

Vorhersage von Blickabwendungszeiten mit Keystroke-Level-Modeling

Christian Purucker¹, Frederik Naujoks¹, Andy Prill², Thomas Krause¹,
Alexandra Neukum¹

¹ Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften (WIVW) GmbH

² Hyundai Motor Europe Technical Center (HMTEC) GmbH

Abstract

Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von Infotainmentsystemen im Fahrzeug mit immer komplexeren Bedienelementen ist in den letzten Jahren der Bedarf an adäquater Absicherungsmethodik gestiegen. Eine Reihe von Normen und Richtlinien liegen vor, die etwa die Einhaltung bestimmter Höchstwerte für Blickabwendungszeiten und Bediendauern bei der Ausführung von Nebentätigkeiten während des Fahrens fordern. Von Seiten der psychologisch-ergonomischen Forschung existieren verschiedene Ansätze, beispielsweise das Keystroke-Level-Model (KLM), mit welchen Bediendauern auf Basis der Addition von Grundoperatoren bereits während der Entwicklung abgeschätzt werden können; das Abschätzen der Blickabwendungszeiten hingegen ist klassischerweise aber mit erheblichen Aufwänden verbunden. In Hinarbeitung auf die Schließung dieser Lücke wird in der vorliegenden Studie der KLM-Ansatz auf die Vorhersage von Blickabwendungszeiten während der Fahraufgabe erweitert und in einer Probandenstudie anhand der Bedienung eines Infotainmentsystems während der Fahrt in einem Fahrsimulator validiert. Die Ergebnisse sprechen für eine hohe Modellgüte und exemplifizieren einen ersten erfolgreichen Einsatz des vorgestellten Verfahrens.

1 Einleitung

Praktisch alle Automobilhersteller bieten für die Fahrzeuge ihrer Modellpalette umfassende Infotainmentsysteme an, deren Funktionalitäten über die eines einfachen Radios deutlich hinausgehen und neben radiobezogenen Basisfunktionen erweiterte Navigations- und Medienwiedergabedienste bereitstellen. Bereits Ende der 80iger Jahre konstatierte eine Studie von Wierwille, Antin, Dingus und Hulse (1988), dass bestimmte Aufgaben an einem Navigationssystem zu veränderten Blickmustern und mitunter zu einer deutlich erhöhten visuellen Beanspruchung des Fahrers führen können. Gerade unter dem Aspekt der immer kom-

plexeren Interaktionsmöglichkeiten mit den Bedienelementen stellt die Erforschung von deren Ablenkungspotential ein zentrales Forschungsfeld der Fahrzeugsicherheit dar. Während ein Großteil der aktuell verfügbaren Forschung spezifisch die Bedienung von Smartphones in diesem Zusammenhang adressiert (cf. Klauer, Dingus, Neale, Sudweeks, & Ramsey, 2006), lassen sich die meisten der als besonders kritisch identifizierten Nebenaufgaben (z. B. das Wählen einer Telefonnummer) mittlerweile auch über fest installierte Infotainmentsysteme ausführen.

Um das Ablenkungspotential durch die Bedienung von Infotainmentsystemen während des Fahrens zu minimieren, wurden in den letzten Jahren eine Reihe von Richtlinien und Normen auf den Weg gebracht, welche vielerlei Orientierungsgrößen für aufmerksamkeitsoptimierte Gestaltung von Infotainmentsystemen, aber auch für die Evaluation und prinzipiell auch Zulassung von solchen Systemen im Hinblick auf deren Verwendung im Straßenverkehr zur Verfügung stellen (cf. NHTSA, 2012; SAE J2365, 2002). Beispielsweise werden Schwellenwerte für kumulierte Blickabwendungsdauern während der Aufgabenbedienung diskutiert. Die Überprüfung der Einhaltung dieser Anforderungen erfolgt in der Regel über empirische Testung in der Fahrsimulation an Systemprototypen (NHTSA, 2012). Parallel hierzu wurden eine Reihe analytischer Verfahren entwickelt und empirisch validiert, mit Hilfe derer sich Bedienaufwände von Aufgaben an Mensch-Maschine-Systemen bereits im Vorfeld der Entwicklung abschätzen lassen sollen; beispielsweise sind hier Ansätze auf Basis des Keystroke-Level-Modeling (KLM) zu nennen, mit denen sich über einen festgelegten Satz von Operatoren Bediendauern abschätzen lassen können, ohne dass zunächst ein voll funktionsfähiger Prototyp entwickelt werden muss. Während in der Literatur bereits Anpassungen des KLM für den Kontext automobiler Infotainmentsysteme gibt, wurden nach dem Kenntnisstand der Autoren bisher noch keine Ansätze verfolgt, nicht nur Bediendauern, sondern auch tatsächliche Blickabwendungszeiten für die Durchführung der Nebenaufgaben während des Fahrens vorherzusagen. Die vorliegende Arbeit schließt diese Lücke und unternimmt einen ersten Versuch der Vorhersage von Blickabwendungszeiten für die Bedienung von Nebenaufgaben während des Fahrens.

