

Simulatorstudien zur Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Mensch und Sicherheit Heft M 253

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving them a 3D appearance as if they are floating above a surface. The background is a light gray with a thin white vertical line on the right side.

Simulatorstudien zur Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten

von

Nadja Schömig
Stefanie Schoch
Alexandra Neukum

Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften (WIVW) GmbH

Markus Schumacher
Bernhard Wandtner

Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergisch Gladbach

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 253

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.0551/12:
Risikoabschätzung der Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten im Rahmen einer Simulatorstudie

Fachbetreuung:
Markus Schumacher

Herausgeber
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag
Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9315
ISBN 978-3-95606-142-4

Bergisch Gladbach, Januar 2015

Kurzfassung – Abstract

Simulatorstudien zur Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten

Smartphones sind mittlerweile weiter verbreitet als herkömmliche Mobiltelefone. Ihre vielfältigen Funktionen werden auch beim Fahren genutzt. In zwei Simulatorstudien wurde untersucht, wie sich diese fahrfremden Tätigkeiten auf das sichere Fahren auswirken.

Im Fahrsimulator der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wurde untersucht, ob Fahrer in der Lage sind, die Beschäftigung mit einer fahrfremden Tätigkeit an die Anforderungen anzupassen, die aus unterschiedlichen Verkehrssituationen erwachsen. Hierzu wurde eine visuo-motorische Nebenaufgabe untersucht, ähnlich dem Eingeben einer Telefonnummer. In einer Bedingung musste diese Aufgabe unter Zeitdruck in vorgegebenen Streckenabschnitten bearbeitet werden (Blockbedingung), während die Fahrer in der anderen Bedingung die Möglichkeit hatten, diese Aufgabe nur dann zu bearbeiten, wenn die Verkehrssituation dies ihrer Meinung nach erlaubte (Selbstregulationsbedingung). Zusätzlich wurden Vergleichsdaten zum Fahren ohne Nebenaufgabe erhoben.

In kritischen Verkehrssituationen traten in der Blockbedingung unter Ablenkung signifikant mehr Fahrfehler auf. Insbesondere die Spurhaltung war stark beeinträchtigt. Bei der Anzahl der Kollisionen ließen sich dagegen keine Unterschiede nachweisen. Abgelenkte Fahrer fuhren in kritischen Situationen allerdings auch oftmals langsamer (Kompensationsreaktion). Hatten die Fahrer die Möglichkeit zur Selbstregulation, machten sie kaum mehr Fahrfehler als nicht abgelenkte Fahrer. Sie bearbeiteten dabei in den kritischen Situationen weniger Aufgaben. Die Ergebnisse werden unter Berücksichtigung spezifischer Strategien bei der Selbstregulation sowie moderierender Faktoren diskutiert.

Im Fahrsimulator des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH) wurden verschiedene Aufgaben untersucht, die an Smartphones ausgeführt werden können: Verfassen und Lesen von SMS, Eingeben von Telefonnummern sowie der Informationsabruf aus dem Internet. Eine Gruppe bearbeitete diese Aufgaben in einem freien Bedienkontext, d. h. direkt über Eingaben am Smartphone, das in einer Halterung am Armaturenbrett befestigt war.

Die andere Gruppe bearbeitete diese Aufgaben in einer integrierten Bedienlösung. Diese ermöglichte die Steuerung über Sprachbefehle und umfasste eine Vorlesefunktion. Weiterhin war die Nutzung des Internets beschränkt. Die Auswirkungen auf das Blick- und Fahrverhalten wurden sowohl in einer standardisierten Folgefahrt (CarFollow-Anordnung) als auch in einem komplexen Prüfparcours untersucht, der vielfältige Szenarien mit unterschiedlichen Anforderungen beinhaltete, mit denen Fahrer typischerweise konfrontiert werden.

Es zeigte sich zusammenfassend, dass die Leistung der Fahrer sowohl im Hinblick auf die Längs- und die Querregelung als auch in Bezug auf das Auftreten von Fahrfehlern besonders stark beeinträchtigt ist, wenn Aufgaben am Smartphone ausgeführt werden, die hohe visuell-motorische Anforderungen an den Fahrer stellen, wie beim Lesen und beim Eingeben von längeren Texten. Daher sind das Verfassen von Kurznachrichten und E-Mails sowie anspruchsvolle Internetaktivitäten, wie z. B. das Lesen auf Mobilseiten von Nachrichten Anbietern und Zeitungen während der Fahrt als eher kritisch zu betrachten. Insgesamt schneiden diese Aufgaben, werden sie mittels einer integrierten Bedienlösung ausgeführt, im Hinblick auf das verursachte Ausmaß der Beeinträchtigung besser ab. So ist die Ablenkung beim Verfassen von Textnachrichten mittels Spracherkennung und bei Nutzung der Vorlesefunktion für eingehende Textnachrichten deutlich reduziert. In der Folge kann die Spurhaltung besser aufrechterhalten werden und es treten weniger Fehler beim Fahren auf. Die Fahrer standen einer Kopplung ihres Smartphones an das fahrzeuginterne Informationssystem und den damit verbundenen Möglichkeiten und Einschränkungen positiv gegenüber.

Trotz zum Teil feststellbarer Leistungsbeeinträchtigungen waren keine gravierenden Auswirkungen der Smartphonebenutzung auf die Fahrsicherheit feststellbar. Die Anzahl kritischer Situationen (u. a. Gefährdungen anderer Verkehrsteilnehmer, Kollisionen) stieg aufgrund der Benutzung des Smartphones nicht bedeutsam an. Dies lässt sich unter anderem auf erhöhte Kompensationsbemühungen der Fahrer zurückführen, die sich in größeren Abständen oder geringeren Geschwindigkeiten

während der Ausführung dieser Aufgaben zeigten. In besonders zeitkritischen Situationen verzichtete ein bedeutsamer Teil der Fahrer komplett auf die Bearbeitung der Aufgaben. So wurde auch in dieser Studie deutlich, dass die Interaktion mit Nebenaufgaben an die Anforderungen der jeweiligen Fahrsituationen angepasst wird.

Distraction effects of non-driving related activities – simulator studies

As multimedia devices like smartphones and tablet-PCs become more frequently used while driving, the potential problems of those non-driving related activities are rising and are getting into public awareness. Beyond simply making phone calls, these devices are allowing a number of other activities such as texting, writing and reading emails and searching the web. Scientific studies on the distraction effects of such new functionalities in the vehicle and their potential endangerment of road safety are therefore of special importance. This report describes two simulator studies on this topic. Besides methodological issues, the results are discussed with regard to the impact of those non-driving related tasks on road safety.

In the first study conducted in the driving simulator of the Federal Road Research Institute (BAST), 39 participants drove in the simulator while performing a secondary visual-motor task. One group of drivers had to work on this task in specific traffic situations (block-condition), while the other group was free to decide when to work on this task (self-regulatory-condition). Driving without distraction was used as comparator. For the first group, distraction was associated with high decrements in driving performance (especially in lane keeping). No impact was found on the number of collisions, probably because of the lower driving speeds while being distracted (compensatory behavior). For the self-regulatory group only very little impairments in driving performance were found. Drivers engaged less in the secondary task in critical situations. Implications of this study are discussed with consideration of specific self-regulatory strategies and moderating factors.

In the second simulator study conducted at the Würzburg Institute for Traffic Sciences (WIVW GmbH) with a sample of 48 drivers, several non-driving related activities on a smartphone were investigated, such as sending and receiving text

messages, dialing phone numbers and searching the web. 24 drivers performed these tasks in a free non-integrated context, which means that text and numbers had to be entered directly on the smartphone mounted in a dashboard mount. Additional 24 drivers performed these tasks in an integrated context which allowed using voice recognition and text-to-speech. Internet access was restricted to selected contents. The effects of these non-driving related activities on eye glance behavior, driving performance and safety were assessed both in a standardized car-follow scenario as well as on a complex driving course containing different traffic scenarios.

The results showed that driving performance was more impaired by activities imposing high visual-motoric demands, such as reading and writing text messages. Therefore, writing text messages or emails on the phone as well as browsing mobile news pages is considerably impairing. Overall, if an integrated control solution was used, driving was less impaired as visual-motoric distraction is reduced. Receiving and sending text messages by voice control distracted drivers less, so that lateral control was less impaired and less driving errors occurred. In addition driving performance was rated as being less impaired. Drivers stated that they would accept the integration of their smartphone into the in-vehicle information system by a dedicated car-application with its benefits and restrictions. Despite the observed impairments in driving performance, no serious effects of these non-driving related activities on safety could be found. The number of critical situations (endangering other road users, crashes) did not rise in a considerable way due to the interaction with these tasks. This might be explained by an increase in compensational effort (e.g. increased distances to leading vehicles, reduced driving speed). In very time critical situations drivers completely refrained from performing these tasks. In addition, it became obvious that drivers adapted their non-driving related activities to the performance demands of the traffic situation.

Inhalt

Abkürzungen/Glossar	6	4 Simulatorstudie zur Erfassung selbstregulatorischer Fähigkeiten der Fahrer beim Umgang mit Nebenaufgaben	34
1 Einleitung und Überblick	9	4.1 Hintergrund und Zielstellung.	34
2 Fragestellungen	9	4.2 Methode	34
2.1 Klassifikation fahrfremder Tätigkeiten	10	4.2.1 Stichprobe.	35
2.2 Technische Weiterentwicklungen	11	4.2.2 Der Fahrsimulator der BAST.	35
2.3 Ausführungshäufigkeit fahrfremder Tätigkeiten	12	4.2.3 Versuchsstrecke	35
2.4 Gesetzliche Regelungen	13	4.2.4 Nebenaufgabe	36
2.5 Gestaltungsrichtlinien für fahrzeugintegrierte Geräte	14	4.2.5 Verteilung der Aufgabenblöcke.	37
2.6 Einfluss des Bedienkontextes.	16	4.2.6 Abhängige Variablen.	37
3 Methodische Überlegungen	17	4.2.7 Versuchsdurchführung	38
3.1 Wahl der Prüfanordnung	18	4.2.8 Statistische Auswertung	38
3.1.1 Standardprüfverfahren	18	4.3 Ergebnisse	39
3.1.2 Alltagsnaher Fahrparcours	20	4.3.1 Analyse der Fähigkeit zur Selbstregulation	39
3.1.3 Bewertung verschiedener Prüfanordnungen	22	4.3.2 Auswertung der Fahrleistungsparameter	40
3.2 Wahl der Aufgabeninstruktion.	23	4.4 Zusammenfassung und Diskussion	43
3.3 Wahl der Bewertungskriterien	26	5 Fahrsimulatorstudie zur Beurteilung der Ablenkungswirkung verschiedener Smartphone-Anwendungen	46
3.3.1 Absolute Kriterien	26	5.1 Hintergrund und Zielstellung.	46
3.3.2 Relative Kriterien	27	5.2 Methode	46
3.3.3 Bewertung der Kriterien	28	5.2.1 Der Fahrsimulator der WIVW GmbH	46
3.4 Wahl der Prüfparameter	28	5.2.2 Untersuchte Smartphone-Anwendungen.	47
3.4.1 Anzahl Unfälle	29	5.2.3 Verwendete Prüfanordnungen	50
3.4.2 Anzahl kritischer Fahrsituationen	30	5.2.4 Versuchsplan	55
3.4.3 Anzahl Fahrfehler	30	5.2.5 Stichprobe.	55
3.4.4 Spezifische Parameter des Fahr- und Blickverhaltens	32	5.2.6 Abhängige Variablen.	57
3.4.5 Bewertung der Prüfparameter	33	5.2.7 Versuchsablauf	61
		5.2.8 Statistische Auswertung	61

5.3	Ergebnisse standardisiertes Szenario „CarFollow“	62
5.3.1	Subjektive Beurteilung der Smartphone-Anwendungen	62
5.3.2	Bearbeitung der Smartphone-Aufgaben	62
5.3.3	Fahrverhalten – abschnittsbasiert	63
5.3.4	Fahrverhalten – aufgabenbasiert	67
5.3.5	Blickverhalten	68
5.3.6	Zusammenhang zwischen Fahr- und Blickverhalten	70
5.3.7	Bewertung der Ablenkungswirkung auf Basis des Fahr- und Blickverhaltens	70
5.3.8	Zusammenfassung der Ergebnisse	72
5.4	Ergebnisse zum realistischen Prüfparcours	73
5.4.1	Fitness-to-Drive-Skala	73
5.4.2	Fahrfehler nach Kategorien	74
5.4.3	Einzelbetrachtung der Fahrfehler	77
5.4.4	Bedientätigkeit und Blickverhalten	79
5.4.5	Vergleich der Blickparameter: realistischer Parcours vs. CarFollow	82
5.4.6	Situationsbezogene Analyse der Smartphone-Bedienung	83
5.4.7	Subjektive Angaben der Fahrer	85
5.4.8	Zusammenfassung der Ergebnisse	88
6	Zusammenführung aller Ergebnisse und Diskussion	89
Literatur		95

Abkürzungen/Glossar

AAA	American Automobile Association
AAM	Alliance of Automobile Manufacturers
AB	Autobahn
Abhängige Variable (AV)	Größe, die im Experiment gemessen wird; in ihr zeigt sich die Wirkung der UV
ADAM	Advanced Driver Attention Metrics Project
Alpha	Alpha-Fehler; wenn beim Testen einer Hypothese die Nullhypothese abgelehnt wird, obwohl sie in Wirklichkeit wahr ist
Alpha-Adjustierung	Methode, um der Erhöhung des Alpha-Fehlers beim multiplen Testen entgegenzuwirken
App	Application software (engl.); Anwendungssoftware
Between-Faktor	Bedingung, die zwischen den Gruppen variiert wird
Between-Subjects-Design	Versuchsplan mit zwei (oder mehr) experimentellen Bedingungen, die in zwei (oder mehr) Probandengruppen realisiert werden
Bivariate Korrelation	Maß für den Zusammenhang zweier Merkmale
BMI	Österreichisches Bundesministerium des Innern
CAN	Controlled Area Network
CarFollow	Standardisiertes Szenario, in dem der Fahrer im Folgefahrzeug einem vorausfahrenden Führungsfahrzeug folgt, das ein vorgegebenes Geschwindigkeitsprofil fährt
CF	CarFollow (engl.); Folgefahrt
CSV	Comma-Separated Values (engl.); Dateiformat einer Textdatei
df	degree of freedom; Anzahl der Freiheitsgrade in einem statistischen Test

DFD-Protocol	Dynamic Following and Detection Protocol (engl.); Erfassung des Fahrverhaltens über eine Folgefahranordnung in einer dynamischen Fahrumgebung	JAMA κ_w	Japan Automobile Manufacturers Association Kappa; Maß für die Inter-Rater-Übereinstimmung
DS-Protocol	Driving Test Protocol (engl.); Erfassung des Fahrverhaltens über eine Folgefahranordnung in einer dynamischen Fahrumgebung	Kruskal-Wallis-Test KU	Statistischer Test Kategorienunterteilungsverfahren bei skaliertem Fragebogen
EEG	Elektroenzephalografie	LA	Landstraße
EGO-Fahrzeug	Eigenes Fahrzeug	Längsregulation	Abstands- und Geschwindigkeitshaltung
EKG	Elektrokardiogramm		
ESOP	European Statements of Principles on Human-Machine-Interface	LCT	Lane Change Task (engl.); Spurwechsel-Fahraufgabe zur Erfassung der Fahrerablenkung
F	F-Wert aus einem statistischen Test, dessen Teststatistik einer F-Verteilung folgt	Literatur-Review LZA	Zusammenfassung publizierter Studien eines Themengebiets Lichtzeichenanlage
f	Maß für die Effektstärke	M	Mittelwert
Faktorstufen	Ausprägungen der unabhängigen Variablen in einem Experiment	Messwiederholung	An einer Stichprobe wird wiederholt die gleiche abhängige Variable gemessen; dieselben Personen durchlaufen alle Untersuchungsbedingungen
FAT	Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V.		
FIS	Fahrerinformationssystem	Mockup	Nachbildung der Fahrerkabine
FMCSA	Federal Motor Carrier Safety Administration	mph	Miles per hour (engl.); Meilen pro Stunde
Ftd-Rating	Fitness-to-drive Rating (engl.); Beurteilung der Fahrleistungsgüte	ms MTH	Millisekunde Mean Time Headway (engl.); mittlerer Sekundenabstand zum Vorderfahrzeug
GB	Gigabyte		
Ghz	Gigahertz		
Haupteffekt	Einfluss einer einzelnen UV	Multimedia-Konnektivitätssystem	System, das es u. a. erlaubt, per Sprachsteuerung Musik abzuspielen oder Telefongespräche über die Bluetooth®-Freisprecheinrichtung aufzubauen
Hz	Hertz		
HMI	Human-Machine-Interface (engl.); Mensch-Maschine-Schnittstelle	N	Stichprobengröße; Anzahl
Interrater-Reliabilität	Maß für die Urteilerübereinstimmung	NA	Nebenaufgabe
ISO-Norm	Von der Internationalen Organisation für Normung (ISO) publizierte Norm	NHTSA η^2	National Highway Traffic Safety Administration Maß für die Effekt-Größe
IVIS	In-Vehicle Information System (engl.); Fahrerinformationssystem	Okklusionsmethode	Verfahren zur Bewertung der visuellen Beanspruchung von Aufgaben

p	Probability Value; Signifikanzwert in einem statistischen Test	Varianzanalyse	Statistisches Verfahren
Perzentil	Statistischer Wert, unter dem ein bestimmter Prozentsatz der Messwerte liegt	Visuell-motorische Anforderungen	Anforderungen die Koordination von visueller Wahrnehmung und Bewegung betreffend (z. B. Auge-Hand-Koordination)
PDA	Personal Digital Assistent (engl.); persönlicher digitaler Assistent; kompakter, tragbarer Computer	Wechselwirkung	Einfluss einer UV in Abhängigkeit einer anderen UV
Post-hoc-Test	Statistisches Verfahren zur differenzierten Überprüfung globaler Effekte	WHO	World Health Organisation
Querregulation	Spurhaltung, Lenken	Within-Faktor	Bedingung, die innerhalb einer Gruppe variiert wird
randomisiert	zufällig	WIVW GmbH	Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften GmbH
RAM	Random Access Memory (engl.); Arbeitsspeicher eines Computers	χ^2	Chi-Quadrat; Wert aus einem statistischen Test, dessen Teststatistik einer Chi-Quadrat-Verteilung folgt
S.A.F.E.	Standardized Application for Fitness to Drive Evaluations (engl.); Anwendung zur Erfassung des Fahrverhaltens des WIVW		
SD	standard deviation (engl.); Standardabweichung		
SDLP	Standard deviation of lateral position (engl.); Standardabweichung der Spurposition		
SDTH	Standard Deviation Time Headway (engl.); Standardabweichung des Sekundenabstands zum Vorderfahrzeug		
SE	Standard error (engl.); Standardfehler		
SIM-Studie	Studie im Fahrsimulator		
T-Test	Statistisches Verfahren		
T9	Automatische Worterkennung		
Touchscreen	Berührungsempfindliches Display		
TTC	Time-To-Collision (engl.); Zeit bis zum Aufprall		
Univariat	Den Einfluss einer Variablen betreffend		
Unabhängige Variable (UV)	Im Experiment manipulierte Bedingung		

1 Einleitung und Überblick

Die Durchführung fahrfremder Tätigkeiten während des Autofahrens stellt ein potenzielles Problemfeld auf deutschen Straßen dar. Nach den amtlichen Unfallstatistiken der letzten Jahre spielen Unaufmerksamkeit und Ablenkung bei einer Vielzahl von Unfällen eine Rolle: Daten aus Österreich zufolge sind ca. 16 % aller Unfälle primär durch Ablenkung verursacht (BMI, 2011). Schweizer Statistiken belegen, dass Unaufmerksamkeit und Ablenkung 17 bis 27 % aller Unfälle zumindest mit verursachen (EWERT, 2011); Unfallstatistiken aus den USA legen nahe, dass ca. 16 % aller Unfälle mit Todesfolge und 21 % aller Unfälle mit Verletzen unter dem Mitwirken von Ablenkung entstehen (NHTSA, 2009).

Seit vielen Jahrzehnten wird daher bereits im Bereich der Verkehrssicherheit Forschung zum Thema Unaufmerksamkeit und Ablenkung betrieben.

Ablenkung wird dabei verstanden als eine potenzielle Auswirkung fahrfremder Tätigkeiten, die unmittelbar mit negativen Folgen für die Fahrleistung und die Fahrsicherheit verbunden wird. REGAN, HALLET & GORDON (2011, S. 1) definieren Ablenkung als "diversion of attention away from driving, or safe driving; attention is diverted toward a competing activity, inside or outside the vehicle, which may or may not be driving-related; the competing activity may compel or induce the driver to divert attention toward it; and there is an implicit, or explicit, assumption that safe driving is adversely effected".

Allerdings ist zu betonen, dass der ablenkende Effekt der fahrfremden Tätigkeiten zuerst nachgewiesen werden muss. Dazu muss die Interaktion der Fahrer mit fahrfremden Tätigkeiten detailliert analysiert und deren Auswirkungen auf das Fahr- und Blickverhalten umfassend betrachtet werden. Die Beurteilung der Ablenkungswirkung muss dabei auf einer breiten Basis geschehen, sodass die gesamte Komplexität der Fahraufgabe abgebildet werden kann und auch selbstregulatorische Fähigkeiten der Fahrer berücksichtigt werden.

Zu den Auswirkungen des Telefonierens während der Fahrt wurden Ende der Neunzigerjahre zahlreiche Studien veröffentlicht, die das Ablenkungsrisiko solcher Aktivitäten beschreiben (z. B. HORREY & WICKENS, 2006 für eine Übersicht). Unter anderem auf Basis dieser wissenschaftlichen Forschung

sowie einer flächendeckenden Verbreitung dieses Problems wurde eigens ein gesonderter Paragraph in die Straßenverkehrsordnung (StVO) eingeführt (§ 23 Abs. 1a Satz 1), der dem Fahrzeugführer die Benutzung eines Mobil- oder Autotelefon untersagt, wenn er hierfür das Mobiltelefon oder den Hörer des Autotelefon aufnimmt oder hält.

Im Zuge stetig wachsender Verbreitung von Multi-Mediageräten, wie Smartphones und Tablet-PCs, die auch während der Fahrt im Auto genutzt werden können, vergrößert sich das Problemfeld fahrfremder Tätigkeiten zunehmend und dringt auch verstärkt ins öffentliche Bewusstsein. Wissenschaftliche Studien zur Ablenkungswirkung solcher neuer Funktionalitäten im Fahrzeug und deren möglichen Gefahren für die Fahrsicherheit sind daher von besonderer Bedeutung.

Der vorliegende Bericht diskutiert zunächst in einem ersten Teil den nach wie vor hohen Forschungsbedarf zu diesem Themenkomplex und formuliert verschiedene Fragestellungen, die bislang aufgrund der rasanten technischen Entwicklungen noch nicht zufriedenstellend beantwortet wurden (Kapitel 2). In einem zweiten Abschnitt werden verschiedene Ansätze zur methodischen Herangehensweise an den Themenkomplex diskutiert. Fokussiert wird hier auf experimentelle Ansätze in der Fahrsimulation (Kapitel 3).

Daran anschließend werden zwei Simulatorstudien vorgestellt. Die erste Studie wurde im Fahrsimulator der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) durchgeführt und konzentrierte sich auf die Frage der selbstregulatorischen Fähigkeiten von Fahrern beim Umgang mit Nebenaufgaben (Kapitel 4). Die zweite Studie wurde im Fahrsimulator des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH) durchgeführt. Sie untersuchte die Ablenkungswirkung unterschiedlicher fahrfremder Tätigkeiten, die mittels eines Smartphones ausgeführt werden, in einer standardisierten Fahranordnung sowie in einem vielfältigen Prüfparcours (Kapitel 5).

In Kapitel 6 werden die Ergebnisse aus beiden Studien zusammenfassend diskutiert.

2 Fragestellungen

In diesem Kapitel wird der aktuelle Forschungsbedarf zum Themenkomplex der Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten anhand verschiede-

ner Fragestellungen diskutiert. Dabei erfolgt zunächst auf Basis einer Klassifikation verschiedener fahrfremder Tätigkeiten eine Einschränkung, welche Tätigkeiten vorrangig betrachtet werden sollen.

2.1 Klassifikation fahrfremder Tätigkeiten

Generell können fahrfremde Tätigkeiten nach verschiedenen Dimensionen klassifiziert werden. So kann zum Beispiel unterschieden werden, ob der Fahrer sich mit Tätigkeiten innerhalb des Fahrzeugs (z. B. dem Ablesen von Informationen auf dem Fahrerinformationssystem FIS) vs. außerhalb des Fahrzeugs befasst (z. B. dem Betrachten von Werbung am Fahrbahnrand). Des Weiteren können Tätigkeiten danach unterschieden werden, ob sie technologiebasiert vs. nicht-technologiebasiert

sind. Nicht-technologiebasierte Tätigkeiten sind beispielsweise Essen, Trinken, Rauchen oder sich mit dem Beifahrer unterhalten. Technologiebasiert sind Tätigkeiten, bei denen ein elektronisches Gerät bedient wird, das entweder fest ins Fahrzeug integriert ist (Radio, CD, Klimaanlage, Multimedia-systeme) oder von außen ins Fahrzeug gebracht wurde (portable Geräte wie Tablet-PCs oder Mobiltelefone).

Weiterhin müssen Nebenaufgaben dahingehend unterschieden werden, ob vom Fahrer initiierte Bedienhandlungen betrachtet werden oder vom System ausgehende Informationen oder Meldungen. Im ersten Fall kann der Fahrer den Zeitpunkt der Bedienung selbst wählen und auch, ob und, wenn ja, wann er diese Aufgabe unterbricht. Es erfolgt also eine bewusst gewählte Abwendung von der Fahraufgabe hin zur Nebenaufgabe.

Oberkategorie	Evtl. Unterkategorien	Beschreibung
Essen/Trinken		<ul style="list-style-type: none"> Fahrer isst oder trinkt Zugehörige Aktionen wie Öffnen einer Dose inbegriffen
Rauchen		
Auf den Körper bezogen		<ul style="list-style-type: none"> Fahrer berührt oder ändert etwas an seinem Körper (z. B. Haare, Makeup, Nase rümpfen). Kurze, unbewusste Handlungen sind ausgenommen
Beifahrer betreffend		<ul style="list-style-type: none"> Beifahrer anwesend und Fahrer spricht, gestikuliert, schaut ihn an
Andere Tätigkeiten im Fahrzeug	Lesen/Schreiben	<ul style="list-style-type: none"> Fahrer liest oder schreibt etwas auf Papier
	Suchen/Kramen/nach etwas Greifen	<ul style="list-style-type: none"> Fahrer schaut ein Objekt an und versucht es zu erreichen. Fahrer sucht nach etwas, z. B. in einer Tasche. Fahrer sortiert herumliegende Dinge
	Andere	<ul style="list-style-type: none"> Alle anderen Nebentätigkeiten
Ablenkung von außen		<ul style="list-style-type: none"> Strecke z. B. Baustelle Etwas anschauen (z. B. Fußgänger/Werbung) Etwas anhören (z. B. Musik aus anderem Auto, Sirenen)
Selbst initiierte Handlungen		<ul style="list-style-type: none"> Reden (Selbstgespräch) Singen Über etwas nachdenken Etwas intensiv betrachten
Bedienaufgaben bei fahrzeugzugehörigen Geräten		<ul style="list-style-type: none"> Alle Einstellungen, die fürs Fahren nötig sind (z. B. Sitz, Spiegel etc., Bedienung von eingebauten Geräten Telefonieren über Freisprecheinrichtung
Bedienaufgaben bei nicht-fahrzeugzugehörigen Geräten	Bedienaufgaben am Mobiltelefon/Smartphone	<ul style="list-style-type: none"> In der Hand gehalten oder in Halterung Alle Arten von Gerätenutzung (SMS schreiben, eingehende Anrufe checken etc.) Telefongespräch führen
	Bedienung anderer technischer Geräte	<ul style="list-style-type: none"> Nutzung anderer technischer Geräte (Computer, PDA, mobiles Navigationssystem)

Tab. 1: Klassifikation fahrfremder Tätigkeiten (nach HUEMER & VOLLRATH, 2012, und METZ, LANDAU & JUST, 2013)

Eine psychologisch orientierte Klassifikation unterscheidet Tätigkeiten danach, welche Konzentrationsressourcen besonders beansprucht werden und welche Art von Ablenkung demnach resultiert. So klassifiziert die NHTSA (2012) die Arten von Ablenkung in

- visuell,
- manuell und
- kognitiv.

Bei vielen Tätigkeiten sind häufig alle Arten in unterschiedlichen Ausprägungen kombiniert anzutreffen. Beim Telefonieren beispielsweise stellt das Wählen einer Telefonnummer vor allem visuelle und manuelle Anforderungen, das Halten des Telefonhörers ist ausschließlich manuell, das Führen des Telefongesprächs selbst ausschließlich kognitiver Natur.

In vielen Studien wird anstelle dieser abstrakten Kategorien eine eher phänomenologische Klassifikation vorgenommen, die daraus resultiert, welche Nebentätigkeiten sich in der Beobachtung von außen bzw. auch durch die Fahrer selbst voneinander unterscheiden lassen. Eine sinnvolle Klassifikation ist beispielsweise die in Tabelle 1 dargestellte. Diese Klassifikation ist eine Zusammenführung der zwei sehr ähnlichen Ansätze von HUEMER & VOLLRATH (2012) und METZ, LANDAU & JUST (2013).

2.2 Technische Weiterentwicklungen

In der aktuellen Forschung zum Thema Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten sind vor allem solche Tätigkeiten im Fokus, die Fahrer durch die stetig wachsende Verbreitung von Multimediasystemen, Handys und portablen Navigationssystemen voraussichtlich in der nahen Zukunft vermehrt im Fahrzeug ausführen werden. Allen voran stehen hier das Verfassen und Empfangen von Textnachrichten und E-Mails sowie das Surfen im Internet. Zudem ist von Interesse, was sich an bestehenden Nebentätigkeiten aufgrund neuer technologischer Entwicklungen ändert. Hier ist in den letzten Jahren ein enormer Fortschritt festzustellen, sowohl was die Menge an nutzbaren Funktionalitäten (über Internettechnologien nutzbare Applikationen) als auch die Möglichkeiten der Bedienung (z. B. Touchscreen-Bedienung, Sprachbedienung) angeht. In vielen Studien zum Thema Ablenkung, auch in

Feldstudien, sind diese modernen Entwicklungen bislang noch nicht ausreichend berücksichtigt. Studien Ende der 90er Jahre hatten meist Systeme wie CD, Radio oder Kassette zum Inhalt. Später wurden überwiegend die Auswirkungen von Navigationssystemen und in überwältigender Zahl das Telefonieren untersucht. Neuere Funktionalitäten wie das Schreiben von Textnachrichten wurden selbst in der häufig zitierten „100-Car Study“ (NEALE et al., 2005), in der zwischen 2003 und 2004 Daten von nahezu 100 Fahrzeugen erhoben wurden, noch nicht separat erfasst. Erst in den beiden Studien der Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA), für die in den Jahren 2004 bis 2005 bzw. 2005 bis 2007 Daten von Lkw-Fahrern erhoben wurden (HANOWSKI et al., 2008; BLANCO et al., 2008), wurde diese Aufgabe als eine der Aufgaben mit dem höchsten Sicherheitsrisiko identifiziert.

Inzwischen gibt es einige Studien zu den Auswirkungen des Verfassens von Textnachrichten, die alle übereinstimmend deren hohes Ablenkungspotenzial zeigen (z. B. HOSKING, YOUNG & REGAN, 2006; REED & ROBBINS, 2008; OWENS et al., 2010, CHEUNG, 2010). Studien zur Nutzung von Smartphones, die die Verwendung von Internetapplikationen ermöglichen, gibt es bislang nur sehr wenige. BASACIK, REED & ROBBINS (2011) beispielsweise ließen 28 junge Fahrer zwischen 18 und 25 Jahren ihr eigenes Smartphone mit Facebook-App während der Fahrt nutzen. Zu vorgegebenen Zeitpunkten sollten sie verschiedene Aufgaben auf der Facebook-Seite bearbeiten (Nachrichten schreiben und lesen bzw. Facebook-Status updaten). Als Leistungsparameter wurde die Reaktion auf auditiv oder visuell dargebotene Stimuli gemessen, nach deren Erscheinen die Fahrer so schnell wie möglich die Kupplung treten sollten. Insgesamt zeigte sich dabei, dass die Fahrleistung eingeschränkt war, wenn sie das Smartphone zum Senden und Empfangen von Nachrichten in sozialen Netzwerken nutzten. Besonders das Schreiben einer Textnachricht beeinflusste dabei die Fahrleistung (schlechtere Spurhaltung, häufigere Spurüber tretungen). Geringere Geschwindigkeiten, die beim Schreiben der Textnachrichten beobachtet werden konnten (nicht jedoch beim Lesen und dem Status-Update), schienen nicht auszureichen, um die zusätzlichen Anforderungen zu kompensieren. Allerdings zeigten sich diese Effekte immer nur für einzelne Aufgaben in einzelnen Situationen, außerdem wurden Übungseffekte in der Reaktionsleis-

tung sichtbar. Die Versuchsanordnung, in der die Fahrer angehalten wurden, zum vorgegebenen Zeitpunkt die Aufgabe unter allen Umständen zu bearbeiten, erwies sich als eher unrealistischer Ansatz, da nur 3 der 24 Fahrer im Anschluss sagten, dass sie während der Fahrt überhaupt soziale Netzwerke nutzen würden. Die Autoren empfehlen aufgrund ihrer Ergebnisse, mittels einer spezifischen Smartphone-Applikation den Zugang zu bestimmten Funktionen während der Fahrt zu unterbinden und die Fahrer über die erhöhten Risiken durch die Ablenkung durch Smartphones zu unterrichten.

Zu den Auswirkungen neuer Bedienformen wie Touchscreen-Bedienung gibt es bislang ebenfalls erst wenige Befunde. COOPER et al. (2011; zitiert aus BASACIK, REED & ROBBINS, 2011) führten eine Studie zum Verfassen von Textnachrichten durch, in der unter anderem verschiedene Bedienoberflächen miteinander verglichen wurden. Allerdings werden dazu keine Ergebnisse berichtet. Auch OWENS et al. (2010) verglichen das Verfassen von Textnachrichten mittels eines Keypads und eines Touchscreens und berichteten keine Ergebnisse über diesen konkreten Vergleich. JOHNSON (2011) konnte zeigen, dass die Bedienung per Touchscreen perzeptuell schwieriger ist, weil die Position der Tasten nicht erfühlbar ist und mehr visuelle Suche erfordert, während die Bedienung über Keypad mit zunehmender Übung blind erfolgen kann. RANNEY et al. (2011) verglichen die Bearbeitung verschiedener Aufgaben für verschiedene Gerätetypen, einem Blackberry mit Hard Keys sowie einem iPhone mit Touchscreen. Dabei ergaben sich leichte Unterschiede bezüglich der Bedienart, mit stärkeren Einbußen bei der Touchscreen-Bedienung, allerdings nur für einzelne Maße (3 von 12 signifikant) und nur für Probanden, die keine Vorerfahrung mit den Geräten hatten.

Zu den Auswirkungen von Sprachbedienung gibt es vor allem Studien zu Navigationssystemen (z. B. TSIMHONI et al., 2002; vgl. auch Review von YOUNG, 2003). Die Ergebnisse deuten generell darauf hin, dass Sprachbedienung gegenüber der manuellen Bedienung weniger ablenkend wirkt. Allerdings darf die längere Aufgabendauer dieser Bedienform und damit die höhere Exposition nicht außer Acht gelassen werden. Ergebnisse aus dem Projekt euroFOT zeigten, dass Bedieneingaben über Sprachsteuerung deutlich länger dauern, weil der Dialog insgesamt komplizierter ist (METZ, LANDAU, HARGUTT & NEUKUM, 2013).

Zusammenfassend wird ersichtlich, dass im Bereich neuer technischerer Entwicklungen im Fahrzeug noch deutlicher Forschungsbedarf in Bezug auf folgende Aspekte besteht:

- neuere Bedienformen (Sprachsteuerung),
- unterschiedliche Bedienaufgaben bei Smartphones, da diese immer häufiger auch während der Fahrt und nicht mehr nur zum Telefonieren, sondern für viele weitere Funktionen genutzt werden,
- internetbasierte Aktivitäten (Internetrecherche, soziale Netzwerke, E-Mail-Kommunikation).

2.3 Ausführungshäufigkeit fahrfremder Tätigkeiten

Ebenso bedeutsam für die Ausrichtung der Forschung zur Ablenkung ist, dass fahrfremde Tätigkeiten untersucht werden, die auch tatsächlich häufig während der Fahrt ausgeführt werden. Dies ist notwendig, um zu gewährleisten, dass die späteren Aussagen von Relevanz für die Sicherheit im Straßenverkehr sind. Besonders verbreitet ist aktuell die Nutzung von Smartphones im Fahrzeug für verschiedene Aktivitäten aus dem Bereich der Kommunikation (z. B. E-Mails, Textnachrichten, Zugriff auf soziale Netzwerke), der Information (Lesen von Nachrichten, Informationssuche auf Webseiten) und der Unterhaltung (Surfen im Internet, Musik hören, Spielen, Videos ansehen).

Die bislang belastbarsten Erkenntnisse über die Ausführungshäufigkeit fahrfremder Tätigkeiten kommen aus Befragungsstudien (z. B. HUEMER & VOLLRATH, 2012, für alle Arten von fahrfremden Tätigkeiten). Speziell zur Nutzung von Smartphones hat beispielsweise eine Umfrage der State Farm (amerikanische Autoversicherung) vom Juli 2012 mit 872 Fahrern ergeben, dass 57 % der Fahrer während der Fahrt mit einem Smartphone in der Hand telefonieren, 34 % Textnachrichten schreiben, 33 % einen iPod oder anderen MP3-Player benutzen, 36 % das Navigationsgerät programmieren und 21 % mit dem Smartphone ins Internet gehen. Betrachtet man die Gruppe der 18- bis 29-Jährigen, fallen diese Anteile noch deutlich höher aus (siehe Tabelle 2). Weiter wird berichtet, dass 83 % der 18- bis 29-Jährigen, 80 % der 30- bis 39-Jährigen, 66 % der 40- bis 49-Jährigen, 46 % der 50- bis 59-Jährigen und 26 % der über 65-Jährigen ein Smartphone besitzen.

Activities Drivers Engage in While Driving								
	All Drivers				Drivers 18-29			
	2009 n=851*	2010 n=899*	2011 n=881*	2012 n=872*	2009 n=194*	2010 n=202*	2011 n=189*	2012 n=187*
Talk on a hand-held cell phone	65%	62%	58%	57%	78%	84%	70%	74%
Text message	31%	31%	32%	34%	71%	71%	64%	68%
Listen to directions from a navigation system/GPS	41%	47%	53%	56%	57%	64%	67%	70%
Program a navigation system/GPS	30%	33%	36%	36%	54%	62%	61%	57%
Use an iPod or Mp3 player	27%	32%	31%	33%	58%	64%	68%	64%
Read e-mail on cell phone	15%	17%	21%	22%	32%	37%	46%	43%
Access the Internet on cell phone	13%	17%	18%	21%	29%	43%	43%	48%
Respond to e-mail on cell phone	12%	12%	15%	16%	27%	26%	28%	29%
Read Social Media Networks	9%	11%	14%	15%	21%	28%	37%	36%
Update Social Media Networks	9%	8%	13%	13%	20%	23%	33%	30%

Tab. 2: Ergebnisse einer Umfrage der State-Farm (2012) zu ausgeführten Aktivitäten auf einem Smartphone während der Fahrt

In einer Befragung von MCKINSEY vom Januar 2013 wurden 4.000 Fahrer befragt. Demnach nutzen 35 % ihr Smartphone während der Fahrt, davon 89 % für Telefongespräche, 68 % zur Navigation, 39 % für SMS und 31 % für den Zugriff aufs Internet, E-Mail, soziale Netzwerke oder Apps. In einer weiteren Befragung der American Automobile Association (AAA, 2008) wird berichtet, dass 14,1 % aller Fahrer und 48,5 % aller Fahrer zwischen 18 und 24 Jahren berichten, dass sie während der Fahrt Textnachrichten schreiben (zitiert aus OWENS, 2011).

Zusammenfassend zeigt sich zumindest für den amerikanischen Raum, dass Smartphones während des Fahrens sehr häufig genutzt werden, besonders für das Telefonieren, das Schreiben von Textnachrichten, das Navigieren sowie für den Zugriff aufs Internet.

2.4 Gesetzliche Regelungen

Nach § 23 Abs. 1a Satz 1 Straßenverkehrsordnung (StVO) ist dem Fahrzeugführer die Benutzung eines Mobil- oder Autotelefonos untersagt, wenn er hierfür das Mobiltelefon oder den Hörer des Autotelefonos aufnimmt oder hält. Ziel dieser Ergänzung der StVO im Jahr 2001 war es, zu gewährleisten, dass der Fahrer während der Benutzung des Mobil- oder Autotelefonos beide Hände für die Bewältigung der Fahraufgabe frei hat. Verboten ist nach § 23 Abs. 1a StVO die Nutzung aller Funktionen des Mobiltelefons, zu denen es in die Hand genommen werden muss, also z. B. auch das Versenden von Kurznachrichten oder der Abruf von Daten aus dem Internet. Dagegen liegt kein Verstoß vor, wenn inhaltlich identische Bedienungsaufgaben ausgeführt werden, das Handy dazu aber in einer Halterung befestigt ist, per Freisprecheinrichtung telefoniert, das integrierte Navigationsgerät genutzt oder eine Kurznachricht getippt wird.

Begründet wird das Verbot in den Erläuterungen der StVO (Beck'sche Kurzkommentare, 41. Auflage, HENTSCHEL, KÖNIG & DAUER, 2011) mit einer Untersuchung der Bundesanstalt für Straßenwesen von 1997. Gemäß dieser waren 1996 20 Tote, 100 Schwer- und 450 Leichtverletzte dem Telefonieren am Steuer zumindest mit ursächlich zuzurechnen (mit einer nicht abschätzbaren Dunkelziffer). Weiterhin werden wissenschaftliche Untersuchungen angeführt, die ergaben, dass sich durch die Benutzung einer Freisprecheinrichtung sowohl Unsicherheitsfehler als auch Fahrfehler im Vergleich zu einem Gespräch ohne Freisprecheinrichtung um mehr als 50 % reduzieren lassen. Außerdem wird der mit der Nutzung der Freisprecheinrichtung verbundene Sicherheitsvorteil angeführt, sodass beide Hände für die eigentliche Fahraufgabe zur Verfügung stehen.

In vielen neueren wissenschaftlichen Untersuchungen konnte allerdings kein Unterschied bezüglich der Auswirkungen des Telefonierens mit vs. ohne Freisprecheinrichtung gefunden werden (siehe z. B. die Literaturreviews von HORREY & WICKENS, 2006, oder McCARTT, HELLINGA & BRAITMAN, 2006). Es ist eher so, dass das größte Ablenkungspotenzial vom Telefonieren selbst ausgeht und weniger von der motorischen Komponente des Hörerhaltens.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass das Mobiltelefon zum Zeitpunkt der damaligen Untersuchun-

gen Ende der Neunzigerjahre überwiegend nur zum Führen von Telefonaten genutzt wurde. Daher beziehen sich mit Abstand die meisten der Untersuchungen auf mit dem Telefonieren verbundene Aufgaben, wie das Aufnehmen des Hörers, das Wählen einer Telefonnummer, das Führen des Telefongesprächs selbst sowie das Auflegen. Mittlerweile hat sich allerdings, wie bereits festgestellt, die Zahl der möglichen nutzbaren Funktionen des Mobiltelefons, insbesondere bei Smartphones, erheblich erweitert. Vor allem das Schreiben von Textnachrichten während der Fahrt sowie die Nutzung des Handys als Navigationsgerät und für den Zugriff auf das Internet haben deutlich zugenommen.

Hier ist zu prüfen, ob die aktuellen gesetzlichen Regelungen und die zugrunde liegenden wissenschaftlichen Befunde auch auf diese neuen Funktionalitäten übertragen werden können. Daran anschließend ist dann zu prüfen, welche Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen, um eine sichere Ausführung der neuen Tätigkeiten während des Fahrens zu ermöglichen bzw. zu unterbinden.

2.5 Gestaltungsrichtlinien für fahrzeugintegrierte Geräte

Für fahrzeugintegrierte Geräte gibt es bereits konkrete Gestaltungsrichtlinien, die absichern sollen, dass die Bedienung der Geräte den Fahrer so wenig wie möglich ablenkt. Bei diesen Richtlinien handelt es sich entweder um von staatlicher Seite vorgeschlagene Empfehlungen oder um Gestaltungsprinzipien, die als Selbstverpflichtung von den Fahrzeugherstellern formuliert und freiwillig eingehalten werden, um das Ablenkungspotenzial eines von ihnen entwickelten Systems in einem akzeptablen Rahmen zu halten. Sie sind rechtlich nicht bindend, können jedoch Konsequenzen für die Bewertung der Produkthaftung haben. Im Folgenden wird eine Auswahl solcher Richtlinien vorgestellt.

In den USA hat die Alliance of Automobile Manufacturers (kurz AAM) sog. „Statements of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle and Communication Systems“ herausgegeben, an die sich die Fahrzeughersteller freiwillig halten. Die ursprüngliche Version stammt aus dem Jahr 2000, neuere Versionen wurden in den Jahren 2002, 2003 und 2006 veröffentlicht. Die AAM-Richtlinien bestehen aus 24 Prinzipien, die in fünf Kategorien unterteilt sind:

- Installation Principles,
- Information Presentation Principles,
- Principles on Interactions with Displays/ Controls,
- System Behaviour Principles,
- Principles on Information about the System.

Für jedes Prinzip werden eine Begründung, eine Prüfmethode, Akzeptanzkriterien sowie Beispiele angegeben.

Die sog. „European Statements of Principles on Human-Machine-Interface“ (ESOP) der Europäischen Kommission sind inhaltlich weitgehend das europäische Pendant zu den AAM-Guidelines, allerdings wurden diese nicht von den Herstellern, sondern der Europäischen Kommission formuliert. Die Originalversion stammt von 1999, die neueste Version von 2006. Das Dokument enthält 34 Gestaltungsprinzipien in 6 Oberkategorien für die Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen (engl. HMI), die sich weitgehend mit denen der AAM-Guidelines decken. Im Gegensatz zu den amerikanischen Guidelines gibt es jedoch keine konkreten Prüfmethoden und Akzeptanzkriterien.

Im asiatischen Raum werden von den japanischen Automobilherstellern in den sog. JAMA-Guidelines (Japan Automobile Manufacturers Association Guidelines for In-Vehicle Display Systems) Gestaltungsempfehlungen für HMI formuliert. Die neueste Version stammt von 2004. In diesen Guidelines werden vier grundlegende Prinzipien sowie 25 spezifische Anforderungen an die Gestaltung von HMIS formuliert. Die Hälfte dieser Prinzipien ist identisch mit denen aus ESOP und den AAM-Guidelines. Sie beinhalten ebenfalls Akzeptanzkriterien, die allerdings strenger als in den AAM-Guidelines sind. Insgesamt werden dort jedoch eher weniger detaillierte Empfehlungen formuliert als in ESOP oder AAM.

Die aktuellsten Empfehlungen wurden 2012 von der National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) herausgegeben. In einer ersten Phase beziehen sie sich ausschließlich auf Fahrerinformationssysteme, die mit visuell-manueller Ablenkung verbunden sind. Eine Erweiterung auf andere Ablenkungsarten ist jedoch geplant. Wie die anderen Empfehlungen handelt es sich auch hierbei um nichtbindende, freiwillig einzuhaltende Richtlinien. Die Empfehlungen enthalten

- eine Auflistung von Aufgaben, die überhaupt nicht während der Fahrt ausgeführt werden sollten,
- Testmethoden zur Beurteilung, inwieweit die Ablenkung durch eine Aufgabe akzeptabel oder nicht ist, sowie
- Gestaltungsempfehlungen, um die Ablenkung durch eine Aufgabe so gering wie möglich zu halten (angelehnt an die AAM-Guidelines in der neuesten Fassung von 2006).

Bei der Auflistung von Aufgaben, die nicht während der Fahrt ausgeführt werden sollten, handelt es sich um Aufgaben, die v. a. das Surfen im Internet und das Schreiben von Nachrichten betreffen:

- Anzeige von Bildern oder Videos, die nichts mit dem Fahren zu tun haben,
- Anzeige von automatisch scrollendem Text,
- Aufgaben, die eine manuelle Texteingabe von mehr als 6 Tastendrücken für eine Aufgabe erfordern, und
- Aufgaben, die das Lesen von mehr als 30 Zeichen erfordern.

Für alle anderen Aufgaben werden Testmethoden spezifiziert, die Aussagen zulassen, inwieweit das Ausmaß der Ablenkung noch akzeptabel ist oder nicht (eine ausführliche Beschreibung einer solchen Testmethode ist in Kapitel 3.1.1 dargestellt). Entsprechend den AAM-Richtlinien soll eine Aufgabe beispielsweise so gestaltet sein, dass der Fahrer immer mindestens eine Hand am Lenkrad hat, dass visuelle Anzeigen so nah wie möglich an der frontalen Sichtlinie des Fahrers positioniert werden und dass ein bestimmter maximaler Blickwinkel nach unten nicht überschritten wird.

In der deutschen bzw. europäischen ISO-Norm 15005 werden Grundsätze und Prüfverfahren des Dialogmanagements von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen festgelegt. Sie gibt Prinzipien zur Eignung für den Gebrauch während der Fahrt (z. B. Kompatibilität mit der Fahrzeugführung), zur Eignung von Aufgaben (z. B. Konsistenz) sowie zur Eignung für den Fahrer (z. B. Selbsterklärungsfähigkeit) an. Diese Prinzipien sind teilweise sehr allgemein gehalten, vereinzelt werden jedoch auch konkrete Anforderungen angegeben. So sollen einzelne Eingabeschritte nicht mehr als 1.5 Sekunden Blickzuwendung erfordern.

In der deutschen bzw. europäischen ISO-Norm 15008 sind Anforderungen und Bewertungsmethoden der visuellen Informationsdarstellung im Fahrzeug festgelegt. Hier werden konkrete Angaben zu Beleuchtung, Kontrasten, Zeichengrößen, Farbkombinationen von visuellen Anzeigen sowie zur Gestaltung von blinkenden Darstellungen gemacht.

Die ISO-Norm 17287 legt Verfahren zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen beim Führen eines Kraftfahrzeugs fest. Diese Methoden sollen eine Bewertung der Beeinträchtigung der Fahraufgabe, der Steuerbarkeit, der Effizienz sowie der Bedienungs-freundlichkeit bei gleichzeitigem Erlernen des Systems ermöglichen. Als mögliche Bewertungsmethoden werden unter anderem Unfallanalysen, Analyse kritischer Vorfälle bzw. die Messung von Variablen, die in Zusammenhang mit der Bedienung von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen stehen, vorgeschlagen (z. B. Maße, die die Bewältigung der Fahraufgabe, die reaktive Verhaltensanpassung oder die Beanspruchung erfassen).

Zusammenfassend könnte man aus diesen Gestaltungsrichtlinien ableiten, dass eine Bedienaktivität bei technischen Geräten u. a.

- keine Blickabwendungszeiten > 2 Sekunden erfordern sollte (z. B. AAM-Guidelines),
- nicht mehr als 6 Bedieneingaben (z. B. NHTSA-Guidelines) erfordern sollte,
- nicht mehr als 30 Zeichen Text zum Lesen beinhalten sollte,
- bestimmte Zeichengrößen eingehalten werden sollten (z. B. ISO 15008),
- ein Display möglichst in der Nähe der Blickrichtung des Fahrers nach vorne positioniert sein sollte (z. B. AAM-Guidelines).

