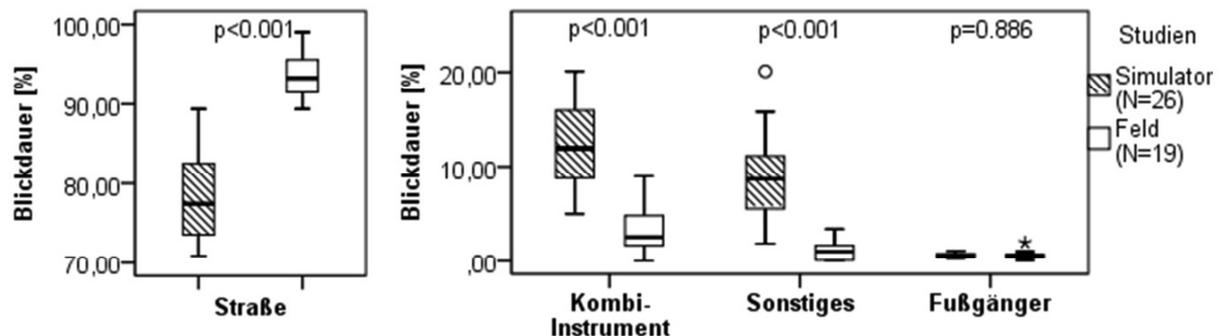


Abbildung 2: Verteilung der relativen Blickdauer im Fahrsimulator und Feld für die AOIs: a) Straße, b) Kombi-Instrument, Sonstiges und Fußgänger.

Die relative Blickdauer für AOI Straße beträgt im Fahrsimulator im Mittel 77,9 % ($s = 5,4$ %) und im Feld 93,4 % ($s = 2,6$ %). Die relative Blickdauer auf die Straße ist im Fahrsimulator somit hoch signifikant geringer als im Feld (Welch-Test: $t = -12,9$, $df = 38,2$, $p < 0,001$). Die relative Blickdauer für die AOIs Kombi-Instrument und Sonstiges sind im Fahrsimulator mit 12,3 % ($s = 4,4$ %) und 8,9 % ($s = 4,3$ %) hoch signifikant höher als im Feld mit 3,3 % ($s = 2,7$ %) und 1,1 % ($s = 1,0$ %) (Welch-Test: Kombi-Instrument: $t = 8,5$, $df = 41,6$, $p < 0,001$, Sonstiges: $t = 10,6$, $df = 25,0$, $p < 0,001$). Die relative Blickdauer für AOI Fußgänger weist hingegen keinen signifikanten Unterschied in beiden Studien auf (Welch-Test: $t = -0,1$, $df = 26,6$, $p = 0,886$). Sie liegt im Fahrsimulator im Mittel bei 0,6 % ($s = 0,2$ %) und im Feld bei 0,6 % ($s = 0,4$ %).

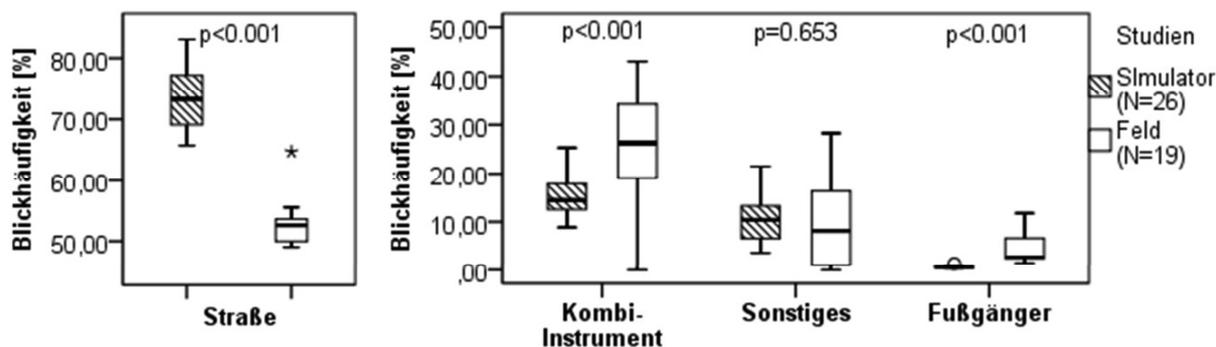


Abbildung 3: Verteilung der relativen Blickhäufigkeit im Fahrsimulator und Feld für die AOIs:
a) Straße, b) Kombi-Instrument, Sonstiges und Fußgänger.

4. Diskussion

Die Erkennungszeit erweist sich im Rahmen der Validierungsstudie als valide. Dieses Ergebnis zeigt, dass die gute visuelle Sichtdarstellung des IAD Simulators (180° horizontaler Sichtwinkel, Über-HD-Auflösung) zu einer realen Erkennungszeit führt. Fußgänger werden in simulierter Umgebung nicht signifikant später erkannt als im Feld. Entsprechend kann davon ausgegangen werden, dass alle statischen Objekte, wie Ampeln oder Schilder, in einem vergleichbar gut ausgestatteten Simulator genauso frühzeitig erkannt werden wie im Feld.

Für die relative Blickdauer und -häufigkeit ergeben sich größtenteils keine validen Ergebnisse. Die mittlere relative Blickdauer auf AOI Straße liegt in beiden Studien um 80 % oder höher. Vergleichbare Erkenntnisse finden sich in Victor et al. (2005). Im Fahrsimulator betrachten die Probanden AOI Straße jedoch signifikant kürzer, dafür häufiger als im Feldversuch. Stattdessen zeigt sich eine längere Betrachtung der AOIs Kombi-Instrument und Sonstiges. Erklärt werden kann dies durch die erschwerte Abstands- und Geschwindigkeitseinschätzung bei einer 2D-Sichtdarstellung im Simulator, die durch eine längere Betrachtung des Tachometers kompensiert wird. Ein Grund für die vermehrte Betrachtung des AOI Sonstiges könnte die Neugierde der Probanden gegenüber Simulationsdarstellung sein.

5. Literatur

- Fuchs K, Abendroth B, Bruder R, Leuchtenberg B (2008) Ergonomische Bewertung eines Night Vision Systems mit Fußgängermarkierung im Head-up-Display. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg), Produkt- und Produktions-Ergonomie – Aufgabe für Entwickler und Planer. Dortmund: GfA-Press, 2008, 121-124.
- Knappe G (2009) Empirische Untersuchungen zur Querregelung in Fahrsimulatoren. Universität Erlangen-Nürnberg: Philosophischen Fakultät und Fachbereich Theologie, Dissertation.
- Statistisches Bundesamt (2013) Verkehr - Verkehrsunfälle 2012, 84.
- Victor T, Harbluk J, Engström J (2005) Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty. Transportation Research Part F 8: 167-190.