2 Hintergrund

Blickabwendungszeiten bei Nebenaufgaben: Eine breite Forschungstradition befasst sich seit mehr als 20 Jahren mit der Untersuchung von Blickzu- und abwendungszeiten bei der Bearbeitung von Nebenaufgaben während des Fahrens. Bereits früh wurde die Bedienung von sog. Infotainmentsystemen zentraler Untersuchungsgegenstand. So konnte bereits Green (1992) in einer Literaturanalyse auf eine Reihe von Studien zurückgreifen (cf. Wierwille, Antin, Dingus & Hulse, 1988), welche Blickdaten von der Bedienung (im erweiterten Sinne) von Aufgaben der Fahrzeugführung, der Bedienung konventioneller Radios, aber auch bereits der Verwendung erster digitaler Navigations- und Infotainmentsystemen berichten. Hinsichtlich moderierender Fahrereigenschaften wurde beobachtet, dass höheres Probandenalter zu längeren Blickabwendungszeiten führt (Green, 1992, cf. Dingus et al., 1997; Tijerina, Parmer & Goodman, 1998). Zudem wird ein deutlicher Zusammenhang zwischen Blickabwendung, Aufgabenkomplexität und der Güte der Spurhaltung berichtet. Komplexere

Bedienaufgaben führen in der Regel zu stärkeren Einschränkungen in der Güte der Spurhaltung und erhöhen somit potentiell das Unfallrisiko (Tijerina et al., 1998¹). In Hinarbeitung auf Richtlinien der Society of Automotive Engineers (SAE J2364, 2004; SAE J2365, 2002) wurde die 15-Sekunden-Regel als vorgeschlagene Maximaldauer der Bearbeitungszeit von automobilen Nebenaufgaben vorgeschlagen (Green, 1999a). Die Begründung der Regel lag zum einen in der hohen Korrelation der Gesamtbearbeitungsdauer von Nebenaufgaben mit der Blickabwendungszeit ($R^2 = .96$, Umrechnungsfaktor 1.6), zum anderen die wiederum hohe Korrelation mit dem Unfallrisiko (cf. Green, 1999c). Ein neueres Review bestehender Fahrerablenkungsliteratur (Bach, Jaeger, Skov & Thomassen, 2009) stellt besonders die Rolle der Gesamtblickabwendungsdauer für die Vorhersage von Unfall- und Gefährdungsrisiken heraus (cf. Klauer, Dingus, Neale, Sudweeks & Ramsey, 2006).