Für fahrzeuginterne Geräte existieren solche Richtlinien, und die Fahrzeughersteller sind auch bestrebt, diese in ihrem eigenen Interesse einzuhalten. Bei portablen Geräten, die von außen in das Fahrzeug gebracht werden, existieren solche Regelungen zunächst nicht, da sie ja nicht explizit für die Benutzung während des Autofahrens konzipiert wurden. Für die Frage der Ablenkungswirkung ist es von Interesse, was an bestehenden Richtlinien für fahrzeuginterne Systeme ggf. zu ändern ist, damit auch neue Technologien, wie Internetapplikationen, abgedeckt sind. Des Weiteren stellt sich die

Frage, wie gravierend sich Abweichungen von den Gestaltungsprinzipien bei nicht-fahrzeugintegrierten Geräten auswirken.

2.6 Einfluss des Bedienkontextes

In Bezug auf das Telefonieren gibt es unzählige Studien, die einen konkreten Vergleich zwischen in der Hand gehaltenem Mobiltelefon und der Nutzung der internen Freisprecheinrichtung vornehmen. Verschiedenste Literaturreviews und Metaanalysen (z. B. HARRY & WICKENS, 2006; McCARTT, HELLINGA & BRAITMAN, 2006; WHO und NHTSA, 2011) zu den Auswirkungen des Telefonierens am Steuer haben zu folgenden übereinstimmenden Ergebnissen geführt:

Sowohl die Bedienung des Telefons als auch das Führen eines Telefongesprächs führen zu Veränderungen der Längs- und Querregelung sowie zur Beeinträchtigung notwendiger Reaktionen. Häufig werden stärkere Effekte sowohl auf die Reaktionsbereitschaft bei kritischen Ereignissen als auch auf die Trackingleistung gefunden.

Bei Gesprächen mit vs. ohne Freisprecheinrichtung wurden vergleichbare Leistungseinbußen gefunden. Dies lässt den Schluss zu, dass der größte Anteil an Einbußen auf die kognitiven Anforderungen des Gesprächs und weniger auf die manuellen Aspekte (das Telefon zu halten) zurückzuführen ist. Es ergeben sich unterschiedliche Profile für Telefonbedienung und Gesprächsführung: Gespräche wirken sich vor allem in der Längsregelung und bei notwendigen Reaktionen aus. Die Telefonbedienung ist ein relativ kurzfristiges Ereignis, das vor allem die Querregelung verändert. Diese Interferenz ergibt sich vermutlich vor allem deshalb, weil sowohl Telefonbedienung als auch Lenkung manuell geschehen. Eine größere Gefahr geht vom Gespräch selbst aus, da es sich um ein längerfristiges Ereignis handelt und es zu deutlichen Veränderungen der Fahrzeugbedienung und -dynamik führt. Starke Effekte zeigen sich vor allem im Bereich der Längsregelung, die nur zum Teil positiv im Sinne von Kompensationsbemühungen sind. Bei kritischen Ereignissen zeigen sich zwar bei für das Fahren relevanten Ereignissen gute Reaktionen, bei nicht relevanten Ereignissen aber deutlich verlangsamte Reaktionen. Beim Gespräch wird anscheinend die Aufmerksamkeit auf das absolut Notwendige reduziert, was jedoch in einigen Situationen sicherlich nicht ausreichend ist und auch nicht kompensiert werden

kann. Darauf weisen auch die Beeinträchtigungen bei der Abstandregulation hin. Dabei sind diese Effekte nicht durch das Halten des Hörers verursacht, sondern durch das Gespräch selbst.

McCARTT et al. (2006) kritisieren, dass viele Studien nicht berücksichtigten, wie und wann Fahrer in der Realität tatsächlich telefonieren. Es gebe Hinweise darauf, dass Fahrer Kompensationsstrategien einsetzen, wie beispielsweise langsamer zu fahren oder größere Abstände zu halten. Dabei scheinen Fahrer, die eine Freisprecheinrichtung nutzen, interessanterweise eher weniger kompensatorisches Verhalten zu zeigen als solche, die das Mobiltelefon in der Hand halten. Naturalistische Fahrstudien finden entsprechend teilweise Beeinträchtigungen der Fahrsicherheit durch Telefongespräche (z. B. KLAUER, GUO, SUDWEEKS & DINGUS, 2010), teilweise keine negativen Effekte auf die Fahrsicherheit (z. B. KLAUER, DINGUS, NEALE, SUDWEEKS & RAMSEY, 2006; FITCH, SOCCOLICH, GUO et al., 2013) bzw. teilweise sogar eine protektive Wirkung (HICKMAN, HANOWSKI & BOCANEGRA, 2010; OLSON, HANOWSKI, HICKMAN & BOCANEGRA, 2009; YOUNG, 2013a).

Für andere Bedientätigkeiten als das Telefonieren finden sich in der Literatur eher wenige Studien, in denen ein systematischer Vergleich der Bedienung mittels eines portablen bzw. eines fest integrierten Systems vorgenommen wird.

Einen systematischen Vergleich unterschiedlicher Bedienkontexte für verschiedene Nebentätigkeiten führten OWENS, McLAUGHLIN und SUDWEEKS (2010 bzw. 2011) durch. Die Testfahrer fuhren dabei einen Mercury Mariner, der mit dem sog. Ford SYNC®-System ausgestattet war. Dieses System koppelt portable Geräte mittels Bluetooth® an das Fahrzeug und ermöglicht dadurch eine Bedienung über Lenkradtasten und Bedienelemente in der Mittelkonsole, die Nutzung eines integrierten Displays und Sprachausgabe über das Audiosystem. Alle Fahrer waren Besitzer eines solchen Systems und nutzten dieses auch regelmäßig für Telefonanrufe und zum Abspielen von Musik.

In einem Studienteil sollten die Fahrer auf einer öffentlichen Straße Telefonanrufe tätigen, kurze Gespräche führen sowie Musiktitel über einen portablen Musikplayer abspielen und dabei entweder das portable Gerät oder das integrierte Ford-System nutzen. Dieser Teil der Studie brachte das Ergebnis, dass das sprachgesteuerte integrierte Sys-

tem bezüglich Ausführungsdauer, Blickverhalten, Lenkverhalten und subjektiven Beanspruchungsangaben besser abschnitt als die Bedienung über das Mobiltelefon oder den portablen Musikplayer (OWENS et al., 2010).

Ähnliche Ergebnisse brachte der Studienteil für das Versenden und Empfangen von Textnachrichten, der auf einer abgesperrten Teststrecke durchgeführt wurde (OWENS et al., 2011). Zusammenfassend dauerte das Versenden von Nachrichten über das in der Hand gehaltene Handy am längsten von allen Aufgaben, führte mit Abstand zu den längsten Gesamtblickabwendungsdauern von der Fahraufgabe sowie zu den stärksten Beeinträchtigungen des Lenkverhaltens und wurde von den Fahrern als am stärksten beanspruchend eingeschätzt. Alle Effekte waren dabei für ältere Fahrer stärker ausgeprägt als für jüngere Fahrer.

Zum Vergleich eines portablen bzw. fest integrierten Navigationssystems liegen auch naturalistische Daten aus dem Projekt euroFOT vor (SANCHEZ et al., 2012). Dort wurde das natürliche Fahrverhalten von ca. 100 Fahrern über drei Monate hinweg erfasst. Während dieser drei Monate konnten die Fahrer für einen Monat ein integriertes Navigationssystem benutzen, einen weiteren Monat ein portables Gerät sowie im dritten Monat kein Navigationsgerät. Die Auswirkungen der Benutzung des Navigationssystems wurden über die Analyse objektiver CAN-Daten erfasst. Alle Auswertungen beruhten in euroFOT auf einem zeitbasierten Auswertungsansatz, indem man pro Bedieneingabe die Zeitabschnitte vor, während und nach der Bedienung verglich.

Für die Bedienung von Navigationssystemen finden sich systematische Befunde, die für eine Kompensation des Fahrers sprechen. Während der Bedieneingaben wird die Geschwindigkeit verringert und der Abstand zum Vorausfahrenden erhöht. Gleichzeitig kommt es zu einer Abnahme potenziell kritischer Fahrzustände wie sehr kleiner Abstände oder Annäherungen an den Fahrbahnrand. Dabei finden sich kaum Unterschiede zwischen dem portablen und dem fest integrierten System. Lediglich der Parameter SDLP (Standardabweichung der Spurposition) ist beim mobilen Gerät auf der Autobahn und innerorts signifikant zur Baseline-Fahrt ohne System erhöht, während sich dieser Effekt beim fest integrierten System nicht zeigt. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich die Handhabung des portablen Geräts etwas schwieriger darstellt und

daher bei der Bedienung stärkere Einbußen in der Querregelung auftreten, die allerdings offenbar nicht sicherheitskritisch sind. Schlechtere subjektive Beurteilungen der Usability des mobilen Geräts bestätigen diese Annahme.

Weitergehende Video-Analysen von Daten aus dem euroFOT-Projekt liefern darüber hinaus Anhaltspunkte, inwieweit sich Bedientätigkeiten mittels eines Mobiltelefons und über das zentrale Bedienelement des integrierten Systems unterscheiden (METZ, LANDAU & JUST, 2013). Vor allem die einzelnen Bediendauern sind bei der Nutzung des Mobiltelefons länger (ohne genau sagen zu können, um welche konkreten Aufgaben es sich dort handelt – eventuell werden unterschiedliche Aufgaben mittels Handy und integriertem System ausgeführt). Der Anteil der Bedientätigkeiten an der Gesamtfahrtzeit liegt bei beiden vergleichbar bei ca. 3-4 % der Fahrtzeit (in Fahrten ohne Beifahrer).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Einfluss des Bedienkontextes bei verschiedenen Nebentätigkeiten, mit Ausnahme des Telefonierens, bislang noch nicht ausführlich untersucht wurde. So fehlen insbesondere Vergleiche zur Ausführung von Aufgaben direkt auf einem Smartphone mit der Ausführung derselben Aufgaben mit einem gekoppelten Gerät bzw. einem fahrzeugzugehörigen Gerät. Während Erstere nicht zwingend an Gestaltungsrichtlinien für fahrzeugzugehörige Geräte adaptiert sind, trifft dies bei den fahrzeugzugehörigen Geräten zu (z. B. weil sie über Spracheingaben gesteuert werden können).

3 Methodische Überlegungen

Zur Prüfung der Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten können verschiedene Prüfmethode und Prüfkriterien herangezogen werden. Die erzielten Ergebnisse und die damit möglichen Aussagen werden in erheblichem Maße davon abhängen, für welche Methode man sich entscheidet. Je nach Fragestellung erweisen sich daher unterschiedliche Ansätze als mehr oder weniger geeignet. In diesem Kapitel werden relevante methodische Entscheidungsfaktoren mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen diskutiert. Zur Einschränkung der vielfältigen methodischen Herangehensweisen wird im Folgenden eine Beschränkung auf experimentelle Ansätze, die in der Fahrsimulation umgesetzt werden können, vorgenommen.

3.1 Wahl der Prüfanordnung

In experimentellen Ansätzen zur Prüfung der Ablenkungswirkung von fahrfremden Tätigkeiten werden die Fahrer aktiv in eine Situation gebracht, in der sie mit einer Nebenaufgabe interagieren sollen, und die Auswirkungen dieser Ablenkung werden erfasst. Dies kann auf einer Fahrt im realen Verkehr, auf einer Teststrecke oder in der Fahrsimulation erfolgen. Als Resultat können eindeutige Ursache-Wirkungs-Beziehungen hergestellt werden. Allerdings muss hier darauf geachtet werden, dass die simulierten Bedingungen möglichst nahe an den realen Bedingungen sind, sodass die Ergebnisse auf das tatsächliche Fahrgeschehen übertragen werden können. Bei der experimentellen Herangehensweise kann weiter überlegt werden, ob man mit einem möglichst standardisierten, hoch kontrollierten Verfahren arbeiten möchte oder ob es das Ziel sein soll, möglichst alltagsnahe Fahraufgaben abzubilden. Im folgenden Kapitel werden beide Ansätze vergleichend vorgestellt und kritisch diskutiert.

3.1.1 Standardprüfverfahren

Okklusionsmethode

Ein wesentlicher Parameter zur Beurteilung der visuellen Ablenkungswirkung einer Nebentätigkeit ist die Erfassung der Anzahl und Dauer von Blickabwendungen, die zur Bearbeitung einer Aufgabe während des Fahrens notwendig sind. Ein einfaches und kostengünstiges Standardverfahren, das hier häufig zum Einsatz kommt, ist die sog. visuelle Okklusionstechnik. Sie ist als Standardverfahren in der ISO-Norm 16673 (2006) festgeschrieben und benötigt keine Fahraufgabe. Hintergrund der Methode ist die Annahme, dass das Unfallrisiko bedeutsam ansteigt, wenn ein Fahrer nicht ausreichend den Blick auf die Fahraufgabe, sondern stattdessen innerhalb des Fahrzeugs auf eine andere Aufgabe richtet, z. B. zur Bedienung eines Fahrerinformationssystems (engl. In-Vehicle Information System, kurz: IVIS). Die Okklusionsmethode schätzt die visuellen Anforderungen einer Aufgabe, inklusive der Möglichkeit ihrer Wiederaufnahme, indem sie systematisch die erlaubten Zeitintervalle kontrolliert, während derer eine Testperson zur Bewältigung einer bestimmten Aufgabe die Aufmerksamkeit auf ein Objekt oder ein System richten darf. Dabei wird die Sicht des Probanden teilweise oder vollständig verdeckt. Dies geschieht über ein Schild, eine sog. Shutterbrille oder ein anderes



Bild 1: Bei der visuellen Okklusionstechnik eingesetzte Shutterbrille (www.7.forum.com)

Gerät, das sich zu verschiedenen Zeitintervallen kontrolliert öffnen und schließen lässt (siehe Bild 1).

Die Phase der Okklusion simuliert den Blick des Fahrers auf das IVIS. In der ISO-Norm werden feste Zeiten für das Sichtintervall (1.5 Sekunden) und das Okklusionsintervall (ebenfalls 1.5 Sekunden) empfohlen. Dies entspricht z. B. laut SENDERS et al. (1967) dem natürlichen Blickverhalten eines Fahrers, der ab einer Blickabwendungszeit von ca. 1.5 Sekunden den Drang verspürt, den Blick zurück auf die Straße zu richten. Alternativ kann auch der Fahrer frei wählen, wie lange seine freiwillig akzeptierte Okklusionszeit sein soll (z. B. de VOS et al., 1999, zitiert nach van der HORST, 2004). Die Methode wird in der Regel in einer Laborumgebung angewandt, ohne dass eine tatsächliche Fahraufgabe notwendig ist.

Die Methode erlaubt eine Einschätzung, ob eine visuelle Nebenaufgabe innerhalb akzeptabel kurzer Blickabwendungszeiten (typischerweise weniger als 2 Sekunden) erfolgreich ausgeführt werden kann. Über einen Vergleich der Aufgabenbearbeitung ohne Okklusion kann zudem die Möglichkeit zur Wiederaufnahme der Aufgabe nach einer Unterbrechung angegeben werden. Diese Unterbrechbarkeit einer Aufgabe wird als wichtige Voraussetzung für ein akzeptables Maß an Ablenkung durch IVIS-Aufgaben im Fahrzeug angesehen.

Alternativ kann die Methode auch zur Abschätzung von Auswirkungen unterschiedlich langer Blickabwendungen auf die Fahrleistung eingesetzt werden. In diesem Fall wird die Sicht auf die Fahrsituation z. B. in der Fahrsimulation ausgeblendet. Damit soll eine Fahrsituation simuliert werden, in der der Fahrer während der Fahrt mit einer visuellen Nebenaufgabe interagiert.

Weitere Ausführungen zur Methode finden sich in einer Spezialausgabe der Zeitschrift „Applied Ergonomics“ von 2004 (Band 35, Heft 3). Dort werden auch Reliabilität und Validität des Verfahrens zur Messung visueller Ablenkung diskutiert (z. B. BAUMANN et al., 2004; LANSDOWN et al., 2004).

Insgesamt bewerten die dort veröffentlichten Beiträge die Methode als reliables Maß zur Messung visueller Anforderungen verschiedener fahrzeuginterner Bediensysteme und Benutzeroberflächen. Sie scheint geeignet, verschiedene Displays und Aufgaben unterschiedlicher Komplexität voneinander zu unterscheiden und zu beurteilen, welche Aufgaben mit geringem Aufwand unterbrochen und wieder aufgenommen werden können und welche nicht. Allerdings werden auch besonders in LANSDOWN et al. (2004) kritische Aspekte diskutiert, wie die Frage nach der Validität und der Diagnostizität des Verfahrens sowie dem Grad der Beeinflussung des Forschungsgegenstandes durch die Methode selbst.

In den neuesten NHTSA-Guidelines zur Erfassung visuell-manueller Ablenkung durch elektronische Geräte im Fahrzeug von 2012 wird die Okklusionsmethode als eine Methode für die Erfassung von Blickzuwendungszeiten empfohlen.

Lane Change Task (LCT)

Die sog. Lane Change Task ist ein PC-basiertes Verfahren der Fahrsimulation, das den Grad an Beeinträchtigung der Fahrleistung durch verschiedene Aspekte, u. a. die zusätzliche Beschäftigung mit fahrfremden Tätigkeiten, erfasst. Die Methode wurde im Rahmen des German Advanced Driver Attention Metrics Project (ADAM; MATTES, 2003) entwickelt und ist als Standardverfahren in der ISO-Norm 26022 dokumentiert. Die Fahraufgabe besteht aus einem geraden Abschnitt einer dreispurigen Straße. Der Fahrer ist instruiert, auf einer Spur zu bleiben und mit einer konstanten Geschwindigkeit von 60 km/h zu fahren (die Geschwindigkeit wird mittels eines Tempomaten begrenzt). An festgesetzten Punkten auf der Strecke werden Schilder eingefügt, die ab einem bestimmaren Zeitpunkt lesbar werden. Diese zeigen an, dass der Fahrer sobald als möglich einen Spurwechsel ausführen soll und in welche Richtung (siehe Bild 2). Der Abstand zwischen den Schildern beträgt ca. 150 Meter. Die Symbole auf den Schildern erscheinen bei einem Abstand von 40 Metern. Sobald das Symbol erscheint, soll so schnell und genau wie möglich der Spurwechsel erfolgen. Ein Durchgang besteht aus 18 Spurwechseln in zufälliger Reihenfolge (nach rechts, nach links, über eine Fahrspur, über zwei Fahrspuren hinweg) und dauert ca. 3 Minuten.

Als in der ISO-Norm angegebenes Leistungsmaß wird das arithmetische Mittel der Abweichung von



Bild 2: Lane-Change-Task-Anordnung in der Fahrsimulation (Lehrstuhl für Ergonomie – TU München)

einer idealen Trajektorie berechnet, wobei davon ausgegangen wird, dass das Fahrzeug optimalerweise in der Spurmitte fährt. Für den Spurwechsel wird der Einfachheit halber ebenfalls eine lineare Trajektorie zugrunde gelegt, die aber dem natürlichen Verhalten des Fahrers eher nicht entspricht. In neueren Studien wurde dieses Maß um weitere Fahrleistungsparameter ergänzt, wie z. B. um die Güte der Spurhaltung (Standard Deviation of Lateral Position; SDLP), die Fähigkeit zur Schildererkennung über den Anteil auf der korrekten Spur (ENGSTRÖM & MARKKULA, 2007) und andere Maße zur Güte der Querregulation (vgl. BRUYAS et al., 2008).

Das Verfahren wurde bereits vielfach sowohl im ADAM-Projekt als auch in weiteren Studien zur Abschätzung der Leistungsbeeinträchtigung durch die Beschäftigung mit Nebenaufgaben eingesetzt (für eine Übersicht siehe MATTES & HALLEN, 2008). Es hat sich als reliables und sensibles Maß für die Fahrerablenkung erwiesen, das zwischen verschiedenen Komplexitätsgraden von Nebenaufgaben differenzieren kann. Problematisch an der Methode ist, dass sie sich nur auf einen ausgewählten Teilbereich der Leistungsbeeinträchtigungen durch fahrfremde Tätigkeiten konzentriert, nämlich auf die Querregulation. Parameter der Längsregulation sind dagegen durch das Design der Methode (Konstanthalten der Geschwindigkeit) ausgeklammert. Auch das Reaktionsverhalten der Fahrer, speziell auf nicht-erwartbare Ereignisse, kann hierüber nicht geprüft werden. Da das erforderliche Verhalten des Fahrers sehr vorhersehbar ist, ist zu erwarten, dass starke Lerneffekte sowie spezielle Strategien zur Interaktion mit der Nebenaufgabe auftreten, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind.

Zudem ergeben sich in Abhängigkeit der Testumgebung große Unterschiede in der errechneten

Baseline-Fahrleistung. Die mittlere Abweichung als zentrales Maß des LCT variiert zwischen 0.64 und 1.60 Meter (HUEMER, 2012), was den Vergleich verschiedener Studien und zwischen den verschiedenen untersuchten IVIS-Aufgaben erschwert.

Dynamic Following and Detection Protocol (DFD-Protocol)

In den NHTSA-Guidelines zur Erfassung visuell-manueller Ablenkung durch elektronische Geräte im Fahrzeug wird auch das Dynamic Following and Detection (DFD) Protocol empfohlen. Die Aufgabe des Fahrers besteht dabei zum einen darin, einem vorausfahrenden Fahrzeug, das in seiner Geschwindigkeit nach einem vorgegebenen Muster oszilliert, zu folgen. Außerdem muss der Fahrer auf visuelle Stimuli, die auf eine Leinwand oder einen Monitor der Simulation projiziert werden, so schnell wie möglich reagieren.

Diese Folgefahrt soll auf einer Strecke ausgeführt werden mit folgenden Merkmalen:

- vierspurige Straße ohne baulich getrennte Fahrbahnen,
- Strecke gerade und eben,
- eine doppelte durchgezogene gelbe Linie als Begrenzung zwischen den entgegengesetzten Richtungsfahrbahnen,
- durchgezogene weiße Linien als Fahrbahnbegrenzung,
- Geschwindigkeitsbegrenzung auf 55 mph (70 km/h).

Das Verhalten des vorausfahrenden Fahrzeugs ist genau vorgegeben. Dessen Geschwindigkeit soll innerhalb von 3 Minuten auf die in Bild 3 beschriebene Weise zwischen 73 und 98 km/h oszillieren. Auf Nachfrage wurde von der NHTSA (Dr. Riley GARROTT) erklärt, dass es sich dabei um kein natürliches Fahrverhalten handelt. Vielmehr sei das Geschwindigkeitsprofil so erstellt worden, dass für den Fahrer des nachfolgenden Fahrzeugs eine anspruchsvolle Fahraufgabe resultiert. Die visuelle Detektionsaufgabe besteht darin, dass der Fahrer so schnell wie möglich auf einen roten Punkt reagieren soll, sobald dieser an einer von sechs möglichen Positionen auf der Projektionsfläche der Simulation erscheint.

Jeder Fahrer soll diese Fahraufgabe zweimal ausführen, einmal ohne Nebenaufgabe (Baseline),

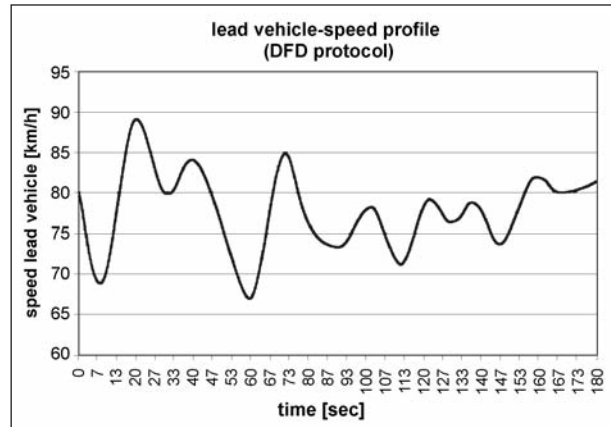


Bild 3: Empfohlenes Geschwindigkeitsverhalten des Führungsfahrzeugs im DFD-Protocol (NHTSA, 2012)

einmal mit der zu untersuchenden Nebenaufgabe.

Der Fahrer wird instruiert, dem Vorderfahrzeug zu folgen und dabei den Abstand so konstant wie möglich zu halten. Die auszuwertenden Leistungsparameter sind die Standardabweichung der Spurposition (SDLP) sowie das Verzögerungsverhalten im Folgefahren. Hierzu ist eine genaue Auswertevorschrift in den Richtlinien enthalten. Zusätzlich sollen die Dauer der einzelnen Blickabwendungen und auch die Gesamtblickabwendungsdauer, die die Fahrer für die Bearbeitung der Aufgabe benötigen, ermittelt werden. Außerdem sind der Anteil erkannter visueller Reize und die daraus resultierende Reaktionszeit zu erfassen.

Eine ähnliche Folgefahraufgabe wurde auch von BROOKHUIS et al. (1994) zur Erfassung der Fahrleistung unter verschiedenen beeinträchtigenden Faktoren, wie Alkohol, Drogen oder Ablenkung durch Nebentätigkeiten, entwickelt und erfolgreich angewendet. Auf der Homepage der Autoren findet man eine detaillierte Beschreibung der Parameter des Folgeverhaltens (Kohärenz, Modulus und Phasenverzug), die in diesem Szenario ausgewertet werden sollen, sowie ein Matlab-Script, mit dem diese Parameter aus eigenen Daten bestimmt werden können.

3.1.2 Alltagsnaher Fahrparcours

Die vorab beschriebenen Prüfverfahren haben den Vorteil, dass die Vorgehensweise weitgehend standardisiert und damit gut replizierbar und hoch kontrollierbar ist. Allerdings konzentrieren sie sich in der Regel nur auf einen Teilbereich der Fahraufgabe und stellen eher künstliche, wenig realistische

Fahraufgaben dar. Mit dem Ziel, die alltäglichen Fahraufgaben möglichst realistisch abzubilden und die Auswirkungen von Nebentätigkeiten in verschiedenen Fahrsituationen zu erfassen, müsste ein Prüfparcours deutlich vielfältiger sein, um sämtliche Teilaspekte der Fahraufgabe und ein größeres Situationsspektrum abdecken zu können. Hierzu kann entweder eine Fahrt unter realen Fahrbedingungen gewählt werden, eine Fahrt auf einer vorgegebenen Teststrecke oder eine Fahrt im Fahrsimulator. Fahrten im realen Verkehr kommen den realen Fahrbedingungen sicherlich am nächsten, allerdings sind die Testbedingungen hier nicht optimal. Der Einfluss von nicht beeinflussbaren Störfaktoren, wie der umgebende Verkehr, unvorhersehbare Ereignisse oder die Wetterbedingungen können nicht kontrolliert werden. Zudem kann die Einführung einer Nebentätigkeit unter realen Bedingungen zu tatsächlichen sicherheitskritischen Situationen führen. Fahrten auf abgeschlossenen Teststrecken haben den Vorteil, dass hier Einflussfaktoren, wie der umgebende Verkehr, besser kontrolliert werden können. Allerdings lassen die Geometrien solcher Strecken häufig nur wenig Variation in den zu untersuchenden Bedingungen zu. Fahrten in einer Fahrsimulation haben den Nachteil, dass die Fahrer sich in einer virtuellen, nicht realen Welt bewegen und unter Umständen kein realistisches Verhalten zeigen. Um das Fahrverhalten dennoch möglichst realitätsnah abbilden zu können und so eine hohe externe Validität zu erzielen, sind gewisse Anforderungen an die Simulation zu stellen. So sollte der Fahrer sich möglichst in einem tatsächlichen Fahrzeug-Mockup befinden, die Projektion der Szenerie sollte ein möglichst großes Sichtfeld des Fahrers abdecken, sodass er z. B. an Kreuzungen auch den kreuzenden Verkehr beobachten kann. Das Vorhandensein von Spiegeln trägt ebenfalls dazu bei, dass das Aufmerksamkeitsverhalten der Fahrer möglichst realitätsnah abgebildet werden kann. Mit Hilfe eines Bewegungssystems können Quer- und Längsbeschleunigungen simuliert werden, die das Gefühl „echten“ Fahrens zusätzlich erhöhen. Außerdem trägt eine ansprechende und realistische Gestaltung der Fahrszenerie zu einer hohen externen Validität bei. Der Prüfparcours selbst sollte möglichst vielfältige und alltagsnahe Szenarien beinhalten.

Wie ein umfangreicher Prüfparcours zur Erfassung der Ablenkungswirkung von Nebentätigkeiten aussehen soll, ist bislang in keiner Richtlinie näher spezifiziert. In den AAM-Guidelines wird empfohlen,

das Fahrverhalten in einer dynamischen Umgebung in der Fahrsimulation unter Routinebedingungen zu erfassen. Diese Routine-Situationen werden allerdings nicht weitergehend beschrieben. Es wird sehr allgemein eine standardisierte Fahrumgebung vorgeschlagen, die beispielsweise dem Fahrprofil eines typischen Ablenkungsunfalls entsprechen kann. Basierend auf Unfallstatistiken (z. B. STUTTS et al., 2001; HENDRICKS, FELL & FRIEDMANN, 2001) empfehlen die AAM-Guidelines, folgende Fahrbedingungen zu realisieren:

- Straße mit baulich getrennten Fahrbahnen,
- Geschwindigkeitsvorgabe bis 45 mph (70 km/h),
- Tageslicht,
- trockene Fahrbahn,
- geringe oder mittlere Verkehrsdichte.

Dies lässt viel Spielraum für die Gestaltung der Fahrsituationen. Es muss daher von der jeweiligen Fragestellung abhängig gemacht werden, welche Szenarien letztendlich zu einem Prüfparcours zusammengestellt werden.

Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Straßenwesen und der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V. (FAT) geförderten Forschungsprojekts zum Situationsbewusstsein (RAUCH, GRADENEGGER & KRÜGER, 2008; RAUCH, 2009; METZ, 2009; SCHÖMIG, METZ & KRÜGER, 2011; METZ, SCHÖMIG & KRÜGER, 2011) wurde ein vielfältiger und realitätsnaher Prüfparcours gestaltet. Dazu wurden Szenarien auf der Landstraße und in der Innenstadt mit unterschiedlich hohen Anforderungen realisiert, in denen Nebenaufgaben angeboten wurden. Situationen mit geringen Anforderungen und geringer Kritikalität waren Szenarien auf gerader Strecke ohne weitere Verkehrsteilnehmer und Hinweise auf besondere Ereignisse. Als kritische Situationen mit hohen Anforderungen wurden solche definiert, in denen sich eine Änderung der erwartungsgemäßen Entwicklung der Situation in Form eines Konfliktpotenzials ergab. Der Fahrer musste hierauf mit einer entsprechenden Verhaltensanpassung reagieren. Insgesamt wurden acht solcher kritischer Situationen realisiert:

- Fußgänger: Ein Fußgänger kreuzt vor dem EGO-Fahrzeug die Fahrbahn (Innerorts),
- Ausparker: Vor dem EGO-Fahrzeug parkt ein Fahrzeug aus und nimmt diesem die Vorfahrt (Innerorts),

- Einparker: Das vor dem EGO-Fahrzeug fahrende Fahrzeug parkt ein (Innerorts),
- Fremder: Ein vorausfahrendes Fahrzeug bremst vor einer Kreuzung scharf ab und biegt dann ab, nachdem es vorher mehrere Male an anderen Einmündungen geblinkt hatte, aber nicht abgebogen war (Innerorts),
- Einordnen: An einer mit Lichtzeichen geregelten zweistreifigen Kreuzung muss sich der Fahrer zum Geradeausfahren links einordnen (Innerorts),
- Kurven auf Landstraße: Kurvige und gerade Streckenabschnitte auf der Landstraße wechseln sich mehrfach ab,
- CarFollow: Das vorausfahrende Fahrzeug fährt deutlich zu schnell in eine Kurve auf der Landstraße,
- Panne: Auf der Landstraße steht ein liegen gebliebenes Fahrzeug auf dem eigenen Fahrstreifen.

Die erzeugten Prüfsituationen wiesen in diesem Fall bewusst eine höhere Kritikalität und Komplexität auf, als es im Realverkehr der Fall wäre. So sollten Kollisionen provoziert werden, wenn ein Fahrer sein Verhalten nicht entsprechend anpasst. Dennoch waren alle Situationen so gestaltet, dass die erforderliche Verhaltensanpassung vom Fahrer prinzipiell vorhergesagt werden konnte, da entsprechende Hinweisreize auf den potenziellen Konflikt hindeuteten. Die Ergebnisse der durchgeführten Studien zeigen, dass Fahrer in ihrem Umgang mit der Nebenaufgabe deutliche Unterschiede in Abhängigkeit der Situationskritikalität und spezifischer Situationscharakteristika machen (zu einer ausführlichen Beschreibung der Versuchsanordnung und beispielhafter Ergebnisse siehe Kapitel 3.2).

Für eine Studie zum Einfluss verschiedener Blutalkoholkonzentrationen auf die Fahrleistung (KAUSSNER et al., 2013) wurde ein umfangreicher Prüfparcours mit vielfältigen Situationen im Simulator des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW) erstellt. Ziel dieser Arbeit war es, zu mehreren Blutalkoholkonzentrationen Vergleichsdaten für verschiedene Fahrleistungsparameter (Expertenratings, Fahr- und Fragebogendaten) zu gewinnen.

Im Einklang mit den in der einschlägigen Fachliteratur genannten Anforderungen an eine Fahrverhal-

tensprobe handelte es sich um eine repräsentative Auswahl unterschiedlicher Fahraufgaben durchschnittlichen Anforderungscharakters, anhand derer sicheres Fahren nach StVO geprüft werden kann (z. B. UTZELMANN & BRENNER-HARTMANN, 2005). Die Repräsentativität der Szenarien wurde auch dadurch gewährleistet, dass alle Fahrfehlerarten nach BRENNER-HARTMANN (2002) mehrfach vorkommen und alle Fahrleistungsvariablen enthalten sind, die üblicherweise zur Validierung psychometrischer Fahreignungstests untersucht werden (vgl. BUKASA & PIRINGER, 2001).

Die verschiedenen Szenarien des Prüfparcours unterteilten sich in Autobahn-, Stadt- und Überlandabschnitte. Bei den Überlandabschnitten konnte weiter differenziert werden, ob es sich um Abschnitte handelte, in denen die Spurhaltung und damit operationale Aspekte der Fahraufgabe im Vordergrund standen, oder ob es Szenarien mit Fahrmanövern waren, die primär taktische Fahrleistungen prüfen sollten. Auf der Autobahn standen Aufgaben wie das Einfädeln in den fließenden Verkehr, Spurwechsel, Überholmanöver sowie die Geschwindigkeits- und Abstandswahl im Vordergrund. In der Stadt lag der Schwerpunkt auf dem Befahren von Knotenpunkten, unterschiedlichen Vorfahrtsregelungen und der Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern (Fußgänger, Radfahrer, Busse sowie andere Pkw). Somit zielten sowohl die Szenarien auf der Autobahn und in der Stadt primär auf eine Prüfung von taktischen Aspekten, also von höheren kognitiven Leistungen, ab.

Die Arbeit von KAUSSNER et al. (2013) zeigte, dass die Auswahl der Fahr Szenarien und der Fahrleistungsparameter für eine ausgewogene Beurteilung der fahrleistungsmindernden Wirkung von psychotropen Substanzen im Allgemeinen und von Alkohol im Speziellen von hoher Bedeutung ist. Um das Wirkungsprofil einer Substanz bestimmen zu können, ist es notwendig, unterschiedliche Fahrparameter anhand einer repräsentativen Auswahl unterschiedlicher Fahraufgaben zu messen.

3.1.3 Bewertung verschiedener Prüfanordnungen

Zusammenfassend kann geurteilt werden, dass Standardprüfverfahren den Vorteil haben, dass sie hoch kontrolliert und hoch standardisiert sind, wodurch die Ergebnisse gut repliziert werden können. In der Regel ist die Durchführung wenig kosten- und zeitintensiv. Problematisch an diesen Verfah-

ren ist, dass in der Regel nur Teilleistungen erfasst werden (siehe Lane Change Task oder DFD-Protocol), sodass keine umfassende Betrachtung sämtlicher Auswirkungen von Nebentätigkeiten erfolgen kann. Meistens handelt es sich um sehr künstliche, wenig realistische Fahrsituationen, die es nicht erlauben, selbst regulatorische Fähigkeiten der Fahrer zu erfassen. Durch die einfache und wiederholte Durchführung von immer derselben Aufgabe sind Lerneffekte wahrscheinlich.

Insgesamt weisen diese Verfahren eine hohe interne Validität auf. Ihre externe Validität ist hingegen eher niedrig.

Die Nachbildung eines komplexeren dynamischen Fahrparcours hat den Vorteil, dass sie die Fahraufgabe realistischer abbildet. Durch die größere Varianz in den Untersuchungsbedingungen ergibt sich ein höherer Erkenntnisgewinn, und es sind die Auswirkungen der Ablenkung auf die verschiedensten Teilbereiche der Fahraufgabe überprüfbar (multidimensionaler Ansatz). Auch das Kompensationsverhalten im Umgang mit Nebentätigkeiten lässt sich über eine geeignete Anordnung überprüfen.

Durch die höhere Komplexität ergibt sich allerdings ein höherer zeitlicher Aufwand für die Versuchsplanung sowie die Durchführung. Die Kosten der Studie bleiben zumindest für Simulatorstudien überschaubar. Durch die geringere Standardisierung wird es schwieriger, die Ergebnisse zu replizieren, sofern man nicht denselben Versuchsaufbau und eine ähnliche Gestaltung der Szenarien wählt.

Tabelle 3 zeigt noch einmal zusammenfassend die Vor- und Nachteile von Standardprüfverfahren im Vergleich zur Nachbildung alltäglicher Fahraufgaben.

3.2 Wahl der Aufgabeninstruktion

Eine weitere wesentliche Frage bei der Nachbildung einer möglichst realitätsnahen Untersuchungsumgebung und der Erzeugung einer hohen externen Validität ergibt sich daraus, wie der Fahrer instruiert wird, mit der Nebenaufgabe umzugehen. Dieser Aspekt soll im Folgenden diskutiert werden.

Typischerweise wird in Simulatorstudien, die den ablenkenden Einfluss von Nebentätigkeiten untersuchen, eine klassische Doppelaufgaben-Situation hergestellt: Der Fahrer wird instruiert, die Fahraufgabe und die Nebenaufgabe parallel miteinander auszuführen. Unter diesen Bedingungen findet man häufig heraus, dass die zusätzliche Ausführung einer Nebentätigkeit zu Einbußen in der Fahrleistung und Fahrsicherheit führt. Ergebnisse sind häufig eine Verschlechterung der Spurhaltequalität (z. B. HORREY & WICKENS, 2002) oder verlängerte Reaktionszeiten auf plötzliche Ereignisse (e.g. LEE, CAVEN, HAAKE & BROWN, 2001; TÖRNROS & BOLLING, 2005). Allerdings ergeben sich immer wieder Hinweise darauf, dass Fahrer versuchen, die erhöhten Anforderungen durch die zusätzliche Beschäftigung mit der Nebenaufgabe durch eine Anpassung des Fahrverhaltens zu kompensieren: So fahren Fahrer häufig langsamer (z. B. HORBERRY, ANDERSON, REGAN, TRIGGS & BROWN, 2006; JAMESON & MERAT, 2005), erhöhen den Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug (ISHIDA & MATSUURA, 2001) oder führen weniger Spurwechsel aus (BEEDE & KASS, 2006). Ein häufig übersehener Aspekt ist, dass Fahrer auch in der Lage sind, die erhöhten Anforderungen dadurch zu kompensieren, dass sie bewusste Entscheidungen treffen, wann sie sich in

	Standardprüfverfahren	vielfältiger Fahrparcours
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Hoch kontrolliert • Hoch standardisiert • Geringerer Zeit- und Kostenaufwand • Gute Replizierbarkeit der Ergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> • Realistische Fahrumgebung • Multidimensionaler Ansatz • Kompensationsverhalten erfassbar • Höherer Erkenntnisgewinn durch größere Varianz in den Untersuchungsbedingungen
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Nur Teilleistungen der Fahraufgabe erfassbar • Keine umfassende Betrachtung aller Auswirkungen • Keine realistische Fahrsituation • Kein Kompensationsverhalten erfassbar • Lerneffekte wahrscheinlicher 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher zeitlicher und finanzieller Aufwand (weniger für SIM-Studien) • Messtechnische Probleme (nicht für SIM-Studien) • Wenig standardisiert, daher geringe Replizierbarkeit der Ergebnisse

Tab. 3: Vor- und Nachteile verschiedener experimenteller Ansätze



Bild 4: Versuchsanordnung zur Darbietung des situationsabhängigen Nebenaufgabenangebots (RAUCH, 2009)

einer gegebenen Situation einer Nebenaufgabe zuwenden und wann nicht. LERNER & BOYD (2005) nennen dies den sog. „Deciding-to-be-distracted-Ansatz“.

Diese Entscheidungen basieren auf Erwartungen über die zukünftige Situationsentwicklung und darüber, inwieweit die zu erwartenden Anforderungen die Ausführung einer Nebenaufgabe zusätzlich zur Fahraufgabe erlauben. Solch antizipatives Verhalten wird in vielen Untersuchungsansätzen übersehen, bzw. die Versuchsanordnung erlaubt es nicht, dieses zu erfassen. Damit einhergehend sinkt die externe Validität, d. h. die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Realität. McCARTT, HELLINGA und BRAITMAN (2006) beschreiben diesen Umstand wie folgt: „phone and driving task are paced by experimenters, but in the real world drivers decide when and where to use their phones and may adapt their phone use to varying traffic conditions“ (S. 92).

Damit einhergehend können über die klassischen Ansätze keine Aussagen über die natürliche Häufigkeit der Beschäftigung mit Nebentätigkeiten getroffen werden, da der Fahrer in der Untersuchung gezwungen wird, sich mit der Nebenaufgabe auseinanderzusetzen und möglichst viele Aufgaben möglichst schnell zu bearbeiten. Aus diesem Grund wählte RAUCH (2009) den sog. Deciding-to-be-distracted-Ansatz (LERNER & BOYD, 2005), um die Auswirkungen von Nebentätigkeiten auf das Fahrverhalten und die dabei bedeutsamen selbst regulatorischen Fähigkeiten der Fahrer erfassen zu können.

In dieser Fahrsimulatorstudie wurden dem Fahrer vor unterschiedlich anspruchsvollen Verkehrssitua-

tionen Aufgaben zur Bearbeitung angeboten (eine ausführliche Beschreibung der Fahrsituationen findet sich in Kapitel 3.1.2). Der Fahrer musste sich innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters entscheiden, ob und wie lange er die Aufgabe bearbeiten möchte (siehe Bild 4). Maße für einen situationsbewussten Umgang mit der Nebenaufgabe stellten die Anpassung des Bedien-, Fahr- sowie des Blickverhaltens an die Anforderungen der Verkehrssituationen dar. Zusätzlich wurden die Auswirkungen der Ablenkung auf die Fahrsicherheit betrachtet.

Mittels dieser Versuchsanordnung wurden zwei Studien durchgeführt. In Studie 1 wurde eine künstliche, stark extern gesteuerte Nebenaufgabe eingesetzt. In Studie 2 sollte ein Fahrerinformationssystem mit hierarchischer Menüstruktur bedient werden. Diese Aufgabe konnte jederzeit unterbrochen und wieder fortgesetzt werden. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Fahrer in der Lage sind, situationsbewusst mit einer Nebenaufgabe umzugehen. Dies zeigte sich in angemessenen Entscheidungen, die Nebenaufgabe in Verkehrssituationen mit hohen Anforderungen auszulassen bzw. erst verzögert auszuführen oder sie vor einer kritischen Situation zu unterbrechen. Während der Nebenaufgabenbearbeitung selbst wurden kurze Kontrollblicke zurück zur Fahraufgabe ausgeführt. Diese dienten der Überwachung der Situationsentwicklung und wurden in ihrer Frequenz und Dauer ebenfalls den Anforderungen der Verkehrssituation angepasst.

Bild 5 zeigt beispielhaft einige Ergebnisse aus Studie 1. In der linken Grafik oben ist zu erkennen, dass in kritischen Situationen, in denen vom Fahrer eine Fahrverhaltensanpassung erforderlich war,

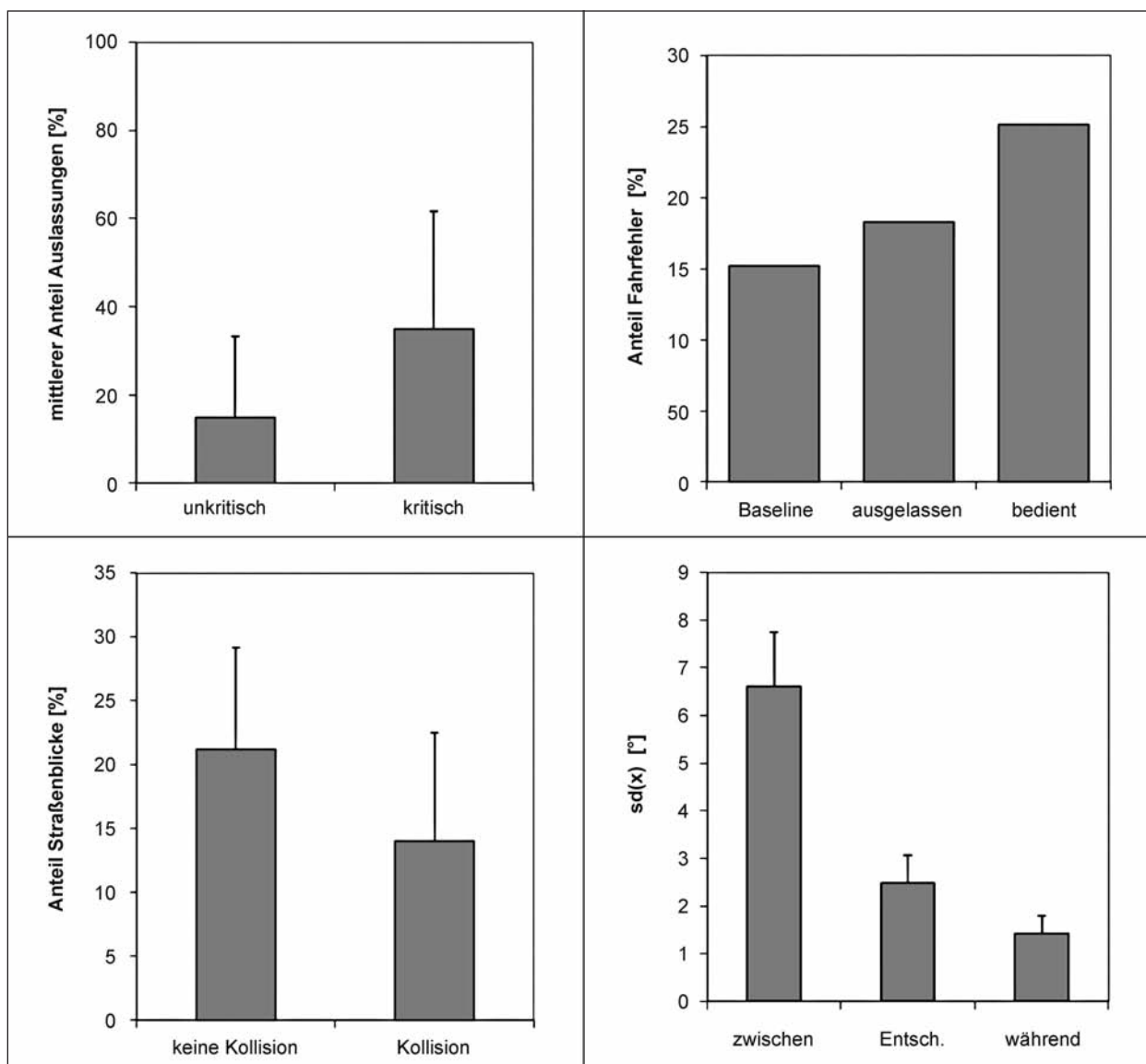


Bild 5: Ausgewählte Beispiele für Ergebnisse mittels des sog. „Deciding-to-be-distracted-Ansatzes“ (RAUCH, 2009)

mehr Nebenaufgaben ausgelassen wurden. Die Grafik rechts oben zeigt, dass immer dann, wenn die Nebenaufgabe ausgeführt wurde, obwohl die Verkehrssituation hohe Anforderungen an den Fahrer stellte, mehr Fahrfehler auftraten. Wurde die Bearbeitung der Aufgabe in diesen Situationen hingegen ausgelassen, wick die Anzahl der Fahrfehler nicht signifikant vom Fahren ohne Ablenkung ab.

In Bild 5 unten rechts erkennt man, dass die Fahrer in Phasen, in denen sie sich auf die Nebenaufgabe vorbereiteten (Entscheidungsphase) ein eingeschränktes Sichtfeld auf die Straße hatten (im Vergleich zu Phasen zwischen den Nebenaufgaben). Dies ist an der geringeren Standardabweichung der Blicke in x-Richtung erkennbar. Selbiges war während der Bearbeitung der Nebenaufgaben zu beobachten. Die Fahrer konzentrierten sich folglich nur

noch auf den als relevant wahrgenommenen Teilbereich der Umgebung. Unten links ist zu sehen, dass Fahrer in Situationen, in denen es zu einer Kollision kam, während der Bearbeitung der Nebenaufgabe nur eine unzureichende Überwachung der Entwicklung der Verkehrssituation vorgenommen hatten. Dies zeigte sich darin, dass der prozentuale Anteil an Straßenblicken in diesen Situationen niedriger war.

Die individuelle Bedienstrategie erwies sich als von generellen Einstellungen gegenüber der Beschäftigung mit Nebenaufgaben und deren Risikoeinschätzung abhängig. Weiterhin konnten situationsabhängige, personenabhängige und nebenaufgabenabhängige Faktoren identifiziert werden, die die Fahrsicherheit im Umgang mit Nebenaufgaben beim Fahren gefährden.

	Erzwungene Beschäftigung	Freie Entscheidung über Beschäftigung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Ausnutzung der gesamten Stichprobe • Weniger interindividuelle Varianz im Bedienverhalten • Fokussierung auf Aussagen zur Gefährlichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Realistische Interaktion mit fahrfremden Tätigkeiten • Selbstregulatorische Fähigkeiten können berücksichtigt werden • Annäherungsweise Informationen über tatsächliche Häufigkeiten fahrfremder Tätigkeiten
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Wenig realitätsnah • „Worst-case“-Szenario • Kein Kompensationsverhalten auf Seiten der Nebenaufgabe erfassbar • Keine Aussagen über tatsächliche Häufigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Verringerung des Datensatzes mit Aussagen zur Gefährlichkeit • Insgesamt höhere Varianz in den Daten • Instruktion wird besonders relevant (bestimmt die Bereitschaft der Fahrer zur Bearbeitung der Aufgabe)

Tab. 4: Vor- und Nachteile der verschiedenen Aufgabeninstruktionen

Bezüglich der Frage, wie die Aufgabenbearbeitung in experimentellen Studien zur Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten instruiert werden soll, können demnach zwei Ansätze unterschieden werden. Diese haben die in Tabelle 4 genannten Vor- und Nachteile.

Bei der erzwungenen Beschäftigung mit der Nebenaufgabe wird der Fahrer instruiert, eine vorgegebene Aufgabe immer und so schnell und so gut wie möglich zu bearbeiten. Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass sich alle Fahrer mit der Aufgabe beschäftigen und somit die gesamte Stichprobe ausgenutzt wird. Es entsteht so auch weniger interindividuelle Varianz im Umgang mit der Nebenaufgabe. Auswertungen sind hier vor allem auf Aussagen zur Gefährlichkeit fokussiert. Der Nachteil dieses Vorgehens ist, dass es wenig realitätsnah ist und eher ein „Worst-case“-Szenario darstellt. Denn das Kompensationsverhalten von Fahrern kann hier gar nicht oder nur sehr eingeschränkt beobachtet werden. Somit können Aussagen dazu, wie häufig sich Fahrer auch im Straßenverkehr mit den untersuchten Nebentätigkeiten beschäftigen würden, nicht getroffen werden.