Vorhersage von Bediendauern und Blickabwendungszeiten: Das Keystroke-Level-Model (KLM) wurde von Card, Moran und Newell (1980) als Modell zur analytischen Vorhersage von Bearbeitungsdauern für Aufgaben am Computer entwickelt und ist ein Vertreter komplexerer analytischer Modelle, die allgemeiner unter dem Kürzel GOMS (Goals, Operators, Methods, Selection rules) bekannt sind (Card, Moran & Newell, 1983). Es existiert eine Vielzahl spezifischer GOMS-Varianten, unter anderem auch spezifische Adaptationen auf den automobilen Kontext. Hier sind vor allem Varianten der KLM prädominant, da diese gemeinhin auch in der Praxis als leicht einsetzbar betrachtet werden (cf. Stanton & Young, 2003). Einzelne Aufgaben werden beim KLM durch festgelegte Operatoren (z. B. Tastendrucke, Mentale Operationen) nachmodelliert und als (idealisierte) Handlungssequenz abgebildet. Empirisch lassen sich Erfahrungswerte für diese einzelnen Operatoren angeben, so dass sich bereits anhand eines Sequenzmodells erste Abschätzungen der Bearbeitungsdauer vornehmen lassen. Der ursprünglich publizierte Operatorensatz (Card et al., 1980, 1983) welcher für computergestützte Bürotätigkeiten ausgelegt war, wurde basierend auf einer Reihe weiterer Arbeiten (cf. Manes, Green & Hunter, 1998; Olson & Nielsen, 1987) in der SAE-Richtlinie (J2365 2002) hinsichtlich der Beurteilung von Infotainmentsystemen optimiert (SAE J2365, 2002). So wurden beispielsweise spezifische Operatoren für das Greifen nach nahen und entfernten Orten im Fahrzeug (Green, 1999b) sowie spezifische Eingabedauern von Nummern und Lettern bei Navigationsaufgaben beschrieben (Manes et al., 1998). Erweiterungen dieses Modells sowie deren Anwendung wurden in einer Reihe weiterer Studien detailliert untersucht und validiert (Pettitt, 2008; Pettitt, Burnett & Karbassioun, 2006; Pettitt, Burnett & Stevens, 2007; Schneegaß, Pfleging, Kern & Schmidt, 2011). Schneegaß et al. (2011) stellen zudem einen überarbeiteten Satz empirisch validierter Operatoren vor und erweitern das Modell, um spezifische Aufmerksamkeitswechsel abbilden zu können.

Blickabwendungszeiten und KLM: Wie in den obigen Abschnitten dargestellt, ist die Betrachtung der Blickabwendungszeiten von der Straße aus Sicht der Unfallforschung von großer Relevanz (Green, 1999a). In diesem Zusammenhang wurde bereits frühzeitig auf den möglichen Einsatz von KLM verwiesen. Dieser Vorschlag hat auch in Richtlinienwerken

¹ Die Messung der Blickdaten erfolgte in allen bisher genannten Studien noch indirekt über manuelle Videokodierung, in neueren Studien auch per Eye-Tracking.

Berücksichtigung gefunden, da somit prinzipiell eine frühzeitige Abschätzung der Eignung von Infotainmentsystemen im Fahrzeug ermöglicht wird und der Entwicklungsprozess somit ggf. effizienter gestaltet werden kann (Green, 1999a; SAE J2365, 2002). Einschränkend ist hier aber anzumerken, dass eine Vorhersage der Blickabwendungszeiten von der Straße aus der KLM-Methodik nach dem Wissen der Autoren noch nicht direkt unternommen wurde². Die nachfolgende empirische Untersuchung nimmt sich dieser Forschungslücke im Rahmen einer Simulatorstudie an.

3 Methode

Um (1) Blickabwendungszeiten bei der Bearbeitung einer Nebenaufgabe zu erfassen und (2) diese anhand von KLM-Operatoren vorhersagen und die Vorhersage validieren zu können, wurde eine Studie in einem statischen Fahrsimulator absolviert. Die Probanden hatten hierbei eine Reihe von unterschiedlich komplexen Nebenaufgaben während einer standardisierten Fahraufgabe auszuführen. Für die spezifischen Aufgaben wurden KLM-Analysen erstellt und für die Schätzung der Blickabwendungszeiten herangezogen. Die Schätzung der Gesamtblickabwendungszeiten pro Aufgabe sowie die Schätzung der spezifisch den einzelnen KLM-Operatoren zugeordneten Blickabwendungszeiten erfolgte hierbei mittels linearer Regression. Die Schätzgüte der Vorgehensweise wurde zusätzlich über eine Split-Half-Prozedur exemplifiziert.

Stichprobe: Eine Fahrsimulatorstudie wurde an $N = 16$ Probanden ohne spezifischem Vorwissen ($M_{\text{Alter}} = 31.81$, $SD_{\text{Alter}} = 9.90$, $N_{\text{Weiblich}} = 4$) durchgeführt³. Die Untersuchung selbst wurde in einem statischen Fahrsimulator der Hyundai Motor Europe Technical Center (HMTEC) GmbH durchgeführt, welcher mit der Software SILAB des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH) betrieben wird.

Versuchsablauf: Ziel des Versuchs war es, die Blickabwendungszeiten bei der Bearbeitung von unterschiedlichen Nebenaufgaben während einer standardisierten Fahraufgabe zu erfassen und mit einer Modellierung auf KLM-Basis zu vergleichen. Das Testprotokoll bestand aus mehreren Schritten: Zunächst wurden die Probanden umfassend mit dem Infotainmentsystem vertraut gemacht; die auszuführenden Aufgaben wurden jeweils zweimalig ohne die gleichzeitige Fahrzeugführung geübt. Bei der Aufgabenbewältigung wurden die Probanden zusätzlich unterstützt. Dieser Schritt wurde ausgeführt um auszuschließen, dass die Blickabwendung auf Übungseffekte in der Aufgabe zurückzuführen ist. Dieser Versuchsteil dauerte etwa 20 Minuten. Anschließend fand eine Eingewöhnungsfahrt im Fahrsimulator statt, um die Fahraufgabe zu trainieren. Die Fahraufgabe bestand aus einer standardisierten

² Einzig die Kombination des KLM mit der Okklusionsmethodik wurde bisher umfassend untersucht (Pettitt, 2008). Die Okklusionsmethodik, wie sie im Zusammenhang mit der Entwicklung von Infotainmentsystemen im Fahrzeug verwendet wird, zielt darauf ab, die Blickzuwendungszeit des Probanden zur Fahraufgabe durch Okklusionsepisoden zu simulieren (cf. Pettitt, 2008).

³ Zwei Probanden, welche die Aufgaben nicht erfolgreich einstudieren konnten wurden im Vorfeld der Analyse ausgeschlossen.

Folgefahrt, bei der von den Probanden ein konstanter Zeitabstand hinter einem in der Geschwindigkeit variierenden Vorderfahrzeug eingehalten werden sollte (siehe Abbildung 1). Das Vorgehen entspricht hierbei einschlägigen Testprotokollen zur Prüfung von Fahrerablenkung (AAM, 2006; NHTSA, 2012). Dieser Versuchsteil dauerte etwa 15 Minuten. In der eigentlichen Prüffahrt sollten die Probanden die Folgefahraufgabe ausführen und dabei nach Möglichkeit die vorgegebenen Nebenaufgaben bearbeiten, jedoch ohne die eigene Sicherheit oder die Sicherheit des Umgebungsverkehrs zu gefährden. Hierzu wurden die Probanden angewiesen, die in Schritt 1 geübten Aufgaben in einer zufälligen Reihenfolge während der Folgefahrt auszuführen. Jeder Proband durchfuhr den Aufgabenparcours in zweifacher Folge.

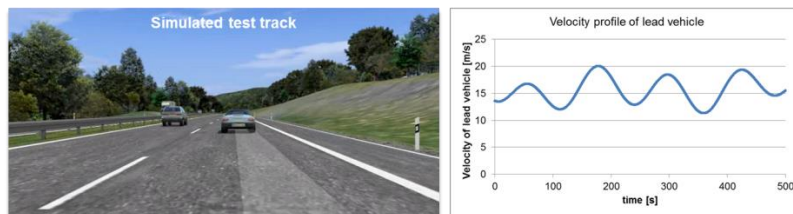


Abbildung 1: Versuchsumgebung (links) und Geschwindigkeitsprofil des Vorderfahrzeugs (rechts).