Bei der freien Entscheidung über die Beschäftigung werden dem Fahrer Aufgaben zur Bearbeitung angeboten. Dabei wird ihm aber die Entscheidung überlassen, ob er sich in der gegebenen Verkehrssituation mit dieser beschäftigen möchte oder nicht. Vorteilhaft an diesem Ansatz ist, dass die Interaktion von Fahrern mit fahrfremden Tätigkeiten realistisch abgebildet wird und die selbstregulatorischen Fähigkeiten der Fahrer berücksichtigt werden können. Außerdem können annäherungsweise Informationen über tatsächliche Häufigkeiten der Beschäftigung mit diesen fahrfremden Tätigkeiten gewonnen werden. Nachteilig ist, dass sich die Stichprobe, für die Aussagen zur Gefährlichkeit einer bestimmten Tätigkeit gemacht werden können, verrin-

gert. Insgesamt entsteht eine höhere Varianz in den Daten, die schwieriger zu interpretieren ist. Die Instruktion, wie die Nebenaufgabenbearbeitung gegenüber der Fahraufgabe zu gewichten ist, ist hier besonders entscheidend, da sie maßgeblich die Bereitschaft der Fahrer zur Bearbeitung einer Aufgabe beeinflusst.

3.3 Wahl der Bewertungskriterien

Um das Ausmaß der Beeinträchtigung der Fahrsicherheit bewerten zu können, das von einer fahrfremden Tätigkeit ausgeht, muss ein geeignetes Bewertungskriterium gefunden werden. Grundsätzlich können dabei zwei Ansätze verfolgt werden. Zum einen kann versucht werden, ein absolutes Kriterium zu finden, anhand dessen diese Bewertung vorgenommen wird. Alternativ kann eine relative Betrachtung angestellt werden, indem die Beeinträchtigung relativ zur Beeinträchtigung durch eine Referenzaufgabe betrachtet wird. Hierfür bietet sich eine Aufgabe an, über die bereits fundierte Kenntnisse bestehen. Beide Ansätze werden im Weiteren ausgeführt.

3.3.1 Absolute Kriterien

In den verschiedenen Richtlinien zur Gestaltung von fahrzeuginternen elektronischen Geräten (NHTSA, AAM, ESOP, JAMA) werden bezüglich der Blickabwendungszeiten absolute Kriterien vorgeschlagen, die aus der Literatur abgeleitet werden. Allerdings unterscheiden sich die konkreten Werte erheblich, vor allem in Bezug auf die noch tolerable Gesamtblickabwendungsdauer, die notwendig ist, um bestimmte Aufgaben auszuführen. Bezüglich der maximalen Dauer der Einzelblicke sind sich die Richtlinien dagegen weitgehend einig. Diese sollen nicht über 2 Sekunden liegen. Dieser

Wert wird beispielsweise aus Befunden von ROCKWELL (1988) abgeleitet, aber auch aus Ergebnissen der 100-Car Study (KLAUER et al, 2006). In dieser Studie wurden Fahrer beim Fahren im Verkehr beobachtet.

In den AAM-Guidelines (2002) werden folgende Kriterien vorgeschlagen: Wird das Blickverhalten unter Aufgabenbearbeitung in einer dynamischen Fahrumgebung erfasst, hat eine Aufgabe die Kriterien erfüllt, wenn der Mittelwert der mittleren Blickdauern für die Aufgabenerfüllung weniger als 2 Sekunden für 85 % der Stichprobe beträgt bzw. wenn die Aufgabe mit einer Gesamtblickabwendungsdauer von weniger als 20 Sekunden erfolgreich bearbeitet werden kann. Wird das Blickverhalten mittels der Okklusionsmethode ermittelt, gilt die Aufgabe als akzeptiert, wenn sie innerhalb einer totalen Öffnungszeit von weniger als 15 Sekunden erfolgreich bearbeitet werden kann (bei 1,0 Sekunden Okklusionszeit und 1,5 Sekunden Öffnungszeit der Okklusionsbrille). Zum Vergleich: In den JAMA-Guidelines werden bezüglich der maximal akzeptablen Blickabwendungszeit auf ein Display sogar nur 8 Sekunden angegeben (bzw. 7,5 Sekunden, wenn die Okklusionsmethode genutzt wird). In den neuesten NHTSA-Guidelines (2012) sind 12 Sekunden erlaubt.

In den NHTSA-Guidelines wird auch in einer anderen Prüfmethode ein absolutes Kriterium vorgeschlagen: Mittels der sog. „StepCounting“-Methode werden die einzelnen Schritte, die zur Aufgabenbearbeitung notwendig sind, gezählt. Diese sollen 6 nicht überschreiten.

Für die Beurteilung des Ablenkungsrisikos über die Fahrleistung werden in den NHTSA-Guidelines zwei Prüfverfahren vorgeschlagen: Das sog. Driving Test (DS) Protocol sowie das Dynamic Following and Detection (DFD) Protocol. Beide verlangen die Erfassung des Fahrverhaltens über eine Folgefahranordnung in einer dynamischen Fahrumgebung. Während im DS-Protocol die Standardabweichung des Abstands zum Vorderfahrzeug sowie die Anzahl von Spurübertretungen als Kriterium herangezogen werden soll sind es im DFD-Protocol die Standardabweichung der Spurposition, die Verzögerung im Nachfolgeverhalten sowie die Reaktionszeit auf visuell dargebotene Stimuli. Für beide Verfahren können sowohl absolute als auch relative Kriterien herangezogen werden, wobei für die absoluten Kriterien keine weiteren Angaben über die tatsächlichen Werte angegeben werden.

Genau hier aber ergibt sich das Problem absoluter Kriterien. Diese sind sehr schwer zu definieren, da besonders bezüglich der Fahrleistung aus der Literatur keine eindeutigen Schwellen abzuleiten sind. Oft sind sie zu stark von den jeweiligen Untersuchungsbedingungen, z. B. der Testumgebung (Realfahrt vs. Teststrecke vs. Simulation) oder der Charakteristik der Strecke (Gerade vs. Kurve, unterschiedliche Straßenbreiten) bzw. der Fahraufgabe (z. B. vorgegebene Geschwindigkeiten, Verhalten des Führungsfahrzeugs) abhängig.

3.3.2 Relative Kriterien

In den NHTSA-Guidelines wird für die beiden zuvor beschriebenen Prüfmethoden auch die Prüfung über den Vergleich zu einer Referenzaufgabe vorgeschlagen. Für das DFD-Protocol ist als Referenzaufgabe das manuelle Eingeben einer Zieladresse „manual destination entry“ ins Navigationssystem vorgeschlagen. Hierbei sollte die zu untersuchende Aufgabe nicht schlechter sein. Im DS-Protocol ist die Referenzaufgabe das manuelle Einstellen eines Radiosenders „manual radiotuning“. Dabei soll die zu untersuchende Aufgabe in ihren Auswirkungen auf die Fahrleistung vergleichbar zu dieser sein. Für das manuelle Eingeben eines Radiosenders werden sehr detaillierte Angaben gemacht, wie dies geprüft werden soll.

RANNEY et al. (2011) verglichen diese beiden Ansätze systematisch. Dabei zeigte sich, dass beide Ansätze zu sinnvollen Ergebnissen führen, aber vor allem die besonders lange Referenzaufgabe „manual destination entry“ verlangt, dass in der Auswertung die unterschiedlich langen Aufgabendauern berücksichtigt werden müssen. Bei der Nutzung der Referenzaufgabe „manual radiotuning“ wird als Forderung gestellt, dass eine Aufgabe, die die Fahraufgabe mehr stört als diese Referenzaufgabe, nicht während der Fahrt ausgeführt werden darf. Im Kontext der Systementwicklung ist der Ansatz sinnvoll, für eine finale Prüfung der Regelkonformität ist diese Testmethode eher weniger geeignet, da das Vorgehen nicht konsistent mit der Logik des Hypothesentestens ist, das auf Unterschiede prüft. Wenn eine Aufgabe sich nicht statistisch von der Referenzaufgabe unterscheidet, darf daraus nicht geschlossen werden, dass sie eine vergleichbare Ablenkungswirkung hat. Hierzu muss auch die Teststärke in Betracht gezogen werden.

Die Verwendung der Referenzaufgabe „destination entry“ würde eine Möglichkeit liefern, die eher dem

Vorgehen beim Hypothesentesten entspricht, denn dort muss sich eine Aufgabe als weniger ablenkend erweisen als die Referenzaufgabe. Wenn dann ein statistisch bedeutsamer Unterschied auftritt, kann gefolgert werden, dass die untersuchte Aufgabe weniger ablenkend wirkt. Problematisch ist hier allerdings, dass es keine standardisierte „destination entry“-Aufgabe gibt. Außerdem dauert die Ausführung dieser Aufgabe deutlich länger als viele andere im Fahrzeug ausgeführten Tätigkeiten.

Neben diesen beiden beschriebenen Aufgaben wäre auch das Telefonieren am Steuer als Referenzaufgabe denkbar. Diese Tätigkeit ist hinsichtlich der Auswirkungen auf die Fahrsicherheit bereits sehr umfassend untersucht. Weiterhin besteht zum Führen von Telefonaten während des Fahrens eine gesetzliche Regelung (siehe Kapitel 2.3 und 2.5). Allerdings stellt das Führen eines Telefongesprächs eine völlig andere Tätigkeit dar als viele andere Bedienungsaufgaben, die im Fahrzeug ausgeführt werden: Es dauert deutlich länger, und der größte Teil der Ablenkung ist kognitiver Natur. Entsprechend greifen auch andere Kompensationsmechanismen.

3.3.3 Bewertung der Kriterien

Zusammenfassend können die unterschiedenen Risikokriterien folgendermaßen bewertet werden (siehe Tabelle 5): Absolute Kriterien versuchen, eine kritische Grenze zu definieren, ab der eine Aufgabe als inakzeptabel bewertet wird. Beispiele hierfür sind absolute Grenzen für maximale Blickabwendungszeiten oder Schrittzahlen für die Bearbeitung einer Aufgabe. Wenn sich solche Kriterien gut begründen lassen, haben sie den Vorteil, dass sie eindeutige Aussagen über die Akzeptanz von fahrfremden Tätigkeiten zulassen. Problematisch ist, dass solche Grenzen, v. a. bezüglich der Beurteilung der Fahrleistung, umstritten sind, da diese u. a. stark vom Untersuchungssetting abhängig

sind. Relative Kriterien versuchen, die Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten entweder mit anderen Referenzaufgaben oder der Wirkung einer Substanz wie Alkohol zu vergleichen. Vor allem bezüglich der Fahrleistung werden Referenzaufgaben verwendet, z. B. das manuelle Einstellen eines Radiosenders, die Zieleingabe ins Navigationssystem oder das Telefonieren. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass das Ausmaß der Beeinträchtigung durch eine Aufgabe relativ zu Aufgaben eingeordnet werden kann, deren Auswirkungen bereits bekannt sind.

Generell ergibt sich hierbei immer die Frage, welche Referenzaufgabe letztendlich gewählt werden soll. Eine allgemeine Kritik an Referenzaufgaben ist, dass auch diese oft nicht eindeutig definiert sind. Zwar ist die Aufgabe des „manual radiotuning“ in den AAM-Guidelines noch eher detailliert spezifiziert, aber auch dort ist ein gewisser Interpretationsspielraum gegeben. Für andere Aufgaben wie „manual destination entry“ sind kaum konkrete Vorgaben gemacht. Je weniger spezifisch allerdings die Referenzaufgabe (bzw. das Design des zu verwendenden Gerätes) definiert wird, desto schwieriger wird es, die Ergebnisse zu replizieren. Wenn man die Aufgabe auch noch selbst implementieren muss, entstehen so hohe Kosten, dass die Effizienz der Methode infrage gestellt werden muss. Die NHTSA empfiehlt daher, eher absolute Kriterien für einzelne Blickdauern und für maximale Gesamtblickabwendungszeiten heranzuziehen.

3.4 Wahl der Prüfparameter

In diesem Kapitel soll diskutiert werden, welche Maße zur Risikobestimmung herangezogen werden sollen. Bezüglich der Beurteilung der Fahrleistung können sich diese auf einem Kontinuum zwischen sehr global und sehr spezifisch bewegen.

	Absolutes Kriterium	Relatives Kriterium
Hintergrund	Definition einer kritischen Grenze, ab der eine Aufgabe als inakzeptabel ablenkend bewertet wird	Fahrleistung darf nicht schlechter/muss besser sein als bei Referenzaufgabe
Beispiel	Blickabwendungszeiten > 2 Sekunden; Schrittzahl > 6	Manuelle Radioeinstellung, Zieleingabe ins Navigationssystem, Telefonieren
Vorteile	Wenn gut begründbar, eindeutige Aussage über akzeptabel vs. inakzeptabel während der Fahrt	Risiko kann im Vergleich zu Aufgaben, deren Ablenkungseffekt bekannt ist, eingeordnet werden
Nachteile	Definition umstritten, wo liegt die Grenze? Stark abhängig vom Untersuchungssetting	Wahl der Aufgabe schwierig; Gestaltung der Aufgabe beeinflusst die

Tab. 5: Vor- und Nachteile verschiedener Risikokriterien

Auf folgenden Datenebenen kann eine Analyse erfolgen:

- Anzahl Unfälle,
- Anzahl kritischer Fahrsituationen,
- Anzahl Fahrfehler,
- spezifische Parameter des Fahr- und Blickverhaltens.

3.4.1 Anzahl Unfälle

Das unmittelbarste Gefahrenmaß ist sicherlich die Anzahl von Unfällen, die durch die Ausführung einer bestimmten Nebenaufgabe verursacht werden. In Unfallanalysen werden dafür vorhandene Unfalldatenbanken analysiert. Eine Voraussetzung hierfür ist, dass ein ausreichend detailliertes Kodierschema bei der Erfassung der Unfälle verwendet wurde, das es ermöglicht, die Zahl der Unfälle zu bestimmen, die aufgrund einer ablenkenden Tätigkeit entstanden sind. In der deutschen Unfallstatistik existiert die Kategorie „Ablenkung des Fahrers“ als Unfallursache nicht (Statistisches Bundesamt, 2014), sodass diese Daten nicht genutzt werden können. In der amerikanischen Unfallstatistik wird „Ablenkung“ als eigene Kategorie geführt. 2011 wurden 10 % der tödlichen Verkehrsunfälle und 17 % der Unfälle mit Verletzten im Zuge der Unfallaufnahme dieser Kategorie zugeordnet (NHTSA, 2013).

Ein Vorteil dieser Methode ist, dass bereits vorhandene Daten analysiert werden können. Zudem stellt der Unfall das unmittelbarste Maß für die Gefährlichkeit dar. Nachteilig ist jedoch, dass Unfälle sehr seltene Ereignisse sind und dass die Festlegung der Unfallursache auf Ablenkung zumeist nicht objektivierbar ist. Dies schränkt die Nutzbarkeit der gesammelten Daten ein. In Abhängigkeit der jeweiligen Definition von Ablenkung und der Klassifikation ablenkender Tätigkeiten variiert die berichtete Anzahl von durch Ablenkung verursachten Unfällen sehr stark zwischen den publizierten Studien. So berichtet LAM (2002) beispielsweise von nur 0,8 % aller Unfälle in einer Unfallanalyse aus Australien für die Jahre von 1996 bis 2000, die durch Ablenkung verursacht wurden. STEVENS & MINTON (2001) identifizierten 1,8 % aller Unfälle zwischen 1985 und 1995 in England und Wales als ablenkungsbedingt. In einem Bericht des neuseeländischen Ministeriums (2008) werden dagegen 11 % als durch Ablenkung verursacht bestimmt. In der

100-Car Study (KLAUER, 2006) werden neben Unfällen auch Beinaheunfälle in die Analyse einbezogen. In 22 % der Fälle wurde hier Ablenkung als ursächlich angegeben.

Ein weiteres Problem bei der Nutzung von Unfalldaten ist, dass für die Abschätzung des Risikos, das mit einer fahrfremden Tätigkeit verbunden ist, auch Angaben über die Ausführungshäufigkeit dieser Tätigkeit benötigt werden, wenn sich kein Unfall ereignete. Fehlen diese, kann das Unfallrisiko nicht bestimmt werden. Weiterhin müssen fahrfremde Tätigkeiten differenziert betrachtet werden. So konnte gezeigt werden, dass eine globale Betrachtung der Handybenutzung beim Fahren zu unspezifisch ist. Die unterschiedlichen Verwendungsarten der Geräte (Textnachrichten erstellen, wählen, Führen eines Gesprächs etc.) beeinträchtigen die Verkehrssicherheit verschieden stark, was sowohl für Pkw-Fahrer (FITCH et al., 2013; KLAUER et al., 2014) als auch für Lkw-Fahrer (HICKMAN & HANOWSKI, 2012) gezeigt werden konnte.

In naturalistischen Fahrstudien wird das Verhalten von Fahrern beobachtet, während diese sich über längere Zeit im Verkehr bewegen, ohne dass dabei ein Versuchsleiter zugegen ist oder sie irgendeiner Instruktion folgen. Dabei werden die Fahrer und die Verkehrsumwelt gefilmt, und es werden Parameter der Fahrzeugbewegung (u. a. Geschwindigkeit, Abstand) sowie die Bedieneingaben (u. a. Bremsen, Lenken) aufgezeichnet. Neben Unfällen werden weitere sicherheitskritische Ereignisse (Beinahe-Unfälle, unbeabsichtigtes Verlassen der Fahrbahn) betrachtet. Der Vorteil dieser Studien besteht darin, dass den Ereignissen mit Unfällen, die aufgrund der Beschäftigung mit Nebentätigkeiten entstanden sind, Situationen gegenübergestellt werden können, in denen es trotz der Beschäftigung mit dieser Nebentätigkeit nicht zu einem Unfall kam. So kann ein Maß dafür berechnet werden, wie riskant die Beschäftigung mit dieser Nebentätigkeit ist. Darüber hinaus kann die Ausführung von Nebentätigkeiten sehr genau zum Auftreten sicherheitskritischer Ereignisse in Bezug gesetzt werden. Nachteilig ist, dass die Durchführung solcher Studien enorm zeit- und kostenintensiv ist.

Basierend auf den Ergebnissen naturalistischer Fahrstudien wird für die Benutzung eines Mobiltelefons beim Fahren eine Erhöhung des Unfallrisikos um etwa das 1,5-fache angegeben (FITCH et al., 2013; HICKMAN & HANOWSKI, 2012). Während jedoch das eigentliche Führen des Gesprächs mit

kaum einer Erhöhung des Unfallrisikos verbunden ist, sind die Tätigkeiten, die mit der Vorbereitung des Telefonats in Verbindung stehen, hierzu gehören das Aufnehmen des Telefons, das Suchen der Telefonnummer im Adressbuch oder auch das Eingeben der Telefonnummer, mit einer Verdreifachung des Risikos verbunden. Beim Lesen und Eingeben von Textnachrichten verdoppelt sich das Unfallrisiko immerhin (FITCH et al., 2013).

Theoretisch sind das Kriterium „Unfall“ und das daraus berechnete Risiko eines Unfalls auch in einer Simulatorstudie anwendbar. Das diskrete Maß „Unfall“ kann eindeutig als Ja/Nein-Kriterium daraus bestimmt werden, ob eine Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer (anderes Fahrzeug, Fußgänger oder Radfahrer) stattgefunden hat oder nicht. Allerdings ergibt sich auch im Simulator das Problem, dass Unfälle extrem seltene Ereignisse sind und die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls bei einem Stichprobenumfang, wie er in einer Fahr-Simulatorstudie unter Einhaltung eines vertretbaren Zeit- und Kostenrahmens realisiert werden kann, ebenfalls sehr gering ist. Die Anzahl der Unfälle könnte nur dadurch künstlich erhöht werden, indem Situationen so kritisch gestaltet werden, dass sie sehr wahrscheinlich zu einem Unfall führen, sobald ein Fahrer nicht voll aufmerksam ist. Dies wäre allerdings sehr unrealistisch und entspräche nicht dem Alltagsverkehr, in dem die wenigsten Situationen so zeitkritisch sind, dass der Fahrer nicht eine Reihe von Vermeidungsstrategien anwenden könnte, um einen Unfall zu verhindern.

3.4.2 Anzahl kritischer Fahrsituationen

Häufiger als Unfälle ereignen sich sicherheitskritische Ereignisse, die in weitere Unterkategorien unterteilt werden können, z. B. in Beinaheunfälle oder „Incidents“. Unter der Annahme, dass kritische Fahrsituationen Unfällen vorausgehen, sollte die Analyse kritischer Fahrsituationen einen direkten Rückschluss auf Unfälle zulassen und wäre somit für eine Risikoabschätzung für die Beschäftigung mit Nebentätigkeiten ebenfalls gut geeignet. Allerdings wird bei diesen Maßen sehr kritisch diskutiert, wie sie definiert und erfasst werden sollen (z. B. KLAUER et al., 2006, oder HANOWSKI et al., 2013).

Ein Problem dieses Ansatzes, zumindest in Real-fahrstudien, stellt die Erfassung der sicherheitskritischen Ereignisse über die vorhandene fahrzeug-interne Sensorik dar. Je geringer die Möglichkeiten

der Fahrzeugsensorik sind, desto größere Einschränkungen sind in der Art der erfassbaren Situationen zu erwarten (z. B. keine Erkennung von Abständen zu stehenden Hindernissen, Fußgängern oder Radfahrern, Probleme der Spurerkennung bei fehlenden oder schlechten Spurmarkierungen). Diese Problematik der Detektion ergibt sich zumindest in Simulatorstudien nicht, da dort eine perfekte Sensorik vorliegt und zum Beispiel auch Abstände zu Fußgängern objektiv und präzise erfasst werden können.

Ein weiteres Problem ergibt sich aus der Definition dessen, was man als kritisch bezeichnen möchte. Unter „Incidents“ versteht man ganz allgemein kritische Fahrsituationen, deren Häufigkeit – so die Annahme – Rückschlüsse auf die Fahrsicherheit zulässt. Diese auf den ersten Blick sehr einfache Definition erweist sich bei der Umsetzung in objektive Kriterien allerdings als sehr schwierig. Dies liegt nicht nur daran, dass die verfügbaren Sensordaten nur ein begrenztes Bild der Fahrsituation und damit der Kritikalität ermöglichen. Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, dass ein objektives Außenkriterium für „kritisch“ fehlt. So geht z. B. häufig selbst zwischen Fahrer und Beifahrer die Meinung darüber auseinander, ob eine Situation gerade kritisch war oder nicht.

Auch wenn sicherheitskritische Ereignisse prinzipiell häufiger vorkommen, bleiben sie dennoch seltene Ereignisse, sodass das gleiche Problem wie bei der Analyse von Unfällen auftreten kann: Um eine für eine statistische Absicherung ausreichende Menge an Ereignissen bzw. Unfällen zu erhalten, braucht man eine sehr große Grundmenge an Daten. Da die untersuchbare Stichprobengröße in einer Simulatorstudie jedoch eher klein ist, muss überlegt werden, ob dieses Prüfmaß geeignet ist.

3.4.3 Anzahl Fahrfehler

Als alternatives Kriterium zur Risikobestimmung kann die Betrachtung von Fahrfehlern herangezogen werden. Von Fahrfehlern wird gesprochen, wenn eine Abweichung vom regelkonformen Verhalten vorliegt. Bewertungsmaßstab sind hier bestehende Normen, v. a. die StVO. Implizit wird hierbei angenommen, dass der Fahrer selbst für die Abweichung verantwortlich ist. Dies steht im Gegensatz zum Incident, womit ganz allgemein eine sicherheitskritische Verkehrssituation bezeichnet wird. Dabei wird nicht danach unterschieden, ob diese aufgrund des Verhaltens des Fahrers selbst,

eines anderen Verkehrsteilnehmers oder aus beidem resultierte. Zumeist entstehen Incidents aus einer Kombination aus eigenem Verhalten und dem Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer. Fahrfehler müssen nicht unbedingt zu sicherheitskritischen Situationen führen, z. B. würde das Nicht-Blinken bei einem Spurwechsel als Fahrfehler gewertet, aber noch nicht als Incident.

Eine solche Fahrfehlerdefinition erfolgt überwiegend qualitativ aus der Beobachtung des Fahrverhaltens durch Experten. Dies ist nötig, da nicht alle Fahrfehler über Messdaten quantifizierbar sind.

Einen Ansatz, der für die Durchführung von Fahrproben im Rahmen der amtlichen Begutachtung der Fahreignung entwickelt wurde, legt BRENNER-HARTMANN (2002) vor. Er unterscheidet folgende 6 Kategorien von Fahrfehlern mit jeweils bis zu 4 Subkategorien:

- Geschwindigkeitsverhalten: schneller als die zulässige Höchstgeschwindigkeit, unangepasste Beschleunigung oder Verlangsamung, unangepasstes Langsamfahren,
- Abstandsverhalten: zu geringer Längsabstand innerorts/außerorts, zu geringer Querabstand,
- Fahrbahnbenutzung: fehlende Spurengauigkeit/Abkommen von der Fahrbahn, Spurwechselfehler, unangepasste Spurwahl, Befahren unzulässiger Fahrbahnen,
- sicherndes Verhalten: fehlendes, nicht ausreichendes, verzögertes Sichern, Verkehrsverstöße gegenüber Vorrangregeln, übervorsichtiges Sichern,
- gefährdendes Verhalten: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern, Gefährdung von anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern, Kollision mit Fußgängern, Radfahrern oder anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern,
- Kommunikationsverhalten: fehlendes, verzögertes oder verfrühtes Blinken, unklare Kommunikation, falscher Umgang mit Zeichengebung anderer.

Ein Teil dieser Fahrfehler lässt sich objektiv quantifizieren, wie beispielsweise das Überschreiten der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Als zu geringer Längsabstand wird hier gewertet, wenn ein Sekundenabstand von weniger als 1 Sekunde innerorts, bzw. weniger als 2 Sekunden außerorts vorliegt.

Ein zu geringer Querabstand liegt vor, wenn der Seitenabstand zu stehenden Fahrzeugen oder zu Objekten weniger als 1 Meter bei 50 km/h beträgt bzw. weniger als 1,50 Meter bei sich bewegenden Fahrzeugen. Solche Fehler können in der Simulation objektiv erfasst und vollständig automatisiert gezählt werden. Andere Fehler hingegen können allein nach dem Ermessen eines Experten erfasst werden. Hierzu gehören Fehler im Sicherungsverhalten oder auch die meisten Fehler im Kommunikationsverhalten.

KAUSSNER et al. (2010) ergänzten den Ansatz von BRENNER-HARTMANN (2002) noch um die Kategorien „Kollisionen“ und „Navigationsfehler“. Zusätzlich wurde die Größe der genutzten Zeitlücken in entsprechenden Kreuzungssituationen per Beobachtung erfasst. Mit Hilfe dieser erweiterten Fahrfehlerklassifikation und der darauf basierenden Fehlerzählung konnte in einer Fahrsimulationsstudie bereits erfolgreich der Einfluss verschiedener Blutalkoholkonzentrationen auf die Fahrsicherheit nachgewiesen werden (KAUSSNER et al., 2013). So zeigte sich die standardisierte Fehlerzählung gerade bei kognitiv anspruchsvolleren Fahrsituationen als trennscharf. Dabei wurden Defizite in der Spurhaltung schon ab 0,5 ‰ Alkohol deutlich, bei 0,8 ‰ waren sie stärker ausgeprägt. Taktische Auffälligkeiten im Sinne risikoreicherer Verhaltensweisen (wie z. B. überhöhte Geschwindigkeit) waren beim Fahren mit 0,8 ‰ Alkohol im Blut stärker ausgeprägt.

SCHÖMIG (2009) und METZ (2009) analysierten in Zusammenhang mit einer Studie zum Situationsbewusstsein neben kontinuierlichen Fahrparametern auch eine Reihe von diskreten Fahrfehlern, um zu einer Beurteilung der Kompensationsmöglichkeiten eines Fahrers im Umgang mit Nebenaufgaben zu gelangen. Für jede der als kritisch definierten Fahrsituationen wurde ein spezifischer Fahrfehler definiert, der für das Urteil über die erfolgreiche Bewältigung der Situation herangezogen wurde, z. B.

- kritische Time-To-Collision TTC < 1 s oder
- kritischer Abstand zum Vorderfahrzeug < 1 m und/oder
- kritische Verzögerung > 8 m/s²,
- kritische Spurabweichungen auf Landstraßenabschnitten (Fahrzeug befindet sich mit dem Reifen auf der linken oder rechten Fahrspurmarkierung),

- Gefährdung von anderen Verkehrsteilnehmern z. B. Fußgängern,
- Navigationsfehler, wie falsches Einordnen an einer Kreuzung,
- Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern.

Diese Fehler wurden zum Teil objektiv aus den im Fahrsimulator erfassten Daten bestimmt, zum Teil vom Versuchsleiter beobachtet. Die im Gegensatz zum Realverkehr relativ hohen Grenzwerte ergaben sich aus spezifischen Eigenschaften der Fahrdynamik in der Simulationsumgebung. Daraus resultierte eine verhältnismäßig hohe Anzahl von Fahrfehlern, die nicht absolut, sondern jeweils nur im relativen Vergleich zwischen verschiedenen Versuchsbedingungen interpretiert werden sollte.

Bild 5 in Kapitel 3.2 zeigt ein Ergebnis zur Häufigkeit von Fahrfehlern in Abhängigkeit der Interaktion mit der Nebenaufgabe: Bei unangemessenen Entscheidungen, die Nebenaufgabe trotz hoher Anforderungen in einer Verkehrssituation zu bedienen, traten signifikant mehr Fahrfehler auf. Wurde die Bearbeitung der Aufgabe hingegen ausgelassen, war dies nicht der Fall. Als Referenz diente dabei das Fahren ohne Nebenaufgabe („Baseline“).

3.4.4 Spezifische Parameter des Fahr- und Blickverhaltens

Unabhängig von diesen globalen Maßen zur Beurteilung der Fahrleistung bzw. Fahrsicherheit unter Ablenkung können weitere eher spezifische Parameter des Blick- und Fahrverhaltens analysiert werden. Die NHTSA-Guidelines empfehlen beispielsweise bezüglich des Blickverhaltens, die Dauer der Einzelblicke sowie die gesamte Blickabwendungsdauer, die für die Bearbeitung einer Nebenaufgabe benötigt wird, zu analysieren. Im Fahrverhalten sollen Maße herangezogen werden, die die Güte der Querregulation (z. B. Anzahl Spurübertretungen oder Standardabweichung der lateralen Spurposition, SDLP), die Güte der Längsregulation (z. B. Standardabweichung des Sekundenabstandes zu einem Führungsfahrzeug) sowie die Reaktionsbereitschaft auf ein auftretendes Ereignis abbilden (z. B. Bremsreaktion).

In eine unveröffentlichte Literaturanalyse des WIVW zur Fahreraufmerksamkeit aus dem Jahr 2007 wurden 63 Studien mit 244 Einzelbefunden einbezogen. Folgende Fahrleistungsparameter wurden dort definiert, die besonders sensitiv auf Ablenkung reagieren:

- Variation in der Geschwindigkeit,
- Folgeabstand (v. a. Variation),
- Anzahl Spurübertretungen,
- Standardabweichung der Spurposition (SDLP),
- Maße des Lenkverhaltens (z. B. Lenkfrequenz, Steering Entropy (BOER, 2000)),
- Güte des Folgeverhaltens in einem Folgefahr-Szenario,
- Reaktionszeit auf plötzliche Ereignisse,
- Anzahl von Regelübertretungen,
- Annäherungsgeschwindigkeit an Gefahrensituationen.

METZ stellt in ihrer Dissertation (2009) eine Übersicht über häufig analysierte Blickverhaltensparameter zusammen. Dazu gehören neben der Anzahl von Blicken deren Dauern sowie die Gesamtblickabwendungszeit für die Bearbeitung einer Aufgabe, die sich aus der Kombination der beiden vorherigen ergeben. Eher selten werden die Blicke auf die Fahraufgabe während der Ausführung einer Nebenaufgabe genauer analysiert. Die Studien zum Situationsbewusstsein zeigten allerdings, dass auch diese Blickanalyse einen hohen Erkenntnisgewinn über die Güte der Situationsüberwachung der Fahrer während der Interaktion mit einer Nebenaufgabe liefern. Wie bereits in Kapitel 3.2 gezeigt, ist die Frequenz von solchen Kontrollblicken z. B. von der Höhe der Situationsanforderungen abhängig. Fahrfehler oder Kollisionen stehen mit einer unzureichenden Situationsüberwachung in Zusammenhang. Die Größe des überwachten Teilbereichs der Fahrumgebung (operationalisiert über die Standardabweichung der Fixationen auf die Straße in x- bzw. y-Richtung) zeigte sich sowohl bereits während der Vorbereitung auf die Nebenaufgabe als dann auch vor allem während der Beschäftigung mit dieser stark verkleinert im Vergleich zum Fahren ohne Nebenaufgabe. Dies könnte ein Erklärungsmodell liefern, warum bei der Beschäftigung mit Nebenaufgaben zwar in der Regel noch auf kritische Ereignisse, die direkt vor dem Fahrzeug passieren, reagiert werden kann (der Fahrer fokussiert seine Aufmerksamkeit auf den Teilbereich der Umwelt, der ihm momentan als subjektiv relevant erscheint, dies ist meistens der Bereich direkt vor dem Fahrzeug), aber Reize in der Peripherie zu spät oder gar nicht wahrgenommen werden.

3.4.5 Bewertung der Prüfparameter

Zusammenfassend werden die einzelnen Prüfparameter noch einmal mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen einander gegenübergestellt. Die Anzahl der Unfälle stellt das unmittelbarste Gefahrenmaß dar. Es erlaubt die Berechnung von Risikomaßen, fällt aber für Simulatorstudien insofern als Maß aus, als dass Unfälle eher seltene Ereignisse sind und entsprechend nur bei sehr großen untersuchten Stichproben sinnvoll zu interpretieren sind.

Die Analyse sicherheitskritischer Ereignisse wird unter der Annahme herangezogen, dass sie Unfällen vorausgehen und somit Rückschlüsse auf die Anzahl von Unfällen ermöglichen, aber deutlich häufigere Ereignisse sind. Sie können über objektive Sensordaten definiert werden, und auch für sie ist ein Risikomaß berechenbar. Für Simulatorstudien treten jedoch auch solche Ereignisse immer noch zu selten auf. Um deren Anzahl zu erhöhen, müssten Verkehrsszenarien kritischer gestaltet werden, was dann aber wiederum nicht mehr repräsentativ für den Alltagsverkehr ist.

Die Analyse von Fahrfehlern hat den Vorteil, dass diese unter Bezug auf gesetzliche Normen (z. B. die StVO) definiert werden können und somit weitgehend standardisiert sind. Allerdings muss ein Teil dieser Fahrfehler nach subjektivem Ermessen von Experten beurteilt werden. Vergleichbar geht allerdings auch ein Fahrlehrer bei einer Fahrprobe im Rahmen der Begutachtung der Fahreignung vor, eine Methode, die in diesem Bereich vollkommen anerkannt und akzeptiert ist. Generell ist bei der Verwendung von Fahrfehlern, die nach gesetzlichen Normen definiert sind, zu diskutieren, inwiefern sie das tatsächliche Verkehrsgeschehen abbilden. Wenn viele Fahrer sich nicht an bestimmte gesetzliche Vorgaben halten, aber trotzdem in der

Lage sind, sicher und unfallfrei zu fahren, wird es schwierig, aus den Ergebnissen auf das Ausmaß der tatsächlichen Gefährdung der Fahrsicherheit zu schließen.

Die Auswertung von Blick- und Fahrverhaltensparametern stellt die spezifischste Analyseebene dar. Mit Hilfe dieser Parameter ist es möglich, die spezifisch beeinträchtigten Teilleistungen der Fahraufgabe zu erfassen sowie über die Analyse des Blickverhaltens die visuellen Anforderungen einer Nebenaufgabe genau zu identifizieren. Ein solches Vorgehen entspricht auch den geltenden Empfehlungen, z. B. den NHTSA-Guidelines, wie die Ablenkungswirkung von z. B. fahrzeuginternen elektronischen Geräten zu prüfen ist. Bei einer ausschließlichen Konzentration auf solche Parameter fehlt jedoch ein globales Risikomaß zur Beurteilung der Ablenkungswirkung. Zudem ist zu hinterfragen, inwieweit die Betrachtung einzelner Fahrverhaltens- oder Blickparameter tatsächlich ein Indikator für die Fahrsicherheit ist. So muss es nicht per se sicherheitskritisch sein, wenn der Fahrer unter Ablenkung eine größere Spurschwankung aufweist, sofern er dabei nicht von der Fahrbahn abkommt oder andere Verkehrsteilnehmer gefährdet.

Zusammenfassend erscheint es daher sinnvoll, für die Risikobeurteilung fahrfremder Tätigkeiten einen mehrdimensionalen fahrfehlerbasierten Ansatz zu wählen. Es sollte dabei nicht nur ein Globalurteil bezüglich der Fahrleistung betrachtet werden, wie z. B. die Anzahl aller aufgetretenen Fehler über eine gesamte Fahrt hinweg. Vielmehr sollte eine Gesamtschau verschiedener Faktoren berücksichtigt werden. Dies kann zum einen über die Erstellung eines spezifischen Profils verschiedener Fahrfehlertypen in Abhängigkeit der jeweils untersuchten Nebenaufgaben erfolgen als auch über eine genaue Analyse von Fahr- und Blickverhaltens-

	Anzahl Unfälle	Anzahl sicherheitskritischer Ereignisse	Anzahl Fahrfehler	Blick-und Fahrparameter
Hintergrund	Unmittelbares Gefahrenmaß	Geht Unfall voraus, Rückschlüsse auf Anzahl Unfälle möglich	Orientierung an gesetzlichen Normen (z. B. StVO)	Niedrigste Analyseebene; Blickanalyse; kontinuierliche Parameter der Quer- und Längsregulation
Vorteile	Risikomaße berechenbar	Risikomaße berechenbar, Definition aus objektiven Sensordaten	Risikomaße berechenbar; relativ standardisiert	Identifikation der beeinträchtigten Teilleistungen möglich; entspricht NHTSA-Guidelines
Nachteile	Extrem seltenes Ereignis, für SIM-Studien nicht geeignet	Seltene Ereignisse; Szenarien müssten entsprechend kritisch gestaltet sein; Definition umstritten	Teilweise nur beobachtbar; reicht Häufigkeit aus? Relevanz für Alltagsverhalten?	Globales Risikomaß fehlt; guter Indikator für Gefährdung der Fahrsicherheit?

Tab. 6: Vor- und Nachteile der verschiedenen Prüfindikatoren zur Risikobeurteilung von fahrfremden Tätigkeiten

parametern, die situations- und aufgabenbezogen weitere Erkenntnisse über die zugrunde liegenden Aufmerksamkeitsprozesse liefern.

4 Simulatorstudie zur Erfassung selbstregulatorischer Fähigkeiten der Fahrer beim Umgang mit Nebenaufgaben

4.1 Hintergrund und Zielstellung

Um in experimentellen Studien die Auswirkungen fahrfremder Tätigkeiten auf die Fahrsicherheit zu untersuchen, wird häufig ein Vorgehen gewählt, das die Fahrer in fest vorgegebenen Streckenabschnitten zur Bearbeitung von bestimmten Nebentätigkeiten auffordert (Blockdesign). Dies kann dazu führen, dass die Versuchsteilnehmer diese Tätigkeiten auch dann ausführen, wenn sie dies von sich aus gar nicht oder aber nur in weniger beanspruchenden Verkehrssituationen tun würden. Indem man den Fahrern so die Möglichkeit zur Selbstregulation nimmt, kann es dazu kommen, dass das Gefahrenpotenzial der untersuchten Tätigkeiten überschätzt wird.

Es konnte gezeigt werden, dass Fahrer die Beschäftigung mit den meisten fahrfremden Tätigkeiten, darunter das Bedienen fahrzeuginterner Systeme, die Beschäftigung mit einem Beifahrer oder auch das Bedienen von Geräten, die nicht zum Fahrzeug gehören (Musikabspielgeräte, Handys), für gefährlich halten (HUEMER & VOLLRATH, 2012). Dies scheint sie jedoch nicht davon abzuhalten, solche Tätigkeiten beim Fahren auszuführen. Befragt nach ihrem Verhalten während der vorausgegangenen 30 Minuten einer eben beendeten Fahrt gaben 80 % der Fahrer an, mindestens eine fahrfremde Tätigkeit ausgeführt zu haben (HUEMER & VOLLRATH, 2012). Bei Beobachtungen an Kreuzungen wurde als häufigste Nebentätigkeit die Interaktion mit anderen Fahrzeuginsassen beobachtet (53,2 %), gefolgt vom Telefonieren (31,4 %). 16,6 % der Fahrer bedienten ihr Handy an der Kreuzung, 3 % aßen oder tranken (HUISINGH et al., 2014). Es scheint den Fahrern demnach zwar prinzipiell bewusst zu sein, dass fahrfremde Tätigkeiten gefährlich sein können. Für die von ihnen durchgeführten Tätigkeiten sind sie aber der Meinung, dass diese in der jeweiligen Situation gefahrlos durchgeführt werden konnten (HUEMER &

VOLLRATH, 2012). Dass Fahrer die Beschäftigung mit Nebenaufgaben durchaus an die Anforderungen der Verkehrssituation anpassen, dafür sprechen zum Beispiel Ergebnisse einer naturalistischen Fahrstudie von METZ, LANDAU und JUST (2014). Es konnte gezeigt werden, dass Fahrer die Eingaben am Navigationssystem ganz überwiegend in Situationen machen, die wenig anspruchsvoll sind. Während der Bedienung wurde zudem die Fahrgeschwindigkeit reduziert und wurden Abstände vergrößert.

Inwieweit Fahrer tatsächlich in der Lage sind, die Durchführung einer Nebentätigkeit adäquat an die Anforderungen unterschiedlicher Verkehrssituationen anzupassen, wurde in dieser Fahrsimulatorstudie untersucht. Dabei wurde auch geprüft, wie es sich auf sicherheitsrelevante Leistungsmaße auswirkt, wenn Fahrer die Möglichkeit zur Selbstregulation haben (für eine umfassendere Darstellung der Studie siehe WANDTNER, 2012).

4.2 Methode

Diese Studie wurde im Fahrsimulator der BAST durchgeführt. Einem Teil der Fahrer wurde die Möglichkeit gegeben, den Grad der Beschäftigung mit einer Bedienaufgabe an die Verkehrssituation anzupassen (Selbstregulationsbedingung). Die übrigen Probanden hatten diese Möglichkeit nicht. Sie sollten diese Bedienaufgabe immer dann bearbeiten, wenn sie dazu aufgefordert wurden (Blockbedingung). Um auch Vergleichsdaten ohne Ablenkung zu erhalten, wurden für die Blockbedingung zwei parallele Gruppen gebildet. Bei den Probanden in der Blockbedingung wurde die Nebenaufgabe insgesamt immer für die Hälfte der Strecke vorgegeben (mit Ruhephasen zwischen den Aufgabenblöcken, in denen sich die Fahrer voll auf das Fahren konzentrieren konnten). Dabei war die Verteilung der Nebenaufgabe in den beiden Gruppen genau invers. Wenn in Gruppe A die Aufgabe bearbeitet werden musste, gab es in Gruppe B in diesem Streckenabschnitt eine Phase ohne Nebenaufgabe (entspricht einer Kontrollbedingung) und umgekehrt. In der Selbstregulationsbedingung durchführten die Probanden dieselbe Strecke. Sie hatten die Möglichkeit zur Selbstregulation, da die Nebenaufgabe über die gesamte Strecke hinweg von ihnen bearbeitet werden konnte. Wann sie das taten, lag in ihrem Ermessen.

Als abhängige Variablen wurden Parameter der Längs- und Querregulation erfasst sowie in zeitkritischen Situationen die Bremsreaktionszeiten der Fahrer. Weiterhin wurde das Auftreten von Kollisionen und kritischen Situationen gezählt.

4.2.1 Stichprobe

In diese Studie wurden Fahrer jüngeren bis mittleren Alters eingeschlossen, die bereits eine gewisse Fahrpraxis erworben hatten. Alle Fahrer hatten vor der Teilnahme ein spezifisches Training zur Gewöhnung an das Fahren im Fahrsimulator erfolgreich absolviert. Insgesamt nahmen 39 Personen (69 % Männer, 31 % Frauen) teil. Sie waren zwischen 22 und 44 Jahre alt (Mittelwert: $M = 29.23$ Jahre; Standardabweichung: $SD = 7.09$) und waren seit durchschnittlich 10,13 Jahren ($SD = 7,23$) im Besitz ihres Führerscheins. Das durchschnittliche Fahrpensum pro Jahr betrug 12.607,69 km ($SD = 9.177,27$).

Die Teilnehmer wurden randomisiert einer der drei experimentellen Bedingungen zugewiesen (13 Personen pro Bedingung). Dabei gab es hinsichtlich der Maße Alter ($F(2,36) = 0.11$; $p = .90$; $\eta^2 = .01$) und Jahreskilometerleistung ($F(2,36) = 0.75$; $p = .48$; $\eta^2 = .04$) keine signifikanten Gruppenunterschiede.

4.2.2 Der Fahrsimulator der BAST

Der verwendete Simulator verfügt über eine stationäre vollständig instrumentierte Fahrerkabine (engl. Mockup), welche der eines Mittelklassefahrzeugs nachempfunden ist. Ein Aktuator in der Lenksäule ermöglicht ein realistisches Lenkgefühl. Als Fahrdynamikmodell liegt das Verhalten eines BMW 520i mit Automatikgetriebe zugrunde. In der Mittelkonsole des Mockups befindet sich ein Touchdisplay, auf dem in dieser Studie die Nebenaufgabe angezeigt und bearbeitet wurde (Bild 6).

Um die Fahrgastzelle herum sind halbkreisförmig drei große Leinwände im Format 2,80 x 2,10 m angeordnet, die eine Frontsicht von 180° erlauben. Die Strecke und das Verkehrsgeschehen werden dabei über drei Beamer auf die Leinwände projiziert. Diese verfügen über eine Auflösung von 1.400 x 1.050 Pixeln, sodass eine detailreiche Darstellung erreicht wird. Drei kleinere Displays dienen als Rück- und Außenspiegel. Wichtig für einen realitätsnahen Fahreindruck ist auch das 5.1.-Soundsystem, das einen dreidimensionalen Höreindruck



Bild 6: Der Fahrsimulator der BAST – Fahrzeug-Mockup und Darstellung der Strecke über drei Leinwände. (Foto: Hardy Holte)

vermittelt und etwa die akustische Ortung von anderen Verkehrsteilnehmern ermöglicht.

Betrieben wird die Fahrsimulation über einen Rechnerverbund von insgesamt 11 Windows-PCs (Intel Pentium i7 mit 3,4 GHz, 3,5 GB RAM, Nvidia Geforce GTX 470). Die einzelnen Rechner sind für unterschiedliche Komponenten der Simulation zuständig, etwa grafische Darstellung, Streckensystem, andere Verkehrsteilnehmer oder den Sound. Das System wird über das Softwarepaket SILAB der WIVW GmbH gesteuert. An einem Operator-Rechner werden Strecken geladen und der Ablauf der Simulation über das Netzwerk koordiniert. Dabei können während der Fahrt eines Probanden verschiedenste Fahrparameter wie Geschwindigkeit, Betätigung der Pedale oder Fahrspurabweichung vom Versuchsleiter überwacht und für eine spätere Auswertung aufgezeichnet werden.

4.2.3 Versuchsstrecke

Die erstellte Strecke hat eine Gesamtlänge von ca. 15,5 km. Innerhalb der ersten 11 km ist eine Überlandstrecke mit einer kurzen Ortsdurchfahrt zu absolvieren. Man gelangt dann in ein dichter besiedeltes Gebiet und in den letzten ca. 4 km in einen Innenstadtbereich. Die Navigation durch die Stre-

cke ist aufgrund der Art der Verkehrsführung für die Probanden stets eindeutig. Der Ablauf der einzelnen Verkehrssituationen und das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer sind für jede Versuchsperson nahezu identisch.

Nach einem Eingewöhnungsstück ist eine scharfe Kurve zu durchfahren, die durch ein Schild angekündigt wird. Anschließend muss an einem Pannenfahrzeug vorbeigefahren werden, bevor sich die Straße verengt und man für ca. 2,5 km eine kurvige Waldstraße (Bild 7 links) mit Gegenverkehr durchfährt. Es folgt eine Ortsdurchfahrt, in der man an parkenden Fahrzeugen vorüberfahren und auf den Gegenverkehr achten muss. Nach einer Baustelldurchfahrt folgt eine ca. 3,5 km lange Überholverbotszone. Hier folgt man einem Pkw, der immer wieder seine Geschwindigkeit variiert. Nach einem Übergangsstück gelangt man in ein Innenstadtszenario mit einer Fußgängerampel, die zu einem kritischen Zeitpunkt während der Annäherung von Grün auf Gelb schaltet. Wenn ca. 50 km/h gefahren werden, ist dabei eine schnelle Bremsreaktion nötig.

Es folgt eine Fahrt durch mehrere enge Einbahnstraßen, in denen kritische Ereignisse auftreten, die je nach gefahrener Geschwindigkeit eine Vollbremsung erfordern. Die entsprechenden Situationen wurden im Rahmen des BAST-Projekts „Verhaltensbezogene Kennwerte zeitkritischer Fahrmanöver“ (FE 82.0536) durch den Lehrstuhl für Ingenieur- und Verkehrspsychologie der TU Braunschweig entwickelt. Hierbei treten Fußgänger überraschend zwischen parkenden Autos hervor, beim ersten Mal von links und beim zweiten Mal von rechts. Der Abstand zum Simulatorfahrzeug beträgt dabei in der ersten Situation 23 m und in der zweiten 25 m. Die

erste Situation ist also noch etwas zeitkritischer als die zweite, allerdings besteht hier die Möglichkeit, zusätzlich zur Seite auszuweichen. In der zweiten Situation verhindern dies parkende Autos an beiden Straßenseiten (Bild 7 rechts). In einer weiteren kritischen Situation bremst ein vorausfahrendes Fahrzeug plötzlich stark ab, sodass ebenfalls schnell reagiert werden muss.

4.2.4 Nebenaufgabe

Auf dem Touchdisplay der Mittelkonsole wurden Zahlenfolgen, bestehend aus acht zufälligen Ziffern, aufgeteilt in zwei Blöcke, präsentiert (Bild 8). Die Probanden hatten die Aufgabe, diese Zahlen möglichst zügig und fehlerfrei abzutippen. Dazu stand ein virtueller Nummernblock zur Verfügung. Die von den Probanden eingegebenen Ziffern wurden unterhalb der vorgegebenen Zahlenfolge angezeigt. Falsch eingegebene Zahlen konnten mit einer

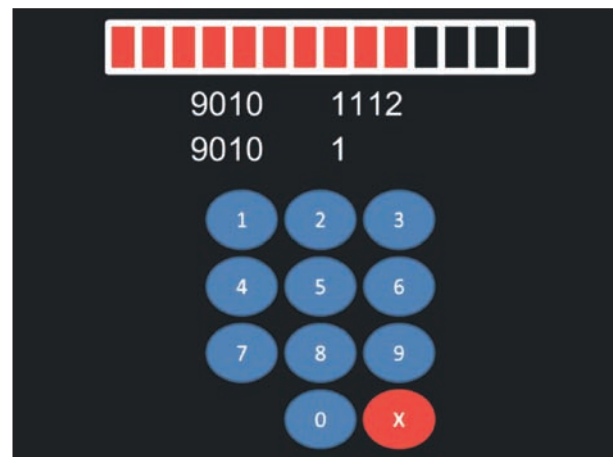


Bild 8: Die verwendete Nebenaufgabe. Beschreibung: siehe Text



Bild 7: Darstellung einiger kritischer Situationen. Links: Waldstraße, rechts: Fußgänger quert (Screenshots aus SILAB 3.0)

Backspace-Taste gelöscht und dann neu eingegeben werden.