Die Nebenaufgaben, die von den Probanden stets vollständig in pseudorandomisierter Reihenfolge bearbeitet wurden, entstammten vier unterschiedlichen Menügruppen des Infotainmentsystems⁴: (1) Navigation, (2) MP3-Wiedergabe, (3) Bedienung des Radios und (4) Benutzung eines bluetoothgekoppelten Smartphones. Für jede Menügruppe wurden nach Expertenurteil Aufgaben niedriger und hoher (für die Domänen MP3-Bedienung und Navigation auch mittlerer) Schwierigkeit konstruiert und via KLM modelliert, die allein durch aktive Bedienung des Infotainmentsystems gelöst werden konnten. Tabelle 1 enthält eine Auflistung der Aufgaben, wobei dort die aufsteigende Nummerierung der Schwierigkeit entspricht. Wie in der Literatur üblich, hatten die Probanden zunächst ausreichend Zeit, sich mit den Aufgaben und Bedienschritten vertraut zu machen, so dass die Bedienung während der Fahrt als hochgeübt betrachtet werden kann (s.o. Testprotokoll, cf. AAM, 2006; NHTSA, 2012). Während des Experiments wurden die Blickbewegungen der Probanden von einem Dikablis-Eye-Tracking-System aufgezeichnet.

4 Ergebnisse

Blickabwendung Fahr Simulator: Die Gesamtblickabwendungszeiten sind getrennt nach Aufgabe und Menügruppe kumuliert über alle Probanden in Abbildung 2 und Tabelle 1

⁴ Während das Infotainmentsystem ausschließlich experimenteller Natur war, entsprachen Dialogführung und Ausgestaltung der Gesamtplattform sowie der Menüs den zum Zeitpunkt der Untersuchung marktüblichen Systemen des europäischen Mittelklassesegments.

dargestellt. Hierbei bestätigt sich grundsätzlich die Rangfolge der gewählten Aufgaben in den verschiedenen Domänen. Bis auf die Navigationsaufgabe mit der höchsten Schwierigkeit konnten alle Aufgaben von den Probanden mit den geringsten Blickabwendungszeiten mit Blickabwendungen von unter 10 s gelöst werden; die schwierigste Navigationsaufgabe fällt hierbei mit gut 23 s etwas aus dem Raster. Die längsten Blickabwendungszeiten bewegen sich über alle Aufgaben zwischen 10 s und 66 s. Alle Aufgaben mit Ausnahme der mittleren und der schwierigen Navigationsaufgabe konnten von gut der Hälfte der Probanden mit Blickabwendungen von 10 s oder weniger korrekt beendet werden. Insgesamt bestätigt die Deskription die angestrebte Bandbreite der ausgewählten Aufgaben bezüglich der Blickabwendungszeit von der Straße während der Aufgabenbearbeitung.

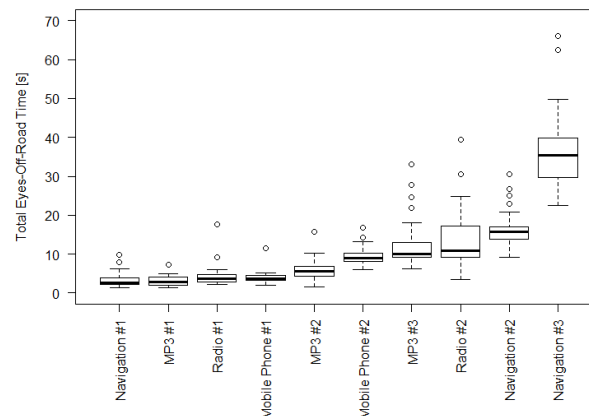


Abbildung 2: Boxplots der gemessenen Blickabwendungszeiten.

Aufgabe	Beschreibung	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Max</i>
Navigation #1	Option auf Karte aktivieren	3.32	1.92	9.88
MP3 #1	Lied wechseln	3.05	1.39	7.28
Radio #1	Option in Radiomenü aktivieren	4.42	3.11	17.56
Mobile Phone #1	Gespeicherte Nummer wählen	4.15	1.97	11.60
MP3 #2	Option in MP3-Menü aktivieren	6.01	2.63	15.72
Mobile Phone #2	Nummer wählen	9.55	2.36	16.88
MP3 #3	Spezifisches Lied wählen	12.53	6.42	33.16
Radio #2	Manuelle Frequenzwahl	13.70	8.09	39.32
Navigation #2	Navigation zu POI	16.43	4.83	30.52
Navigation #3	Vollständige Adresseingabe	36.57	10.03	66.16

Tabelle 1: Deskriptiva der Gesamtblickabwendungszeit.