In der Blockbedingung hatten die Versuchsteilnehmer zum Abtippen der vorgegebenen Zahlenfolge zehn Sekunden Zeit. Die noch verbleibende Zeit wurde dabei in Form eines Fortschrittbalkens dargestellt, der jede Sekunde herunterzählte. Wenn die vorgegebene Zahlenfolge eingetippt oder die verfügbare Zeit abgelaufen war, erschien direkt die nächste Zahlenfolge, und die zur Verfügung stehende Bearbeitungszeit startete wieder bei zehn Sekunden. So wurden die Fahrer kontinuierlich zur Bearbeitung aufgefordert. Zudem ertönte bei jeder neuen Aufgabe ein Signalton. Wenn ein Aufgabenblock (siehe auch Kapitel 4.2.7) beendet war, wurde dies durch einen anderen Ton deutlich gemacht. Dann erschienen zunächst keine weiteren Aufgaben, und es waren auch keine Bedieneingaben mehr möglich.

In der Bedingung mit Selbstregulation standen die Probanden für die gleichen Aufgaben nicht unter Zeitdruck. Sie konnten sich die Bearbeitung der Aufgabe über die gesamte Strecke hinweg selbstständig einteilen. Sobald sie eine Ziffernfolge abgetippt hatten, erschien hier ebenfalls direkt die nächste Aufgabe, und es ertönte ein kurzer Signalton.

4.2.5 Verteilung der Aufgabenblöcke

Für die beiden Blockbedingungen mussten die Abschnitte mit Nebenaufgabe so über die Strecke verteilt werden, dass für jeden Punkt der Strecke in Abhängigkeit der Versuchsgruppe Daten mit und

ohne Ablenkung aufgezeichnet werden konnten. Dazu wurde die Gesamtstrecke mit der Länge von 15,5 km (Bild 9) in zehn gleich lange Abschnitte unterteilt, also jeweils mit einer Länge von 1,55 km. In Bedingung A war die Nebenaufgabe in den Abschnitten 1, 3, 5, 7 und 9 zu bearbeiten, in Bedingung B dagegen genau invers in den Abschnitten 2, 4, 6, 8 und 10 (Bild 9). In den dazwischenliegenden Abschnitten war die Nebenaufgabe inaktiv, und die Probanden sollten sich voll auf das Fahren konzentrieren.

In der Bedingung mit Selbstregulation (in Bild 9 nicht dargestellt) war die Aufgabe dagegen die ganze Fahrt über freigeschaltet und konnte jederzeit und ohne Zeitdruck bearbeitet werden, wann immer die Probanden der Meinung waren, dass die Verkehrssituation dies zuließ.

4.2.6 Abhängige Variablen

Die einzelnen Fahrsituationen stellten unterschiedliche Anforderungen an die Fahrer. Mal war das Hauptaugenmerk auf die Längsregulation zu richten (z. B. das Anpassen der eigenen Geschwindigkeit an die des vorausfahrenden Fahrzeugs), mal auf die Querregulation (z. B. das Vermeiden von Spurübertretungen in der kurvigen Waldstraße). Bei den plötzlichen Ereignissen, wie dem Queren eines Fußgängers, war vor allem eine schnelle Bremsreaktion entscheidend. Die abhängigen Variablen für die Auswertung wurden deshalb situationsbezogen definiert. Bei der Beschreibung der Ergebnisse werden die jeweils für die Situationen relevanten Variablen aufgeführt.

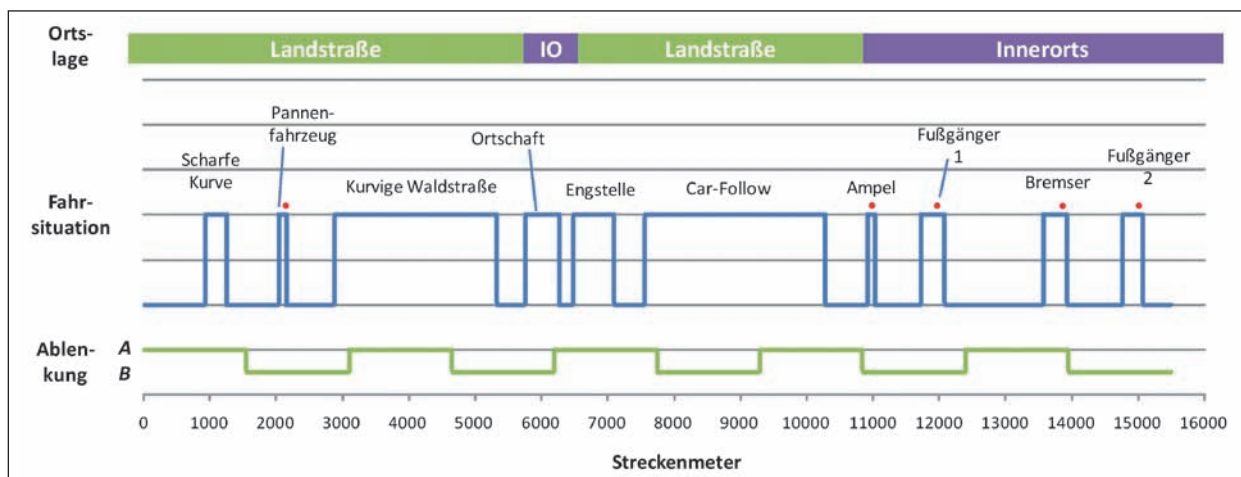


Bild 9: Abfolge der Situationen und Verteilung der Aufgabenblöcke über die Strecke. Kritische Fahrsituationen sind benannt und hervorgehoben (rote Punkte geben die exakte Position von punktuellen Ereignissen an). Für die beiden Blockbedingungen sind die jeweiligen Aufgabenblöcke markiert (fünf pro Bedingung)

4.2.7 Versuchsdurchführung

Die Datenerhebung erfolgte in der Zeit vom 29.05.2012 bis zum 06.07.2012 am Fahrsimulator der BASt in Bergisch Gladbach. Im Vorfeld der Studie wurden die Probanden randomisiert einer der drei experimentellen Bedingungen zugewiesen. Von jedem Teilnehmer musste etwa eine Stunde aufgebracht werden.

Nach einer kurzen mündlichen Erläuterung zum Hintergrund der Studie wurde ein Probandeninformationsblatt über die Studie ausgehändigt und eine Einwilligungserklärung zur Teilnahme unterzeichnet. Zuvor hatten die Fahrer ausreichend Gelegenheit für Nachfragen. Dann erklärte der Versuchsleiter noch einmal die Bedienung des Simulatorfahrzeugs und die Probanden hatten Gelegenheit, sich die Sitzposition optimal einzustellen. Dabei wurde insbesondere darauf geachtet, dass die Teilnehmer das Touchdisplay zur Bedienung der Nebenaufgabe gut mit dem rechten Arm erreichen konnten. Nachdem noch einmal darauf hingewiesen wurde, dass die Fahrt jederzeit abgebrochen werden kann, wurden zunächst ein paar kurze Fahrübungen absolviert. Nach einer freien Fahrübung wurden Brems- und Ausweichmanöver wiederholt, damit die Probanden auf die Anforderungen der Versuchsstrecke vorbereitet waren.

Als Nächstes wurde die Nebenaufgabe ausführlich erklärt, und die Probanden bekamen Gelegenheit, zunächst im Stand, 20 Zahlenfolgen abzutippen, um sich an die Bedienung zu gewöhnen. Danach wurde die Nebenaufgabe während einer Fahrt geübt, bis sich die Probanden ausreichend vertraut im Umgang mit der Aufgabe fühlten.

Nach einer optionalen Pause begann dann die eigentliche Versuchsfahrt, welche etwa 20 Minuten dauerte. Unmittelbar zuvor wurde die standardisierte Instruktion verlesen. Diese wies alle Probanden an, stets sicher und unter Beachtung der StVO zu fahren. Die Fahrer in der Blockbedingung wurden angewiesen, immer dann, wenn der Signalton zu hören ist und eine neue Aufgabe auf dem Display erscheint, diese umgehend zu bearbeiten, wofür pro Aufgabe 10 Sekunden Zeit zur Verfügung stehen. Ihnen wurde weiterhin mitgeteilt, dass nach Ablauf dieser Zeit die nächste Aufgabe erscheint, die ebenfalls möglichst umgehend bearbeitet werden soll. Sie wurden aufgefordert, möglichst viele der dargebotenen Aufgaben richtig zu bearbeiten, so lange, bis durch ein Tonsignal das Ende des Auf-

gabenblocks angekündigt und keine weiteren Aufgaben präsentiert werden. Dann sollten sich die Fahrer bis zum nächsten Aufgabenblock voll auf das Fahren konzentrieren. In der Selbstregulationsbedingung wurden die Fahrer angewiesen, die Zahlenaufgabe während der gesamten Fahrt zu bearbeiten, wann immer ihnen dies möglich erscheint. Auch hier wurde dazu aufgefordert, möglichst viele Zahlenfolgen richtig einzugeben. Es wurde aber auch explizit darauf hingewiesen, dass die Bearbeitung der Aufgaben bei Bedarf jederzeit unterbrochen und wieder aufgenommen werden kann, wenn dies möglich erscheint.

Während der Fahrt wurden Messdaten über die Bewegung und die Position des Fahrzeugs aufgezeichnet. Außerdem wurden die Bedieneingaben des Fahrers erfasst. Zudem wurden vom Versuchsleiter Fahrfehler in einem Beobachtungsbogen festgehalten.

Im Anschluss an die Fahrt hatten die Probanden ihrerseits die Möglichkeit zu Nachfragen. Abschließend wurde den Teilnehmern eine Aufwandsentschädigung ausgehändigt, und sie wurden verabschiedet.

4.2.8 Statistische Auswertung

Alle relevanten Fahrparameter wurden mit einer zeitlichen Auflösung von 120 Hz aufgezeichnet. Für jede Versuchsfahrt wurde von SILAB eine ASCII-Textdatei im Format CSV (Comma-Separated Values) erzeugt. Diese wurden in IBM SPSS Statistics 19 eingelesen und für die weitere Auswertung aufbereitet. Anhand der Modul-IDS und des Streckenmeters konnten die einzelnen Situationen identifiziert und getrennt voneinander ausgewertet werden.

Im vorliegenden Experiment lag ein „Between-Subjects-Design“ vor. Zur statistischen Überprüfung von Gruppenunterschieden wurden sowohl für die Gesamtstrecke als auch für die einzelnen Situationen jeweils univariate einfaktorielle Varianzanalysen gerechnet. Die unabhängige Variable war dabei stets die experimentelle Bedingung „Gruppe“ mit drei Faktorstufen (Block A, Block B, Selbstregulation). Die abhängige Variable unterschied sich je nach Situation, z. B. Durchschnittsgeschwindigkeit bei der Ortsdurchfahrt oder Reaktionszeit bei den Fußgängerereignissen. Für den Fall, dass keine Normalverteilung der abhängigen Variablen vorlag, wurde der nichtparametrische Kruskal-Wallis-Test

gerechnet. Alle Tests galten als signifikant ab einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $\alpha < .05$. Aufgrund der a priori formulierten und weitgehend unabhängigen Hypothesen konnte auf eine Alpha-Adjustierung für multiple Tests verzichtet werden. Als Maß für die Effektgröße wurde stets der Wert η^2 angegeben. Dieses Effektmaß gibt auf Stichprobenebene den Anteil der Variation der Zielvariablen an, der durch die unabhängige Variable erklärt wird.

Für die Fragestellung, ob sich die Häufigkeit der Kollisionen in den drei Bedingungen unterschied, wurde pro Situation jeweils ein χ^2 -Test berechnet.

Mit dem Programm G*Power 3.1.4 (ERDFELDER, FAUL & BUCHNER, 1996) wurde a posteriori eine Teststärkeanalyse für das verwendete Versuchsdesign (einfaktorielle Varianzanalyse ohne Messwiederholung) durchgeführt. Aufgrund der aufwändigen Datenerhebung und Auswertung war die Stichprobengröße im Vorfeld begrenzt worden. Mit dem vorliegenden Stichprobenumfang von $N = 39$, einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $\alpha = .05$ und einer hohen festgelegten Power von $(1-\beta) = .95$ wurde eine erforderliche Effektstärke von Cohens $f = .66$ errechnet. Nach COHEN (1988) spricht man bei Werten von $f > 0.40$ von großen Effekten. Ein großer vorhandener Unterschied zwischen den Gruppen konnte in der vorliegenden Studie demnach mit einer Wahrscheinlichkeit von $(1-\beta) = .95$ nachgewiesen werden. Wenn im Folgenden eine Nullhypothese nicht abgelehnt werden konnte, gab es entweder tatsächlich keinen Unterschied zwischen den Gruppen oder nur einen so kleinen, dass er in dieser Studie nicht gefunden werden konnte.

4.3 Ergebnisse

Bezogen auf die Gesamtstrecke wurden in den beiden Blockbedingungen und in der Selbstregulationsbedingung ähnlich viele Aufgaben bearbeitet ($F(2,36) = 2.03$; $p = .15$; n. s.). Während in den Blockbedingungen bestimmte Streckenabschnitte für die Aufgabenbearbeitung vorgegeben waren, konnten sich die Fahrer in der Selbstregulationsbedingung die Bearbeitung frei einteilen.

In einem ersten Schritt wird nun dargestellt, inwieweit die Fahrer in der Lage waren, die Aufgabenbearbeitung an die Anforderungen der Verkehrssituationen anzupassen, wenn sie dazu Gelegenheit hatten. Hierzu wird die Verteilung der Bedieneingaben über den Streckenverlauf in der Selbstregulationsbedingung betrachtet. Im Anschluss werden situa-

tionsbezogen die jeweils relevanten Fahrparameter untersucht. Von besonderem Interesse ist hierbei das Abschneiden der Selbstregulierer im Vergleich zu den Fahrern in den Blockbedingungen.

4.3.1 Analyse der Fähigkeit zur Selbstregulation

Im Folgenden wird das Bearbeitungsverhalten der 13 Fahrer, die die Möglichkeit zur Selbstregulation beim Umgang mit der Nebenaufgabe hatten, explorativ untersucht.

In Bild 10 sind die Tastendrucke pro Minute im Streckenverlauf dargestellt. Dabei wurden zur besseren Übersicht jeweils in sich geschlossene Verkehrssituationen zusammengefasst. In dieser Darstellung wird deutlich, wie je nach Beanspruchung die Aufmerksamkeit entweder eher auf das Fahren oder eher auf die Nebenaufgabe gerichtet wurde. Besonders in den kurzen kritischen Verkehrssituationen (scharfe Kurve, Pannenfahrzeug, Fußgängerereignisse) wurde die Bedienungsaufgabe weitgehend ausgesetzt. In längeren, aber anspruchsvollen Abschnitten wurde eine mittlere Bearbeitungsfrequenz erreicht (Waldstraße, Innenstadt). Am häufigsten wurde die Nebenaufgabe auf überwiegend geraden Überlandstrecken mit wenig Verkehr (freie Fahrt im Anfangsbereich der Strecke, Car-Following) sowie bei besonders langsamer Fahrt (langsame Folgefahrt) oder im Stillstand (Ampel) bearbeitet.

Auch innerhalb der einzelnen Verkehrssituationen passten die Fahrer die Intensität der Aufgabenbearbeitung an. In Bild 11 ist als Beispiel für eine vorhersehbare Situation der Streckenabschnitt im Bereich des Pannenfahrzeugs dargestellt. Einige hundert Meter vor dem Pannenfahrzeug war ein gerades Streckenstück ohne Gegenverkehr zu durchfahren. Hier wurden viele Aufgaben bearbeitet. Sobald das Warndreieck zu sehen war und Gegenverkehr hinzukam, sank die Bearbeitungsfrequenz deutlich, bevor sie dann beim Überholvorgang ihren Tiefstwert erreichte. Unmittelbar danach widmeten sich die Fahrer wieder vermehrt der Nebenaufgabe.

Der Streckenabschnitt, in dem das erste Mal ein Fußgänger plötzlich die Straße überquerte, ist dagegen ein Beispiel für eine nicht direkt vorhersehbare Verkehrssituation. Dennoch waren auch hier einige Hinweisreize für eine potenzielle Gefahr vorhanden: Es handelte sich um eine enge Einbahn-

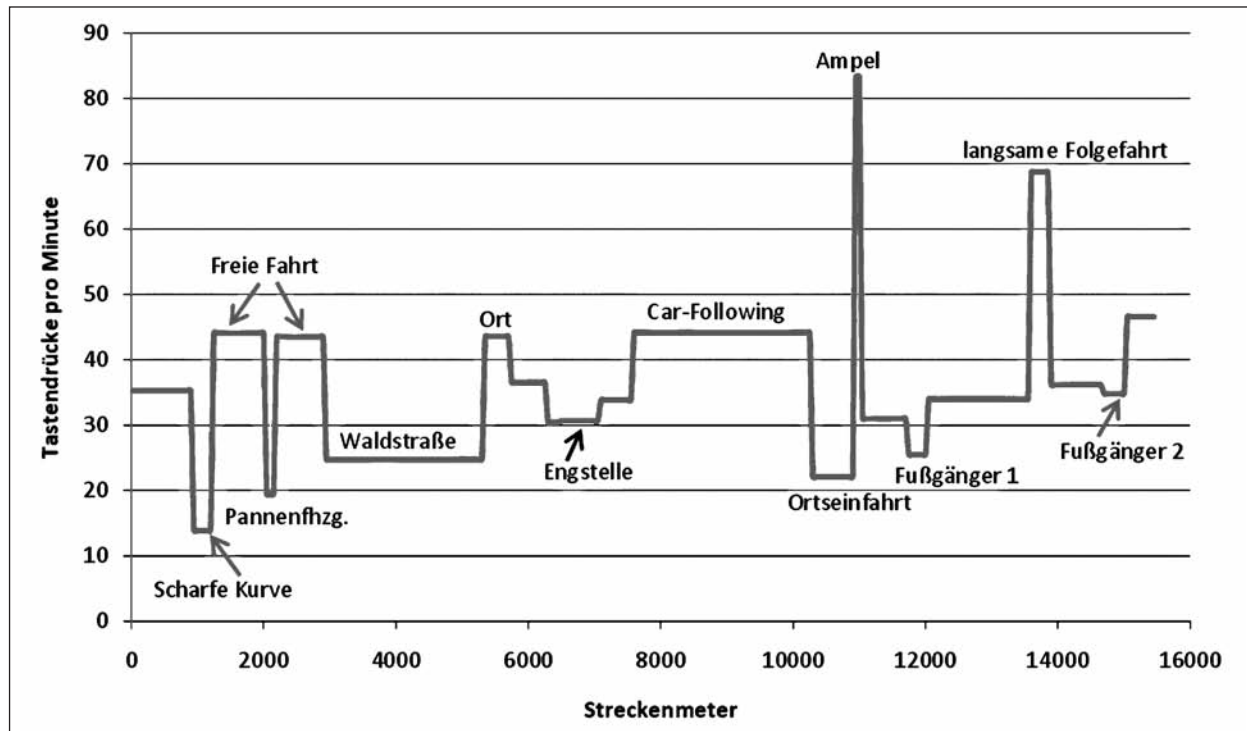


Bild 10: Durchschnittliche Anzahl Tastendrucke pro Minute im Streckenverlauf. Einzelne in sich geschlossene Streckenabschnitte wurden dabei zusammengefasst

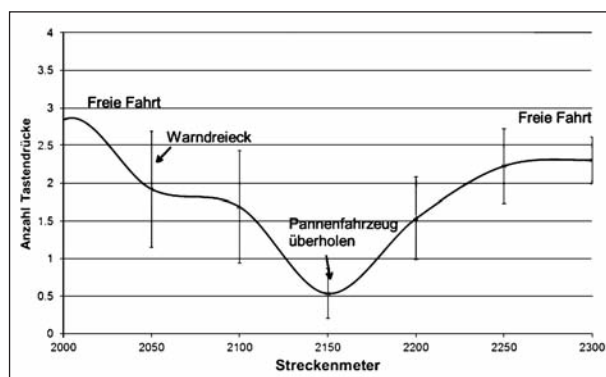


Bild 11: Mittlere Tastendrucke [pro 50 m] im Streckenverlauf [m] innerhalb der Situation „Pannenfahrzeug“. Die Fehlerbalken zeigen die Standardfehler der Mittelwerte

straße mit parkenden Fahrzeugen und vielen Passanten am Straßenrand. Die Fahrer bearbeiteten jedoch trotzdem relativ intensiv die Nebenaufgabe und wurden in den meisten Fällen von dem auf die Straße tretenden Fußgänger überrascht. Als der Fußgänger die Straße überquerte, wurde die Bearbeitung sofort unterbrochen und ein Bremsmanöver eingeleitet (ohne Abbildung).

4.3.2 Auswertung der Fahrleistungsparameter

Es werden im Folgenden die Ergebnisse der situationsspezifischen Auswertung beschrieben. Dabei werden zunächst die Situationen berichtet, bei

denen die Hauptanforderung bei der Querregulation lag. Im Anschluss werden die Befunde bezüglich der Längsregulation beleuchtet, bevor mit einer Betrachtung der Reaktionszeiten in den kritischen Situationen abgeschlossen wird.

Parameter der Querregulation

In allen relevanten Verkehrssituationen wiesen die Probanden aus der Blockbedingung unter Ablenkung die höchste Variabilität in der Spurhaltung auf, während sich die Selbstregulierer auf einem vergleichbaren Niveau mit den Personen befanden, die sich vollständig auf das Fahren konzentrieren konnten. Gleichzeitig wurden allerdings zumeist weniger Bedieneingaben vorgenommen als in der Blockbedingung mit Ablenkung.

Als eine typische Situation, die Anforderungen an die Querregulation stellte, wird im Folgenden beispielhaft die Situation „kurvige Waldstraße“ genauer dargestellt (Bild 12). Als abhängige Variable wurde hier die Standardabweichung der lateralen Position (= SDLP) untersucht.

In einer Varianzanalyse konnte ein signifikanter Effekt des Faktors Ablenkung nachgewiesen werden ($F(2,36) = 17.30$; $p < .001$; $\eta^2 = .49$). Die Probanden in der Blockbedingung mit Nebenaufgabe wiesen erwartungsgemäß die stärksten Spurschwankungen

auf ($M = 0.48$; $SD = 0.12$). Die Werte lagen in den anderen beiden Gruppen deutlich niedriger (ohne NA: $M = 0.32$, $SD = 0.08$; Selbstreg: $M = 0.29$, $SD = 0.04$). Dies verdeutlichten Post-hoc-Tests (mit NA vs. ohne NA, $p < .001$; mit NA vs. Selbstreg, $p < .001$). Die Selbstregulationsgruppe ordnete sich auf einem ähnlichen Niveau ein wie die Gruppe, die sich voll auf das Fahren konzentrieren konnte: Hier traten entsprechend keine signifikanten Unterschiede auf (Selbstreg vs. ohne NA, $p = .61$, n. s.). Für den durchschnittlichen Anteil der Spurübertretungen ergaben sich ähnliche Befunde (Bild 13). Auch hier unterschieden sich die Gruppen signifikant ($F(2,36) = 4.49$; $p = .02$; $\eta^2 = .20$). Wieder wurden die meisten Fahrfehler in der Blockbedingung mit Nebenaufgabe gemacht ($M = 27.24$; $SD = 13.84$), während die Werte für die Gruppe ohne Nebenaufgabe ($M = 19.37$; $SD = 10.82$) und die Selbstregulationsgruppe ($M = 14.05$; $SD = 8.60$) deutlich kleiner ausfielen. Deskriptiv fällt auf, dass die Selbstregulierer sogar den geringsten mittleren Anteil an Spurübertretungen von allen Gruppen aufwiesen. Die

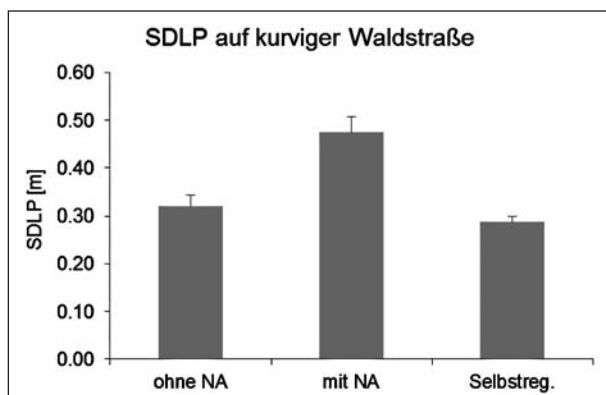


Bild 12: Durchschnittliche SDLP [m] in der Situation „kurvige Waldstraße“. Die Fehlerbalken zeigen die Standardfehler der Mittelwerte. NA = Nebenaufgabe

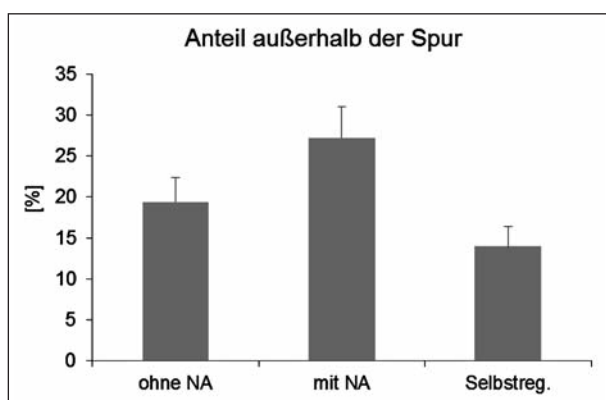


Bild 13: Durchschnittlicher Anteil [%] Spurübertretungen in der Situation „kurvige Waldstraße“. Die Fehlerbalken zeigen die Standardfehler der Mittelwerte

Gruppe mit der Möglichkeit zur Selbstregulation unterschied sich in Post-hoc-Tests signifikant von der Blockbedingung mit Nebenaufgabe (Selbstreg. vs. mit NA, $p = .01$), während dies für die Gruppe ohne Ablenkung nicht galt (ohne NA vs. mit NA, $p = .19$).

Zu berücksichtigen ist bei den Befunden, dass in der Blockbedingung mit Ablenkung signifikant mehr Bedieneingaben vorgenommen wurden als in der Bedingung, in der die Selbstregulation möglich war ($F(1,24) = 28.08$; $p < .001$; $\eta^2 = .54$). In der Blockbedingung wurden durchschnittlich etwas mehr als doppelt so viele Tastenanschläge getätigt wie in der Selbstregulationsgruppe.

Parameter der Längsregulation

Auch bezüglich der Güte der Längsregulation zeigten sich zumeist die größten Beeinträchtigungen bei den Fahrern in der Blockbedingung mit Ablenkung. Die Selbstregulierer lagen dagegen auf einem ähnlichen Niveau wie die Personen, die nicht abgelenkt waren. Beispielhaft sollen hier die Ergebnisse des Abschnitts mit der Folgefahrt genauer dargestellt werden, da sie das Geschwindigkeits- und Abstandsverhalten in den verschiedenen experimentellen Bedingungen gut veranschaulichen.

Bei diesem Abschnitt handelte es sich um ein Landstraßenstück mit Überholverbot, in dem man einem vorausfahrenden Pkw folgen musste. Vier Personen überholten trotz des Verbots das vorausfahrende Fahrzeug und mussten von der statistischen Analyse ausgeschlossen werden. Diese vier Probanden waren in der Blockbedingung, in der im Sichtbereich des Überholverbotsschildes die Nebenaufgabe zu bearbeiten war.

Für die abhängige Variable Sekundenabstand (siehe Bild 14) wurde ein signifikanter Effekt des

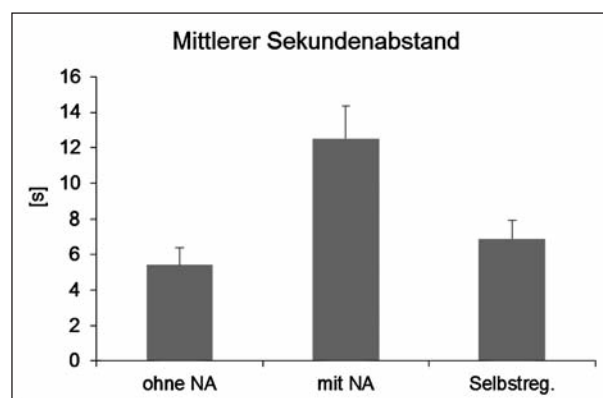


Bild 14: Durchschnittlicher zeitlicher Abstand [s] zum vorausfahrenden Fahrzeug im Abschnitt mit Folgefahrt

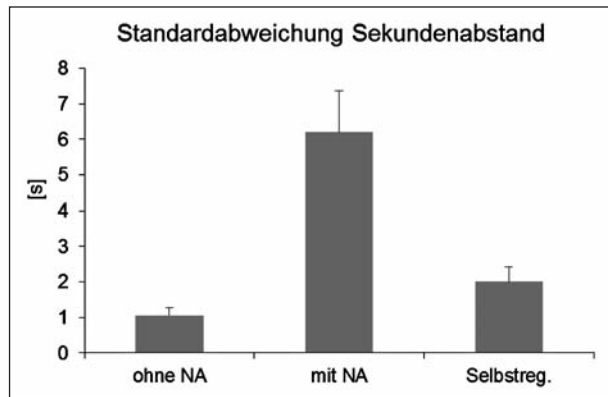


Bild 15: Durchschnittliche Standardabweichung des zeitlichen Abstands [s] zum vorausfahrenden Fahrzeug im Abschnitt mit Folgefahrt

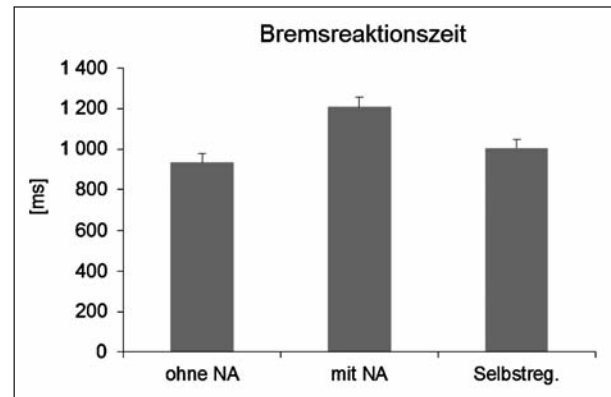


Bild 16: Bremsreaktionszeiten [ms] in Reaktion auf den ersten Fußgänger

Faktors Ablenkung gefunden ($F(2,32) = 6.75$; $p = .004$; $\eta^2 = .30$). In der Blockbedingung mit Nebenaufgabe wurde durchschnittlich der größte Abstand gehalten, während in den beiden anderen Gruppen im Mittel deutlich dichter aufgefahren wurde (Post hoc: mit NA vs. ohne NA, $p = .006$; mit NA vs. Selbstreg., $p = .02$). Der mittlere zeitliche Abstand zum Vorderfahrzeug unterschied sich zwischen den beiden letztgenannten Gruppen dagegen kaum (Post hoc: Selbstreg. vs. ohne NA, $p = .77$). Zu berücksichtigen ist erneut, dass die Selbstregulierer im Mittel weniger Aufgaben bearbeiteten ($M = 56.0$; $SD = 15.9$) als die Personen aus der Blockbedingung ($M = 96.62$; $SD = 18.18$). Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($F(1,24) = 36.98$; $p < .001$; $\eta^2 = .61$).

Die Personen in der Blockbedingung mit Ablenkung ließen nicht nur durchschnittlich den größten Abstand zum Vorderfahrzeug, dieser schwankte außerdem auch am stärksten (Bild 15). Die Gruppenunterschiede bezüglich der Standardabweichung des zeitlichen Abstands waren statistisch bedeutsam ($F(2,32) = 11.81$; $p < .001$; $\eta^2 = .43$). Post hoc-Analysen belegten den deskriptiv erkennbaren Unterschied zwischen der Blockbedingung mit Ablenkung und den beiden anderen experimentellen Gruppen (mit NA vs. ohne NA, $p < .001$; mit NA vs. Selbstreg., $p = .001$). Gleichzeitig lagen die Selbstregulierer auf einem vergleichbaren Niveau wie die Gruppe, die nicht abgelenkt war (Selbstreg. vs. ohne NA, $p = .71$).

Reaktionen auf plötzliche Ereignisse

Erwartungsgemäß zeigten sich auch bei den Reaktionen auf plötzliche kritische Verkehrssituationen (querende Fußgänger, zeitkritische Ampelschal-

tung) die größten Beeinträchtigungen bei den Fahrern in der Blockbedingung mit Ablenkung, während die Selbstregulierer ähnlich abschnitten wie die nicht abgelenkten Fahrer.

Im Detail soll nun beispielhaft die Situation betrachtet werden, in der völlig unerwartet ein Fußgänger hinter parkenden Autos hervortritt und einen sofortigen Bremsingriff erfordert. Bei den Bremsreaktionszeiten zeigten sich hypothesenkonforme Ergebnisse (Bild 16). Es konnte ein Effekt des Faktors Ablenkung nachgewiesen werden ($F(2,33) = 10.66$; $p < .001$; $\eta^2 = .39$), wobei die Personen in der Blockbedingung mit Nebenaufgabe im Mittel am langsamsten auf das Erscheinen des Fußgängers reagierten ($M = 1.208$ ms; $SD = 169$). In der Gruppe der Selbstregulierer waren die Fahrer durchschnittlich nach 1.004 ms ($SD = 145$) mit dem Fuß auf dem Bremspedal.

In der Gruppe, in der sich die Probanden voll auf das Fahren konzentrieren konnten, lag dieser Wert bei durchschnittlich nur 933 ms ($SD = 140$). Der Unterschied zwischen der Blockbedingung mit Nebenaufgabe und den beiden anderen Gruppen erwies sich dabei als statistisch bedeutsam (Post hoc: mit NA vs. ohne NA, $p < .001$; mit NA vs. Selbstreg., $p = .01$).

Bei Betrachtung der Bedieneingaben unmittelbar vor dem Erscheinen des Fußgängers zeigte sich erneut, dass die Probanden aus der Selbstregulationsbedingung etwa halb so viele Tastenanschläge vornahmen wie die Fahrer der Blockbedingung. Dieser Unterschied war statistisch bedeutsam ($F(1,24) = 15.71$; $p < .001$; $\eta^2 = .40$).

Bei den tatsächlich aufgetretenen Kollisionen gab es entgegen der Erwartung keine bedeutsamen

Gruppenunterschiede ($\chi^2 = 0,84$; $df = 2$; $p = .66$). In der Blockbedingung mit Nebenaufgabe und in der Selbstregulationsbedingung traten jeweils fünf Kollisionen auf, in der Bedingung ohne Ablenkung dagegen sogar sieben.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Durchschnittsgeschwindigkeiten beim Erscheinen des Fußgängers signifikant zwischen den Gruppen unterschieden ($F(2,36) = 9.94$; $p < .001$; $\eta^2 = .36$). Die Personen, die keine Nebenaufgabe zu bearbeiten hatten, fuhren im Mittel am schnellsten ($M = 47.8$ km/h; $SD = 3.62$), die Probanden aus der Blockbedingung mit Ablenkung waren dagegen deutlich langsamer ($M = 37.1$ km/h; $SD = 37.01$). Die Selbstregulierer fuhren durchschnittlich 44.46 km/h ($SD = 7.14$) und lagen damit zwischen den beiden anderen Gruppen. Post-hoc-Analysen belegten, dass die Personen in der Blockbedingung mit Ablenkung signifikant langsamer fuhren als die Fahrer in den anderen Gruppen (mit NA vs. ohne NA, $p < .001$; mit NA vs. Selbstreg., $p = .01$).

4.4 Zusammenfassung und Diskussion

In der vorliegenden Simulatorstudie wurde unter kontrollierten Bedingungen der Einfluss von Ablenkung auf die Fahrsicherheit untersucht. Dabei wurde geprüft, wie sich die Möglichkeit zur Selbstregulation bei der Bearbeitung einer Nebenaufgabe auf die Fahrsicherheit auswirkt.

Zunächst konnte unter Betrachtung der Gesamtstrecke nachgewiesen werden, dass die Probanden in den drei experimentellen Bedingungen (Gruppe Block A, Gruppe Block B, Selbstregulation) insgesamt ungefähr gleich viele Bedieneingaben vornahmen. Die Versuchspersonen, die sich die Bearbeitung der Nebenaufgabe völlig frei einteilen konnten, waren also insgesamt ähnlich stark in die Nebentätigkeit involviert wie diejenigen, die in Aufgabenblöcken zur Bearbeitung animiert wurden. Die Vergleichbarkeit dieser Gruppen stellte eine wichtige Voraussetzung dar, um den Einfluss der Möglichkeit zur Selbstregulation in einem experimentellen Setting adäquat untersuchen zu können.

Das Hauptaugenmerk galt jedoch der Betrachtung der einzelnen kritischen Verkehrssituationen. Auf dieser Ebene war es möglich, drei unterschiedliche Abstufungen von Ablenkung zu vergleichen: Abgelenkt (Blockbedingung mit aktiver Nebenaufgabe),

nicht abgelenkt (Blockbedingung mit inaktiver Nebenaufgabe; Kontrolle) und abgelenkt mit der Möglichkeit zur Selbstregulation, d. h., die Bearbeitung zu unterbrechen.

Wie zu erwarten, zeigten sich unter Ablenkung signifikante Verschlechterungen in den Fahrleistungsparametern, wobei in der Blockbedingung mit aktiver Nebenaufgabe stets die stärksten Beeinträchtigungen zu finden waren. Daher wird im Folgenden zunächst auf diese experimentelle Bedingung eingegangen. In besonders hohem Ausmaß zeigten sich Beeinträchtigungen in der Querregulation. Unter Ablenkung hatten die Probanden große Schwierigkeiten mit der Spurhaltung. Als besonders kritisch sind die hohen Anteile der Spurübertretungen anzusehen. Bei einer Testperson kam es in der Waldstraße deswegen sogar zu einer Kollision mit dem Gegenverkehr. Ähnliche Befunde wurden auch in anderen Studien berichtet (REGAN & HALLETT, 2011; DREWS et al., 2009; YOUNG et al., 2010; YOUNG et al., 2011; RUDIN-BROWN et al., 2011). Auch in diesen Arbeiten wurden Nebenaufgaben verwendet, die in erster Linie visuell ablenkend sind. In der vorliegenden Studie konnte also ein weiterer Beleg geliefert werden, dass visuelle Ablenkung in besonders hohem Ausmaß die Querregulation beeinträchtigt.

Hinsichtlich der Längsregulation konnten ebenfalls signifikante Effekte gefunden werden. Auch hier unterschied sich die Blockbedingung mit aktiver Nebenaufgabe deutlich von den anderen Gruppen. Allerdings sind die gefundenen Effekte als weniger sicherheitsrelevant anzusehen. In der Folgefahrt schwankte der Abstand zum Vorderfahrzeug zwar deutlich stärker als ohne Ablenkung, jedoch fuhren die abgelenkten Fahrer während der Aufgabebearbeitung auch langsamer und ließen entsprechend signifikant mehr Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug. Dieses Verhalten wurde bei anderen experimentellen Studien bereits häufiger berichtet (YOUNG et al., 2010; YOUNG et al., 2011; BRIEM & HEDMANN, 1995). Auch in Befragungen gaben Fahrer an, unter Ablenkung langsamer zu fahren (KUBITZKI, 2011). Man geht davon aus, dass dies eine kompensatorische Reaktion der Fahrer darstellt, die es ihnen ermöglicht, trotz der Nebentätigkeit noch einigermaßen sicher zu fahren (YOUNG et al., 2010). Jedoch kann auch unangemessen langsames Fahren zu Gefährdungen führen und zudem ein falsches Sicherheitsgefühl erzeugen.

Es trat jedoch auch der umgekehrte Effekt auf, nämlich dass in der Blockbedingung unter Ablenkung unangemessen schnell gefahren wurde. Dies war z. B. im Baustellenbereich der Fall. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass das entsprechende Tempo-50-Schild aufgrund der Beschäftigung mit der visuell stark beanspruchenden Nebenaufgabe übersehen wurde. In jedem Fall wurde das Überholverbotschild im Abschnitt mit der Folgefahrt von einem Teil der Probanden nicht bemerkt: Insgesamt vier Personen überholten trotz des Verbots – sämtliche waren in der Blockbedingung, in der im Sichtbereich des Schildes die Nebenaufgabe zu bearbeiten war.

Auch bei den Reaktionen auf plötzliche kritische Ereignisse zeigten sich deutliche Gruppenunterschiede. Im Mittel wiesen die Fahrer aus der Blockbedingung mit Ablenkung die längsten Bremsreaktionszeiten auf. Entgegen den Erwartungen schlug sich dieser Befund aber nicht in erhöhten Unfallzahlen nieder. Dies ist wohl dadurch zu erklären, dass die abgelenkten Probanden auch am langsamsten fuhren, als es zu den kritischen Ereignissen kam. Wie bereits erläutert, versuchten die Personen vermutlich, dadurch ihre Fahrleistungs-Defizite zu kompensieren. In diesem Fall hatte das einen protektiven Effekt. Es soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass die Gesamtzahl der Kollisionen beim ersten Fußgängerereignis mit insgesamt 17 (bei 39 Probanden) außerordentlich hoch war. Ein großer Anteil der Fahrer war nicht in der Lage, in dieser Situation rechtzeitig zum Stehen zu kommen. Die Situation war allerdings auch so konzipiert worden, dass bei einer Geschwindigkeit von ca. 50 km/h eine sofortige Bremsreaktion notwendig war, um eine Kollision zu verhindern. Ein so plötzliches Queren eines Fußgängers kommt in der Realität sehr selten vor und kam für die Fahrer daher vermutlich völlig unerwartet.

Es ist nicht ganz auszuschließen, dass die Fahrsimulation als solche einen Beitrag zu dieser Befundlage leistete. Insgesamt wird die Validität von Fahr simulatoren als ausreichend hoch angesehen, jedoch mag hier die Tatsache, dass keine realen Gefährdungen auftreten können, zu einem gewissen Leichtsinn geführt haben, der in der Realität nicht in diesem Ausmaß vorgekommen wäre. Da dieser Effekt – falls überhaupt vorhanden – aber in den anderen Gruppen gleich stark aufgetreten ist, sind die Vergleiche zwischen den Bedingungen davon nicht beeinträchtigt.

Insgesamt liegen also die Ergebnisse bezüglich der Effekte von Ablenkung auf einer Linie mit früheren Arbeiten. Ein weiterer wichtiger Aspekt der vorliegenden Arbeit war jedoch, zu untersuchen, wie sich die Fahrer aus der Selbstregulationsbedingung im Vergleich zu den anderen Gruppen einordneten. Die Hypothese war, dass die Möglichkeit zur Selbstregulation dazu führt, dass weniger Fahrfehler und Kollisionen auftreten als in der Blockbedingung mit Ablenkung, aber mehr als in der Kontrollbedingung ohne Nebenaufgabe.

Insgesamt wurde diese Hypothese durch die Befunde dieser Arbeit weitgehend bestätigt. Die Personen, die sich die Bearbeitung der Nebenaufgabe frei einteilen konnten, waren zu signifikant besserer Quer- und Längsregulation in der Lage als die Fahrer in der Blockbedingung mit Ablenkung. Auch die Reaktionszeiten bei plötzlichen Ereignissen waren im Mittel signifikant kürzer.

Interessanterweise lagen die Leistungen der Selbstregulierer in den allermeisten Situationen sogar auf einem ähnlichen Niveau wie von Personen, die nicht abgelenkt fuhren. Zur Diskussion dieses Befundes ist es zunächst sinnvoll, die Anzahl der Bedieneingaben innerhalb der einzelnen Abschnitte zwischen den Bedingungen zu vergleichen. In sämtlichen untersuchten Situationen bearbeiteten die Selbstregulierer signifikant weniger Aufgaben als die Probanden aus der Blockbedingung mit Ablenkung – zumeist etwa halb so viele. Die Probanden aus der Selbstregulationsbedingung wählten vermutlich stets einen solchen Grad von Ablenkung, wie er von ihnen als noch verträglich angesehen wurde. In vielen kritischen Situationen trauten sie sich nur relativ wenig Beschäftigung mit der Nebenaufgabe zu. Im Zuge der geringeren Ablenkung konnten sie ihre visuellen, kognitiven und motorischen Ressourcen mehr auf die Fahraufgabe konzentrieren und begingen entsprechend weniger Fahrfehler. Es wurde gezeigt, dass die Fahrer in kritischen Verkehrssituationen die Beschäftigung mit der Nebentätigkeit oftmals deutlich verringerten und vor allem bei geraden, vorhersehbaren Streckenabschnitten oder sehr langsamer Fahrt mehr Bedieneingaben vornahmen. So wurden während Standzeiten die meisten Tastenanschläge pro Zeiteinheit gezählt.

Über weite Teile der Strecke hinweg waren die Fahrer in der Lage, Verkehrssituationen adäquat zu antizipieren und die Bearbeitung der Nebenaufgabe entsprechend anzupassen. Gerade in der

Innenstadt wurden jedoch einige Hinweisreize, wie die engen Einbahnstraßen und die vielen Passanten auf den Bürgersteigen, kaum berücksichtigt. Unmittelbar vor den plötzlich querenden Fußgängern wurden noch einige Bedieneingaben vorgenommen – bei gleichzeitig relativ hohem Tempo.

Es bleibt festzuhalten, dass die Selbstregulierer durchaus auch innerhalb der kritischen Situationen etliche Aufgaben bearbeiteten. Daher ist es bemerkenswert, dass es praktisch keine Unterschiede bei den Leistungskennwerten zwischen der Gruppe mit Selbstregulation und der Kontrollbedingung ohne Ablenkung gab; in einigen wenigen Situationen zeigten sogar die Selbstregulierer bessere Leistungen. Offensichtlich wurden die Bedieneingaben auch innerhalb der Situationen so aufgeteilt, dass stets eine weitgehende Situationskontrolle aufrechterhalten werden konnte. Dies legen auch die Selbstaussagen der Probanden nahe, in denen häufig berichtet wurde, dass während der Bearbeitung ständige Kontrollblicke vorgenommen wurden und immer nur eine kurze Zeit am Stück gearbeitet wurde. In der Blockbedingung war dies nur eingeschränkt möglich, da das knappe Zeitlimit weitgehend kontinuierliche Eingaben erforderte.

Es lässt sich schlussfolgern, dass es bei selbst eingeteilter Bearbeitung der Nebenaufgabe kaum zur Beeinträchtigung von Parametern der Fahr-sicherheit kommt. Die Tatsache, dass die Selbstregulierer unter einer anspruchsvollen Doppelbelastung (Fahren und Nebenaufgabe) standen, die jedoch durch die eigenständige Einteilung nicht überforderte, könnte die Konzentration insgesamt sogar leicht gesteigert haben. Im Sinne des Yerkes-Dodson-Gesetzes werden die besten Leistungen dann erreicht, wenn die subjektive Beanspruchung weder als zu gering noch als zu hoch empfunden wird (KRÜGER, NEUKUM & SCHULLER, 1999).

In diesem Zusammenhang wäre es sicherlich sinnvoll, in Folgestudien zusätzlich physiologische Parameter (EEG, EKG) sowie umfassende subjektive Einschätzungen zu erheben, um ein genaues Maß für die Belastung zu erhalten. Auch und gerade die Verwendung einer Blickerfassungskamera wäre für eine genauere Analyse des Fahr- und Bearbeitungsverhaltens ein adäquates Instrument.

Abschließend lässt sich folgendes Fazit zu den Ergebnissen ziehen: In der situationsbezogenen

Auswertung wurden für die stark beanspruchende Blockbedingung, in der durch den vorhandenen Zeitdruck kontinuierlich zur Aufgabenbearbeitung aufgefordert wurde, große Beeinträchtigungen in den sicherheitsrelevanten Fahrparametern gefunden. Diese stehen zum überwiegenden Teil in Einklang mit vorhergehenden Studien zur Ablenkung beim Fahren. Die Probanden, die sich die Bearbeitung der Nebenaufgabe frei einteilen konnten, machten dagegen zumeist nicht mehr Fahrfehler als die Personen, die zum jeweiligen Zeitpunkt gar nicht abgelenkt waren. Da im realen Straßenverkehr über weite Strecken die Möglichkeit zur Selbstregulation beim Umgang mit Nebenaufgaben besteht, ist davon auszugehen, dass Studien, die diesen Faktor außer Acht lassen, das Gefahrenpotenzial von fahrfremden Tätigkeiten eher überschätzen. Dabei kommt es allerdings stark auf die Art der untersuchten Tätigkeiten an. Manche Tätigkeiten sind möglicherweise stark ablenkend, können aber während der Fahrt gut reguliert werden, während andere Nebenaufgaben weniger ablenkend sein mögen, aber kaum selbst reguliert werden können. Weitere Forschung hinsichtlich der Fähigkeit zur Selbstregulation bei verschiedenen fahrfremden Tätigkeiten wäre also eine Hilfe bei der Einordnung bestehender und zukünftiger Befunde.

Selbstregulation findet beim realen Fahren auf verschiedensten Ebenen statt. In der vorliegenden experimentellen Studie konnten vor allem die Prozesse auf der Ebene der konkreten Fahrsituation untersucht werden. Im realen Straßenverkehr werden Fahrer jedoch auch in der übergeordneten strategischen Ebene Selbstregulation betreiben. Insbesondere ältere Fahrer sind sich häufig bewusst, dass eine Nebentätigkeit wie die Handynutzung für sie ein erhöhtes Gefahrenpotenzial birgt. Daher kann sich ihre kompensatorische Reaktion schon auf der Planungsebene zeigen, wenn konsequenterweise auf die Benutzung eines Mobiltelefons während der Fahrt vollständig verzichtet wird (YOUNG et al., 2008a). Selbstregulation beim Umgang mit Nebentätigkeiten ist also ein komplexer mehrstufiger Prozess, bei dem zudem als moderierende Faktoren persönliche Dispositionen, aber auch die unterschiedlichen Anforderungen von Fahr- und Nebenaufgaben zu berücksichtigen sind.

5 Fahrstudie zur Beurteilung der Ablenkungswirkung verschiedener Smartphone-Anwendungen

5.1 Hintergrund und Zielstellung

Im Rahmen dieser von der WIVW GmbH durchgeführten Simulatorstudie wurde untersucht, wie sich die Benutzung eines Smartphones während der Fahrt auf die Fahrsicherheit auswirkt. Dabei wurden unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten (u. a. Verfassen und Versenden von Textnachrichten, Wählen einer Telefonnummer, Informationsabruf aus dem Internet) verglichen. Es wurde weiterhin geprüft, von welchen Randbedingungen die Auswirkungen auf das sichere Fahren abhängen. Zur Prüfung wurden sowohl ein standardisiertes Szenario verwendet als auch das Fahren in einem realistischen Setting.

Das folgende Kapitel beschreibt den Versuchsablauf sowie die Ergebnisse der durchgeführten Studie und diskutiert diese im Hinblick auf die Ablenkungswirkung beim Fahren.

5.2 Methode

5.2.1 Der Fahrstudie der WIVW GmbH

Für diese Studie wurde der dynamische Fahrstudie der WIVW GmbH verwendet (siehe Bild 17). Der Simulator verfügt über eine abgeschlossene, vollständig instrumentierte Fahrerkabine und entspricht der eines serienfertigen Fahrzeugs mit Automatikgetriebe (BMW 520i). Das Bewegungssystem verfügt über eine Stewart-Plattform mit 6 Freiheitsgraden und kann lineare Beschleunigungen bis 5 m/s^2 bzw. rotatorische bis $100^\circ/\text{s}^2$ darstellen. Es besteht aus sechs elektrischen Aktuatoren und drei passiven pneumatischen Aktuatoren. Für die realistische Darstellung des Lenkmoments sorgt ein auf der Basis eines Lenkmodells gesteuerter Servomotor.