KLM-Modellierung: Für die Modellierung der Blickabwendungszeiten waren im Vorfeld für jede Aufgabe detaillierte Handlungssequenzen mit den in Tabelle 2 dargestellten KLM-Operatoren erstellt worden (vgl. Schneegaß et al., 2011). Zur Schätzung der Blickabwendungszeiten bei der Bedienung des Infotainmentsystems während der Fahraufgabe wurde

eine lineare Regression berechnet, in die als Prädiktoren neben den KLM-Operatoren (vgl. Tabelle 2) zusätzlich das Alter der Probanden aufgenommen wurde.

Operator	Beschreibung	Bediendauer [s]
K	Tastendruck	0.54
AS _{predictable}	Suche in Liste bekannten Inhalts	0.30
AS _{unpredictable}	Suche Liste unbekannten Inhalts	1.12
T _{-180°}	Drehbewegung 180° entgegen Uhrzeigersinn	1.40
R	Gemessene Systemlatenzzeit	T

Tabelle 2. KLM-Parameter zur Modellierung der Bedienschritte der Aufgaben-Bediendauern
vgl. Schneegaß et al., 2011

Die anhand der Gesamtstichprobe geschätzten Parameter des linearen Regressionsmodells finden sich in Tabelle 3 dargestellt. Mit einer Varianzaufklärung von 78 % ist dem Modell eine hohe Modellgüte zu bescheinigen ($R^2_{Adj.} = .78$, $SE_{Resid.} = 5.27$, $df = 280$). Es lässt sich hierbei konstatieren, dass die Größenordnungen der mit den Operatoren korrelierten Blickabwendungszeiten von der Straße während der Fahraufgabe bei grundsätzlich identischer Rangfolge deutlich höher ausfallen als die in der Literatur beschriebenen Bediendauern im Stand (cf. Schneegaß et al., 2011). Besonders deutlich sind die Unterschiede bei der visuellen Suche in Listen bekannten und unbekannten Inhalts, bei der Bedienung des Drehknopfes hingegen sind die angenommene Bediendauer und die im Modell geschätzte Blickabwendungszeit praktisch identisch.

	β	SE	t	p
β_0	-4.12	1.44	-2.87	.004
K	0.77	0.10	7.51	.000
AS _{predictable}	0.78	0.33	2.35	.020
AS _{unpredictable}	2.89	0.85	3.40	.001
T _{-180°}	1.40	0.13	10.63	.000
R	0.46	0.10	4.63	.000
Alter	0.17	0.04	4.16	.000

Tabelle 3: Modellparameter zur Schätzung der Blickabwendungszeit aus den KLM-Parametern
(zzgl. Alterseffekt; Schätzung an vollständiger Probandenstichprobe)

Abbildung 3 zeigt exemplarisch die Auswirkungen der Modellparameter für den Operator K sowie das Probandenalter auf die Gesamtblickabwendungsdauer einer Aufgabe bei ansonsten konstant gehaltenen Modellparametern. Die schwarzen Markierungen am unteren Rand der Grafiken indizieren die in die Schätzgleichung eingegangenen Datenpunkte. Die roten Linien markieren das 95%-Konfidenzintervall um den geschätzten Effekt. Abschließend wurde zur Validierung des Modells eine Split-Half-Prozedur durchgeführt. Zunächst wurden an einer zufällig ausgewählten Hälfte der Probandenstichprobe die Modellparameter erneut geschätzt. Anschließend wurden die Gesamtblickabwendungsdauern zur Aufgabenbedienung während der Fahrt an der anderen Hälfte der Stichprobe validiert. Wie in Abbildung 4 dargestellt,

zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen beobachteten und vorhergesagten Werten ($R^2_{Adj.} = .80$, $SE_{Resid.} = 4.66$, $df = 144$).

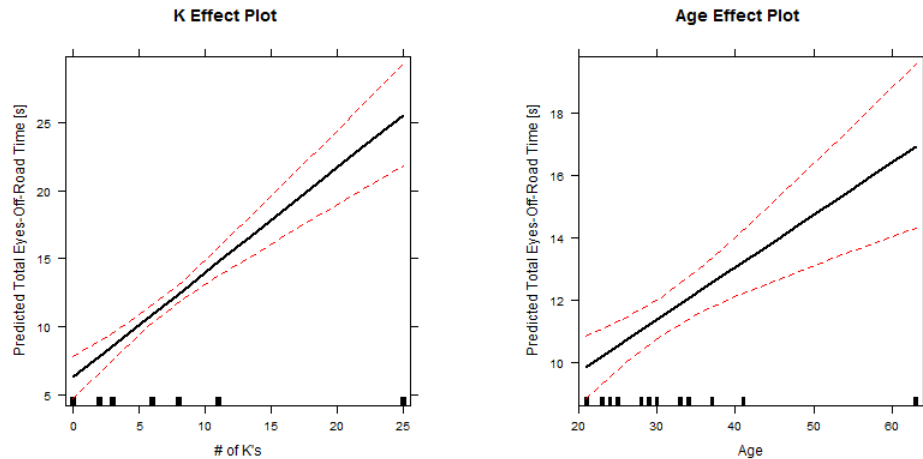


Abbildung 3: Effekte auf die Blickabwendungszeit für die Modellparameter K und Probandenalter..

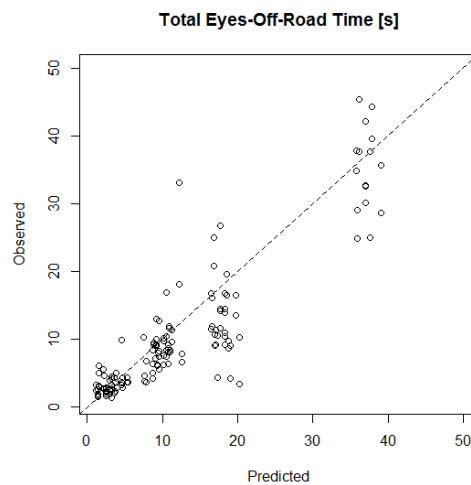


Abbildung 4: Korrelation zwischen vorhergesagter und beobachteter Blickabwendungszeit.

5 Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen exemplarisch, dass sich Blickabwendungszeiten während der Bedienung eines Infotainmentsystems im Automobil mit Hilfe von KLM-Operatoren zuverlässig präzisieren lassen. Die vorhergesagten, mit den Operatoren asso-

zierten Blickabwendungsdauern sind hierbei durchwegs etwas höher als die im Stand bestimmten und in der Literatur mehrfach beschriebenen Bediendauern (Pettitt, 2008; Pettitt et al., 2007; Schneegaß et al., 2011). In Hinblick auf die Gesamtvarianz der Blickabwendungszeiten ist dem Modell hohe Varianzaufklärung zu bescheinigen und die Schätzung von Blickabwendungszeiten konnte anhand einer Split-Half-Prozedur erfolgreich exemplifiziert werden, so dass im konkreten Anwendungsfall von einer hohen Schätzungsgüte auszugehen ist. Der vorgestellte Ansatz stellt insofern eine wesentliche Erweiterung des KLM dar, da mit Hilfe von bekannten KLM-Operatoren eine Schätzung der Blickabwendungszeiten während einer Fahrt im Fahrsimulator vorgenommen werden konnte und eben nicht nur, wie in der klassischen Literatur üblich, Vorhersagen über Gesamtbediendauern am isoliert bedienten System getroffen wurden. Berücksichtigt man insbesondere Anforderungen aktueller nationaler und internationaler Normen und Richtlinien für die Gestaltung von Infotainmentsystemen im Fahrzeug, so wird deutlich, dass die Blickabwendungszeit bei der Bedienung von Nebenaufgaben im Fahrzeug eine wesentliche Bewertungsgröße darstellt (cf. AAM, 2006; NHTSA, 2012). Der Ansatz stellt somit einen Brückenschlag zwischen der klassischen KLM-Modellierung der Bediendauern und der Ablenkungsmessung von Nebenaufgaben im Fahrzeug dar. Der Ansatz kann insbesondere zur vorläufigen und frühzeitigen Abschätzung von Blickabwendungszeiten von Aufgabenvarianten genutzt werden.