In der Simulatorkuppel ist eine sphärische Leinwand angebracht, die eine Frontsicht von 180° erlaubt. Die Projektion der Fahrstudie auf die Leinwände erfolgt über drei LCD-Projektoren mit einer Auflösung von 1.400×1.050 Pixel, die in der Kuppel angebracht sind. Die Simulation ist mit einem 5.1.-Soundsystem ausgestattet, das einen drei-



Bild 17: Außenansicht des WIVW-Fahrstudies sowie Mock up mit Fahrstudie

dimensionalen Höreindruck vermittelt und die akustische Ortung von anderen Verkehrsteilnehmern ermöglicht.

Als Außen- und Innenspiegel fungieren LCD-Displays. Zusätzlich sind 2 LCD-Displays für Navigations-, HMI- und sonstige Nebenaufgabenuntersuchungen sowie Bedienelemente für Assistenzsysteme integriert. Betrieben wird die Fahrstudie über einen Rechnerverbund von insgesamt 15 PCs. Die einzelnen Rechner sind für unterschiedliche Komponenten der Simulation zuständig, etwa grafische Darstellung, Streckensystem, andere Verkehrsteilnehmer oder den Sound. Der Datenaustausch zwischen den Rechnern erfolgt über ein 1-GB-Ethernet. Das System wird über das Softwarepaket SILAB der WIVW GmbH gesteuert. An einem Operator-Rechner werden Strecken geladen und der Ablauf der Simulation über das Netzwerk koordiniert. Dabei können während der Fahrt eines Probanden verschiedenste Fahrparameter wie Geschwindigkeit, Betätigung der Pedale oder Fahrspurabweichung vom Versuchsleiter überwacht und für eine spätere Auswertung mit einer Aufzeichnungsrate von 100 Hz aufgezeichnet werden.

5.2.2 Untersuchte Smartphone-Anwendungen

Bei der Festlegung der zu untersuchenden fahr-fremden Tätigkeiten wurden Erkenntnisse über Ausführungshäufigkeiten (Kapitel 2.3), bestehende gesetzliche Regelungen (Kapitel 2.4) und die bereits vorhandenen Gestaltungsrichtlinien (Kapitel 2.5) berücksichtigt. Da der Bedienkontext (Kapitel 2.6) als wesentlicher Einflussfaktor auf das Ausmaß der Beeinträchtigung der Fahrsicherheit identifiziert wurde, wurde dieser ebenfalls berücksichtigt. Basierend darauf wurden 4 Anwendungen von Smartphones als untersuchungsrelevant festgelegt:

1. Verfassen und Versenden von Textnachrichten,
2. Empfangen und Lesen von eingehenden Textnachrichten,
3. Eingeben einer Telefonnummer vor einem Telefonat,
4. Informationsabruf aus dem Internet.

Für diese Anwendungen wurde der Bedienkontext variiert. In Bedienkontext 1 sollten die Aufgaben direkt am Smartphone ausgeführt werden (Bedienvariante „nicht-integrierte Lösung“). Dabei war das Smartphone mittels einer dafür vorgesehenen Halterung an den Lüftungsschlitzen am Armaturenbrett befestigt (Bild 18 oben). Konkret stellten sich die Aufgaben, für die das Smartphone genutzt werden sollte, für die Fahrer wie folgt dar:

1. Schreiben einer vorgegebenen Kurzmitteilung über das Touchdisplay des Smartphones (Aufgabe 1.1),
2. Annehmen und Lesen einer eingehenden Kurzmitteilung auf dem Smartphone (Aufgabe 1.2),
3. Eingeben einer vorgegebenen Telefonnummer über das Touchdisplay zur Vorbereitung eines Telefonats (Aufgabe 1.3),
4. Suche nach Informationen auf der Mobilseite eines Nachrichtenanbieters (Aufgabe 1.4).

Aufgabe 1.4 wurde exemplarisch zur Untersuchung der Auswirkungen einer uneingeschränkten Internetnutzung eingeführt, wie sie in einer nicht-integrierten Bedienlösung möglich wäre. Aufgabe 1.3 wurde als Referenzaufgabe für die Beurteilung der Ablenkungswirkung der übrigen Aufgaben verwendet, da das Führen von Telefonaten im Fahrzeug, sofern eine Freisprecheinrichtung verwendet wird, derzeit vom Gesetzgeber erlaubt ist. Weil die An-



Bild 18: Bedienung des Smartphones im Mockup des WIVW Fahrsimulators (oben) und Bedienung der Lenkradtaste für die Sprachsteuerung (unten)

forderungen beim eigentlichen Führen des Gesprächs jedoch ausschließlich im kognitiven Bereich liegen, wurde das Eingeben der Telefonnummer herangezogen. So wurde eine Teilaufgabe betrachtet, deren Ausführung notwendig in Zusammenhang mit dem Führen eines Telefonats ist, jedoch auch eine manuelle Bedienung erfordert sowie entsprechende Kontrollblicke.

In Bedienkontext 2 (Bedienvariante „integrierte Lösung“) sollten dieselben Aufgaben ausgeführt werden, jedoch mit einem Smartphone, das mit dem Fahrzeug gekoppelt war (z. B. via Bluetooth®). Dies implizierte, dass die entsprechenden Gestaltungsprinzipien für fahrzeugintegrierte Systeme berücksichtigt wurden. In diesem Bedienkontext konnte die Sprachsteuerung genutzt werden, allerdings nahm das System auch gewisse Restriktionen vor. So war der Umfang der Informationen, die bei einer Suche im Internet dargeboten wurden, deutlich reduziert. Für den Fahrer stellten sich diese Aufgaben unter Verwendung des Smartphones wie folgt dar:

1. Diktieren einer Kurzmitteilung: Die Nachricht wird vom Fahrer mit Hilfe der Spracherkennung erstellt und an den Kontakt versendet (2.1),
2. Anhören einer eingegangenen Kurzmitteilung, die vom System vorgelesen wird (2.2),
3. Diktieren einer Telefonnummer: Der Anruf wird mit Hilfe der Sprachsteuerung initiiert (2.3),
4. Abruf von Wetterdaten über eine „Wetter-App“ (2.4). Im Gegensatz zu Aufgabe 1.4 werden hier sehr viel weniger Informationen, v. a. in Textform angeboten, und der Aufbau der Seite ist sehr viel weniger komplex.

Der Bedienkontext wurde als Between-(Zwischengruppen-)Faktor variiert, d. h., es wurden zwei Fahrergruppen gebildet, von denen jeweils eine die vier Aufgaben in Bedienkontext 1 (Aufgaben 1.1 bis 1.4), die andere die vier Aufgaben in Bedienkontext 2 (Aufgaben 2.1 bis 2.4) bearbeitete.

In der Untersuchung wurde ein handelsübliches Smartphone mit einem 4-Zoll-Touchdisplay verwendet. Dieses war mit einer Halterung an der Mittelkonsole befestigt. Auf dem Smartphone waren die für die auszuführenden Aufgaben benötigten Anwendungen eigens in Android programmiert worden. Über eine speziell entwickelte Schnittstelle zur Simulatorsoftware SILAB war es möglich, die Aufgabendarbietung in Abhängigkeit von der Fahrstrecke zu steuern sowie die Bediendaten zeitsynchron mit den Daten des Fahrzeugs (u. a. Geschwindigkeit, Abstände, Position) aufzuzeichnen. Die Menüstruktur der Anwendungen war an Strukturen gängiger Smartphone-Betriebssysteme angepasst, jedoch herstellerunabhängig aufgebaut.

Jeder Aufgabenbearbeitung ging eine Aufgabenstellung voraus. Dabei erschien ein entsprechendes Symbol auf dem Smartphone (z. B. Briefsymbol für eingehende Nachricht), und die Aufgabe wurde auditiv vorgegeben (z. B. „Bitte schicken Sie eine Nachricht an x mit dem Inhalt y“). Der Fahrer musste die Aufgabe innerhalb einer begrenzten Zeitspanne (10 Sekunden) durch Berühren des Symbols annehmen. Daraufhin erfolgte die Aufgabenbearbeitung. War diese beendet, erhielt der Fahrer die akustische Information „Aufgabe beendet“. Hatte er innerhalb der vorgegebenen Zeitspanne nicht reagiert, erhielt er die akustische Information „Aufgabe abgebrochen“.

Die Bearbeitung der Aufgaben erfolgte entweder direkt über das Smartphone (z. B. für Eingaben von Text, Auswahl von Kontakten, Navigieren in Menüstrukturen) oder über die Lenkradtasten (Bild 18 unten) und die Sprachsteuerung. Diese musste über einmaliges Drücken der Lenkradtaste zunächst aktiviert werden (der Fahrer erhielt daraufhin eine akustische Rückmeldung). Die erfolgte Eingabe musste durch erneutes Drücken dieser Taste bestätigt werden. Sprachsteuerung und -erkennung waren simuliert und funktionierten daher völlig fehlerfrei.

Im Folgenden werden die für die Bearbeitung der Aufgaben in den einzelnen Bedienkontexten notwendigen Bedienschritte im Detail erläutert. Bild 19 zeigt exemplarisch einige Screenshots ausgewählter Aufgaben.

Beim Verfassen und Versenden von Textnachrichten (Aufgabentyp 1) sollten kurze Textnachrichten



Bild 19: Screenshots ausgewählter Smartphone-Aufgaben. Links oben: SMS schreiben; rechts oben: SMS lesen; links unten: Wetter-App; rechts unten: Nachrichten-App

an verschiedene Kontakte aus dem Telefonbuch verschickt werden. Das Telefonbuch enthielt 20 Kontakte. Die zu versendenden Nachrichten bestanden aus 2-Wort-Sätzen mit jeweils 10-12 Zeichen. Beispiele für Aufgabenstellungen sind „Bitte schicken Sie eine Nachricht an Christoph Niedling mit dem Inhalt Komme später“ oder „Bitte schicken Sie eine Nachricht an Annika Wagner mit dem Inhalt Rufe zurück“.

In Bedienkontext 1 musste der Fahrer zum Bearbeiten dieser Aufgabe zunächst den entsprechenden Kontakt durch Scrollen im Telefonbuch auswählen. Anschließend musste er unter Zuhilfenahme einer QWERTZ-Tastatur auf dem Touchdisplay und der T9-Funktion (automatische Worterkennung) die Nachricht eingeben und mittels Berühren der „OK“-Taste versenden. Im Bedienkontext 2 musste der Fahrer zum Bearbeiten dieser Aufgabe zunächst das Kontaktfeld anklicken, dann per Spracheingabe den Empfänger der Nachricht eingeben sowie in einem zweiten Schritt nach Anklicken des Textfeldes per Spracheingabe den Text diktieren. Der Fahrer beendete diese Aufgabe ebenfalls durch Berühren der „OK“-Taste auf dem Smartphone.

Beim Empfangen und Lesen von eingehenden Nachrichten (Aufgabentyp 2) erhielt der Fahrer Nachrichten von verschiedenen Kontakten aus seinem Telefonbuch. Die Nachrichten bestanden aus 2-3 Sätzen mit 15-16 Wörtern, waren sowohl privater als auch geschäftlicher Natur und enthielten jeweils ein spezifisches Detail, das im Anschluss erfragt wurde, um sicherzustellen, dass die Fahrer die Nachrichten auch tatsächlich aufmerksam gelesen hatten. Beispielaufgaben sind: „Nachricht von Evi Seidel: Herr Fischer bittet um eine Terminbestätigung für heute um 11 Uhr. Können Sie ihn zurückrufen?“ Die dazugehörige Frage lautete: „Wann soll der Termin stattfinden?“

In Bedienkontext 1 musste der Fahrer nach dem Lesen der Nachricht ein „Weiter“-Feld auf dem Smartphone berühren, woraufhin ihm die dazugehörige Verständnisfrage auditiv gestellt wurde und er über die Lenkradtaste seine Antwort sprachlich eingeben konnte. In Bedienkontext 2 wurde dem Fahrer die Nachricht per Audiodatei vorgelesen, anschließend wurde ihm ebenfalls auditiv die Frage gestellt, und er gab über die Lenkradtaste seine Antwort sprachlich ein.

Das Eingeben einer Telefonnummer in das Smartphone (Aufgabentyp 3) wurde in der Studie

folgendermaßen umgesetzt: Die Testfahrer wurden zu Beginn der Studie gebeten, eine Telefonnummer zu nennen, die sie auswendig wählen können, idealerweise eine Handynummer mit 11 bzw. 12 Ziffern. Sie wurden instruiert, diese Nummer immer dann einzugeben, wenn sie aufgefordert werden, „zu Hause“ anzurufen.

In Bedienkontext 1 musste nach der Aufgabenstellung „Bitte rufen Sie zu Hause an“ die vorab erfragte Nummer manuell über das Zahlenfeld in das Smartphone eingegeben und mittels „OK“ bestätigt werden. In Bedienkontext 2 programmierte der Testleiter vorab die angegebene Telefonnummer in die Simulationssoftware SILAB ein, sodass der Fahrer nach Diktieren der Nummer mittels der Sprachsteuerung im Zahlenfeld die korrekte Nummer angezeigt bekam.

Das Suchen nach Informationen im Internet (Aufgabentyp 4) stellte sich in den beiden Bedienkontexten unterschiedlich dar. In Bedienkontext 1 wurde der Testfahrer aufgefordert, einen Nachrichtentext über eine „Nachrichten-App“ zu lesen. Ein Beispiel für eine Aufgabenstellung ist: „Bitte lesen Sie mehr über die Rekordhitze in Deutschland.“ Um sicherzustellen, dass der Text tatsächlich gelesen wurde, sollte im Anschluss eine Frage zum Text beantwortet werden (z. B. „Wo wurde die höchste Temperatur gemessen?“). Die App war in drei Kategorien „Aktuelles“, „Wissenschaft“ und „Kultur“ mit jeweils 5 verschiedenen Nachrichtentexten mit ca. 350 Zeichen unterteilt. Die Aufgabe des Fahrers war es, zunächst aus 3 Registerkarten die richtige Kategorie auszuwählen, unter der der Text zu finden war. Anschließend musste durch Scrollen zum richtigen der 5 Texte navigiert werden. War die Nachricht gelesen, musste dies mittels einer „Fertig“-Taste bestätigt werden. Anschließend wurde die Frage zum Text auditiv vorgegeben und sollte mittels Sprachsteuerung beantwortet werden.

In Bedienkontext 2 sollte der Fahrer Informationen über das Wetter aus einer „Wetter-App“ abrufen. Die Aufgabenstellung war beispielsweise: „Wie hoch ist die Maximaltemperatur in 3 Tagen am Abend?“

Die Wetter-App bestand aus 3 Menüebenen: 1. Ebene: Auswahl des Tages (Heute, Morgen, in zwei Tagen, in drei Tagen), 2. Ebene: Auswahl der Tageszeit (morgens, mittags, abends, nachts) sowie der 3. Ebene: Auswahl der spezifischen Information

Aufgabe	Bedienkontext	Bedienschritte Smartphone	Buchstaben oder Zifferneingabe	Scrollen ja/nein	Lenkradtaste
SMS verfassen	1	5	10-12	ja	0
	2	4	0	nein	4
SMS empfangen	1	2	0	nein	2
	2	2	0	nein	2
Tel.-Nr. eingeben	1	2	10-11	nein	0
	2	3	0	nein	2
Infoabruf aus Internet	1	2	0	ja	2
	2	4	0	nein	0

Tab. 7: Notwendige Bedienschritte zur Aufgabenbearbeitung, aufgeteilt in Bedienschritte am Smartphone, Eingabe von Buchstaben oder Ziffern, Scrollen und Betätigung der Lenkradtaste

(Minimaltemperatur, Maximaltemperatur, Regenwahrscheinlichkeit, Windstärke und -richtung). Der Testfahrer hatte durch das Menü zu navigieren und auf der 3. Ebene das gesuchte Informationsfeld zu berühren. Damit war die Aufgabe beendet. Tabelle 7 zeigt die für die Bearbeitung der Aufgaben notwendigen Bedienschritte in der Übersicht.

5.2.3 Verwendete Prüfanordnungen

In dieser Fahrsimulatorstudie wurden sowohl eine standardisierte Prüfanordnung als auch ein realistisch gestalteter Prüfparcours eingesetzt. Diese werden im Folgenden unter Untersuchungsteil 1 und Untersuchungsteil 2 separat beschrieben.

Untersuchungsteil 1: Standardisiertes CarFollow-Szenario

Das standardisierte CarFollow-Szenario wurde in Anlehnung an die NHTSA-Guidelines (2012) gestaltet (siehe Bild 20). Dort wird als eine Prüfmethode zur Prüfung der Ablenkungswirkung von Nebentätigkeiten das sog. DFD-Protocol (Dynamic Following and Detection Protocol) empfohlen. Der Fahrer soll einem vorausfahrenden Fahrzeug mit einem fest definierten Geschwindigkeitsprofil folgen und dabei über ein Zeitintervall von 3 Minuten die Nebenaufgabe bearbeiten. Zusätzlich wird im DFD-Protocol eine visuelle Entdeckungsaufgabe eingesetzt, bei der der Fahrer auf das Erscheinen farbiger Punkte reagieren muss, die an verschiedenen Positionen und zufälligen Zeitpunkten auf der Pro-

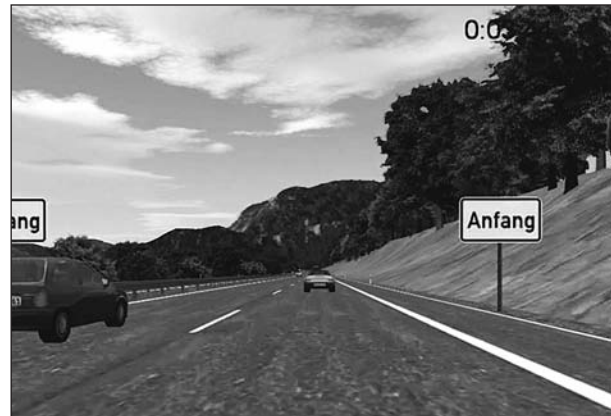


Bild 20: Screenshot der Versuchsanordnung für das standardisierte CarFollow-Szenario aus der WIVW-Simulation

jektion auftauchen können. Eine ausführliche Beschreibung der Anordnung findet sich in Kapitel 3.1.1.

Für die vorliegende Studie wurde auf die visuelle Entdeckungsaufgabe verzichtet, aber die Fahraufgabe exakt nach den Angaben in den NHTSA-Guidelines umgesetzt. Die 3-Minuten-Intervalle wurden insgesamt fünfmal aneinandergesetzt, so dass pro Fahrt alle 4 Aufgabentypen eines Bedientextes bearbeitet werden konnten sowie zusätzlich ein Abschnitt ohne Nebenaufgabe (Baseline-Abschnitt). Zwischen den einzelnen Abschnitten waren kurze Phasen mit einer konstanten Geschwindigkeit des Vorderfahrzeugs eingefügt (ca. 30 Sekunden), in denen die Fahrer die Gelegenheit hatten, sich kurz zu erholen und unter Umständen wieder zum Vorderfahrzeug aufzuschließen. Beginn und Ende eines jeden 3-Minuten-Abschnittes waren durch „Anfang“- sowie „Ende“-Schilder am Straßenrand gekennzeichnet. Die Aufgabenserien starteten automatisch beim Erreichen des Schildes und wurden am Ende-Schild automatisch abgebrochen. Die Fahrer waren instruiert, innerhalb der 3-Minuten-Abschnitte verschiedene Einzelaufgaben des jeweiligen Aufgabentyps fortlaufend zu bearbeiten. Mit dem erfolgreichen Bearbeiten einer Aufgabe startete unmittelbar die nächste. Die Gesamtdauer der Fahrt betrug 17 Minuten. Die Reihenfolge der auszuführenden Aufgaben war in 2 Reihenfolgen permutiert mit unterschiedlicher Aufgabenabfolge:

- Reihenfolge 1:
 - Aufgabenserie 1,
 - Aufgabenserie 2,
 - Baseline,

- Aufgabenserie 3,
- Aufgabenserie 4.
- Reihenfolge 2:
 - Aufgabenserie 4,
 - Aufgabenserie 3,
 - Baseline,
 - Aufgabenserie 2,
 - Aufgabenserie 1.

Untersuchungsteil 2: Realistischer Prüfparcours mit situations- gebundener Aufgabenbearbeitung

In Untersuchungsteil 2 wurde ein realistischer Prüfparcours mit Abschnitten auf der Autobahn, der Landstraße und der Innenstadt umgesetzt. Diese Fahrt hatte zum Ziel die Ablenkungswirkung von Nebentätigkeiten möglichst realitätsnah abzubilden. Daher wurden vielfältige Szenarien realisiert, die überwiegend von geringer bis mittlerer Komplexität waren. Auf die Einführung von unerwarteten, plötzlichen Ereignissen wurde bewusst verzichtet, da diese zum einen in der Realität nur selten vorkommen, zum anderen war durch die im Versuchsplan angedachte Wiederholungsmessung ein deutlicher Lerneffekt in solchen Situationen zu erwarten.

Der Prüfparcours dauerte ca. 30 Minuten und gliederte sich in drei große Streckenabschnitte mit vergleichbarer Dauer von ca. 10 Minuten: einem Autobahnabschnitt, einem Landstraßenabschnitt und einem Innenstadtabschnitt. Auf jedem der Abschnitte wurden verschiedene Einzelszenarien erstellt, bei denen entweder operationale Aspekte der Fahraufgabe (Geschwindigkeitseinhaltung, Spurhaltung und Folgefahren) im Vordergrund standen (Trackingszenarien) oder eher taktische Fahrmanöver ausgeführt werden mussten, in denen höhere kognitive Anforderungen an den Fahrer gestellt werden. Hierzu gehören u. a. Antizipationen über die weitere Entwicklung von Verkehrssituationen, das Einschätzen von Zeitlücken, die Berücksichtigung von Vorfahrtsregelungen. Während auf der Autobahn und der Landstraße die Tracking-Szenarien überwogen, standen in der Innenstadt vermehrt taktische Fahrmanöver im Fokus. Die Fahrtabschnitte sowie die einzelnen Szenarien innerhalb dieser Abschnitte wurden für Wiederholungsmessungen in unterschiedlicher Reihenfolge aneinandergesetzt.

Szenarien auf der Autobahn:

- **Auffahren auf die Autobahn**
In diesem Szenario musste der Fahrer bei dichtem Verkehr, der das Einfädeln erschwerte, auf die Autobahn auffahren. Die Sicht auf den fließenden Verkehr war durch Lärmschutzwände versperrt. Diese Situation beinhaltete eine taktische Fahraufgabe und erforderte die Berücksichtigung des umgebenden Verkehrs, ein ausreichendes Sichern, eine angemessene Nutzung des Einfädelungstreifens sowie die angemessene Wahl einer Zeitlücke zum Einfädeln.
- **Fahrt im dichten Verkehr mit Drängler**
In diesem Szenario fuhr der Fahrer auf einer Autobahn mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 130 km/h. Im Verlauf der Fahrt näherte sich von hinten ein Drängler auf dem linken Fahrstreifen mit Links gesetztem Blinker. Der Fahrer sollte trotz dichten Verkehrs auf dem rechten Fahrstreifen auf diesen wechseln. Diese Situation beinhaltete eine taktische Fahraufgabe und erforderte das Beobachten des rückwärtigen Verkehrs sowie das Abschätzen von Geschwindigkeiten und Abständen zur angemessenen Fahrstreifenwahl.
- **Baustelle auf Autobahn**
In diesem Szenario wurde aufgrund einer Baustelle auf dem rechten Fahrstreifen die Fahrbahn für 120 m auf einen Fahrstreifen beschränkt und die Geschwindigkeit sukzessive auf 60 km/h begrenzt. Der Fahrer wurde somit gezwungen, sich bei dichtem Verkehr links einzuordnen. Diese Situation beinhaltete eine taktische Fahraufgabe und erforderte die Antizipation des erforderlichen Fahrstreifenwechsels, eine angemessene Wahl einer Lücke beim Einfädeln sowie besondere Konzentration auf Geschwindigkeits- und Spurhaltung in der Baustelle.
- **Fahrt im Stau auf Autobahn**
Nach einem Streckenstück mit geringer Verkehrsdichte staute sich der Verkehr hinter einer Kuppe auf beiden Fahrstreifen aufgrund eines Überholmanövers zweier Lkw. Der Fahrer musste die Geschwindigkeit auf unter 30 km/h verringern, um ein Auffahren auf das Stauende zu verhindern. Nach ca. 1 km Fahrt hatte der Lkw das Überholmanöver beendet, und der Stau löste sich langsam auf. Dieses Szenario beinhaltete zunächst eine taktische Fahraufgabe beim Auffahren auf das Stauende, das antizipiert werden

musste, im Stau selbst musste der Fahrer vor allem einen angemessenen Abstand zum Vorderfahrzeug einhalten und einen angemessenen Fahrstreifen wählen (geringe operationale Anforderungen).

- **Freie Fahrt auf Autobahn**

In diesem Szenario fuhr der Fahrer auf einer freien, einfachen Strecke bei einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 130 km/h, ohne vorausfahrende oder nachfolgende Fahrzeuge. Dieses Szenario stellte eher geringe Anforderungen auf operationaler Ebene an die Geschwindigkeits- und Spurhaltung.

Szenarien auf der Landstraße:

- **Freie Fahrt auf Landstraße**

In diesem Szenario fuhr der Fahrer auf freier, einfacher Strecke mit abwechselnd Geraden und sanften Kurven, einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h, mäßigem Gegenverkehr, ohne vorausfahrende oder nachfolgende Fahrzeuge. Die Situation stellte eher geringe Anforderungen auf operationaler Ebene an die Geschwindigkeits- und Spurhaltung.

- **Enge, kurvige Waldstrecke**

Dies war ein Streckenabschnitt mit einer reduzierten Fahrstreifenbreite von 2.75 m und sehr engen und häufigen Kurven. Es gab keine Mittellinie, keine vorausfahrenden oder nachfolgenden Fahrzeuge, aber stetigen Gegenverkehr. Die erlaubte Höchstgeschwindigkeit betrug 80 km/h. Dieses Szenario stellte hohe Anforderungen auf operationaler Ebene an die Spurhaltung und eine angemessene Geschwindigkeitswahl.

- **Hindernis auf Landstraße**

In diesem Szenario blockierten Felsbrocken den rechten Fahrstreifen und wurden durch ein zuvor platziertes „Achtung“-Schild angekündigt. Um dieses Hindernis zu passieren, musste auf den Gegenfahrstreifen gewechselt werden, auf welchem stetiger Gegenverkehr herrschte. Dazu musste eine geeignete Zeitlücke gewählt werden.

Szenarien in der Innenstadt:

- **Bus an Haltestelle schert aus**

In einer Tempo-30-Zone stand in einer Haltebucht ein Bus, der rechts blinkte. Sobald man

sich ihm auf 15 m genähert hatte, blinkte er links und scherte auf die Straße aus. Dem Bus war Vorrang zu gewähren. Diese Situation beinhaltete eine taktische Fahraufgabe und erforderte die Antizipation des Losfahrens des Busses, ausreichendes Sichern, eine angemessene Geschwindigkeitswahl sowie das Beachten der Vorrangregelung.

- **Fußgänger quert Fahrbahn**

Hinter einem Warnschild überquerte ein Fußgänger, der etwa 15 m vom Straßenrand entfernt stand, die Straße von rechts nach links, sobald man sich ihm auf ca. 60 m genähert hatte. Diese Situation beinhaltete eine taktische Fahraufgabe und erforderte die Antizipation des Verhaltens des Fußgängers sowie eine angemessene Reduktion der Geschwindigkeit.

- **Links abbiegen an komplexer lichtzeichengeregelter Kreuzung**

Der Fahrer sollte sich auf einer vierstreifigen Fahrbahn (zwei Fahrstreifen in jede Richtung) links einordnen und die zunächst rote Lichtzeichenanlage (LZA) abwarten. Sobald diese auf Grün schaltete, musste erst dem Gegenverkehr, dann den Fußgängern an der Fußgänger-LZA Vorrang gewährt werden, bevor links abgebogen werden konnte. Dieses Szenario beinhaltete eine taktische Fahraufgabe und erforderte eine angemessene Fahrstreifenwahl, angemessenes Sichern sowie das Beachten der anderen Fahrzeuge und der querenden Fußgänger.

- **Radfahrer beim Rechtsabbiegen**

Der Fahrer wurde über das Navigationssystem aufgefordert, rechts abzubiegen. Auf einem Radweg rechts neben der Fahrbahn fuhr ein Radfahrer, den der Fahrer entweder überholen oder passieren lassen konnte. Wenn der Fahrer überholte, musste er den Radfahrer beim Abbiegen mittels Spiegel-/Schulterblick beachten. Dieses Szenario erforderte ein angemessenes Sichern, die angemessene Überwachung des Radfahrers sowie die Einhaltung eines angemessenen Seitenabstands.

- **Geradeaus durch lichtzeichengeregelte Kreuzung**

Der Fahrer durchfuhr geradeaus eine Kreuzung. Die LZA war grün geschaltet. Der Fahrer musste hier keine besonderen Anforderungen erfüllen.

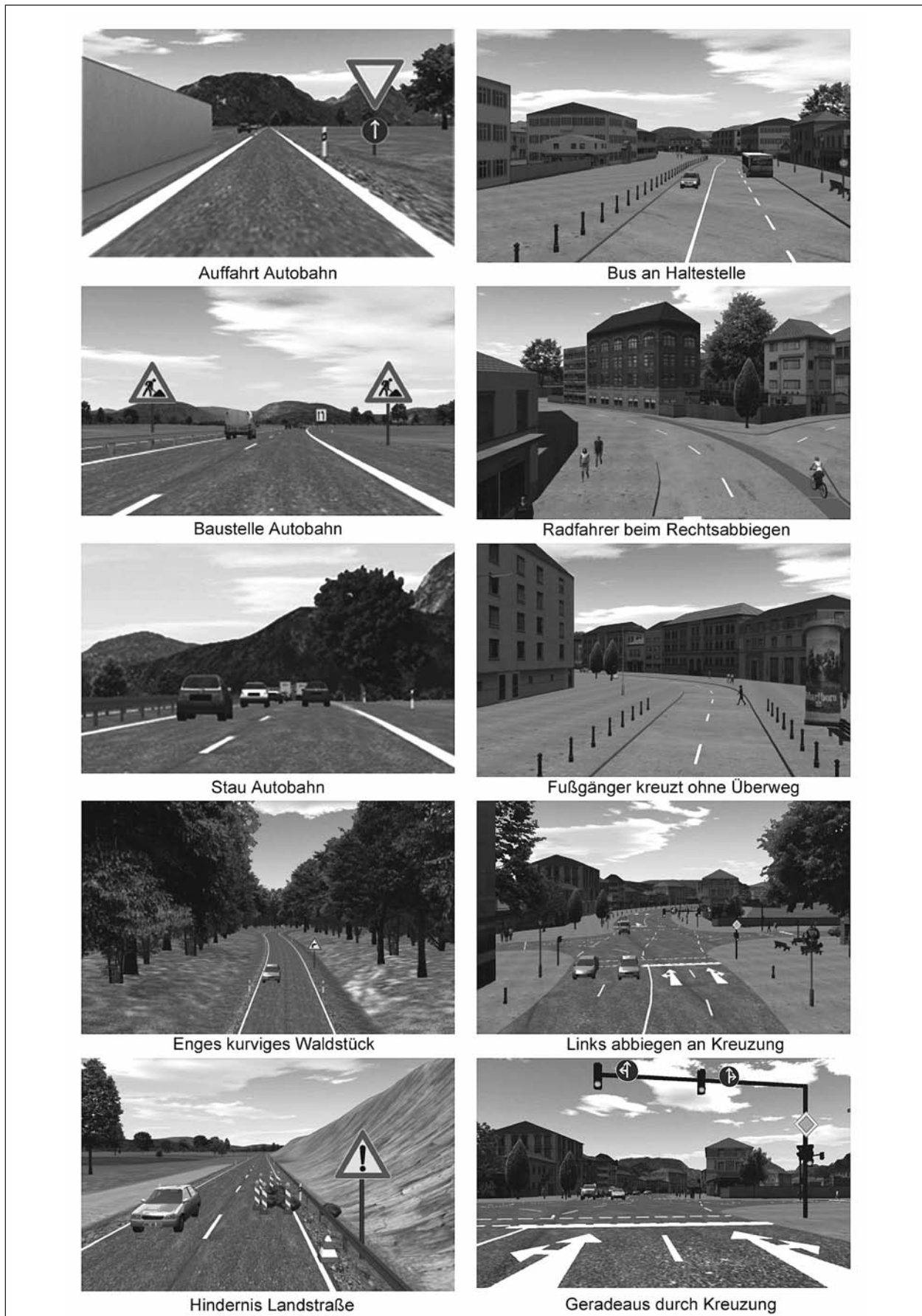


Bild 21: Screenshots ausgewählter Szenarien aus der WIVW-Simulation

- **Geradeaus mit Radweg**

Der Fahrer fuhr auf gerader Strecke innerorts, rechts war ein zusätzlicher Radweg, auf dem aber kein Radfahrer fuhr. Dieses Szenario stellte keine besonderen Anforderungen.

- **Geradeaus in Innenstadt**

Der Fahrer fuhr auf gerader Strecke innerorts. Dieses Szenario stellte keine besonderen Anforderungen.

- **Geradeaus durch Vorfahrtskreuzungen**

Der Fahrer durchfuhr hier in kurzem Abstand zwei vorfahrtsberechtigte Kreuzungen. Dieses Szenario stellte keine besonderen Anforderungen.

Im Gegensatz zu Untersuchungsteil 1, wo die Nebentätigkeiten in fest definierten Abschnitten kontinuierlich bearbeitet werden sollten, wurden im Untersuchungsteil 2 situationsgebunden Aufgaben bearbeitet. Dies bedeutet, dass dem Fahrer an festgelegten Positionen auf der Strecke unmittelbar vor einem der beschriebenen Szenarien eine bestimmte Aufgabe vorgegeben wurde, die er daraufhin im folgenden Szenario zu bearbeiten hatte. Dazwischen lagen Phasen, in denen er keine Nebenaufgabe bearbeiten musste. Dies erlaubte eine eindeutige Zuordnung einer Aufgabe zu einem bestimmten Szenario und die Möglichkeit, dort die Interaktion eines Fahrers mit einer Nebenaufgabe situationsgebunden zu beobachten und zu beschreiben.

Bild 21 zeigt beispielhaft Screenshots einzelner Szenarien aus der WIVW-Simulation.

Der Fahrer wurde instruiert, die Aufgabe auf jeden Fall immer anzunehmen, aber zu berücksichtigen, dass die Fahraufgabe stets höchste Priorität hat und er weder sich noch andere gefährden darf. Sollte es die Situation demnach erfordern, dass er die Aufgabe ab- bzw. unterbricht, konnte er dies jederzeit tun.

Der Abstand zwischen den Szenarien war in der Regel ausreichend groß, sodass es zu keinen Überlappungen zwischen den Aufgaben kam. Zusätzlich wurde allerdings aufgrund der Situationsdichte in der Innenstadt an bestimmten Positionen nach dem jeweiligen Szenario die Aufgabe automatisch abgebrochen, sollte der Fahrer die Aufgabe bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht beendet haben.

Die situationsgebundene Aufgabenstellung ermöglichte es, in den 24 Situationen 24 Aufgaben vorzu-

geben. Pro Aufgabentyp wurden je 6 Aufgaben vorgegeben. Gleichzeitig bedingte sie, dass feste Zuordnungen von Aufgaben zu Situationen definiert werden mussten. Diese Zuordnung erfolgte nach verschiedenen Kriterien. So wurde darauf geachtet, dass jeder Aufgabentyp mindestens zweimal in der Innenstadt, zweimal auf der Landstraße sowie zweimal auf der Autobahn vorgegeben wurde. Zudem sollte jede Aufgabe dort mindestens einmal in einer unkritischen Situation (d. h. in einer Situation, die keine besonderen Anforderungen an die Fahrleistung stellte) sowie einmal in einer kritische-

Ab-schnitt	Szenario-Name	Aufgaben-typ	Situa-tionstyp
Autobahn	Autobahn: Auffahrt	2	kritisch
	Autobahn: Drängler	3	kritisch
	Autobahn: Baustelle	4	kritisch
	Autobahn: freie Fahrt	1	unkritisch
	Autobahn: Stau	3	unkritisch
	Autobahn: Stau	4	unkritisch
	Autobahn: Stau	2	unkritisch
Landstraße	Enge kurvige Waldstrecke 1	1	kritisch
	Enge kurvige Waldstrecke 2	3	kritisch
	Enge kurvige Waldstrecke 3	4	kritisch
	Enge kurvige Waldstrecke 4	2	kritisch
	Hindernis „Felsbrocken“	1	kritisch
	Freie Fahrt 1	1	unkritisch
	Freie Fahrt 2	2	unkritisch
	Freie Fahrt 3	3	unkritisch
	Freie Fahrt 4	4	unkritisch
Innenstadt	Bushaltestelle	2	kritisch
	Fußg. quert Fahrbahn	3	kritisch
	LZA-Kreuzung links abbiegen	4	kritisch
	Radfahrer kreuzt beim Rechtsabbiegen	1	kritisch
	Geradeaus innerorts	2	unkritisch
	Geradeaus durch LZA-Kreuzung	1	unkritisch
	Geradeaus durch Vorfahrtskreuzungen	4	unkritisch
	Geradeaus mit Radweg	3	unkritisch

Tab. 8: Aufgabenzuordnungen zu Situationen in Untersuchungsteil 2. „Kritisch“ meint Situationen, in denen eine zeitkritische Anpassung des Fahrverhaltens erforderlich ist

ren Situation (d. h. in einer Situation, in der vom Fahrer eine zeitkritische Anpassung des Fahrverhaltens gefordert war) bearbeitet werden. Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass möglichst eine Passung der Aufgabenlänge mit der Situationslänge gegeben war (sodass der Fahrer nicht bereits in der Anfahrt auf die Situation mit der Aufgabenbearbeitung fertig war).

Tabelle 8 zeigt die Zuordnung der Aufgaben zu den einzelnen Szenarien. Für die Auswertung dieser situationsgebundenen Aufgabenstellungen ist daher zu beachten, dass die einzelnen Aufgabentypen untereinander nur schwer verglichen werden können, da sie in unterschiedlichen Situationen bearbeitet wurden.

Hier sind eher generelle Unterschiede zwischen den Bedienkontexten bedeutsam. Eine Ausnahme stellen die Situationen „freie Fahrt auf der Landstraße“ sowie „kurvig, enges Waldstück“ dar. Hier wurde jeder der vier Aufgabentypen in einem identischen Streckenstück bearbeitet, sodass hier auch ein Vergleich zwischen den verschiedenen Aufgabentypen möglich ist.

5.2.4 Versuchsplan

Der Einfluss der folgenden Faktoren auf das Fahr- und Blickverhalten der Fahrer wurde geprüft:

- Smartphone-Verwendung und Art der genutzten Anwendung: keine, Textmitteilung erstellen, Textmitteilung lesen, Telefonnummer eingeben, Informationsabruf aus dem Internet,
- Bedienkontext: Kontext 1: nicht integrierte Lösung vs. Kontext 2: integrierte Lösung.

Diese Prüfung wurde in zwei unterschiedlichen Anordnungen (standardisiertes CarFollow-Szenario vs. realistisch gestalteter Prüfparcours) durchgeführt.

Der Aufgabentyp war als Within-Faktor-Variable umgesetzt, d. h., alle Fahrer einer Versuchsgruppe bearbeiteten alle 4 Aufgaben eines Bedienkontextes. Der Vergleich mit einer Baseline-Bedingung fand ebenfalls within (d. h. innerhalb eines Fahrers) statt. Im CarFollow-Szenario erfolgte dies über einen gesonderten Baseline-Abschnitt, in der alltagsnahen Prüfanordnung in Untersuchungsteil 2 wurde der gesamte Prüfparcours einmal mit, einmal ohne Nebenaufgaben durchfahren. Zusätzlich wurden die Reihenfolge der Aufgaben im CarFollow, die Reihenfolge der Fahrten im Studienteil 2 sowie die Abfolge der Einzelsituationen in jeweils 2 Abstufungen permutiert, um Reihenfolgeeffekte zu kontrollieren.

Der Bedienkontext war als Between-Faktor-Variable umgesetzt, d. h., es wurden zwei Versuchsgruppen mit jeweils 24 Fahrern gebildet (diese Anzahl wird von der NHTSA als minimale Stichprobengröße zur Prüfung von Ablenkungseffekten empfohlen), die die Aufgaben entweder in Bedienkontext 1 oder Bedienkontext 2 bearbeiteten.

Tabelle 9 zeigt den Versuchsplan der Studie vereinfacht in der Übersicht.

5.2.5 Stichprobe

Insgesamt nahmen an dem Versuch 48 Testfahrer teil, 31 davon waren männlich. Alle Fahrer hatten vorab an einem ausführlichen, mindestens zweistündigen Simulatortraining und in der Regel bereits an mehreren anderen Studien im dynamischen Fahrsi-

			Fahrt (within-Faktor)		
Bedienkontext (between Faktor)	Bedienkontext 1 (nicht integriert)	Aufgabe (within-Faktor)	Baseline-Fahrt (ohne NA)	NA-Fahrt	
		SMS verfassen	n = 24	SMS empfangen	
Tel.-Nr. eingeben	Internetsuche				
SMS verfassen	n = 24	SMS empfangen			
Tel.-Nr. eingeben		Internetsuche			

Tab. 9: Versuchsplan der WIVW-Simulatorstudie (NA = Nebenaufgabe)

mulator des WIVW teilgenommen. Es wurden nur solche Fahrer für die Studie ausgewählt, die bereits über Smartphone-Erfahrung verfügten. Dies bewirkte, dass sich die Stichprobe eher aus jüngeren Fahrern zusammensetzte. Im Mittel waren die Fahrer 32,04 Jahre alt, mit einer Standardabweichung von 11,66 Jahren. Der jüngste Fahrer war dabei 20 Jahre alt, der älteste Fahrer 71 Jahre. Betrachtet man die Einteilung in Altersgruppen nach dem Vorschlag der NHTSA (2012), waren insgesamt in der Altersgruppe der 18- bis 24-Jährigen 20,8 % der Stichprobe (n = 10 Fahrer), in der Altersgruppe der 25- bis 39-Jährigen waren 62,5 % der Stichprobe (n = 30 Fahrer), in der Altersgruppe der 40- bis 54-Jährigen waren 10,4 % der Stichprobe (n = 5 Fahrer) sowie in der Altersgruppe der über 55-Jährigen 6,3 % der Stichprobe (n = 3 Fahrer). Bild 22 zeigt diese Verteilung über die Altersgruppen.

Die Altersverteilung innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen (Bedienkontext 1 vs. Bedienkontext 2) war leicht unterschiedlich. Zwar hatten beide Gruppen einen vergleichbaren Mittelwert von 32,54 Jahren (Bedienkontext 1) vs. 31,54 Jahren (Bedienkontext 2). Allerdings war die Altersverteilung im Bedienkontext 2 (integrierte Lösung) etwas inhomogener als in der anderen Bedingung. Hier gab es mehr Fahrer in der Gruppe der 18- bis 24-Jährigen, aber auch mehr Fahrer in den beiden Gruppen der über 40-Jährigen, während in Bedienkontext 1 der größte Anteil der Fahrer in der Gruppe der 25- bis 39-Jährigen war.

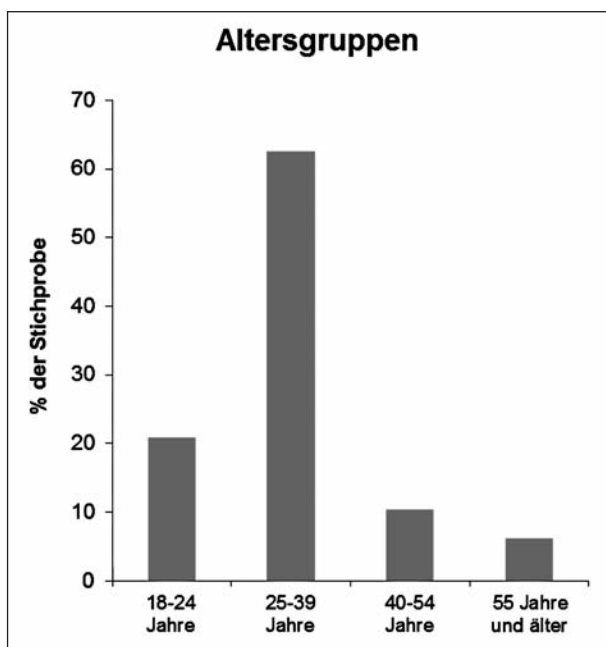


Bild 22: Anteil der Altersgruppen in der Stichprobe

Aus den Angaben der Fahrer zu ihrer Nutzungshäufigkeit verschiedener Smartphone-Anwendungen während des Fahrens wurde ein Vergleich zu einer anderen Studienstichprobe möglich. In einer Befragungsstudie des amerikanischen Autoversicherers State Farm aus dem Jahr 2012 wurden N = 872 Autofahrer zu deren Smartphone-Aktivitäten während des Fahrens befragt. Die Ergebnisse sind in Bild 23 dargestellt. Es zeigt, dass die beiden Stichproben bezüglich ihrer Nutzungshäufigkeiten, trotz unterschiedlicher Stichprobengrößen, Erhebungsmethoden und Erhebungsregionen, sehr vergleichbar sind. In beiden Stichproben wurde das Smartphone überwiegend zum Telefonieren (57 bzw. 65 %) und als Navigationsgerät (56 bzw. 62 %) genutzt. Ebenfalls häufig wurde es zum Musikhören (33 bzw. 37 %) und zum Schreiben von Textnachrichten verwendet (34 bzw. 37 %).

Weiterhin ist interessant, ob die Fahrer aus der untersuchten Stichprobe selbst eine Handyhalterung benutzen. Es zeigte sich, dass 81 % der Fahrer keine Handyhalterung im Fahrzeug haben, von den 19 %, die eine im Fahrzeug haben, nutzen diese lediglich die Hälfte der Fahrer immer, die übrigen nur manchmal.

Danach befragt, wie bzw. wo sie ihr Handy während der Fahrt bedienen, wenn sie keine Handyhalterung

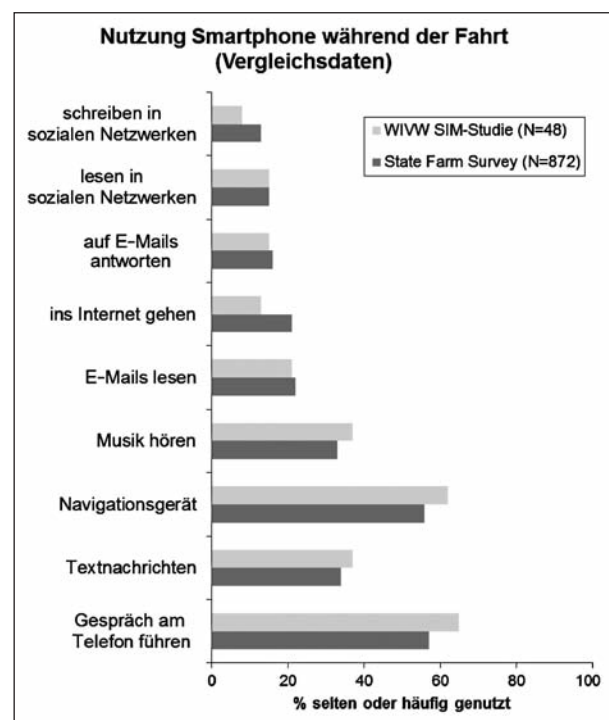


Bild 23: Vergleich Nutzung Smartphone während der Fahrt für die Stichprobe der WIVW-Simulatorstudie vs. für die Stichprobe der State-Farm-Befragungsstudie

benutzen, gaben die Fahrer Folgendes an (Anzahl Nennungen, wobei Doppelnennungen möglich waren und die Positionen zum Teil in Verbindung mit Freisprecheinrichtung genannt wurden):

- in der Hand (n = 17),
- auf dem Schoß (n = 3),
- in der Mittelkonsole (n = 4),
- Sonstiges (im Getränkehalter, Ablage Fahrertür, Ablage Armaturenbrett, Beifahrersitz, n = 5),
- gar nicht bedient/nicht griffbereit (n = 11).

5.2.6 Abhängige Variablen

In diesem Kapitel werden die Prüfparameter beschrieben, die in der Simulatorstudie zur Beurteilung der Ablenkungswirkung verwendet wurden.

Beurteilung des Fahrverhaltens

Als wesentliche abhängige Variable wurde das Fahrverhalten in Fahrten bzw. Abschnitten mit und ohne zusätzliche Bearbeitung der Aufgaben am Smartphone erfasst. Folgende Parameter wurden dabei betrachtet:

In Untersuchungsteil 1 „CarFollow“ lag der Fokus der Fahrdatenauswertung auf kontinuierlichen Kennwerten der Fahrleistung wie Maßen der Querführung sowie Maßen der Längsführung, insbesondere des Abstands.

Als Maß für die Spurhaltung wurde die SDLP (engl. Standard Deviation of Lateral Position) berechnet, die die Variation der lateralen Spurposition beschreibt. Zusätzlich wurde die Anzahl der Spurverlassensereignisse gezählt, wobei als Spurverlassen galt, wenn das Fahrzeug mit den äußeren Reifen die Fahrstreifenmarkierung nach links bzw. rechts überfuhr. Als Abstandsmaß wurde der mittlere Sekundenabstand zum Vorderfahrzeug berechnet (engl. Mean Time Headway – MTH), wobei zu berücksichtigen ist, dass die Fahrer diesen selbst wählen konnten. Die Instruktion war, den selbst gewählten Abstand möglichst konstant zu halten. Zusätzlich wurde die Standardabweichung des Sekundenabstands zum Vorderfahrzeug berechnet (engl. Standard Deviation Time Headway – SDTH), die Aussagen darüber zulässt, wie gut es dem Fahrer gelingt, den Abstand konstant zu halten. Als weiteres Leistungsmaß beim Folgefahren wurde das

sog. „CarFollow Delay“ berechnet, ein Maß, das die zeitliche Verzögerung im Folgeverhalten beschreibt. Dieses Maß wird in den NHTSA-Guidelines (2012) für das DFD-Protocol empfohlen, wo detaillierte Vorgaben für dessen Auswertung gegeben werden. Kurz zusammengefasst wird eine Kreuzkorrelation zwischen den z-standardisierten Geschwindigkeitswerten des Ego- und des Führungsfahrzeugs berechnet. Der Delay-Wert wird dann über den Punkt bestimmt, an dem die Korrelation ihr Maximum annimmt, und in Sekunden umgerechnet. Die Maße SDLP und SDTH wurden zunächst gemäß den Angaben für das DFD-Protocol in den NHTSA-Guidelines über die kompletten 3-Minuten-Intervalle berechnet (abschnittsbasierte Auswertung). Allerdings wurde an diesem Verfahren bereits von anderen Autoren Kritik geübt, da es die absolute Aufgabendauer verschiedener fahrfremder Tätigkeiten unberücksichtigt lässt (RANNEY et al., 2011). So bearbeiteten die Fahrer innerhalb des gleichen Zeitraums nur 2-3 der Nachrichten-App-Aufgaben, aber bis zu 15 Telefonnummer-Aufgaben. Daher wurden in einer alternativen Berechnungsmethode beide Parameter zusätzlich auch pro Einzelaufgabe berechnet und anschließend gemittelt (aufgabenbasierte Auswertung).

In Untersuchungsteil 2 „Realistischer Prüfparcours“ lag der Fokus der Fahrverhaltensbeurteilung auf einer Analyse von Fahrfehlern bzw. normabweichendem Verhalten sowie auf einer globalen Beurteilung der Fahrleistungsgüte, die vom Versuchsleiter als Experten vergeben wurde.

Die Kategorisierung der Fahrfehler orientierte sich an der von BRENNER-HARTMANN (2002), der die einschlägige Literatur zu diesem Thema systematisch gesichtet und die dort verwendeten Beobachtungsvariablen neu gruppiert hat. Die Fehler wurden in die folgenden Kategorien unterteilt, die von der ursprünglichen Klassifikation BRENNER-HARTMANN (2002) geringfügig abweichen (siehe dazu KAUSSNER et al., 2010):

- Längsführung:
 - schneller als zulässige Höchstgeschwindigkeit (Gs1),
 - unangepasste Beschleunigung oder Verlangsamung (Gs2),
 - unangepasstes Langsamfahren (Gs3),
 - zu geringer Längsabstand innerorts/außerorts (Ab1/Ab2).

- Querführung:
 - zu geringer Querabstand (Ab3),
 - fehlende Spurgenaugigkeit/Abkommen vom Fahrstreifen (Fb1).
- Fahrstreifenwahl:
 - Fahrstreifenwechselfehler (Fb2),
 - unangepasste Fahrstreifenwahl (Fb3),
 - Befahren unzulässiger Fahrstreifen (Fb4).
- Sichern und Navigation:
 - fehlendes nicht ausreichendes verzögertes Sichern (Si1),
 - Verkehrsverstöße gegenüber Vorrangregeln (Si2),
 - übervorsichtiges Sichern (Si3),
 - Navigationsfehler (Nav).
- Kommunikation:
 - fehlendes verzögertes verfrühtes Blinken (Ko1),
 - unklare Kommunikation (Ko2),
 - Umgang mit Zeichengebung anderer (Ko3).
- Gefährdungen und Kollisionen:
 - Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern (Gf1),
 - Gefährdung von anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern (Gf2),
 - Kollision mit Fußgängern, Radfahrern oder anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern.

In Ergänzung zu BRENNER-HARTMANN (2002) wurden die Kategorien „Kollisionen“ (Koll) und „Navigationsfehler“ (Nav) eingeführt.

Die Fehlerkategorien Fahrstreifenwahl, Sichern und Navigieren sowie Kommunikation wurden in der späteren Auswertung zu einer Oberkategorie „kognitiv-taktische Fehler“ zusammengefasst. Alle aufgetretenen Fehler wurden zu einer Gesamtfehlerzahl über die Gesamtfahrt summiert.

Hinsichtlich der Begrifflichkeit der „Fahrfehler“ ist an dieser Stelle zu betonen, dass manche der Fehler-

kategorien in Zusammenhang mit der Bearbeitung von Nebenaufgaben weniger als Fehler im negativen Sinn zu verstehen sind. Vielmehr deuten sie auf Kompensationsprozesse hin (z. B. sehr langsames Fahren). Daher erscheint es in diesem Zusammenhang besser, von normabweichendem Fahrverhalten zu sprechen. Des Weiteren ist festzuhalten, dass die einzelnen Fahrfehler momentan noch ungewichtet in die Gesamtfehlerzahl eingehen, d. h., es können daraus keine unmittelbaren Aussagen bezüglich deren Bedeutsamkeit hinsichtlich der Ablenkungswirkung von Nebentätigkeiten getroffen werden. Fehler in der Längsregelung, wie zu schnelles Fahren, erscheinen allerdings weniger bedeutsam als das Missachten der Vorfahrt. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Als globales Maß der Fahrsicherheit wurde die Leistung der Probanden vom Versuchsleiter auf der Fitness-to-Drive-Skala nach NEUKUM und KRÜGER (2003) beurteilt (siehe Bild 24). Die Basisstruktur dieser Skala ist ein zweistufiges Beurteilungsverfahren. Es besteht zum einen aus drei verbalen Kategorien: „Fahrverhalten ist im normalen Bereich“, „Fahrverhalten ist im auffälligen Bereich“, „Fahrverhalten ist kritisch“. Zum anderen gibt es innerhalb jeder verbalen Kategorie drei numerische Sub-Kategorien, die eine feinere Differenzierung (hoch – mittel – niedrig) erlauben. Zudem gibt es an beiden Enden der Skala eine zusätzliche Extremkategorie: „ohne Einschränkung fahrsicher“ und „absolut fahrunsicher“. Das Expertenurteil wurde isoliert für jedes Fahrzenario einzeln und für die Gesamtfahrt vergeben.

Verbalkategorie	Numeralkategorie
Absolut fahrunsicher	10
Kritisches Fahrverhalten	9
	8
	7
Auffälliges Fahrverhalten	6
	5
	4
Normales Fahrverhalten	3
	2
	1
Ohne Einschränkung fahrsicher	0

Bild 24: Fitness-to-Drive-Skala nach NEUKUM und KRÜGER (2003)

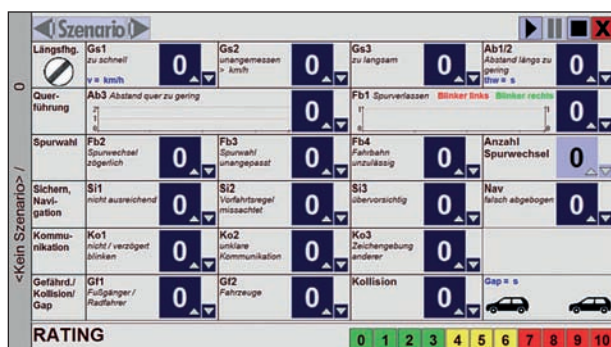


Bild 25: Benutzeroberfläche der S.A.F.E.-Anwendung auf einem Tablet-PC

Die Erfassung des Fahrverhaltens erfolgte mit Unterstützung der Anwendung S.A.F.E. (Standardized Application for Fitness to Drive Evaluations, siehe Bild 25). Dabei handelt es sich um eine Applikation der Software SILAB zur Durchführung der Fahrverhaltensbeobachtung per Tablet-PC. Der Testleiter kann mit Hilfe dieser Applikation die Fahrfehler registrieren und das Fahrleistungsrating am Ende jedes Szenarios bzw. am Ende der kompletten Fahrt vornehmen. Zudem werden wichtige Standardparameter der Fahrleistung visualisiert und können, ebenso wie bestimmte Fehlerarten, (teil)automatisiert ausgewertet werden. Die Versuchsleiter für die beschriebene Studie wurden vorab ausführlich in der Durchführung der standardisierten Fahrverhaltensbeobachtung mittels der S.A.F.E.-Anwendung geschult. Eine Berechnung der Interrater-Reliabilität der beiden Versuchsleiter, die während der Studie das Rating vornahmen, ergab ein mittleres gewichtetes Kappa κ_w von 0,86 (Mittelwert aus 6 von beiden VL parallel beurteilten Fahrten der 3 letzten Fahrer des Versuchs). Nach LANDIS und KOCH (1977) kann dies als fast vollkommene Übereinstimmung gelten (Bereich: 0,81-1,00).

Beobachtung des Blickverhaltens

Zur Erfassung und Analyse des Blickverhaltens war ursprünglich geplant, das Eyetrackingsystem der Firma SmartEye zu verwenden. Allerdings zeigte sich, dass die erfasste Datenqualität für die beschriebene Versuchsanordnung nicht ausreichend war. Daher wurden die während der Fahrt aufgezeichneten Videos, die das Gesicht des Fahrers sowie die Fahrszenerie und die Bedieneingaben auf dem Smartphone zeigten, zur Erfassung der Blicke auf das Display genutzt.

Dabei kam eine am WIVW entwickelte Software zur Videokodierung zum Einsatz, die es ermöglicht,

zeitbezogene Marker im Videomitschnitt zu setzen, die anschließend mit den Fahr- und Bediendaten aus SILAB zeitlich synchronisiert werden können. Für jede Fahrt und für jede Nebenaufgabe wurden so Beginn und Ende der einzelnen Blickabwendungen von der Straße auf das Smartphone codiert. Als Startpunkt wurde dabei der Zeitpunkt gewertet, wenn der Blick weg von der Fahrszenerie hin zum Smartphone-Display ging, als Endpunkt, wenn der Blick wieder zurück auf die Fahrszenerie gerichtet wurde. Aufgrund der zusätzlichen Einblendung der Fahrszenerie im Video konnten Tachoblicke oder Blicke auf andere Bereiche im Fahrzeug eindeutig von Displayblicken abgegrenzt werden. Bis auf wenige Ausnahmen, in denen die Bildqualität zu schlecht war und dadurch die Blicke nicht erkennbar waren, war diese Form der Datenanalyse erfolgreich.

Die folgenden Parameter wurden aus den Blickdaten berechnet:

- Gesamtblickabwendungsdauer pro Aufgabe (als Summe der Dauer aller Einzelblickzuwendungen auf das Smartphone),
- mittlere Blickdauer der einzelnen Blickzuwendungen auf das Smartphone,
- prozentualer Anteil an Blickdauern > 2 Sekunden,
- Anteil Blickabwendungszeit an Gesamtaufgabendauer.

Der Anteil der Blickabwendungszeit an der Gesamtaufgabendauer kann als Maß dafür dienen, wie intensiv der Fahrer während der Aufgabenbearbeitung die Fahrsituation überwacht. Je geringer der Anteil ist, desto mehr visuelle Aufmerksamkeit richtet er zwischendurch zurück auf die Fahrsituation.

Interaktion mit der Nebenaufgabe

Zur Beschreibung der Fahrerinteraktionen mit der Nebenaufgabe wurden folgende Parameter berechnet:

- Anzahl bearbeiteter Aufgaben in einem Car-Follow-Abschnitt,
- Aufgabendauer im CarFollow-Abschnitt (Dauer Aufgabenstellung + Bearbeitungszeit),
- Anzahl ausgelassener Aufgaben im Prüfparcours (obwohl nicht explizit instruiert),

- Wartezeit bis Aufgabenbeginn im Prüfparcours (beginnend mit Aufgabenstellung),
- Bearbeitungsdauer der Aufgaben im Prüfparcours (ohne Aufgabenstellung).

Die beiden letztgenannten Parameter waren stark vom jeweiligen Aufgabentyp abhängig. Dieser beinhaltete unterschiedlich lange Aufgabenstellungen und notwendige Bearbeitungsdauern, daher wurde auf einen direkten Vergleich zwischen den Aufgaben verzichtet, sondern eher auf Einflüsse des Situationstyps (z. B. kritisch vs. unkritisch) oder auf Einzelsituationen fokussiert. Tabelle 10 fasst sämtliche erfasste Parameter nochmals zusammen.

Fahrerbefragungen

Neben der Erfassung der objektiven Daten zum Bedien-, Blick- und Fahrverhalten wurden die Fahrer zusätzlich um ihr subjektives Urteil bezüglich verschiedener Aspekte gebeten. Nach der CarFollow-Fahrt wurden die Fahrer zur erlebten Anstrengung und Schwierigkeit der Bearbeitung der einzelnen Aufgabentypen befragt. Die Beurteilung durch den Fahrer erfolgte mittels einer 16-stufigen Skala und des sog. Kategorienunterteilungsverfahrens (KU). Dazu sollte der Fahrer sich zunächst auf eine der Verbalkategorien „gar nicht“ (0), „sehr wenig“ (1-3), „wenig“ (4-6), „mittel“ (7-9), „stark“ (10-12) und „sehr stark“ (13-15) festlegen und in einem zweiten Schritt innerhalb der Verbalkategorie sein Urteil

Parametergruppe	Parameter	Analyseebene	Prüfumgebung
Kontinuierliches Fahrverhalten	Anzahl Spurverlassen	Abschnitt	CarFollow
	Variation der Spurposition SDLP	Abschnitt	CarFollow
	Variation der Spurposition SDLP	Aufgabe	CarFollow
	Mittlerer Sekundenabstand MTH	Abschnitt	CarFollow
	Variation im Sekundenabstand SDTH	Abschnitt	CarFollow
	Variation im Sekundenabstand SDTH	Aufgabe	CarFollow
	CarFollow Delay	Abschnitt	CarFollow
Fahrfehler/ normabweichendes Verhalten	Gesamtfehleranzahl	Gesamtfahrt	Prüfparcours
	Anzahl Längsregelungsfehler (mit Unterkategorien)	Gesamtfahrt	Prüfparcours
	Anzahl Querregelungsfehler (mit Unterkategorien)	Gesamtfahrt	Prüfparcours
	Anzahl kognitiv-taktische Fehler (mit Unterkategorien)	Gesamtfahrt	Prüfparcours
	Anzahl kritische Situationen (mit Unterkategorien)	Gesamtfahrt	Prüfparcours
Beurteilung der Fahrleistungsgüte	Fitness-to-Drive-Rating (Ftd-Rating)	Gesamtfahrt	Prüfparcours
	Fitness-to-Drive Rating (Ftd-Rating)	Situationen	Prüfparcours
Blickabwendungen von der Fahraufgabe zum Smartphone	Gesamblickabwendungsdauer	Aufgabe	CarFollow + Prüfparcours
	Mittlere Blickdauer	Einzelblick	CarFollow + Prüfparcours
	% Anteil Blickdauern > 2 s	Aufgabe	CarFollow + Prüfparcours
	Anteil Blickabwendungszeit an Gesamtaufgabendauer	Aufgabe	CarFollow + Prüfparcours
Bearbeitung der Nebenaufgaben	Anzahl bearbeiteter Aufgaben	Abschnitt	CarFollow
	Aufgabendauer	Aufgabe	CarFollow
	Anzahl ausgelassener Aufgaben	Gesamtfahrt	Prüfparcours
	Wartezeit bis Aufgabenbeginn	Situationstyp	Prüfparcours
	Bearbeitungszeit	Situationstyp	Prüfparcours

Tab. 10: Erfasste Prüfparameter in der Simulatorstudie, sortiert nach Parametergruppe, Analyseebene und Prüfumgebung, in der der Parameter erfasst wird

über das Angeben einer konkreten Zahl nochmals verfeinern. Nach der Baseline-Fahrt in Untersuchungsteil 2 sollten die Fahrer Fragen zur Fahrt bzgl. der erlebten Anstrengung, der Schwierigkeit und der investierten Aufmerksamkeit beantworten. Nach der Nebenaufgabenfahrt mussten zusätzlich zu den Fragen zur Fahraufgabe weitere Fragen zur Beurteilung der Auswirkungen der Nebenaufgabenbearbeitung auf das Aufmerksamkeitsniveau, die wahrgenommene Anstrengung, Fahrleistung, die Fahrsicherheit etc. beantwortet werden. Auch für das Beantworten dieser Fragen wurde die 16-stufige KU-Skala verwendet.

Am Ende des Versuchs erhielten die Fahrer einen ausführlichen Fragebogen zur generellen Einschätzung von Smartphone-Aktivitäten. Dieser erfasste Aussagen zur generellen Häufigkeit der Nutzung verschiedener Funktionen des Smartphones im Allgemeinen sowie während des Fahrens. Außerdem wurden die Fahrer zu ihrer generellen Einschätzung der eigenen Fähigkeiten im Umgang mit Nebentätigkeiten während des Fahrens, der Einschätzung des Risikos verschiedener Nebentätigkeiten sowie zum Risiko der Beschäftigung mit Smartphones in verschiedenen Verkehrssituationen befragt. Die Fahrer sollten dabei verschiedenen Aussagen zustimmen oder diese ablehnen (6-stufige Skala von „trifft nicht zu“ bis „trifft zu“ plus „Weiß nicht“-Kategorie) bzw. das Risiko auf einer 6-stufigen Skala von „unbedenklich“ bis „gefährlich“ einordnen.

5.2.7 Versuchsablauf

Nach der Begrüßung der Probanden und einigen Vorbereitungen wurden zunächst die vier am Smartphone auszuführenden Aufgaben erklärt und eingeübt. Dies fand außerhalb des Simulators statt. Daher wurde die Benutzung der Lenkradtaste vom Versuchsleiter simuliert. Anschließend erfolgten vier kurze Übungsfahrten, in denen die einzelnen Aufgabentypen auf einer einfachen Landstraßenstrecke während des Fahrens ausgeführt wurden. Die erste Testfahrt war stets die CarFollow-Fahrt, bestehend aus fünf Abschnitten von je 3 Minuten Dauer (4 Abschnitte mit Nebenaufgabe + 1 Baseline-Abschnitt ohne Nebenaufgabe). Im Anschluss erfolgte eine Befragung der Fahrer zur erlebten Anstrengung und Schwierigkeit der Aufgabenbearbeitung. Nach einer kurzen Pause folgte Untersuchungsteil 2, der aus dem zweimaligen Befahren des realistischen Prüfparcours bestand, einmal

ohne Benutzung des Smartphones (Baseline-Bedingung) und ein weiteres Mal mit Darbietung der zu bearbeitenden Aufgaben. Die Reihenfolge dieser beiden Fahrten wurde permutiert. Auf jede Fahrt folgten eine Pause und eine kurze Befragung.

Am Ende der Untersuchung füllten die Fahrer noch den Fragebogen aus, mit dem generelle Einschätzungen zu Smartphone-Aktivitäten während des Fahrens erfasst wurden. Insgesamt dauerte die Untersuchung ca. 2,5 Stunden, für die die Fahrer eine angemessene Aufwandsentschädigung erhielten.

5.2.8 Statistische Auswertung

Alle relevanten Fahrparameter wurden mit einer zeitlichen Auflösung von 100 Hz aufgezeichnet. Für jede Versuchsfahrt wurde von SILAB eine ASCII-Textdatei erzeugt. Zusätzlich erzeugt die S.A.F.E.-Anwendung pro Fahrer und Fahrt eine Tabelle der pro Situation aufgetretenen Fahrfehler, des FtD-Ratings sowie summierte Werte für die Fahrfehlerkategorien über die Gesamtfahrt. Die Blickdaten aus der Videocodierung wurden eventbasiert aufgezeichnet und zunächst mit den ASCII-Daten aus SILAB gemacht. Anschließend wurden sämtliche Datenfiles per Syntax in IBM SPSS Statistics 20 eingelesen und für die weitere Auswertung aufbereitet.

Im vorliegenden Experiment lag ein Mischversuchsplan mit dem Between-Faktor „Bedienkontext“ und den Within-Faktoren „Abschnitt“ (im CarFollow) sowie „Fahrt“ (Baseline- vs. Nebenaufgabenfahrt im komplexen Prüfparcours) zugrunde. Zur statistischen Überprüfung von Gruppenunterschieden wurden daher jeweils univariate Varianzanalysen mit Messwiederholung gerechnet. Mit nachgeschobenen T-Tests wurde im Falle signifikanter Haupteffekte weiter geprüft, für welche Smartphone-Anwendungen/Aufgaben die Unterschiede vorlagen (z. B. T-Tests für gepaarte Stichproben für den Vergleich einzelner Aufgaben untereinander). Für den Fall, dass keine Normalverteilung der abhängigen Variablen vorlag, z. B. für die Anzahl kritischer Ereignisse, wurden nicht-parametrische Tests berechnet.

Alle Tests galten als signifikant ab einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $\alpha < .05$. Aufgrund der a priori formulierten und weitgehend unabhängigen Hypothesen konnte auf eine Alpha-Adjustierung für multiple Tests verzichtet werden (nach MARKUS, PERITZ & GABRIEL 1976).

In der Regel sind, wenn nicht anders beschrieben, in den grafischen Abbildungen Mittelwerte mit Standardabweichungen dargestellt.

5.3 Ergebnisse standardisiertes Szenario „CarFollow“

In den folgenden Kapiteln werden zunächst die Ergebnisse aus Untersuchungsteil 1, dem standardisierten CarFollow-Szenario, beschrieben. Dieses Kapitel gliedert sich in Ergebnisse zur subjektiven Beurteilung der Nebentätigkeiten, zur Nebenaufgabenbearbeitung, zum Fahrverhalten sowie zum Blickverhalten. Abschließend wird die Ablenkungswirkung auf Basis der Daten des Fahr- und Blickverhaltens zusammenfassend bewertet.

5.3.1 Subjektive Beurteilung der Smartphone-Anwendungen

Die Fahrer wurden im Anschluss an die CarFollow-Fahrt nach der Anstrengung durch die Aufgabenbearbeitung sowie zu deren Schwierigkeit befragt. Nachdem die Angaben zu diesen beiden erfragten Aspekten sehr vergleichbar waren, werden hier nur die Ergebnisse zur wahrgenommenen Anstrengung berichtet. Bild 26 zeigt die Beurteilungen pro Aufgabentyp und Bedienkontext. Dabei wurde zunächst ersichtlich, dass die Fahrer die Aufgaben „SMS schreiben“ sowie „Nachrichten-App“ als am anstrengendsten bewerteten (mittlere Beurteilungen von 11 bzw. 13 auf der bis 15 reichenden Skala). Die übrigen Aufgaben wurden eher als mittelan-

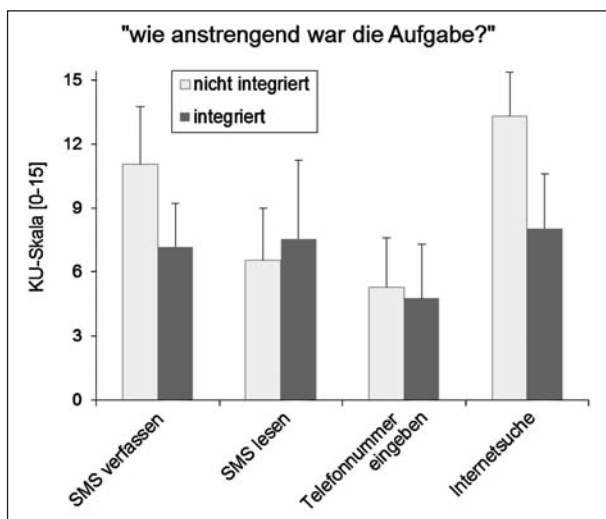


Bild 26: Subjektive Bewertung der wahrgenommenen Anstrengung bei Bearbeitung der Nebentätigkeit im CarFollow anhand der 16-stufigen KU-Skala

strengend beurteilt. Am wenigsten anstrengend war das „Telefonnummer eingeben“ in beiden Bedienkontexten (Mittelwert um 5). In univariaten Varianzanalysen pro Aufgabentyp zeigte sich zusammenfassend, dass der Bedienkontext für die beiden Aufgabentypen „SMS lesen“ und „Telefonnummer eingeben“ keine Rolle spielte ($F(1;47) = 1.212$; $p = .277$ für „SMS lesen“ bzw. $F(1;46) = 0.559$; $p = .459$ für „Tel.-Nr. eingeben“). Bei den beiden anderen Aufgaben wurden die Aufgaben aus dem Bedienkontext „nicht integrierte Lösung“ jeweils als deutlich anstrengender beurteilt ($F(1;45) = 28.830$; $p < .000$ für „SMS verfassen“ bzw. $F(1;46) = 58.970$, $p < .000$ für Internetsuche“). Interessanterweise wurde die Aufgabe „SMS vorlesen lassen“ tendenziell etwas anstrengender bewertet als die SMS selbst zu lesen, da man sich hier stärker darauf konzentrieren musste, das Gesagte genau zu verstehen.

5.3.2 Bearbeitung der Smartphone-Aufgaben

Die Aufgabendauern der einzelnen Aufgabentypen (Zeiten inklusive Aufgabenstellung, nur komplett bearbeitete Aufgaben berücksichtigt) variierte sehr stark, wie in Bild 27 zu erkennen ist. Die kürzesten Aufgaben waren das Suchen nach Wetterinformationen (ca. 12 Sekunden) sowie das manuelle Eingeben der Telefonnummer (ca. 13 Sekunden), am längsten benötigten die Fahrer für das Schreiben von SMS (ca. 36 Sekunden) und nochmals deutlich länger für das Lesen der umfangreichen Texte in der „Nachrichten-App“ (ca. 48 Sekunden).

Entsprechend konnten unterschiedlich viele Aufgaben innerhalb der 3-Minuten-Intervalle pro Aufga-

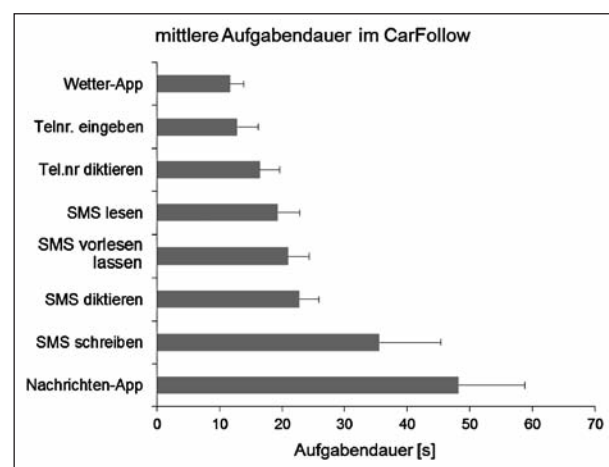


Bild 27: Mittlere Aufgabendauer im CarFollow in [s] für jede der 8 Aufgaben – sortiert nach Aufgabendauer

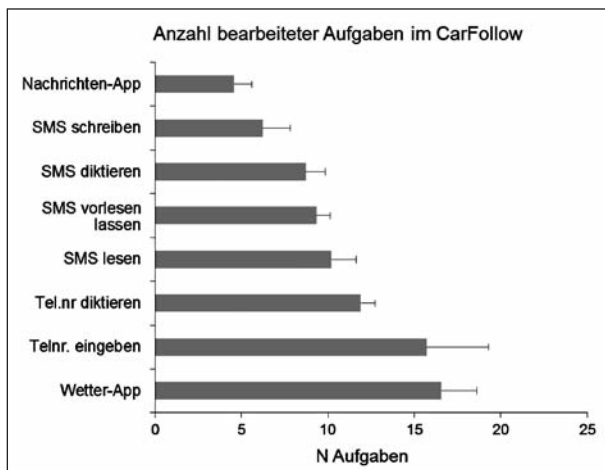


Bild 28: Anzahl bearbeiteter Aufgaben im CarFollow für jede der acht Aufgaben – sortiert nach Anzahl

bentyp bearbeitet werden. Dies zeigt Bild 28. Während nur ca. 5 Aufgaben des Typs „Lesen von Nachrichtentexten“ bearbeitet werden konnten (auch nicht komplett bearbeitete Aufgaben sind hier eingeschlossen) sowie nur 6 SMS manuell verfasst werden konnten, war es möglich, innerhalb der gleichen Zeit 16-mal die Telefonnummer einzugeben oder 17 Aufgaben vom Typ „Wetter-App“ zu bearbeiten. Diese hohe Varianz in Aufgabenanzahl- und -dauer ist insbesondere im Hinblick auf die Interpretation der nachfolgend dargestellten Auswirkungen auf die Fahrleistung zu berücksichtigen.

5.3.3 Fahrverhalten – abschnittsbasiert

Entsprechend den Empfehlungen der NHTSA (2012) wurden die Fahrleistungsparameter zunächst abschnittsbasiert ausgewertet, d. h. jeweils über das gesamte 3-Minuten-Intervall. Dargestellt sind hier jeweils die vier Aufgabentypen getrennt nach Bedienkontext im Vergleich zu den jeweiligen Baseline-Abschnitten. Bild 29 zeigt zunächst die Ergebnisse für den Parameter SDLP, der ein Maß für die Güte der Spurhaltung darstellt. Generell ist zu erkennen, dass die schlechteste Spurhaltung unter den Aufgaben „SMS schreiben“ sowie „Nachrichten-App“ auftrat, die beste bei „SMS vorlesen lassen“. In einer Varianzanalyse mit Messwiederholung und den Faktoren „Bedienkontext“ und „Abschnitt“ zeigte sich, dass sich die Spurhaltung generell zwischen den Bedienkontexten sowie innerhalb der Abschnitte unterschied (signifikanter Haupteffekt „Bedienkontext“ und signifikanter Haupteffekt „Abschnitt“).

Die signifikante Interaktion legte nahe, dass der Abschnittseffekt in beiden Bedienkontexten unterschiedlich ausfiel.

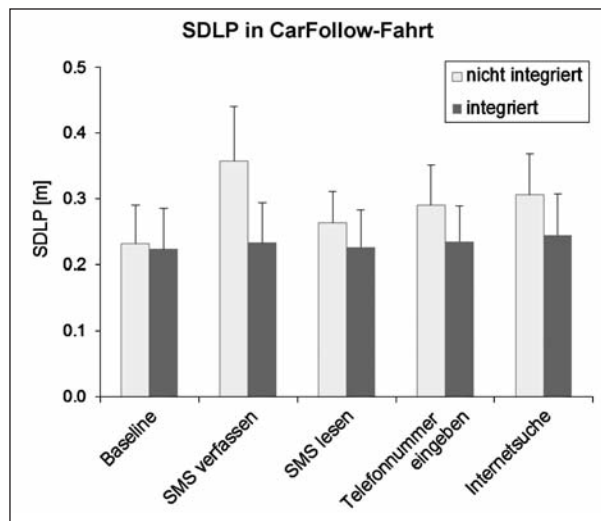


Bild 29: SDLP im CarFollow über die vier Aufgabentypen getrennt nach Bedienkontext (integrierte vs. nicht-integrierte Lösung) und im Vergleich zur Baseline

Dies wurde in nachgeschobenen T-Tests deutlicher: Vergleicht man zunächst jeden Aufgabentyp getrennt über den Bedienkontext, zeigt sich, dass sich im Baseline-Abschnitt die Bedienkontexte nicht voneinander unterscheiden. In allen anderen Abschnitten allerdings schnitten die Aufgaben der nicht-integrierten Lösung hinsichtlich der Spurhaltung schlechter ab als die Aufgaben der integrierten Lösung. Vergleicht man weiterhin pro Bedienkontext die einzelnen Abschnitte untereinander, wird erkennbar, dass in Bedienkontext 1 „nicht integrierte Lösung“ alle Aufgaben signifikant schlechter als die Baseline waren. Außerdem führte das „SMS schreiben“ zu einer signifikant schlechteren Spurhaltung als die übrigen Aufgaben. Kein Unterschied dagegen bestand zwischen der Aufgabe „Telefonnummer eingeben“ und „Nachrichten-App“. Im Bedienkontext 2 „integrierte Lösung“ unterschied sich keine der Aufgaben signifikant von der Baseline. Ebenso unterschieden sich die einzelnen Aufgaben nicht voneinander. Die Ergebnisse der statistischen Tests sind in Tabelle 11 zusammengefasst.

Die Analyse des Parameters „Anzahl Spurverlassen“ zeigt, dass es generell nur äußerst selten zu solchen Ereignissen kam. Nachdem die Fahrstreifenbreite auf der autobahnähnlichen Strecke relativ groß war (Spurbreite 5 m), zeugte ein solches Ereignis von erheblichen Schwierigkeiten mit der Nebenaufgabe.

Insgesamt wurde der Fahrstreifen 15-mal, über die gesamte Fahrzeit und alle 48 Fahrer gerechnet, verlassen, davon 12-mal, wenn die Aufgabe „SMS verfassen“ bearbeitet wurde, sowie dreimal, wenn

die Telefonnummer manuell eingegeben wurde. Dabei zeigte sich für die Aufgabe „SMS verfassen“ eine Häufung bei einzelnen Fahrern. Während von den 23 Fahrern, die diese Aufgabe bearbeitet hat-

ten (für einen Fahrer fehlte dieser Abschnitt aufgrund technischer Probleme), 17 Fahrer kein einziges Mal die Spur verließen, kam dies bei 4 Fahrern je einmal vor, bei einem Fahrer dreimal sowie bei einem weiteren Fahrer sogar fünfmal. Bild 30 zeigt diese Verteilung für die Aufgabe „SMS verfassen“.

SDLP – Varianzanalyse mit Messwiederholung			
Faktor	df	F	p
Abschnitt	4;172	17.72	0.000
Bedienkontext	1;43	10.35	0.000
Abschnitt x Bedienkontext	4;172	19.25	0.000
Nachgeschobene T-Tests (Vergleich des Bedienkontextes pro Abschnitt)			
Aufgabe	df	T	p
Baseline	46	0.438	0.663
SMS verfassen	44	5.855	0.000
SMS lesen	46	2.436	0.019
Telefonnummer eingeben	45	3.317	0.002
Internetsuche	46	3.427	0.001
Nachgeschobene T-Tests (pro Bedienkontext Vergleich der Abschnitte untereinander)			
Bedienkontext 1			
Paare	df	T	p
Baseline – SMS verfassen	22	-7.810	0.000
Baseline – SMS lesen	23	-2.702	0.013
Baseline – Tel.-Nr. eingeben	22	-6.118	0.000
Baseline – Nachrichten-App	23	-6.945	0.000
SMS verfassen – SMS lesen	22	5.246	0.000
SMS – Tel.-Nr. eingeben	21	3.664	0.001
SMS verfassen – Nachrichten-App	22	3.227	0.004
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	22	-2.101	0.047
SMS lesen – Nachrichten-App	23	-2.938	0.007
Tel.-Nr. eingeben – Nachrichten-App	22	-1.269	0.218
Bedienkontext 2			
Paare	df	T	p
Baseline – SMS verfassen	22	-1.112	0.278
Baseline – SMS lesen	23	-0.213	0.833
Baseline – Tel.-Nr. eingeben	23	-1.035	0.312
Baseline – Wetter-App	23	-1.991	0.059
SMS verfassen – SMS lesen	22	1.286	0.212
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	22	0.214	0.833
SMS verfassen – Wetter-App	22	-1.100	0.283
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	23	-0.877	0.390
SMS lesen – Wetter-App	23	-1.405	0.173
Tel.-Nr. eingeben – Wetter-App	23	-1.323	0.199

Tab. 11: SDLP – Varianzanalyse mit Messwiederholung und nachgeschobenen T-Tests

Als Maß für das Abstandsverhalten wurde zunächst der mittlere Sekundenabstand zum Vorderfahrzeug berechnet. In diese Auswertung eingeschlossen wurden nur Abschnitte, in denen die Fahrer innerhalb eines mittleren Sekundenabstands von 5 Sekunden blieben (gemäß WIEDEMANN, 1974). Bei größeren Abständen wurde das Verhalten nicht mehr als Folgeverhalten interpretiert. Bild 31 zeigt

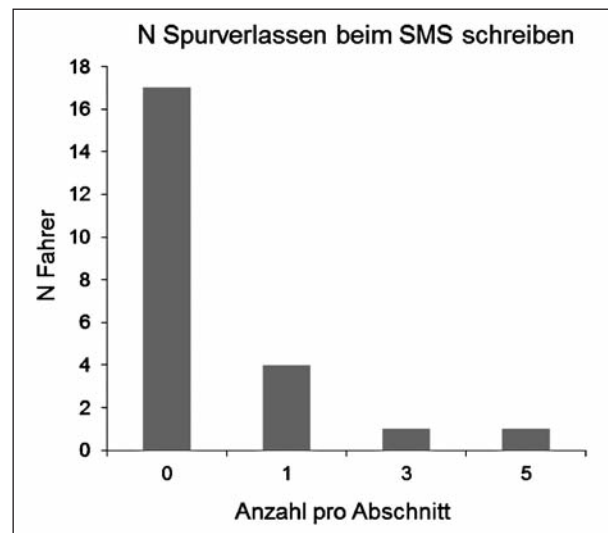


Bild 30: Anzahl Spurverlassen im CarFollow für die Aufgabe „SMS schreiben“

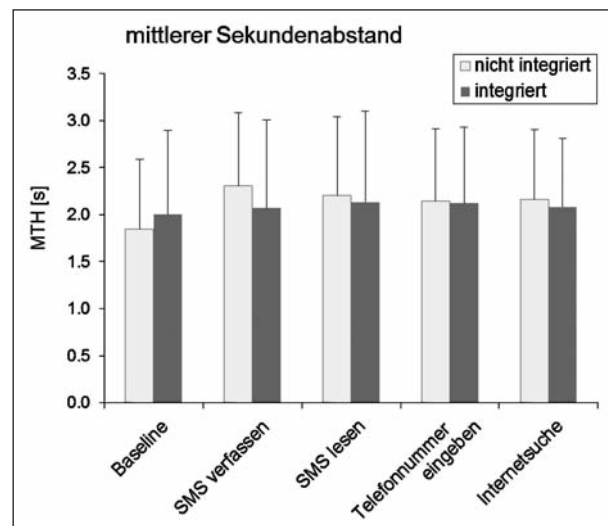


Bild 31: Mittlerer Sekundenabstand (Mean Time Headway – MTH) im CarFollow über die vier Aufgabentypen getrennt nach Bedienkontext (integrierte vs. nicht integrierte Lösung) und im Vergleich zur Baseline

den Parameter für die einzelnen Aufgabentypen getrennt nach Bedienkontext, jeweils im Vergleich zum Baseline-Abschnitt. Dabei fallen zunächst die generell großen Standardabweichungen ins Auge, die daraus resultieren, dass die Fahrer nicht instru-

iert waren, einen bestimmten Abstand einzuhalten, sondern den sich selbst gewählten Abstand möglichst konstant zu halten.

In einer Varianzanalyse mit Messwiederholung erwies sich der Faktor „Abschnitt“ als signifikant, d. h., das Abstandsverhalten unterschied sich zwischen den Abschnitten. Der Bedienkontext spielte dabei offenbar keine Rolle (nicht signifikant). In nachgeschobenen T-Tests pro Bedienkontext zum Vergleich der Abschnitte untereinander war für Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung) festzustellen, dass sich alle am Smartphone ausgeführten Aufgaben signifikant von der Baseline unterschieden, die Aufgaben untereinander allerdings nicht. Bei Benutzung des Smartphones hielten die Fahrer in dieser Bedingung also generell einen größeren Abstand ein. Für den Bedienkontext 2 (integrierte Lösung) zeigte sich ebenfalls, dass sich mit Ausnahme der Aufgabe „SMS diktieren“ alle Aufgaben von der Baseline unterschieden, die Aufgaben untereinander allerdings nicht. Dies impliziert auch hier, dass die Fahrer während der Benutzung des Smartphones generell einen größeren Abstand zum Vorderfahrzeug hielten. Die Ergebnisse der statistischen Tests sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Als weiterer Parameter wurde die Variation im Sekundenabstand betrachtet. Diese kann als Maß für die Güte des Abstandsverhaltens genutzt werden. Hier waren ebenfalls nur die Abschnitte eingeschlossen, in denen die Fahrer dem Vorderfahrzeug wirklich folgten (d. h. mittlere Sekundenabstände kleiner 5 Sekunden einhielten). Bild 32 zeigt

Mittlerer Sekundenabstand (MTH) – Varianzanalyse mit Messwiederholung			
Faktor	df	F	p
Abschnitt	4;156	6.533	0.000
Bedienkontext	1;39	0.177	0.676
Abschnitt x Bedienkontext	4;156	2.173	0.075
Nachgeschobene T-Tests (Vergleich des Bedienkontextes pro Abschnitt)			
Aufgabe	df	T	p
Baseline	46	-0.686	0.946
SMS verfassen	44	1.182	0.243
SMS lesen	46	-0.234	0.816
Telefonnummer eingeben	45	1.120	0.269
Internetsuche	46	-0.650	0.519
Nachgeschobene T-Tests (pro Bedienkontext Vergleich der Abschnitte untereinander)			
Bedienkontext 1			
Paare	df	T	p
Baseline – SMS verfassen	19	-3.615	0.002
Baseline – SMS lesen	19	-4.237	0.000
Baseline – Tel.-Nr. eingeben	19	-5.682	0.000
Baseline – Nachrichten-App	19	-4.049	0.001
SMS verfassen – SMS lesen	19	1.733	0.099
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	19	0.721	0.480
SMS verfassen – Nachrichten-App	19	1.364	0.189
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	19	-1.510	0.147
SMS lesen – Nachrichten-App	19	-0.452	0.656
Tel.-Nr. eingeben – Nachrichten-App	19	0.858	0.401
Bedienkontext 2			
Paare	df	T	p
Baseline – SMS verfassen	20	-1.546	0.138
Baseline – SMS lesen	20	-2.073	0.051
Baseline – Tel.-Nr. eingeben	20	-2.322	0.031
Baseline – Wetter-App	20	-2.798	0.011
SMS verfassen – SMS lesen	20	-0.111	0.913
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	20	0.466	0.646
SMS verfassen – Wetter-App	22	-0.164	0.871
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	20	0.660	0.517
SMS lesen – Wetter-App	20	-0.138	0.891
Tel.-Nr. eingeben – Wetter-App	20	-1.329	0.199

Tab. 12: Mittlerer Sekundenabstand – Varianzanalyse mit Messwiederholung und nachgeschobenen T-Tests

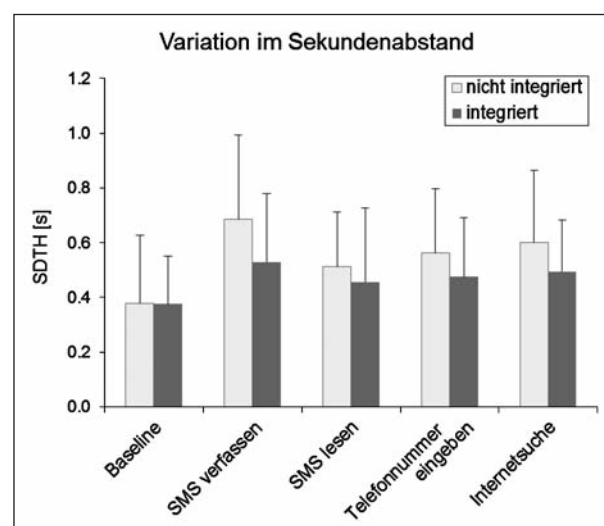


Bild 32: Variation im Sekundenabstand im CarFollow (Standard Deviation of Time Headway – SDTH) über die vier Aufgabentypen getrennt nach Bedienkontext (integrierte vs. nicht integrierte Lösung) und im Vergleich zur Baseline

den Parameter wiederum für die einzelnen Aufgabentypen getrennt nach Bedienkontext, jeweils im Vergleich zum Baseline-Abschnitt.

Generell ist ersichtlich, dass die Fahrer die größte Variabilität in der Abstandshaltung (zu erkennen

an höheren Werten der SDTH) bei den Aufgabentypen „SMS schreiben“ und „Nachrichten-App“ hatten, die geringsten bei „Telefonnummer diktieren“ und bei „SMS vorlesen lassen“. In einer Varianzanalyse mit Messwiederholung erwies sich der Faktor „Abschnitt“ als signifikant, d. h., in Abhängigkeit des Fahrtabschnitts hatten die Fahrer unterschiedlich große Schwierigkeiten, einen konstanten Abstand einzuhalten. Dieser Effekt war unabhängig vom Bedienkontext (kein signifikanter Effekt). In nachgeschobenen T-Tests pro Bedienkontext zum Vergleich der Abschnitte untereinander wurde deutlich, dass sich in Bedienkontext 1 alle Aufgaben signifikant von der Baseline unterschieden. Zudem war es bei der Aufgabe „SMS schreiben“ etwas schwieriger, den Abstand konstant zu halten als bei den übrigen Aufgaben. In Bedienkontext 2 unterschieden sich ebenfalls alle Aufgaben signifikant von der Baseline. Außerdem war es bei „SMS diktieren“ schwieriger, den Abstand konstant zu halten als bei „SMS vorlesen lassen“ und dem „Diktieren einer Telefonnummer“. Ebenso war es beim Bedienen der „Wetter-App“ schwieriger, den Abstand konstant zu halten als bei „SMS vorlesen lassen“. Die Ergebnisse der statistischen Tests sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Der Parameter CarFollow Delay als Maß für die Verzögerung im Folgeverhalten ist in Bild 33 für alle Fahrtabschnitte vergleichend dargestellt.

Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigten einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor „Abschnitt“, eine Tendenz zum Einfluss des Bedienkontexts

Variation Sekundenabstand (SDTH) – Varianzanalyse mit Messwiederholung			
Faktor	df	F	p
Abschnitt	4;156	20.08	0.000
Bedienkontext	1;39	3.854	0.057
Abschnitt x Bedienkontext	4;156	2.692	0.033
Nachgeschobene T-Tests (Vergleich des Bedienkontextes pro Abschnitt)			
Aufgabe	df	T	p
Baseline	46	0.037	0.970
SMS verfassen	44	1.836	0.074
SMS lesen	46	0.828	0.412
Telefonnummer eingeben	45	1.309	0.197
Internetsuche	46	1.581	0.121
Nachgeschobene T-Tests (pro Bedienkontext Vergleich der Abschnitte untereinander)			
Bedienkontext 1			
Paare	df	T	p
Baseline – SMS verfassen	19	-5.565	0.000
Baseline – SMS lesen	19	-4.908	0.000
Baseline – Tel.-Nr. eingeben	19	-5.561	0.000
Baseline – Nachrichten-App	19	-5.320	0.000
SMS verfassen – SMS lesen	19	3.588	0.002
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	19	1.913	0.071
SMS verfassen – Nachrichten-App	19	2.005	0.059
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	19	-1.543	0.139
SMS lesen – Nachrichten-App	19	-1.132	0.272
Tel.-Nr. eingeben – Nachrichten-App	19	0.286	0.778
Bedienkontext 2			
Paare	df	T	p
Baseline – SMS verfassen	20	-4.005	0.001
Baseline – SMS lesen	20	-2.337	0.030
Baseline – Tel.-Nr. eingeben	20	-4.588	0.000
Baseline – Wetter-App	20	-5.197	0.000
SMS verfassen – SMS lesen	20	2.788	0.011
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	20	2.065	0.052
SMS verfassen – Wetter-App	22	0.457	0.653
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	20	-0.699	0.493
SMS lesen – Wetter-App	20	-2.141	0.045
Tel.-Nr. eingeben – Wetter-App	20	-1.736	0.098

Tab. 13: Variation im Sekundenabstand – Varianzanalyse mit Messwiederholung und nachgeschobenen T-Tests

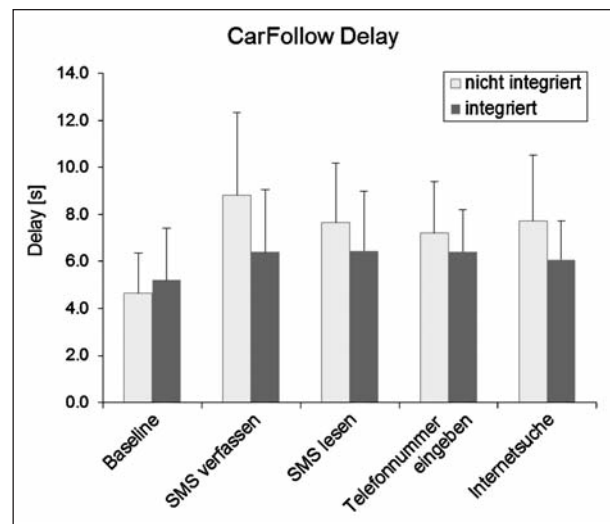


Bild 33: CarFollow Delay über die vier Aufgabentypen getrennt nach Bedienkontext (integrierte vs. nicht integrierte Lösung) und im Vergleich zur Baseline

(Alpha-Niveau liegt leicht über 0,5 %) sowie eine ebenfalls signifikante Interaktion zwischen Abschnitt und Bedienkontext. D. h. die Fahrer passten sich dem Geschwindigkeitsprofil des Vorderfahr-

zeugs in Abhängigkeit des Abschnittes unterschiedlich schnell an, wobei das Muster innerhalb der Bedienkontexte unterschiedlich war.

CarFollow Delay (CF Delay) – Varianzanalyse mit Messwiederholung			
Faktor	df	F	p
Abschnitt	4;156	17.032	0.000
Bedienkontext	1;39	3.63	0.064
Abschnitt x Bedienkontext	4;156	4.814	0.001
Nachgeschobene T-Tests (Vergleich des Bedienkontextes pro Abschnitt)			
Aufgabe	df	T	p
Baseline	46	-0.979	0.333
SMS verfassen	41	2.544	0.015
SMS lesen	45	1.635	0.109
Telefonnummer eingeben	43	1.334	0.189
Internetsuche	45	2.439	0.019
Nachgeschobene T-Tests (pro Bedienkontext Vergleich der Abschnitte untereinander)			
Bedienkontext 1			
Paare	df	T	p
Baseline – SMS verfassen	19	-6.414	0.000
Baseline – SMS lesen	19	-7.912	0.000
Baseline – Tel.-Nr. eingeben	19	-7.534	0.000
Baseline – Nachrichten-App	19	-6.074	0.000
SMS verfassen – SMS lesen	19	2.326	0.031
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	19	2.020	0.058
SMS verfassen – Nachrichten-App	19	1.070	0.298
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	19	-0.392	0.699
SMS lesen – Nachrichten-App	19	-1.237	0.231
Tel.-Nr. eingeben – Nachrichten-App	19	-1.017	0.322
Bedienkontext 2			
Paare	df	T	p
Baseline – SMS verfassen	20	-2.655	0.015
Baseline – SMS lesen	20	-3.126	0.005
Baseline – Tel.-Nr. eingeben	20	-4.610	0.000
Baseline – Wetter-App	20	-2.586	0.018
SMS verfassen – SMS lesen	20	-0.128	0.899
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	20	0.186	0.854
SMS verfassen – Wetter-App	22	0.673	0.509
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	20	0.401	0.693
SMS lesen – Wetter-App	20	0.795	0.436
Tel.-Nr. eingeben – Wetter-App	20	0.811	0.427

Tab. 14: CarFollow Delay – Varianzanalyse mit Messwiederholung und nachgeschobenen T-Tests

In nachgeschobenen T-Tests wurde dieses Muster deutlicher: Der Unterschied zwischen den Bedienkontexten war nur für die Aufgaben „SMS verfassen“ sowie die „Internetsuche“ signifikant. Bezüglich der Baseline, des Lesens von SMS und des Eingebens der Telefonnummer spielte der Bedienkontext keine Rolle. Im Vergleich der Abschnitte untereinander, getrennt nach Bedienkontext, wurde ersichtlich, dass sich in Bedienkontext 1 alle Aufgaben signifikant von der Baseline unterschieden. Außerdem folgte man dem Vorausfahrenden deutlich verzögerter bei Bearbeitung der Aufgabe „SMS schreiben“ im Vergleich zu den Aufgaben „SMS lesen“ und „Telefonnummer eingeben“. Im Bedienkontext 2 unterschieden sich ebenfalls alle Aufgaben signifikant von der Baseline. Die übrigen Aufgaben unterschieden sich hier nicht voneinander (siehe Tabelle 14).

5.3.4 Fahrverhalten – aufgabenbasiert

Wie bereits in Kapitel 3.3.2 angedeutet, hat die abschnittsbasierte Auswertemethode, wie sie im DFD-Protocol der NHTSA (2012) empfohlen wird und im vorausgegangenen Kapitel durchgeführt wurde, den Nachteil, dass durch die Betrachtung von gleich langen 3-Minuten Intervallen die Unterschiede in den absoluten Aufgabendauern, die ja für die hier verglichenen Aufgabentypen erheblich sind, unberücksichtigt bleiben. Daher wurde in einem alternativen Analyseansatz folgende Berechnungsmethode herangezogen: Zunächst wurden die Parameter, für die dies sinnvoll erschien, pro Einzelaufgabe berechnet und dieser Wert dann über alle Aufgaben eines Abschnittes gemittelt. Dies wurde für SDLP (Variation in der Spurhaltung) und SDTH (Variation im Sekundenabstand) vorgenommen und den Ergebnissen aus der abschnittsbasierten Auswertung gegenübergestellt. Ein sinnvoller Vergleich kann für diesen Analyseschritt allerdings nur zwischen den Aufgabentypen vorgenommen werden, nicht jedoch zum Baseline-Abschnitt.