Literaturverzeichnis

- AAM. (2006). Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems. Washington, D.C.: Alliance of Automobile Manufacturers (AAM). Driver Focus-Telematics Working Group.
- Bach, K. M., Jaeger, M. G., Skov, M. B. & Thomassen, N. G. (2009). Interacting with In-Vehicle Systems: Understanding, Measuring, and Evaluating Attention. Paper presented at the Proceedings of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology, Cambridge, United Kingdom.
- Card, S. K., Moran, T. P. & Newell, A. (1980). The keystroke-level model for user performance time with interactive systems. *Commun. ACM*, 23(7), 396-410. doi: 10.1145/358886.358895
- Card, S. K., Moran, T. P. & Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dingus, T. A., Hulse, M. C., Mollenhauer, M. A., Fleischman, R. N., McGehee, D. V. & Manakkal, N. (1997). Effects of age, system experience, and navigation technique on driving with an advanced traveler information system. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 39(2), 177-199.
- Green, P. (1992). American human factors research on in-vehicle navigation systems. Final report.
- Green, P. (1999a). The 15-second rule for driver information systems. Paper presented at the Proceedings of the ITS America Ninth Annual Meeting.
- Green, P. (1999b). Estimating Compliance with the 15-Second Rule for Driver-Interface Usability and Safety. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 43(18), 987-991.
- Green, P. (1999c). Visual and task demands of driver information systems.

- Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J. D. & Ramsey, D. J. (2006). The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data. Washington DC: U.S. National Highway Traffic Safety Administration.
- Manes, D., Green, P. & Hunter, D. (1998). Prediction of Destination Entry and Retrieval Times Using Keystroke-Level Models. Ann Arbor: The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI).
- NHTSA. (2012). Visual-manual NHTSA driver distraction guidelines for in-vehicle electronic devices. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Department of Transportation (DOT).
- Olson, J. R. & Nielsen, E. (1987). Analysis of the Cognition Involved in Spreadsheet Software Interaction. *Human-Computer Interaction*, 3(4), 309-349.
- Pettitt, M. (2008). Visual Demand Evaluation Methods for In-Vehicle Interfaces. Doctor of Philosophy, University of Nottingham.
- Pettitt, M., Burnett, G. & Karbassioun, D. (2006). Applying the keystroke level model in a driving context. Paper presented at the Contemporary Ergonomics: Proc. Ergonomics Society Annual Conference.
- Pettitt, M., Burnett, G. & Stevens, A. (2007). An extended keystroke level model (KLM) for predicting the visual demand of in-vehicle information systems. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, San Jose, California, USA.
- SAE J2364. (2004). SAE Recommended Practice Navigation and Route Guidance Function Accessibility While Driving. Warrendale: Society of Automotive Engineers.
- SAE J2365. (2002). SAE Recommended Practice: Calculation of the Time to Complete In-Vehicle Navigation and Route Guidance Tasks. Warrendale: Society of Automotive Engineers.
- Schneegaß, S., Pfleging, B., Kern, D. & Schmidt, A. (2011). Support for modeling interaction with automotive user interfaces. Paper presented at the Proceedings of the 3rd International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, Salzburg, Austria.
- Stanton, N. A. & Young, M. S. (2003). Giving Ergonomics Away? The Application of Ergonomics Methods by Novices. *Applied Ergonomics*, 34(5), 479-490.
- Tijerina, L., Parmer, E. & Goodman, M. J. (1998). Driver workload assessment of route guidance system destination entry while driving: A test track study. Paper presented at the Proceedings of the 5th ITS World Congress.
- Wierwille, W. W., Antin, J. F., Dingus, T. A. & Hulse, M. C. (1988). Visual Attentional Demand of an In-car Navigation Display System. In A. G. Gale, M. H. Freeman, C. M. Haslegrave, P. Smith & S. P. Taylor (Eds.), *Vision in Vehicles II*. Amsterdam: North-Holland.