Bild 34 zeigt, dass die aufgabenbasierte Auswertung generell dazu führte, dass die Absolutwerte geringer ausfallen. Dies ist vermutlich auf die Mittelung zurückzuführen, die bewirkte, dass einzelne Ausreißer weniger stark gewichtet werden. Besonders interessant ist aber, dass sich das Muster

zwischen den einzelnen Aufgabentypen, vor allem in Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung), veränderte. Während sich die Aufgabe „SMS verfassen“ bereits in der abschnittsbasierten Auswertung deutlich von den anderen drei unterschied, sticht jetzt zusätzlich die sehr lange „Nachrichten-App“-Aufgabe im Vergleich zu „SMS lesen“ und „Telefonnummer eingeben“ heraus. Dieser Unterschied wurde auch in gepaarten T-Tests signifikant. Ein ähnliches Bild zeigte sich für den Parameter SDTH (Standardabweichung des Time Headway, Bild 35). Auch hier reduzierten sich die Absolutwerte in der aufgabenbasierten Auswertung. Die Unterschiede in Bedienkontext 1 zwischen den kurzen Aufgaben „SMS lesen“ und „Telefonnummer eingeben“ und den deutlich längeren Aufgaben „SMS

schreiben“ und „Nachrichten-App“ traten deutlich stärker hervor.

5.3.5 Blickverhalten

Für die Blicke auf das Smartphone wurden zunächst die Gesamtblickabwendungszeiten als Summe aller Blicke, die zur Bearbeitung der Aufgabe notwendig waren, analysiert. Bild 36 zeigt den Parameter für die einzelnen Aufgabentypen getrennt nach Bedienkontext. Daraus wird ersichtlich, dass die Gesamtblickabwendungsdauern für die Aufgaben in Bedienkontext 1 deutlich höher lagen als in Bedienkontext 2, sehr deutlich stachen dabei die langen Aufgaben „SMS verfassen“ (im Mittel schaut der Fahrer 23 Sekunden auf das Smartphone) und „Nachrichten-App“ (im Mittel 25 Sekunden) heraus, während sich die Aufgaben in Bedienkontext 2 ähnlicher waren. Entsprechend zeigte die Varianzanalyse signifikante Haupteffekte für den Faktor „Bedienkontext“ und „Aufgabe“ sowie eine signifikante Interaktion. Die nachgeschobenen T-Tests innerhalb der Bedienkontexte bestätigten für Bedienkontext 1, dass sich die Aufgaben „SMS verfassen“ und „Nachrichten-App“ signifikant von den beiden anderen Aufgaben unterschieden.

In Bedienkontext 2 erforderten die Aufgaben „SMS vorlesen lassen“ und „Telefonnummer diktieren“ deutlich kürzere Blickabwendungszeiten als die beiden anderen Aufgaben (siehe Tabelle 15).

In einem weiteren Schritt wurden die einzelnen Blickdauern auf das Smartphone betrachtet. Wie

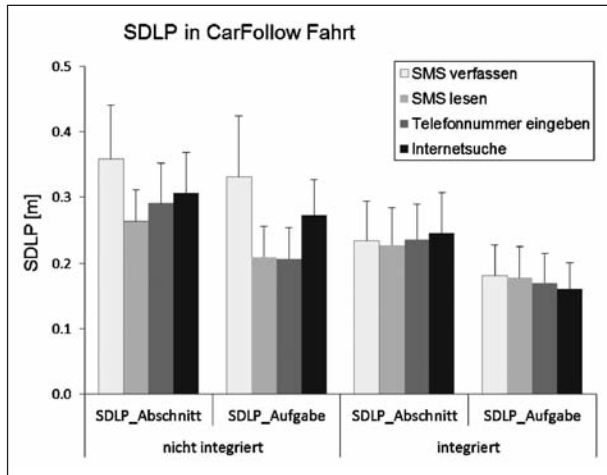


Bild 34: Vergleich der abschnittsbasierten vs. aufgabenbasierten Auswertemethode für den Parameter SDLP im CarFollow, getrennt pro Aufgabentyp und Bedienkontext

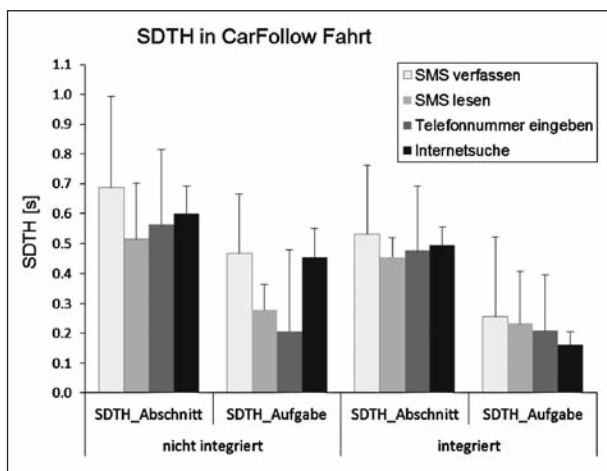


Bild 35: Vergleich der abschnittsbasierten vs. aufgabenbasierten Auswertemethode für den Parameter SDTH im CarFollow, getrennt pro Aufgabentyp und Bedienkontext

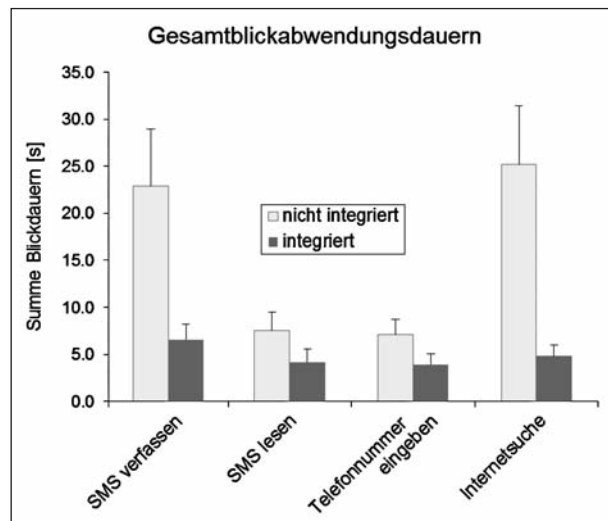


Bild 36: Mittlere Gesamtblickabwendungsdauern (mit Standardabweichung) im CarFollow über die vier Aufgabentypen getrennt nach Bedienkontext (integrierte vs. nicht-integrierte Lösung)

in Bild 37 zu erkennen ist, lagen die mittleren Blickdauern für alle Aufgaben unter 2 Sekunden, allerdings benötigten die Fahrer für die Aufgaben

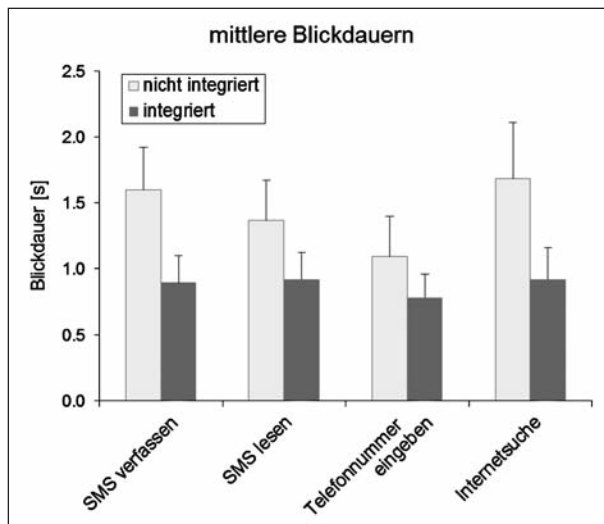


Bild 37: Mittlere Blickdauern (mit Standardabweichung) im CarFollow über die vier Aufgabentypen getrennt nach Bedienkontext (integrierte vs. nicht-integrierte Lösung)

in Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung) deutlich längere Blicke als für die Aufgaben in Bedienkontext 2. Dies belegte auch der signifikante Haupteffekt des „Bedienkontextes“ in der Varianzanalyse. Der ebenfalls signifikante Haupteffekt der „Aufgabe“ sowie die signifikante Interaktion wiesen darauf hin, dass die Effekte innerhalb der Bedienkontexte unterschiedlich waren. In nachgeschobenen T-Tests für den Vergleich der Aufgaben innerhalb der Bedienkontexte zeigte sich, dass das „SMS verfassen“ und die „Nachrichten-App“ in Bedienkontext 1 vergleichbare, aber deutlich längere Einzelblicke auf das Smartphone erforderten als die beiden anderen Aufgaben. In Bedienkontext 2 benötigte das Diktieren einer Telefonnummer mit Abstand die kürzesten Blicke auf das Smartphone.

Tabelle 16 zeigt die Ergebnisse der statistischen Tests im Überblick

Gesamtblickabwendungsdauer – Varianzanalyse mit Messwiederholung			
Faktor	df	F	p
Abschnitt	3;111	145.06	0.000
Bedienkontext	1;37	232.39	0.000
Abschnitt x Bedienkontext	3;111	101.05	0.000
Nachgeschobene T-Tests (pro Bedienkontext Vergleich der Abschnitte untereinander)			
Bedienkontext 1			
Paare	df	T	p
SMS verfassen – SMS lesen	19	11.341	0.000
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	18	13.022	0.000
SMS verfassen – Nachrichten-App	19	-1.623	0.119
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	19	1.381	0.183
SMS lesen – Nachrichten-App	20	-14.892	0.000
Tel.-Nr. eingeben – Nachrichten-App	20	-14.044	0.000
Bedienkontext 2			
Paare	df	T	p
SMS verfassen – SMS lesen	21	7.963	0.000
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	21	10.481	0.000
SMS verfassen – Wetter-App	21	6.276	0.000
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	22	0.865	0.396
SMS lesen – Wetter-App	22	-2.726	0.012
Tel.-Nr. eingeben – Wetter-App	22	-4.612	0.000

Tab. 15: Gesamtblickabwendungsdauern – Varianzanalyse mit Messwiederholung und nachgeschobenen T-Tests

Mittlere Blickdauern – Varianzanalyse mit Messwiederholung			
Faktor	df	F	p
Abschnitt	3;117	42.832	0.000
Bedienkontext	1;39	61.503	0.000
Abschnitt x Bedienkontext	3;117	18.068	0.000
Nachgeschobene T-Tests (pro Bedienkontext Vergleich der Abschnitte untereinander)			
Bedienkontext 1			
Paare	df	T	p
SMS verfassen – SMS lesen	19	4.017	0.001
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	18	7.785	0.000
SMS verfassen – Nachrichten-App	19	-1.275	0.218
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	19	5.065	0.000
SMS lesen – Nachrichten-App	20	-5.303	0.000
Tel.-Nr. eingeben – Nachrichten-App	20	-11.242	0.000
Bedienkontext 2			
Paare	df	T	p
SMS verfassen – SMS lesen	21	7.963	0.000
SMS verfassen – Tel.-Nr. eingeben	21	10.481	0.000
SMS verfassen – Wetter-App	21	6.276	0.000
SMS lesen – Tel.-Nr. eingeben	22	0.865	0.396
SMS lesen – Wetter-App	22	-2.726	0.012
Tel.-Nr. eingeben – Wetter-App	22	-4.612	0.000

Tab. 16: Mittlere Blickdauern – Varianzanalyse mit Messwiederholung und nachgeschobenen T-Tests

5.3.6 Zusammenhang zwischen Fahr- und Blickverhalten

Um den Zusammenhang zwischen Fahrleistung und Blickverhalten zu analysieren, wurden in einem weiteren Schritt bivariate Korrelationen zwischen Maßen der Quer- und Längsregulation (Standardabweichung der Spurposition SDLP bzw. Standardabweichung des Sekundenabstands SDTH) und verschiedenen Blickparametern berechnet (Anzahl Blicke, mittlere Blickdauer sowie Gesamtblickabwendungsdauer). Nachdem die Blickanalyse aufgabenbasiert stattfand, wurden auch auf Seiten der Fahrleistung die aufgabenbasiert berechneten Parameter herangezogen. Dabei ergab sich ein relativ hoher Zusammenhang zwischen der Fahrleistung und dem Blickverhalten. Die Fahrleistung war demnach stark von der visuellen Aufmerksamkeitszuwendung auf eine Smartphone-Aufgabe abhängig. Je mehr und je längere Blicke zur Bearbeitung notwendig waren, desto stärker litten die Spurhaltung sowie das Abstandsverhalten zu einem Vorderfahrzeug (siehe Tabelle 17).

5.3.7 Bewertung der Ablenkungswirkung auf Basis des Fahr- und Blickverhaltens

Für die Bewertung des Ausmaßes der ablenkenden Wirkung der untersuchten Smartphone-Anwendungen wurde eine relative Betrachtung angestellt. Dafür wurde die manuelle Eingabe einer Telefonnummer (= „Telefonnummer eingeben“ in Bedientext 1) herangezogen. Verglichen mit dem Fahren ohne jegliche Ablenkung führte die Ausführung dieser Aufgabe bereits zu gewissen Beeinträchtigungen der Längs- und Querführung. Mit Hilfe von T-Tests zwischen dieser Referenzaufgabe und den übrigen Aufgaben wurde geprüft, ob sich diese stärker beeinträchtigend auf das Fahr- und Blickverhalten auswirken. Tabelle 18 zeigt die Ergebnisse dieser Analyse für verschiedene Fahrleistungsparameter. Folgt man den einschlägigen Vorgaben (NHTSA, 2012) und betrachtet die abschnittsba-

Korrelation r zwischen Variablen	SDLP	SDTH
Mittlere Blickdauer	0,606	0,449
Anzahl Blicke	0,513	0,630
Gesamtblickabwendungsdauer	0,670	0,665

Tab. 17: Bivariate Korrelation r zwischen verschiedenen Parametern der Fahrleistung (aufgabenbasiert berechnet) und Parametern des Blickverhaltens in der CarFollow-Anordnung

Variable	Aufgabe	T	df	p	Kriterium erfüllt?
SDLP_Abschnitt	SMS schreiben	-3.160	44	0.003	nein
	SMS lesen	1.708	45	0.095	ja
	Nachrichten lesen	-0.89	45	0.381	ja
	SMS diktieren	3.202	45	0.003	ja
	SMS vorlesen lassen	3.721	44	0.001	ja
	Tel.-Nr. diktieren	3.317	45	0.002	ja
	Wetter-App	2.538	45	0.015	ja
Anzahl Spurverlassen	SMS schreiben	-1.5	44	0.140	ja
	SMS lesen	1.857	45	0.070	ja
	Nachrichten lesen	1.857	45	0.070	ja
	SMS diktieren	1.857	44	0.076	ja
	SMS vorlesen lassen	1.857	45	0.070	ja
	Tel.-Nr. diktieren	1.857	45	0.070	ja
	Wetter-App	1.857	45	0.070	ja
SDTH_Abschnitt	SMS schreiben	-1.46	40	0.153	ja
	SMS lesen	0.785	43	0.437	ja
	Nachrichten lesen	-0.49	43	0.625	ja
	SMS diktieren	0.459	41	0.649	ja
	SMS vorlesen lassen	1.408	42	0.167	ja
	Tel.-Nr. diktieren	1.309	43	0.197	ja
	Wetter-App	1.092	42	0.281	ja
CF Delay	SMS schreiben	-1.77	40	0.084	ja
	SMS lesen	-0.63	43	0.530	ja
	Nachrichten lesen	-0.67	43	0.506	ja
	SMS diktieren	1.087	41	0.283	ja
	SMS vorlesen lassen	1.058	42	0.296	ja
	Tel.-Nr. diktieren	1.334	43	0.189	ja
	Wetter-App	1.953	42	0.058	ja
SDLP_Aufgabe	SMS schreiben	-5.77	40	0.000	nein
	SMS lesen	-0.19	43	0.854	ja
	Nachrichten lesen	-4.49	43	0.000	nein
	SMS diktieren	1.873	41	0.068	ja
	SMS vorlesen lassen	2.128	42	0.039	ja
	Tel.-Nr. diktieren	2.795	43	0.008	ja
	Wetter-App	3.635	42	0.001	ja
SDTH_Aufgabe	SMS schreiben	-5.98	40	0.000	nein
	SMS lesen	-3.14	43	0.000	nein
	Nachrichten lesen	-6.18	43	0.000	nein
	SMS diktieren	-2.08	41	0.440	nein
	SMS vorlesen lassen	-1.06	42	0.295	ja
	Tel.-Nr. diktieren	0.555	45	0.582	ja
	Wetter-App	2.876	42	0.006	ja

Tab. 18: Beurteilung der Ablenkungswirkung der Nebentätigkeiten im Vergleich zur Referenzaufgabe „manuelles Eingeben einer Telefonnummer“ (Aufgabe 1.3) auf Basis verschiedener Fahrleistungsparameter im CarFollow

siert ermittelten Leistungsparameter, dann fällt die Aufgabe „SMS schreiben“ auf. Wird diese Aufgabe während der Fahrt ausgeführt, beeinträchtigt dies die Spurhaltung stärker als das Eingeben einer Telefonnummer am Smartphone. Die übrigen Aufgaben wirken sich vergleichbar, teilweise sogar deutlich schwächer auf dieses Leistungsmaß aus. Auf den weiteren Leistungsparametern findet sich kein solcher Unterschied.

Anders fällt jedoch der Vergleich zur Referenzaufgabe aus, wenn die Leistungsparameter auf Aufgabenebene bestimmt wurden. Sowohl das Maß für die Güte der Spurhaltung (SDLP) als auch das Maß für die Abstandshaltung (SDTH) zeigen eine höhere Leistungsbeeinträchtigung beim Schreiben von SMS sowie beim Lesen umfangreicherer Texte (Aufgabe „Nachrichten-App“) an als in der Referenzaufgabe. Auch das Lesen von SMS wie auch das Diktieren von SMS beeinträchtigen die Abstandshaltung stärker als das manuelle Eingeben einer Telefonnummer am Smartphone. Hingegen wirken sich diese beiden Aufgaben nicht stärker beeinträchtigend auf die Spurhaltung aus.

Für die Bewertung der Auswirkungen der untersuchten Aufgaben in Bezug auf das Blickverhalten der Fahrer, wurde auf die absoluten Kriterien zurückgegriffen, die in den NHTSA-Guidelines (2012) empfohlen werden. Gemäß diesen müssen die folgenden drei Voraussetzungen erfüllt sein, um die dort formulierten Vorgaben zu erfüllen:

- Für mindestens 85 % der Stichprobe (bei einer Stichprobe von N = 24 Fahrern pro Aufgabentyp

sind das 21 Fahrer) muss gelten, dass nicht mehr als 15 % der Blickabwendungen länger als 2 Sekunden dauern.

- Für mindestens 85 % der Stichprobe muss gelten, dass deren mittlere Blickabwendungsdauern unter 2 Sekunden liegen.
- Für mindestens 85 % der Stichprobe muss gelten, dass die Gesamtblickabwendungszeit pro Aufgabe kürzer als 12 Sekunden ist (AAM-Guidelines: 20 Sekunden).

Zusammengefasst heißt dies, dass für die Bewertung in Bezug auf das Blickverhalten sowohl die Dauer der Einzelblicke als auch die Gesamtblickabwendungsdauer berücksichtigt werden sollten. Im Hinblick auf die Einzelblicke wird gefordert, dass diese nicht nur im Mittel unter den als besonders kritisch betrachteten 2 Sekunden liegen sollen, sondern auch der Anteil an besonders langen Blickabwendungen innerhalb eines vorgegebenen Rahmens bleiben muss.

Bild 38 zeigt zunächst grafisch, welcher prozentuale Anteil der Testfahrer das jeweilige Kriterium erfüllt hat. Als relevanter Grenzwert ist hier das 15%-Perzentil markiert, das nicht überschritten werden darf.

Hier wird bereits ersichtlich, dass das Kriterium der mittleren Blickdauern bei allen Aufgaben erfüllt wurde. Die Aufgaben „SMS schreiben“, „SMS lesen“ und „Nachrichten-App“ erforderten jedoch bei einem zu großen Anteil der Fahrer zu viele lange Blickabwendungen. Zudem erfüllten die Aufgaben „SMS schreiben“ und „Nachrichten-App“ das

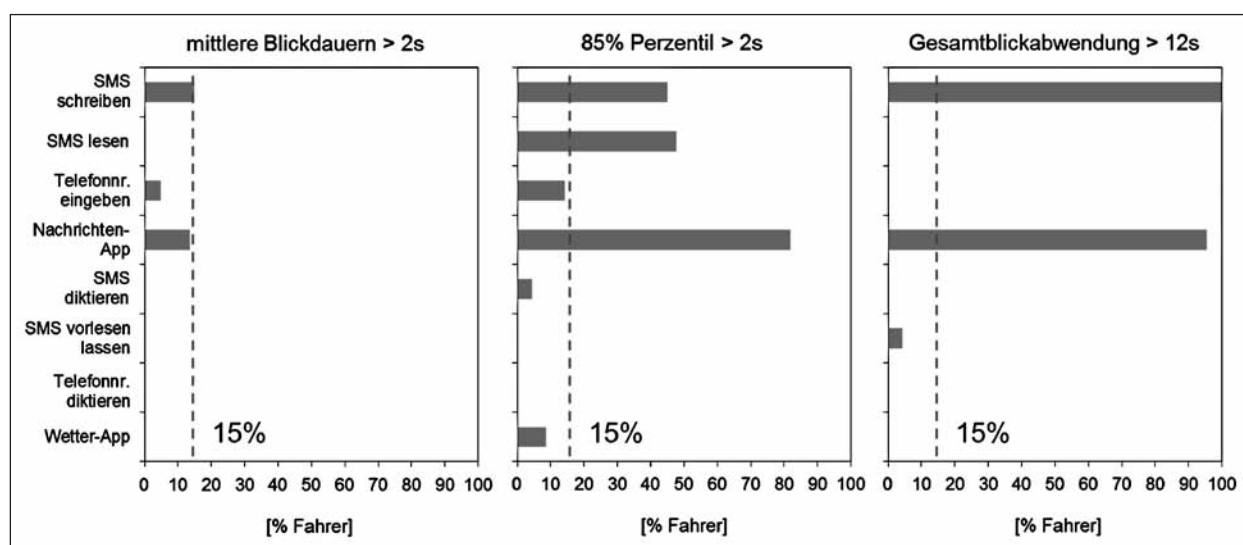


Bild 38: Beurteilung der Ablenkungswirkung der einzelnen Aufgaben gemäß den mittleren Blickdauern, dem 85%-Perzentil der Blickdauern sowie den Gesamtblickabwendungsdauern (nach NHTSA, 2012) im CarFollow

Kriterium der Gesamtblickabwendungsdauer nicht. Nahezu keiner der 24 Fahrer schaffte es, diese Aufgaben zu bearbeiten, ohne dafür in der Summe länger als 12 Sekunden den Blick von der Straße abzuwenden. Selbst das weniger strenge Kriterium der AAM (< 20 Sekunden) würde bei diesen Aufgaben nicht erfüllt. Zusammenfassend werden die Kriterien, die an die Bedienung fahrzeuginterner Systeme gestellt werden, nicht erfüllt, wenn das Smartphone für folgende Aufgaben eingesetzt wird:

- SMS schreiben,
- SMS lesen,
- Lesen umfangreicher Texte (Nachrichten-App).

Dabei handelt es sich um Anwendungen des Smartphones in Bedienkontext 1, d. h., alle Aufgaben werden direkt am Gerät ausgeführt. Dabei stand keine Sprachsteuerung zur Verfügung, und es konnten umfangreiche Texte gelesen werden.

5.3.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse aus Untersuchungsteil 1, dem standardisierten Szenario „CarFollow“, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Bezüglich der Auswirkungen auf die Querverführung lässt sich feststellen, dass sich bei Benutzung eines Smartphones, das in die Bedienstruktur eines Fahrzeugs integriert ist, die Spurhaltung kaum verschlechtert. Die Integration zeichnete sich dabei dadurch aus, dass Kurzmitteilungen über Sprachsteuerung erstellt, eingehende Kurzmitteilungen vorgelesen wurden und auch das Anwählen von Kontakten über die Sprachsteuerung erfolgte. Weiterhin konnte im Internet nur auf einfach strukturierte Informationsangebote mit geringem Textumfang zugegriffen werden.

Im Gegensatz dazu beeinträchtigten Aufgaben, die direkt am Smartphone ausgeführt wurden, die Spurhaltung in bedeutsamer Weise. Besonders deutlich wirkte sich dabei das Schreiben von Textnachrichten auf dem Smartphone aus. Die übrigen Aufgaben waren bezüglich ihrer Ablenkungswirkung vergleichbar. Sicherheitskritische Ereignisse, wie das Verlassen der eigenen Fahrspur, kamen äußerst selten vor, wenn, dann überwiegend beim Schreiben von Kurznachrichten.

Bezüglich der Auswirkungen auf die Längsführung ist festzustellen, dass die Fahrer generell bei der Benutzung des Smartphones einen größeren Ab-

stand einhielten. Dieser Effekt war unabhängig von der Art der Aufgabe, für die das Smartphone genutzt wurde. Er war auch unabhängig vom Bedienkontext. Auch bereitete es den Fahrern bei der Benutzung des Smartphones größere Probleme, einen konstanten Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug einzuhalten. Besonders deutlich wirkte sich auch hier das Erstellen von Textnachrichten aus. Darüber hinaus passten die Fahrer ihre Geschwindigkeit langsamer an Geschwindigkeitsänderungen des vorausfahrenden Fahrzeugs an, während sie das Smartphone benutzten. Besonders stark war dieser Effekt wiederum beim Schreiben von Kurznachrichten ausgeprägt, etwas geringer beim Lesen umfangreicher Informationsangebote aus dem Internet („Nachrichten-App“). Die übrigen Aufgaben waren hier bezüglich der Auswirkungen vergleichbar.

Um die Größe der durch die Nebenaufgaben verursachten Leistungsbeeinträchtigung einordnen zu können, wurde zusätzlich eine relative Betrachtung angestellt. Hierfür wurde das manuelle Eingeben einer Telefonnummer auf dem Display des Smartphones („Tel.-Nr. eingeben“) herangezogen. Hierbei zeigte sich, dass das Schreiben von Kurznachrichten („SMS schreiben“) stärkere Leistungsbeeinträchtigungen verursacht als diese Referenzaufgabe. Für die übrigen Anwendungen war dies nicht der Fall. Berechnet man geeignete Leistungsmaße auf Basis der einzelnen Aufgaben anstatt der 3-Minuten-Abschnitte, wie es die einschlägigen Richtlinien vorgeben, schneiden vor allem die Aufgaben mit längerer Bearbeitungsdauer wie „SMS schreiben“ und „Nachrichten-App“ schlechter ab. Im Vergleich zur Referenzaufgabe kam es hier zu einer stärkeren Beeinträchtigung der Spurhaltung.

Betrachtet man zusätzlich die Abstandshaltung, wirkten sich des Weiteren die Anwendungen „Lesen einer SMS“ sowie „Diktieren einer SMS“ stärker beeinträchtigend aus als die Referenzaufgabe.

Für die Beurteilung der Smartphone-Anwendungen auf Basis der Blickabwendungen wurden absolute Kriterien gemäß den Empfehlungen der NHTSA-Guidelines von 2012 herangezogen. Gemäß diesen Kriterien lagen die Aufgaben „SMS schreiben“ und „Nachrichten-App“ außerhalb der Vorgaben für fahrzeuginterne Geräte. Zum einen war die erforderliche Gesamtblickabwendungsdauer für das Ausführen dieser Aufgaben am Smartphone zu lang. Außerdem überstieg der Anteil an einzelnen langen Blickabwendungen (über 2 Sekunden) die

Kriterium erfüllt? (ja/nein)	SMS schreiben	SMS lesen	Nachrichten lesen	SMS diktieren	SMS vorle- sen lassen	Tel.-Nr. diktieren	Wetter-App
SDLP_Abschnitt	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SDLP_Aufgabe	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja
N Spurverlassen	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SDTH_Abschnitt	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SDTH_Aufgabe	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
CF Delay	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
mittlere Blickdauer	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
85%-Perzentil Blickdauer	nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja
Gesamtblick- abwendungsdauer	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja

Tab. 19: Beurteilung der Ablenkungswirkung der verschiedenen Aufgaben gemäß unterschiedlichen Fahrleistungs- und Blickabwendungskriterien (ja = Kriterium erfüllt, nein = Kriterium nicht erfüllt)

Vorgaben. Dies galt außerdem auch für die Aufgabe „SMS lesen“, weswegen auch diese die an fahrzeuginterne Systeme gestellten Anforderungen nicht erfüllt. Zusammenfassend ergibt sich das in Tabelle 19 dargestellte Bild.

5.4 Ergebnisse zum realistischen Prüfparcours

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus Untersuchungsteil 2, dem realistischen Prüfparcours mit vielfältigen Szenarien und situationsgebundener Aufgabenbearbeitung, vorgestellt. Das Kapitel gliedert sich in Ergebnisse zum Expertenrating der Fahrleistung, zur Häufigkeit von Fahrfehlern, zur Bedientätigkeit und dem Blickverhalten sowie zur subjektiven Beurteilung der Fahrten und generellen Einstellungen zur Beschäftigung mit fahrfremden Tätigkeiten mittels eines Smartphones während der Fahrt.

5.4.1 Fitness-to-Drive-Skala

Zusätzlich zur Beobachtung von Fahrfehlern bewertete der Versuchsleiter als Experte das Verhalten der Fahrer in jedem Einzelszenario sowie für die gesamte Fahrt anhand der Fitness-to-Drive-Skala (FtD-Skala; siehe Kapitel 4.2.6) von „0“ (uneingeschränkt fahrsicher) bis „10“ (absolut fahrunsicher).

Die Bewertung der jeweiligen Gesamtfahrten ist in Bild 39 dargestellt. Hier wird deutlich, dass die Fahrleistung in den Baseline-Fahrten unabhängig vom Bedienkontext als „normal“ beurteilt wurde (Wertebereich bis „3“). Die Nebenaufgabenfahrten

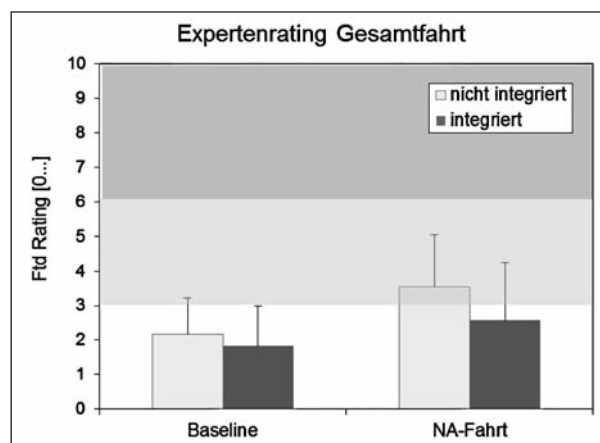


Bild 39: Expertenrating der Fahrleistung über die gesamte Fahrt auf der FtD-Skala. Die unterschiedlichen Graustufen markieren die Bereiche, ab denen das Fahrverhalten als auffällig bzw. als kritisch bewertet wird

wurden durchwegs schlechter beurteilt: eine Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt einen signifikanten Effekt des Faktors „Fahrt“; $F(1;46) = 23.488$; $p < .000$. Absolut gesehen wurden die Fahrten, in denen das Smartphone bedient wurde, ohne integriert zu sein (Bedienkontext 1), dabei im Mittel als beginnend auffällig bewertet, während die Beurteilung der Fahrten, in denen das Smartphone in einer integrierten Lösung benutzt wurde (Bedienkontext 2), als gerade noch „normal“ beurteilt. Die Varianzanalyse zeigte eine Tendenz, dass der Nebenaufgabeneinfluss im Bedienkontext 1 etwas stärker ausgeprägt war als in Bedienkontext 2 (Haupteffekt Bedienkontext $F(1;46) = 3.857$; $p = .056$; Interaktion $F(1;46) = 2.032$; $p = .161$).

Klassifiziert man die Fahrleistung anhand der Kategorien „normal“ (FtD-Rating zwischen 0 und 3), „auffällig“ (FtD-Rating zwischen 4 und 6) sowie „kri-

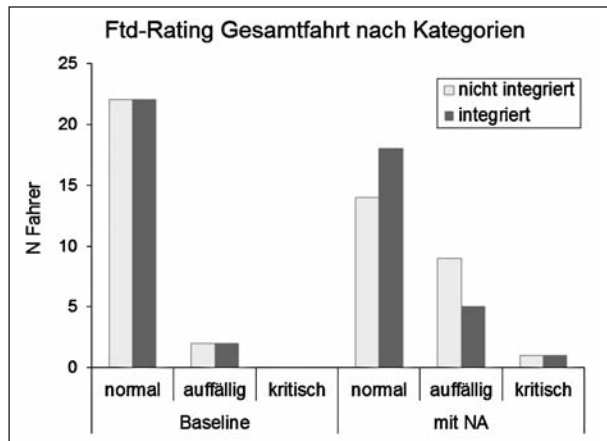


Bild 40: Expertenrating der Fahrleistung über die gesamte Fahrt auf der FtD-Skala, gruppiert nach Kategorien „normal“, „auffällig“ bzw. „kritisch“

tisch“ (FtD-Rating zwischen 7 und 10), wird erkennbar, dass in der Baseline-Fahrt je 22 Fahrer pro Bedienkontext im normalen Bereich eingestuft wurden, je zwei Fahrer in den auffälligen Bereich sowie kein Fahrer in den kritischen Bereich (siehe Bild 40). Die Verteilungen waren absolut identisch für die beiden Bedienkontexte. In den Fahrten mit Bedienung des Smartphones verschob sich die Verteilung für die Fahrer des Bedienkontexts 1 hin zu einem größeren Anteil in der „auffälligen“ Kategorie.

Wiederum vergleichbar war, dass jeweils ein Fahrer pro Bedienkontext in die „kritische“ Kategorie eingeordnet wurde. In weiteren Analysen wurden die FtD-Ratings in den einzelnen Szenarien über die gesamte Stichprobe und alle Fahrten hinweg betrachtet ($n = 2.687$, resultierend aus 28 Szenarien pro Fahrt x 2 Fahrten x 48 Fahrer, wobei bei einem Fahrer ein Szenario aufgrund technischer Probleme nicht beurteilt werden konnte). Dabei zeigte sich, dass beim überwiegenden Teil der Fahrer die Leistung als völlig normal eingestuft wurde. Die Kategorien „0“ und „1“ wurden für fast 70 % aller Szenarien vergeben. In weniger als einem Prozent wurde die Fahrleistung als kritisch eingestuft, in der Regel, weil es zu Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern kam (siehe Bild 41).

In einer weiteren Analyse wurden die Ratings aus den Einzelszenarien danach klassifiziert, wie häufig die Fahrleistung als mindestens „auffällig“ beurteilt wurde. Dies war bei einem FtD-Rating ab 4 der Fall (siehe Bild 42). In der Baseline-Fahrt war das im Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung) in 5,1 % der Szenarien der Fall, in Bedienkontext 2 (integrierte Lösung) nur in 3,7 %. In den Fahrten mit Smartphone-Benutzung erhöhte sich der Anteil in

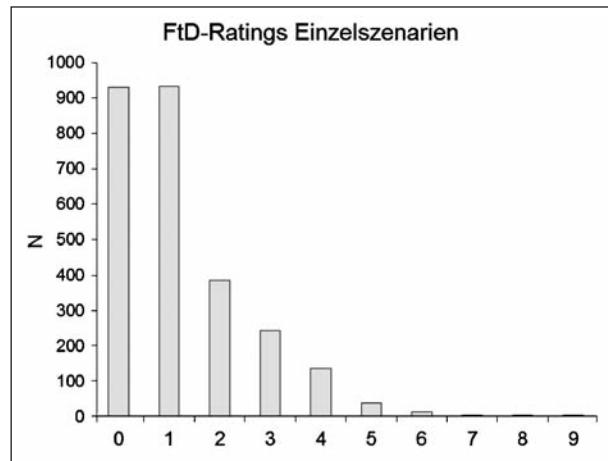


Bild 41: Verteilung der FtD-Ratings in den Einzelszenarien – dargestellt ist die Gesamtstichprobe mit $N = 2.687$ Szenarien

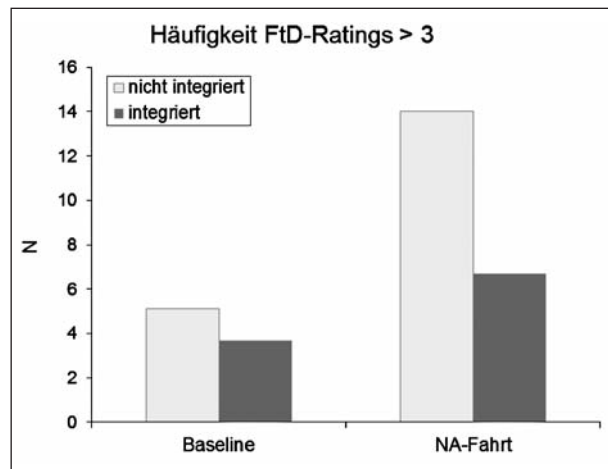


Bild 42: Häufigkeit von FtD-Ratings > 3 in den Einzelszenarien (d. h. „auffälliges“ Fahrverhalten)

beiden Bedienkontexten bedeutsam, in Bedienkontext 1 überproportional stark auf 14,0 % im Vergleich zu Bedienkontext 2 mit 6,7 %.

5.4.2 Fahrfehler nach Kategorien

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Fahrfehleranalyse betrachtet. Dabei werden zunächst die Häufigkeiten aller aufgetretenen Fehler berichtet. In einem weiteren Schritt werden diese Gesamtfehler dann nochmals nach folgenden Kategorien unterteilt:

- Fehler in der Längsführung,
- Fehler in der Querführung,
- kognitiv-taktische Fehler (Fahrstreifenwahl-, Sicherheits-, Kommunikations- und Navigationsfehler),

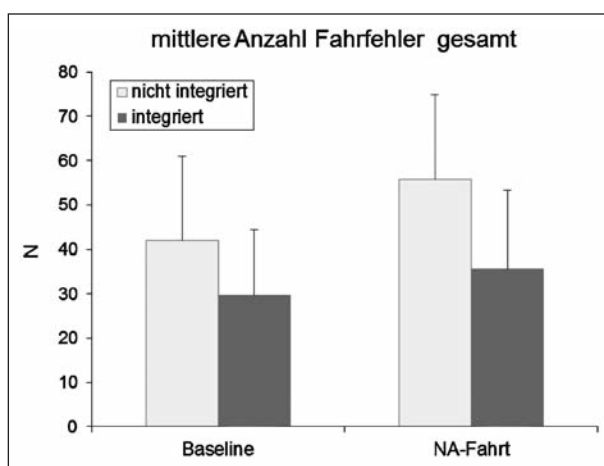


Bild 43: Mittlere Anzahl Fahrfehler gesamt

- kritische Situationen (Gefährdungen und Kollisionen).

In Bild 43 ist zunächst die mittlere gesamte Anzahl aller Fehler pro Fahrtbedingung (Baseline vs. Nebenaufgabenfahrt) für beide Bedienkontexte dargestellt. In einer Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigte sich, dass die Gesamtsumme der Fahrfehler in den Fahrten, in denen das Smartphone benutzt wurde, bedeutsam anstieg (signifikanter Haupteffekt „Fahrt“ $F(1;46) = 33.208$; $p < .000$). Dieser Effekt war allerdings im Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung) stärker ausgeprägt als in Bedienkontext 2 (signifikanter Haupteffekt „Bedienkontext“ $F(1;46) = 10.130$; $p = .003$ sowie signifikante Interaktion $F(1;46) = 8.078$; $p = .007$). Allerdings ist hier zu berücksichtigen, dass sich die beiden Bedienkontexte auch in der Baseline-Fahrt unterscheiden, was auf Übertragungseffekte hindeutet.

Bei einer genaueren Prüfung von Reihenfolgeeffekten wurde deutlich, dass dieser beobachtete Unterschied in den beiden Baseline-Fahrten auf einen speziellen Umstand zurückzuführen war: Ein signifikanter Effekt der Reihenfolge, der nur auf die Baseline-Fahrt beschränkt war, zeigte, dass vor allem im Bedienkontext 1 „nicht-integrierte Lösung“ dann, wenn die Baseline-Fahrt die 2. Fahrt nach der Nebenaufgabenfahrt war, mehr Fehler gemacht wurden. Wie sich in den nachfolgenden Analysen herausstellen wird, betraf dies ausschließlich die Unterkategorie „zu schnell gefahren“. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die Fahrer durch die vorausgegangene Fahrt, in der sie die Aufgaben am Smartphone ausführen mussten, bereits stark erschöpft waren. Vermutlich wollten sie daher die nachfolgende Baseline-Fahrt möglichst zügig absolvieren und fuhren zu schnell.

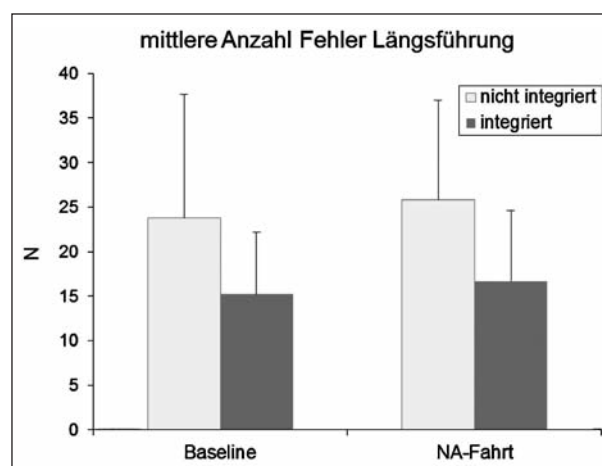


Bild 44: Mittlere Anzahl Fehler Längsführung

Entsprechendes zeigte die Analyse der Längsregelungsfehler als Unterkategorie der Gesamtfehler. Diese beinhaltete die Fehlertypen „zu schnelles Fahren“, „zu langsames Fahren“ sowie „unangemessene Längsabstände“ und „unangemessene Beschleunigungen oder Verzögerungen“. Bei einer globalen Betrachtung dieser Fehlerkategorie (siehe Bild 44) war erkennbar, dass die Fehlerzahl generell im Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung) erhöht war (signifikanter Haupteffekt „Bedienkontext“ $F(1;46) = 9.909$; $p = .003$). Dieser Effekt war allerdings unabhängig vom Einfluss der auszuführenden Aufgaben, trat also sowohl in der Baseline-Fahrt als auch in der Nebenaufgabenfahrt auf (kein signifikanter Effekt der „Fahrt“ $F(1;46) = 1.226$; $p = .274$; keine signifikante Interaktion $F(1;46) = 0.247$; $p = .621$). In späteren Analysen der Unterkategorien wird man erkennen, dass dieser Effekt in der Baseline-Bedingung durch eine höhere Anzahl „zu schnelles Fahren“ verursacht wurde, während in der Nebenaufgaben-Fahrt der globale Effekt umgekehrt aus einer erhöhten Anzahl „zu langsamen Fahrens“ resultierte (siehe Kapitel 5.4.3).

Demgegenüber stieg die Anzahl an Querregelungsfehlern (Spurverlassen/ungenauere Spurhaltung sowie zu geringe Abstände zu seitlichem Verkehr) in beiden Bedienkontexten in Fahrten mit Smartphone-Benutzung signifikant an (siehe Bild 45; signifikanter Haupteffekt „Fahrt“ $F(1;46) = 32.201$; $p < .000$). Der signifikante Effekt des „Bedienkontextes“ ($F(1;46) = 5.538$; $p = .014$) sowie die signifikante Interaktion $F(1;46) = 13.065$; $p = .001$) weisen darauf hin, dass dieser Effekt im Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung) deutlich stärker ausgeprägt war als in Bedienkontext 2 (integrierte Lösung).

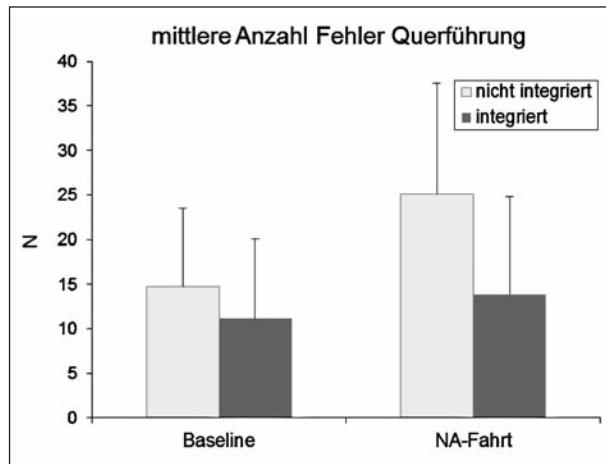


Bild 45: Mittlere Anzahl Fehler Querführung

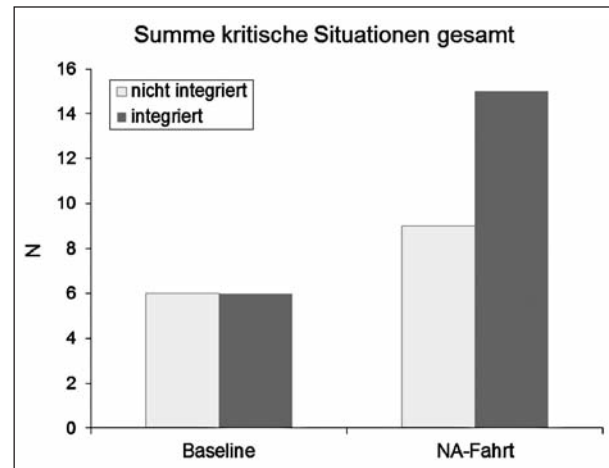


Bild 47: Summe kritischer Situationen gesamt

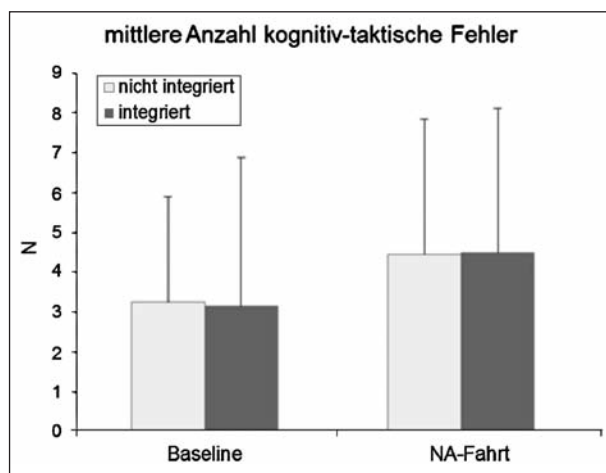


Bild 46: Mittlere Anzahl kognitiv-taktische Fehler

Die Anzahl kognitiv-taktischer Fehler stieg ebenfalls in den Fahrten mit Nebenaufgaben bedeutsam an (siehe Bild 46). Dieser Effekt war allerdings unabhängig vom Bedienkontext.

Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung erbrachte entsprechend einen signifikanten Haupteffekt der „Fahrt“ ($F(1;46) = 15.966$; $p < .000$), aber keinen signifikanten Effekt des „Bedienkontextes“ ($F(1;46) = .002$; $p = .964$) oder der Interaktion $F(1;46) = .000$; $p = 1.000$).

Kritische Situationen, wie Gefährdungen anderer Verkehrsteilnehmer und Kollisionen, traten insgesamt äußerst selten auf. Daher war es hier sinnvoll, absolute Fehlersummen zu betrachten. In Bild 47 ist zu erkennen, dass bereits in der Baseline-Fahrt kritische Situationen auftraten, jeweils 6 in beiden Bedienkontexten. Dies resultierte aus der Anforderung, herausfordernde Situationen zu gestalten, die tatsächlich sensitiv auf die Ablenkung des Fahrers reagierten (z. B. musste ein Fußgänger, der die

Fahrbahn überquerte, so zeitkritisch loslaufen, dass es zu einem Aufeinandertreffen mit dem Fahrzeug kommen konnte, wenn der Fahrer nicht genügend Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe richtete). Diese erhöhten Anforderungen konnten allerdings dazu führen, dass bereits Fahrer, ohne mit dem Smartphone beschäftigt zu sein, Probleme mit diesen Szenarien hatten, beispielsweise weil sie sich generell zu schnell der Situation annäherten oder relativ nah am rechten Fahrbahnrand entlang fuhren und damit schwerer ausweichen konnten.

Augenscheinlich zeigt sich in Bild 47 eine Erhöhung der kritischen Situationen, wenn unter Ausführung der Nebenaufgaben gefahren wurde. Allerdings zeigten non-parametrische Tests, dass dieser Anstieg absolut gesehen unbedeutend war, d. h. dass die Anzahl kritischer Situationen statistisch durch die zusätzliche Beschäftigung mit einer Aufgabe am Smartphone nicht anstieg (Friedman-Rangvarianzanalysen für den Vergleich zwischen Baseline- und NA-Fahrten in Bedienkontext 1: $p = .480$ bzw. Bedienkontext 2: $p = .166$ und Man-Whitney-U-Tests für den Vergleich zwischen den Bedienkontexten in Baseline-Fahrt: $p = .1.000$ und NA-Fahrten: $p = .250$).

Um einen zusammenfassenden Überblick darüber zu erhalten, in welchen Fahrfehlerkategorien es bedeutsame Unterschiede zwischen den Bedienkontexten in Bezug auf die Auswirkungen der Nebenaufgabenbeschäftigung gab, wurde eine weitere Analyse vorgenommen. Da die absolute Anzahl der einzelnen Fehlertypen sehr unterschiedlich war, wurde eine Standardisierung der Werte an der jeweiligen Baseline vorgenommen (d. h., bei jedem Fahrer wurde in der Fahrt mit Smartphone-Bedienung der Mittelwert der Baseline-

Bedingung vom Ursprungwert abgezogen und durch die Standardabweichung der Baseline-Bedingung geteilt). Die resultierenden Werte können dann in einer Grafik vergleichend nebeneinander dargestellt werden und ergeben für jeden Bedienkontext ein typisches Profil der abhängigen Variablen. Die entsprechenden Abbildungen zeigen Standardfehler, da diese direkt anzeigen, ob Unterschiede zwischen den Bedienkontexten signifikant sind. Dies ist dann der Fall, wenn sich die Fehlerbalken nicht überlappen.

Bild 48 kann folgendermaßen interpretiert werden: Die bedeutsamen Unterschiede zwischen den beiden Bedienkontexten hinsichtlich der Auswirkung der Benutzung des Smartphones fanden sich im Gesamtrating der Fahrt begründet sowie in der Anzahl an Querfehlern, die jeweils in Bedienkontext 1 gegenüber Bedienkontext 2 deutlich erhöht waren. Die leicht erhöhte Anzahl an kritischen Situationen in Bedienkontext 2 erwies sich als nicht signifikant.

Es muss aber auch berücksichtigt werden, dass in den Situationen, in denen kritische Ereignisse auftraten, insbesondere bei Interaktion mit Fußgängern und Radfahrern, ein größerer Anteil der Fahrer in Bedienkontext 1 die Bearbeitung der Nebenaufgabe verweigerte (Auswertungen dazu finden sich in Kapitel 5.4.4). Diese Kompensationsstrategie erachteten die Fahrer des Bedienkontexts 2 offenbar seltener als notwendig und bearbeiteten häufiger

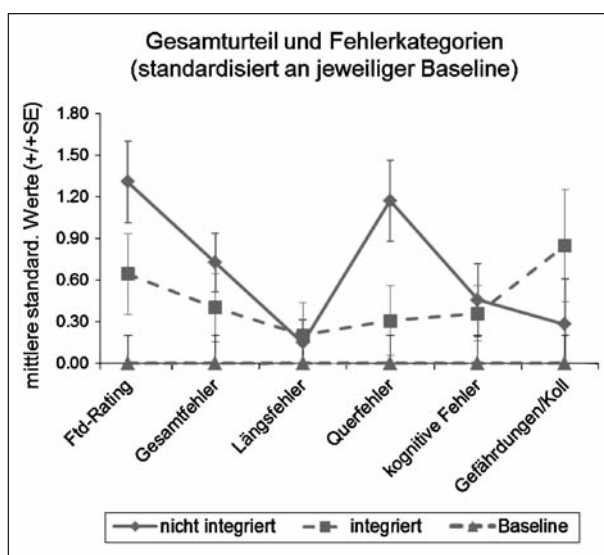


Bild 48: Profil der Beeinträchtigung durch die Nebenaufgabenbearbeitung für die einzelnen Bedienkontexte pro Fahrfehlerkategorie und FtD-Gesamt-Rating. Dargestellt sind jeweils an der Baseline standardisierte Werte + Standardfehler

die scheinbar unbedenklichen Nebenaufgaben, was in diesen zeitkritischen Situationen dann jedoch durchaus zu Problemen führte.

5.4.3 Einzelbetrachtung der Fahrfehler

Nach der globalen Betrachtung der aufgetretenen Fahrfehler nach Kategorien wird im Folgenden ein Blick auf die einzelnen Fehlerarten gerichtet. Dies ist für alle Fehlertypen zulässig, in denen ein statistisch bedeutsamer Haupteffekt für die im Versuch variierten Faktoren „Fahrbedingung“ (Baseline vs. Nebenaufgabenfahrt) bzw. „Bedienkontext“ (integrierte vs. nicht integrierte Lösung) gefunden wurde.

Um wiederum bedeutsame Unterschiede zwischen den Bedienkontexten möglichst einfach zu erkennen, wurde auch hier das Verfahren der Standardisierung der Nebenaufgabenfahrten an der jeweiligen Baseline vorgenommen. Bild 49 zeigt zunächst die einzelnen Fehlertypen in der Unterkategorie „Längsfehler“.

Der deutlichste Unterschied bei Nutzung des Smartphones während der Fahrt zeigte sich in der Fehlerkategorie „zu langsam“. Im Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung) drosselten die Fahrer überproportional häufig ihre Geschwindigkeit während der Nebenaufgabenbearbeitung so stark, dass dies nicht mehr der Situation angemessen gewertet wurde. Extrem häufig ereignete sich dies auf der kurvigen Waldstrecke. Hier fuhren die Fahrer dann teilweise nur noch mit 50 km/h anstelle der vorge-

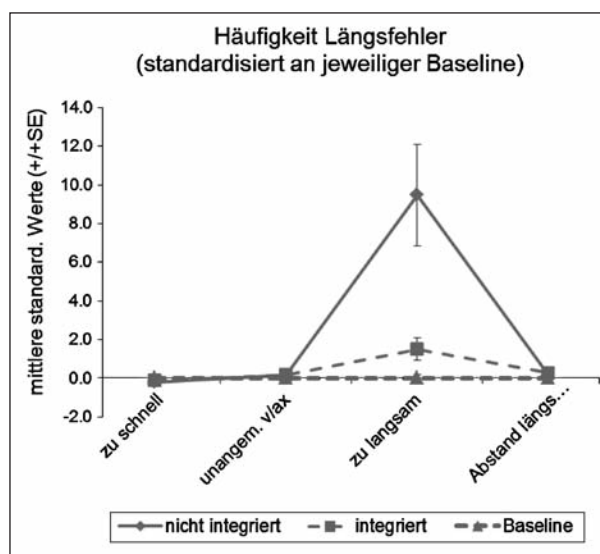


Bild 49: Häufigkeit Längsfehler in den Nebenaufgabenfahrten standardisiert an der jeweiligen Baseline, Profil über die beiden Bedienkontexte mit Standardfehlern

Variable	Testbed.	Vergleich	p
Gs1 – zu schnell	Bed1	Na vs. Base	0.182
	Bed2	NA vs. Base	0.164
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.077
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.044
Gs2 – unangemessene v/ax	Bed1	Na vs. Base	0.479
	Bed2	NA vs. Base	0.456
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.446
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.643
Gs3 – zu langsam	Bed1	Na vs. Base	0.000
	Bed2	NA vs. Base	0.004
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.379
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.004
Ab1/2 – Abstand längs zu gering	Bed1	Na vs. Base	0.391
	Bed2	NA vs. Base	0.488
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.145
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.286
Ab3 – Abstand quer zu gering	Bed1	Na vs. Base	0.116
	Bed2	NA vs. Base	0.677
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.867
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.464
Fb1 – Spurungenauigkeit/-verlassen	Bed1	Na vs. Base	0.000
	Bed2	NA vs. Base	0.060
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.090
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.000
Fb2 – Fahrstreifenwechsel zögerlich	Bed1	Na vs. Base	0.763
	Bed2	NA vs. Base	0.020
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.464
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.110
Fb3 – unangepasster Fahrstreifen	Bed1	Na vs. Base	0.003
	Bed2	NA vs. Base	0.143
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.302
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.062
Fb4 – Fahrstreifen unzulässig	Bed1	Na vs. Base	0.480
	Bed2	NA vs. Base	0.180
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.493
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.042
Si1 – unzureichendes Sichern	Bed1	Na vs. Base	0.119
	Bed2	NA vs. Base	0.480
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.821
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.767
Si2 – Vorfahrt missachtet	Bed1	Na vs. Base	0.608
	Bed2	NA vs. Base	0.078
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.143
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.384
Si3 – übervorsichtig	Bed1	Na vs. Base	0.785
	Bed2	NA vs. Base	0.705
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.539
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.193
Navigationsfehler	Bed1	Na vs. Base	0.564
	Bed2	NA vs. Base	0.655
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.976
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.555
Ko1 – fehlerhaftes Blinken	Bed1	Na vs. Base	0.148
	Bed2	NA vs. Base	0.902
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.434
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.819
Ko2 – unklare Kommunikation	Bed1	Na vs. Base	0.739
	Bed2	NA vs. Base	0.157
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.682
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.481
Ko3 – Zeichengebung anderer	Bed1	Na vs. Base	0.739
	Bed2	NA vs. Base	0.096
	Base	Bedienkontext 1 vs. 2	0.509
	NA-Fahrt	Bedienkontext 1 vs. 2	0.555

Tab. 20: Ergebnisse der T-Tests zum statistischen Vergleich der Einzelfehler nach Fahrtbedingung und Bedienkontext (Bed1 = Bedienkontext 1, Bed2 = Bedienkontext 2)

gebenen 80 km/h. Entsprechende statistische Tests belegen diesen Effekt.

Unabhängig vom Einfluss der Benutzung des Smartphones (und daher in Bild 49 nicht zu erkennen) fahren die Fahrer in Bedienkontext 1 deutlich häufiger zu schnell. Die Fehler „unangemessene Beschleunigungen/Verzögerungen“ und „unangemessene Längsabstände“ traten vergleichbar häufig in beiden Bedienkontexten und Fahrtbedingungen auf. Die Ergebnisse der inferenzstatistischen Analysen sind in Tabelle 20 zusammengefasst.

Das Fehlerprofil für die Kategorie „Querfehler“ ist in Bild 50 zu sehen. Der bedeutsame Unterschied in dieser Fehlerkategorie zwischen den beiden Bedienkontexten lag in der Häufigkeit von Spurverlassens-Ereignissen. Diese traten in Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung) wesentlich häufiger auf, während die kritischen Abstände zu seitlichem Verkehr unabhängig von Bedienkontext oder Fahrtbedingung auftraten und eher selten waren.

Bei den Fehlern in der Fahrstreifenwahl (siehe Bild 51) ist das Bild etwas uneinheitlich. Während die Fahrer bei Bedienkontext 2 (integrierte Lösung) häufiger bei der Benutzung des Smartphones den Fahrstreifen zögerlich wechselten (z. B. beim Einordnen zum Linksabbiegen in der Innenstadt), fuhr die Fahrer in Bedienkontext 1 unter Beschäftigung mit den Nebenaufgaben häufiger auf einem nicht angemessenen Fahrstreifen (z. B. auf der Autobahn zu lange auf dem linken Fahrstreifen, ob-

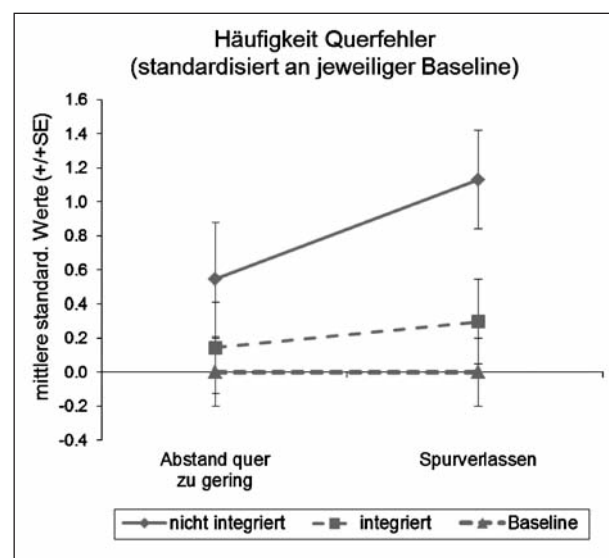


Bild 50: Profil der Häufigkeit von Querfehlern in den Nebenaufgabenfahrten über die beiden Bedienkontexte, standardisiert an der jeweiligen Baseline mit Standardfehlern

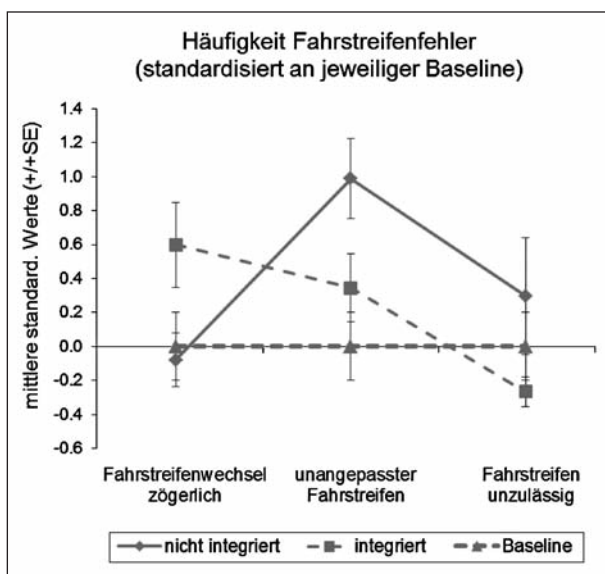


Bild 51: Profil der Häufigkeit von Fahrstreifenfehlern in den Nebenaufgabenfahrten über die beiden Bedienkontexte, standardisiert an jeweiliger Baseline mit Standardfehlern

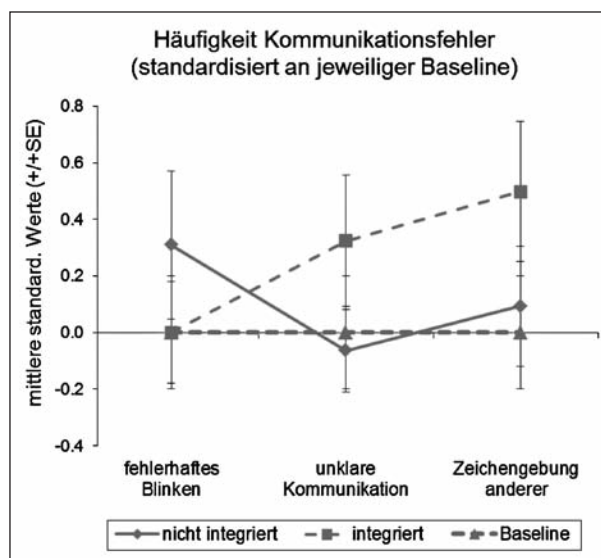


Bild 53: Profil der Häufigkeit von Kommunikationsfehlern in den Nebenaufgabenfahrten über die beiden Bedienkontexte, standardisiert an der jeweiligen Baseline mit Standardfehlern

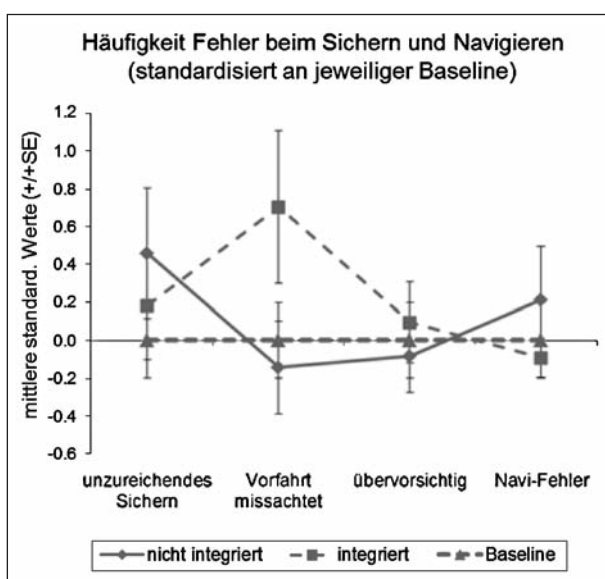


Bild 52: Profil der Häufigkeit von Sicherungs- und Navigationsfehlern in den Nebenaufgabenfahrten über die beiden Bedienkontexte, standardisiert an der jeweiligen Baseline mit Standardfehlern

wohl problemlos hätte nach rechts gewechselt werden können). Statistisch gesehen ereignete sich das Fahren auf einem unzulässigen Fahrstreifen in beiden Bedienkontexten vergleichbar häufig und war durch die Bearbeitung der Aufgaben am Smartphone auch nicht erhöht.

Fehler beim Sichern und Navigieren traten vergleichbar häufig in beiden Fahrten und Bedienkontexten auf (siehe Bild 52). Allerdings missachteten die Fahrer in Bedienkontext 2 (integrierte Lösung)

im Vergleich zur Baseline und den Fahrern in Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung), häufiger die Vorfahrt bei Benutzung des Smartphones.

Bezüglich Kommunikationsfehlern ergaben sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den beiden Fahrten (Baseline vs. NA-Fahrt) und den Bedienkontexten.

Diese Art von Fehlern (vor allem fehlerhaftes oder verspätetes Blinken) scheint eher vom Fahrertyp als von den im Versuch manipulierten Faktoren abzuhängen (siehe Bild 53).

Die statistische Prüfung der Kategorie „kritische Situationen“ hatte bereits ergeben, dass keine bedeutsame Erhöhung der Häufigkeit von Gefährdungen von bzw. Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmer durch die zusätzliche Beschäftigung mit dem Smartphone auftraten. Daher ist es methodisch auch nicht zulässig, die Unterkategorien dieses Fehlertyps differenzierter zu analysieren. Auch eine Berechnung von Standardwerten macht aufgrund der geringen absoluten Häufigkeiten keinen Sinn und wird daher an dieser Stelle auch nicht berichtet.

5.4.4 Bedientätigkeit und Blickverhalten

Für die Analyse der Interaktionen der Fahrer während der Benutzung der Smartphone-Anwendungen wurden verschiedene Parameter des Bedien- und Blickverhaltens betrachtet. Nachdem viele die-

ser Parameter stark aufgabenabhängig sind, liegt der Fokus der Auswertung auf der Analyse des Situationseinflusses.

Obwohl die Instruktion an die Fahrer explizit war, jede Aufgabe grundsätzlich zunächst anzunehmen, wurde in einer bedeutsamen Zahl von Situationen die Aufgabenbearbeitung verweigert (d. h., innerhalb der Aufgabenvorgabezeit von 10 Sekunden wurde das Symbol zum Aufgabenstart nicht berührt). Daher wurde entschieden, eine genauere Analyse dieser Aufgabenauslassungen vorzunehmen. Sie lässt Rückschlüsse auf in der Realität wirksame Kompensationsprozesse von Seiten der Fahrer zu (vgl. auch Studie 1).

Insgesamt wurden 8,4 % der Aufgaben komplett ausgelassen. Dabei gibt es einen bedeutsamen Unterschied zwischen den Bedienkontexten: In Bedienkontext 1 (nicht integrierte Lösung) wurden 11,8 % der Aufgaben ausgelassen, in Bedienkontext 2 (integrierte Lösung) nur 5,0 % der Aufgaben. Bild 54 und Bild 55 zeigen, dass die Neigung zu Aufgabenauslassungen zum einen stark personenabhängig war, zum anderen stark situationsabhängig. Wie in Bild 54 zu erkennen ist, bearbeiteten 25 % der Fahrer alle Aufgaben ($n = 12$ Fahrer), 35 % ($n = 17$ Fahrer) ließen eine der insgesamt 24 vorgegebenen Aufgaben aus. 29 % der Stichprobe ($n = 14$ Fahrer) ließen 3 oder mehr Aufgaben aus. Einer dieser Fahrer bearbeitete insgesamt nur die Hälfte aller Aufgaben.

In Bild 55 sind alle Situationen dargestellt, in denen insgesamt mehr als 3 Aufgaben ausgelassen wurden. Es ist erkennbar, dass es sich hierbei insbesondere um Situationen handelte, in denen besonders zeitkritisch reagiert werden musste. Dies war der Fall beim Vorbeifahren an einem Hindernis auf der Landstraße ($n = 15$ Auslassungen gesamt), an der Autobahnbaustelle ($n = 15$ Auslassungen gesamt), beim Linksabbiegen in der Innenstadt ($n = 9$ Auslassungen) sowie in der Situation mit einem querenden Fußgänger ($n = 5$ Auslassungen).

Ebenfalls vergleichbar häufig wurden Aufgaben beim Befahren der kurvigen Waldstrecke ausgelassen; hier überwiegend vom Aufgabentyp 1 (SMS verfassen; $n = 12$ Auslassungen), weniger vom Aufgabentyp 4 (Internetsuche; $n = 4$ Auslassungen). Interessanterweise wurden auch beim geradeaus Durchfahren der ampelgeregelten Kreuzungen vergleichbar häufig Aufgaben ausgelassen ($n = 11$ Auslassungen). Über alle Situationen hinweg ist erkennbar, dass in Bedienkontext 1 (nicht

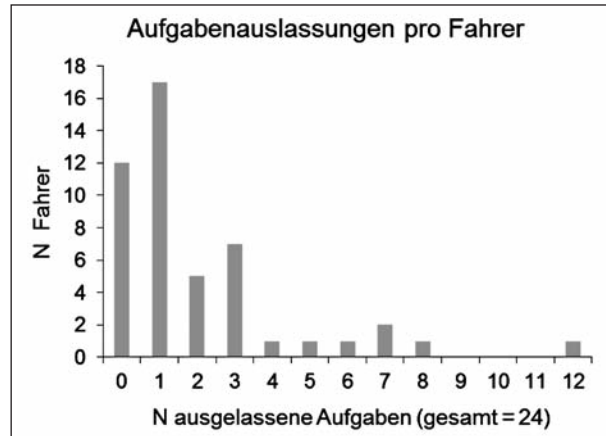


Bild 54: Häufigkeit Aufgabenauslassungen pro Fahrer

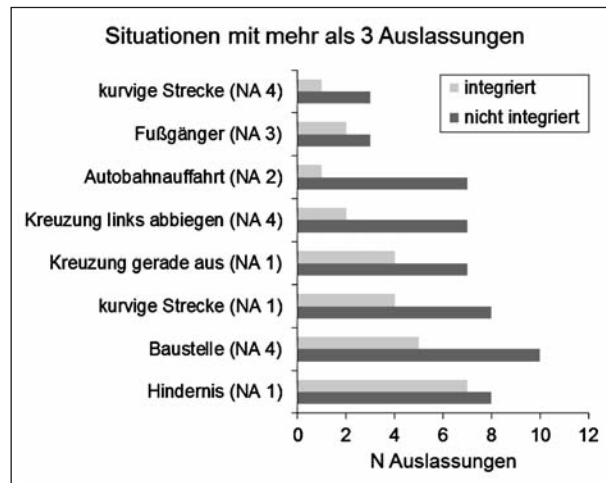


Bild 55: Situationen mit mehr als 3 Aufgabenauslassungen und der dort angebotene Aufgabentyp, getrennt nach Bedienkontext (integrierte vs. nicht-integrierte Lösung)

integrierte Lösung) mehr Aufgaben ausgelassen wurden.

Als weiterer Parameter der Nebenaufgabeninteraktion wurde die Zeitdauer zwischen Darbietung und Beginn der Aufgabe betrachtet. Grundsätzlich waren hier Unterschiede zwischen den einzelnen Aufgabentypen zu erwarten, da bereits die Dauer der Aufgabenstellungen variierte. Daher wurde hier besonderes Augenmerk auf Unterschiede zwischen kritischen (d. h. Situationen, die eine zeitkritische Verhaltensanpassung erfordern) und unkritischen Situationen gelegt. Die Klassifizierung der einzelnen Situationen ist in Tabelle 8 im Methodenteil zu finden. Bild 56 zeigt die Zeitspanne, bis mit der Bearbeitung der Aufgaben am Smartphone begonnen wurde, getrennt nach Bedienkontext und Situationstyp (kritisch vs. unkritisch). In einer entsprechenden Varianzanalyse zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Situationstyps ($F(1;45) = 19.089$; $p < .000$), der unabhängig vom Bedienkon-

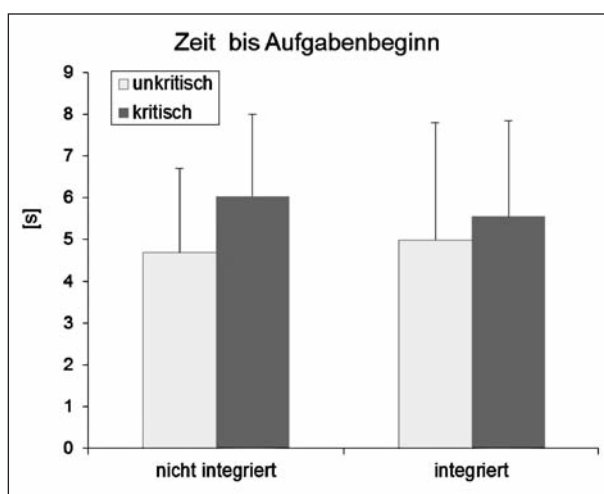


Bild 56: Mittlere Zeit bis Aufgabenbeginn, getrennt nach Bedienkontext und Situationstyp (kritisch vs. unkritisch)

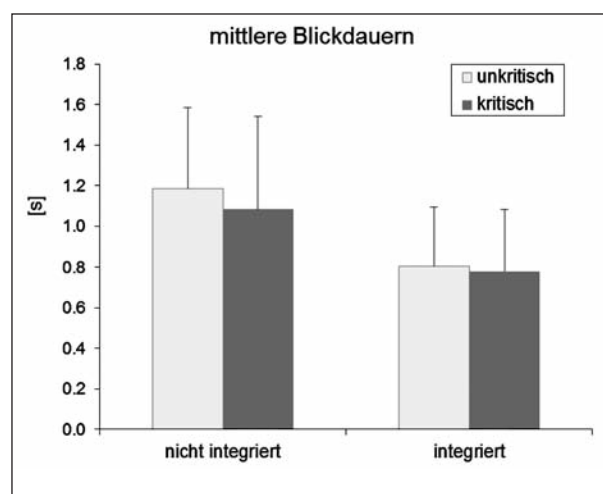


Bild 58: Mittlere Blickdauern pro Situationstyp (kritisch vs. unkritisch), getrennt nach den Bedienkontexten

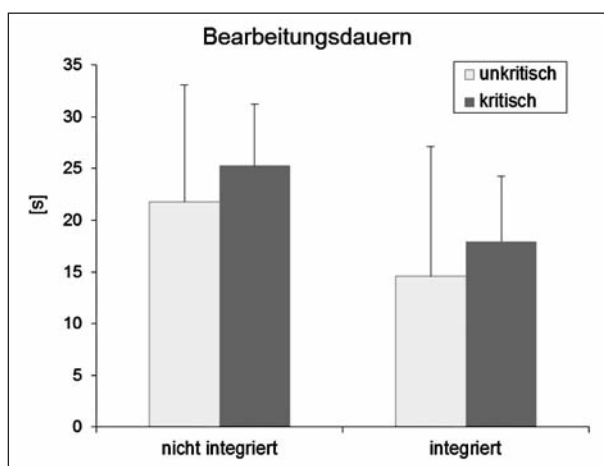


Bild 57: Mittlere Bearbeitungsdauern, getrennt nach Bedienkontext und Situationstyp (kritisch vs. unkritisch)

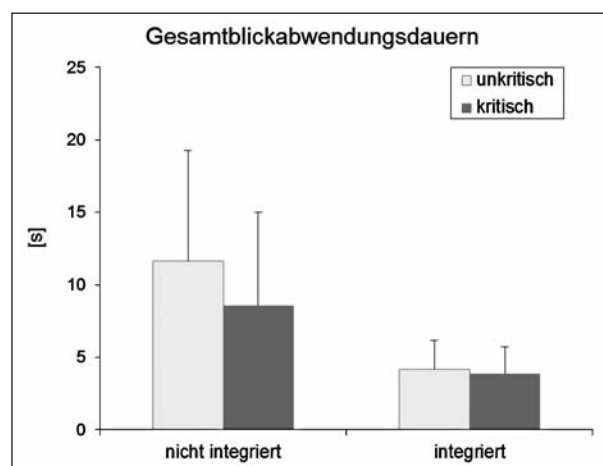


Bild 59: Gesamtblickabwendungsdauern in kritischen vs. unkritischen Situationen, getrennt nach Bedienkontext

text war („Bedienkontext“: $F(1;45) = 2.642$; $p = .111$ sowie Interaktion: $F(3;135) = 1.916$; $p = .173$). In kritischen Situationen wurde also länger gezögert, bis mit der Aufgabe begonnen wurde, als in unkritischen Situationen.

Die mittleren Bearbeitungsdauern (von Aufgabenstart bis -ende, ohne Aufgabenstellung, siehe Bild 57) waren erwartungsgemäß generell für die Aufgaben der nicht integrierten Lösung länger (signifikanter Haupteffekt $F(1;45) = 76.904$; $p < .000$). Für beide Bedienkontexte gilt, dass die Aufgabenbearbeitung in kritischen Situationen länger dauerte, was ein deutlicher Indikator dafür ist, dass die Fahrer die Aufgaben zwischenzeitlich unterbrechen, um sich der Fahraufgabe zuzuwenden (signifikanter Haupteffekt „Situationstyp“ $F(1;45) = 46.068$; keine signifikante Interaktion $F(3;135) = 1.763$; $p = .191$).

Die Analyse der Blickbewegung konzentrierte sich, wie bereits beim Standardszenario CarFollow, auf die Dauer einzelner Blicke sowie auf die Gesamtblickabwendungszeiten. Zusätzlich wurde in diesem Untersuchungsteil der Anteil der Blickabwendungen an der Gesamtbearbeitungsdauer betrachtet und zwischen kritischen und unkritischen Situationen verglichen.

Für den Parameter mittlere Blickdauer zeigt sich (siehe Bild 58), dass die Einzelblicke in kritischen Situationen insgesamt etwas kürzer waren (Faktor „Situationstyp“ $F(1;45) = 9.361$; $p = .004$; Faktor „Bedienkontext“ $F(1;45) = 36.358$; $p = .000$). Dies galt für die Aufgaben beider Bedienkontexte (keine signifikante Interaktion $F(3;135) = .850$; $p = .361$). Die Gesamtblickabwendungsdauer in kritischen Situationen (siehe Bild 59) war ebenfalls etwas geringer, wird aber aufgrund der großen Streuung

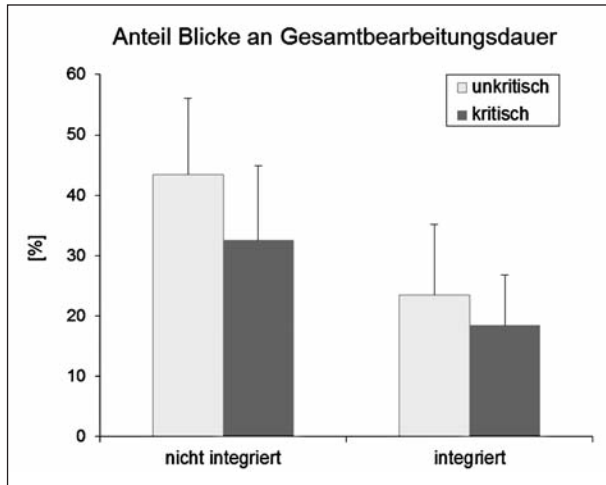


Bild 60: Anteil Blicke an Gesamtbearbeitungsdauer in kritischen vs. unkritischen Situationen, getrennt nach Bedienkontext

gen statistisch nicht signifikant (Faktor „Situations-typ“ $F(1;45) = .662$; $p = .420$; Faktor „Bedienkontext“ ($F(1;45) = 274.036$, $p = .000$; Interaktion $F(3;135) = .828$; $p = .368$).

Der Anteil Blickabwendungen an der Gesamtbearbeitungszeit ist in Bild 60 dargestellt. Er war für die Aufgaben beider Bedienkontexte in kritischen Situationen geringer, etwas stärker noch ausgeprägt für die nicht integrierte Bedienvariante (Faktor „Situationstyp“ $F(1;45) = 131.404$; $p < .000$; Faktor „Bedienkontext“ $F(1;45) = 128.833$; $p < .000$); signifikante Interaktion $F(3;135) = 6.305$; $p = .016$). Dies ist ein Indikator dafür, dass die Fahrer in kritischen Situationen einen größeren Anteil ihrer Aufmerksamkeit auf das Verkehrsgeschehen richteten.

5.4.5 Vergleich der Blickparameter: Realistischer Parcours vs. CarFollow

In diesem Kapitel werden die absoluten Werte der Einzelblickdauern sowie der Gesamtblickabwendungsdauern mit denen aus Untersuchungsteil 1, der CarFollow-Anordnung, in Relation gesetzt. Bild 61 zeigt die mittleren Blickdauern für die acht einzelnen Aufgaben in der CF-Fahrt sowie der Nebenaufgabenfahrt in Untersuchungsteil 2 (NA-Fahrt). Daraus wird ersichtlich, dass die mittleren Blickdauern für alle Aufgaben im realistischen Prüfparcours niedriger lagen als in der CarFollow-Anordnung.

Dasselbe galt entsprechend für die Gesamtblickabwendungsdauern (siehe Bild 63). Der Effekt war jeweils bei den beiden Aufgaben „SMS schreiben“ und „Nachrichten-App“ besonders stark ausge-

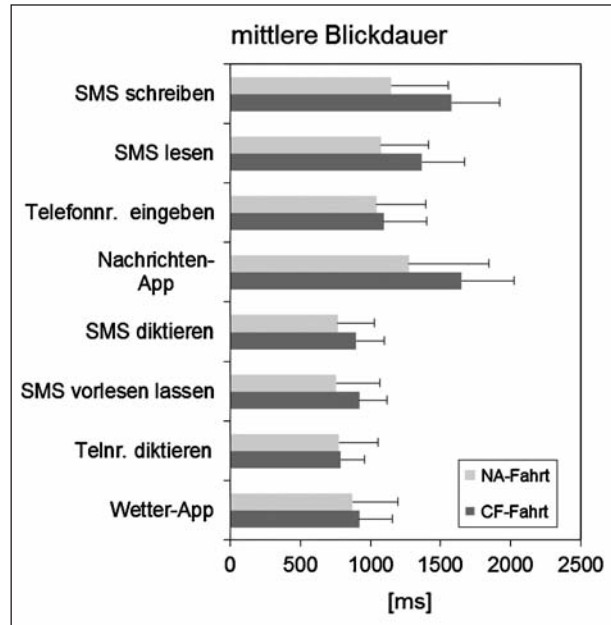


Bild 61: Mittlere Blickdauern der Nebenaufgabenfahrt (NA-Fahrt) pro Einzelaufgabe im Vergleich zur CarFollow-Fahrt in Untersuchungsteil 1

prägt. Das Ergebnis legt nahe, dass unter realistischen Prüfbedingungen geringere Blickabwendungszeiten zu erwarten sind, da hier komplexere Szenarien innerhalb des Verkehrsgeschehens beobachtet und überwacht werden müssen. Bei einer einfachen Folgefahrt ist die Notwendigkeit, die Fahraufgabe regelmäßig zu kontrollieren, deutlich geringer ausgeprägt. Hält der Fahrer einen ausreichend großen Abstand, kann er sich eine bedeutend längere Zeit von der Fahraufgabe abwenden. Ebenso wie in Untersuchungsteil 1 wurde in einer weiteren Analyse überprüft, inwieweit die von der NHTSA (2012) empfohlenen Kriterien zur Beurteilung der Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten anhand des Blickverhaltens erfüllt sind. Diese Ergebnisse werden in Bild 62 im Vergleich zu den Ergebnissen aus der CarFollow-Anordnung gezeigt. Daraus wird erkennbar, dass gemäß den mittleren Blickdauern, ebenso wie in der CarFollow-Fahrt, keine der Aufgaben als kritisch eingestuft werden muss.

Für alle Aufgaben gilt, dass weniger als 15 % der Stichprobe mittlere Blickdauern über 2 Sekunden aufwiesen.

Bezüglich der Verteilung der Blickdauern zeigte im realistischen Fahrparcours generell ein geringerer Anteil der Fahrer mehr als 15 % der langen Blickabwendungen. Dennoch lag der Anteil weiterhin für „SMS schreiben“ und die „Nachrichten-App“ über dem vorgegebenen Grenzwert. „SMS lesen“ dage-

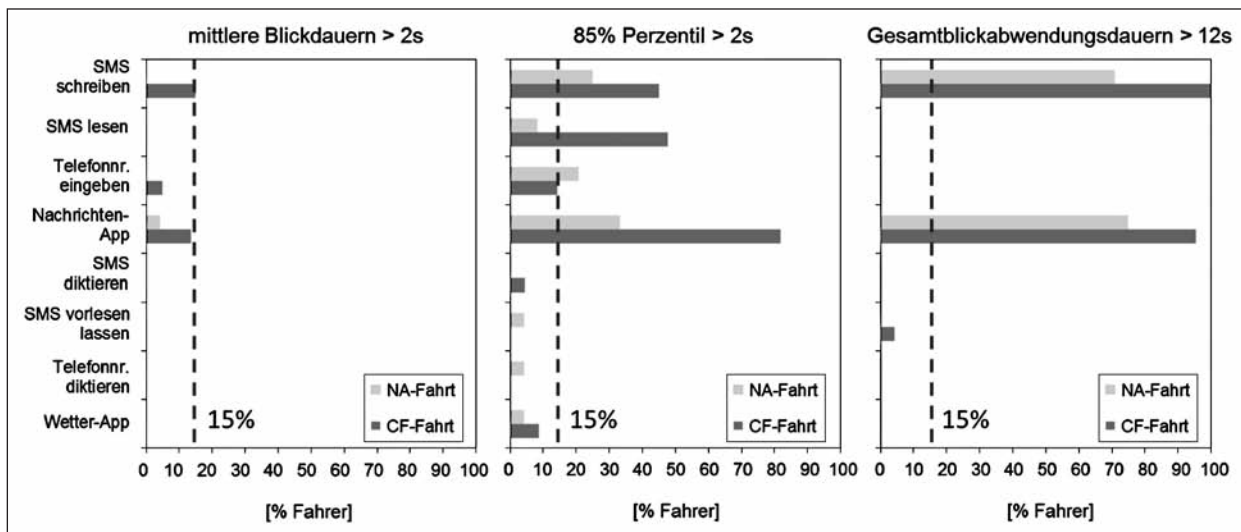


Bild 62: Beurteilung der Ablenkungswirkung der einzelnen Aufgaben gemäß den mittleren Blickdauern, dem 85%-Perzentil der Blickdauern sowie den Gesamtblickabwendungsdauern (nach NHTSA, 2012) in der realistischen Prüffahrt mit Nebenaufgabe vs. im CarFollow

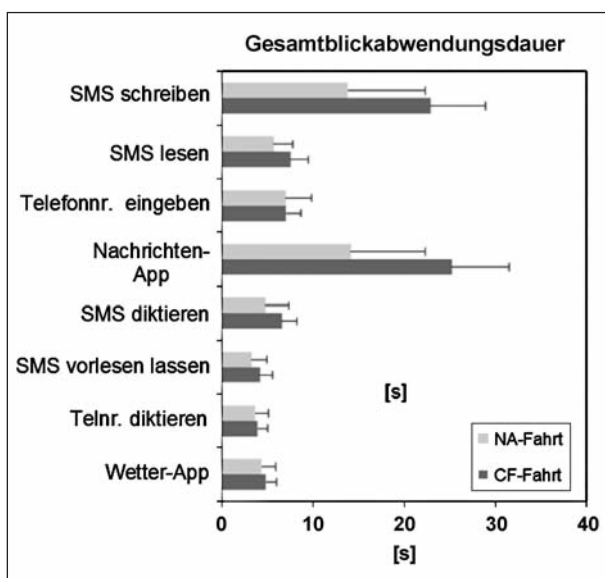


Bild 63: Gesamtblickabwendungsdauern der Nebenaufgabenfahrt pro Einzelaufgabe im Vergleich zur CarFollow-Fahrt in Untersuchungsteil 1

gen erfüllte in dieser Prüfbedingung die Vorgaben, die auch an die Bedienung fahrzeuginterner Geräte gestellt werden. Dagegen erfüllte jetzt aber das Eingeben einer Telefonnummer diese Vorgabe nicht mehr. Der Anteil der Fahrer, der den kritischen Grenzwert von 12 Sekunden bei der Gesamtblickabwendungsdauer überschritt, war zwar im realistischen Parcours für die Aufgaben „SMS schreiben“ und „Nachrichten App“ geringer als im Standard-szenario, jedoch gemessen an den Vorgaben auch hier zu hoch.

5.4.6 Situationsbezogene Analyse der Smartphone-Bedienung

In einem weiteren Analyseschritt wurde die Interaktion der Fahrer mit den verschiedenen Nebentätigkeiten situationsspezifisch ausgewertet. Dies soll Anhaltspunkte darüber liefern, ob und in welchem Ausmaß Fahrer die Interaktion mit Nebentätigkeiten an die jeweilige Verkehrssituation anpassen. Dazu wurde folgendes Vorgehen gewählt: Pro Aufgabentyp wurden verschiedene Parameter der Nebenaufgabenbeschäftigung bzw. des Blickverhaltens über die unterschiedlichen Situationen hinweg miteinander verglichen. Dies sind zum einen die Anzahl ausgelassener Aufgaben, die mittlere Blickdauer sowie der Anteil Blickabwendungen an der Gesamtbearbeitungsdauer. Für einen sinnvollen Vergleich der Parameter mit jeweils unterschiedlichen Einheiten wurden die Daten standardisiert. Die Standardisierung erfolgte dabei an der Situation „Freie Fahrt Landstraße“. Diese stellte die am wenigsten anspruchsvolle Situation der gesamten Strecke dar, zudem wurde sie mit allen Nebentätigkeiten durchfahren. Alle Ergebnisse werden dann in Relation zu dieser Referenz interpretiert. Für die Variable „Anzahl ausgelassener Aufgaben“ musste eine Berechnungsausnahme gemacht werden. Da bei einer Standardisierung der Mittelwerte der Referenz- vom Rohwert abgezogen wird und anschließend durch deren Standardabweichung geteilt wird, darf die Referenz nicht null sein. Dies war allerdings der Fall, da keiner der Fahrer eine der angebotenen Aufgaben in der freien Fahrt auf der Landstraße ausgelassen hatte. Daher wurde für

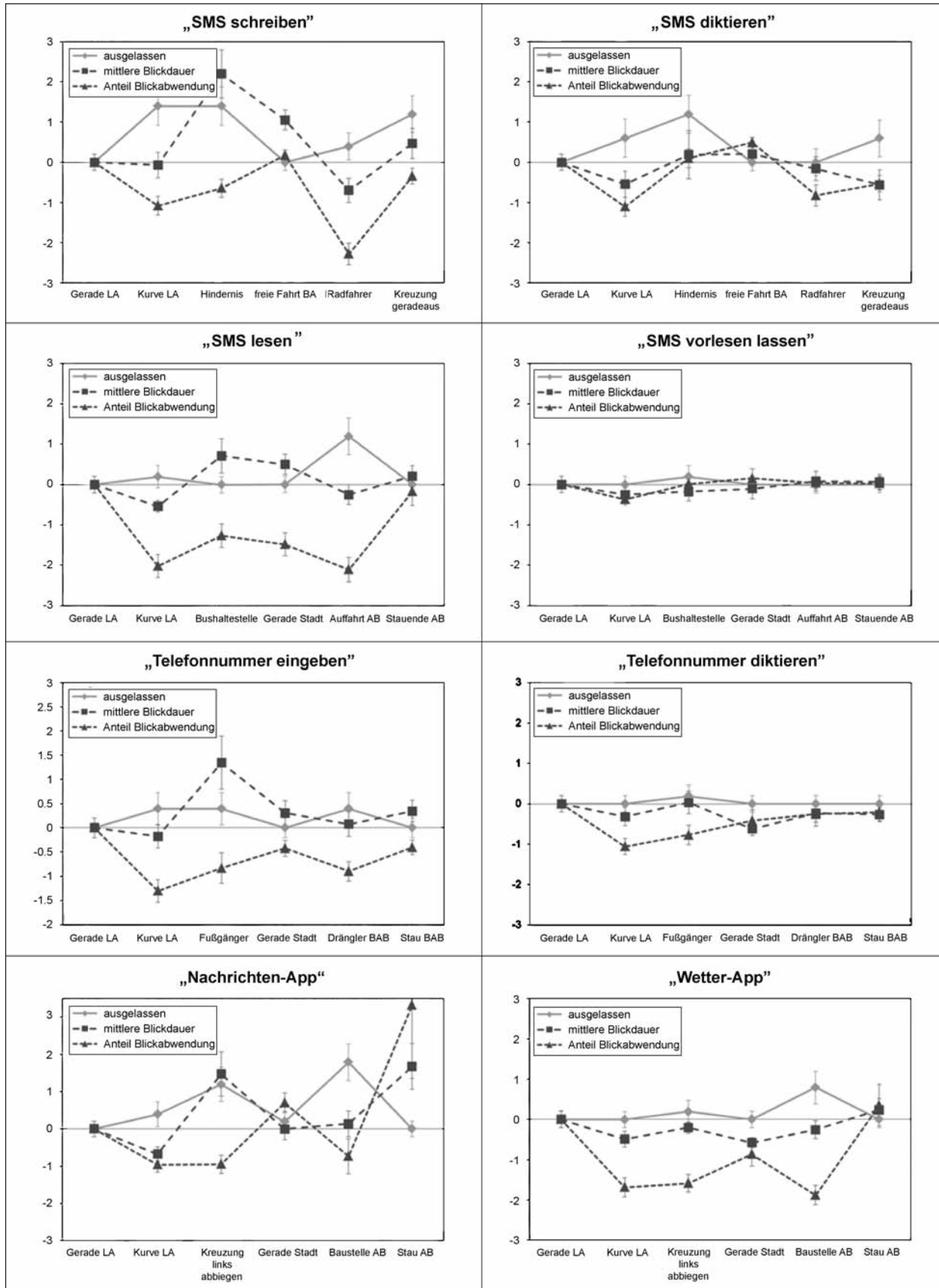


Bild 64: Situationsbezogene Profile der Nebenaufgabeninteraktion für die einzelnen Aufgabentypen, getrennt nach Bedienkontext, dargestellt sind an der Referenzsituation „Gerade Landstraße“ standardisierte Werte mit Standardfehler

diese Variable angenommen, dass einer der 24 Fahrer pro Aufgabentyp die Aufgabe in der Referenzsituation ausgelassen hatte. Daraus resultierten ein Mittelwert von 0,043 sowie eine Standardabweichung von 0,209 mit der weitergerechnet werden konnte. Die inhaltliche Gültigkeit der Ergebnisse bleibt trotz dieser Korrektur erhalten.

In Bild 64 sind die situationsbezogenen Profile für jede der Smartphone-Aufgaben getrennt nach Bedienkontext dargestellt. Generell erweist sich bei der Betrachtung dieser Situationsprofile die Bearbeitung der Aufgaben der nicht integrierten Lösung, die mit höheren visuellen Anforderungen verbunden ist, als stärker von der Situation beeinflusst als die Bearbeitung der Aufgaben in der integrierten Lösung (erkennbar an der insgesamt geringeren Spreizung der standardisierten Werte). Die folgenden Beschreibungen der Situationsprofile konzentrieren sich jeweils vor allem auf die herausstechenden Befunde.

Die Aufgabe „SMS schreiben“ wird im Vergleich zur Referenzsituation in anspruchsvollen Situationen (Kurven, Hindernis, Durchfahren einer Kreuzung) deutlich häufiger komplett ausgelassen. Wird sie bedient, kann man sich während der Wartezeit am Hindernis sehr lange auf diese konzentrieren, was zu den relativ langen mittleren Blickdauern führt. Auch in der freien Fahrt auf der Autobahn erlaubten sich die Fahrer längere Blickabwendungen als auf der Landstraße. In der Situation mit dem Radfahrer wird die Aufgabe sehr häufig durch Kontrollblicke auf den Radfahrer unterbrochen, was sich in einem vergleichsweise geringen Anteil an Blickabwendungen an der Gesamtbearbeitungsdauer zeigt.

Die Aufgabe „SMS diktieren“ wurde vergleichsweise häufig bei der Vorbeifahrt am Hindernis, in Kurven und beim Durchfahren der Kreuzung in der Innenstadt ausgelassen. Die Aufmerksamkeit lag in Kurven und in der Situation mit dem Radfahrer vergleichsweise stark auf der Fahraufgabe.

Bei „SMS lesen“ verringerte sich in anspruchsvolleren Situationen (Kurven, Innenstadtbereich, Bushaltestelle, Auffahrt auf die Autobahn) vor allem der Anteil an Blickabwendungen an der Gesamtbearbeitungsdauer. Die Fahrer kontrollierten hier demnach häufiger die Fahrsituation. Bei der Auffahrt auf die Autobahn wurde diese Aufgabe häufiger ausgelassen. Im Stau war das Bedien- und Blickverhalten ähnlich dem der Referenzsituation.

Die Bearbeitung der Aufgabe „SMS vorlesen lassen“ zeigte sich weitgehend unabhängig von der Art der Situation.

Beim „manuellen Eingeben einer Telefonnummer“ verringerte sich in anspruchsvollen Situationen (kurvige Strecke, Fußgänger, Drängler) vor allem der Anteil an Blickabwendungen an der Gesamtbearbeitungsdauer, d. h., die Fahrer kontrollierten demnach häufiger das Verkehrsgeschehen. In der Fußgängersituation wurde die Standzeit, während der Fußgänger die Fahrbahn überquerte, ausgenutzt, um sich besonders lange der Nebenaufgabe zu widmen. Das Verhalten in ebenfalls einfachen Situationen, auf freien, geraden Abschnitten in der Stadt bzw. auf der Autobahn war vergleichbar zu dem in der Referenzsituation.

Das „Diktieren einer Telefonnummer“ zeigte sich weitgehend unabhängig von der Art der Situation. Die visuelle Überprüfung der Systemeingaben fiel in Kurven und bei der Annäherung an den Fußgänger tendenziell etwas kürzer aus.

Die Aufgabe „Nachrichten-App“ wurde in anspruchsvollen Situationen (Baustelle, links abbiegen an Kreuzung) vergleichsweise häufig komplett ausgelassen. Die Wartezeiten an der LZA und im Stau wurden dazu genutzt, um sich vermehrt der Nebenaufgabe zuzuwenden. Gerade im Stau wurde dabei die Verkehrssituation nur noch wenig kontrolliert.

Die Aufgabe „Wetter-App“ war weitgehend unabhängig von der Art der Situation. Die Überwachungsintensität des Verkehrsgeschehens stieg allerdings in anspruchsvolleren Situationen an.

5.4.7 Subjektive Angaben der Fahrer

Abschließend werden zentrale Bewertungen der Fahrer zu den einzelnen Fahrten (Baseline- vs. Nebenaufgabenfahrten) sowie generelle Einstellungen zur Beschäftigung mit Smartphone-Aufgaben während des Fahrens berichtet. Nach der Baseline-Fahrt sowie nach der Fahrt mit Smartphone-Bedienung wurden die Fahrer unter anderem zur Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe, zur wahrgenommenen Anstrengung sowie zur Schwierigkeit der Fahraufgabe befragt. In der Fahrt mit Smartphone-Benutzung sollten diese Fragen auch noch einmal zusätzlich in Bezug auf diese Nebenaufgabe sowie weitere Fragen zur Bewertung der Smartphone-Benutzung beantwortet werden. Bezüglich der Auf-

merksamkeit auf die Fahraufgabe schienen die Fahrer diese auch während der Nebenaufgabenfahrt aufrechterhalten zu können (siehe Bild 65). Dies war möglich, da die Aufgaben nicht permanent, sondern nur in spezifischen Situationen bearbeitet werden sollten und dem Fahrer freigestellt wurde, wie er diese in Interaktion mit der Fahraufgabe bewältigte. In statistischen Tests erwies sich weder der Einfluss der Fahrt ($F(1;44) = 3.624$; $p = .064$) noch des Bedienkontextes als signifikant ($F(1; 44) = .002$; $p = .964$). Bezüglich der wahrgenommenen Anstrengung zeigte sich (siehe Bild 66), dass die Fahraufgabe durch die Nebenaufgabenbeschäftigung generell anstrengender wurde (signifikanter Faktor „Fahrbedingung“ $F(1;44) = 44.645$; $p < .000$).

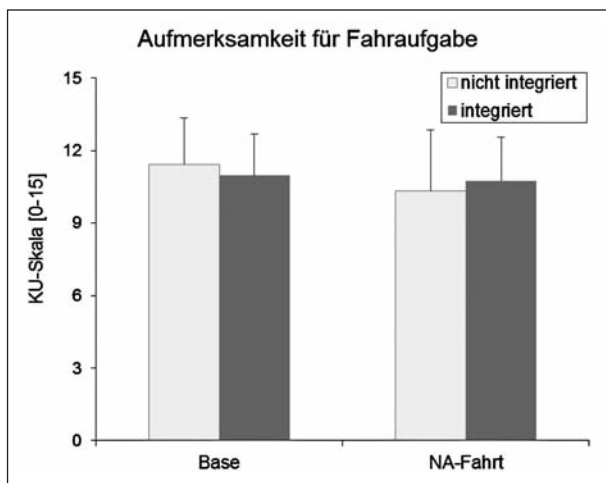


Bild 65: Wahrgenommene Aufmerksamkeitsausrichtung auf die Fahraufgabe in Baseline- und Nebenaufgabenfahrt, getrennt nach Bedienkontext

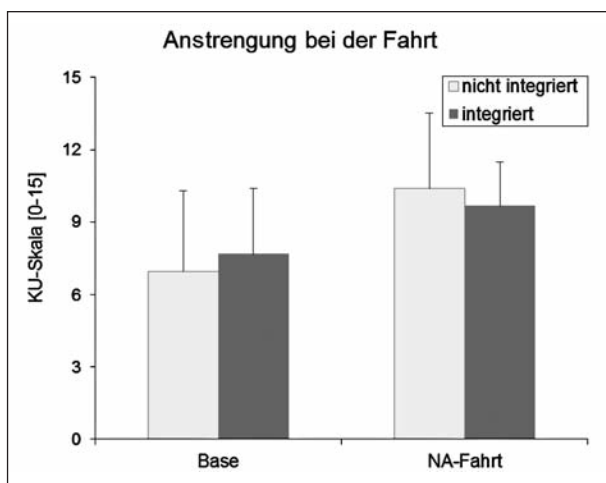


Bild 66: Wahrgenommene Anstrengung bei der Fahrt in Baseline- und Nebenaufgabenfahrt, getrennt nach Bedienkontext

Dies gilt für beide Bedienkontexte in vergleichbarer Weise (Faktor „Bedienkontext“ nicht signifikant $F(1;44) = .000$; $p = 1.000$; Interaktion nicht signifikant $F(1;44) = 3.054$; $p = .088$). Vergleichbares gilt für die wahrgenommene Schwierigkeit der Fahrt, weshalb dieser Befund nicht noch einmal explizit dargestellt wird (signifikanter Effekt für Faktor „Fahrbedingung“ $F(1;44) = 53.795$; $p < .000$; kein signifikanter Effekt für Faktor „Bedienkontext“ $F(1;44) = .058$; $p = .811$; keine signifikante Interaktion $F(1;44) = 2.008$; $p = .164$).

Die Befunde zur Bewertung der Nebenaufgabe werden aufgrund ihres Umfangs im Folgenden nur tabellarisch beschrieben und nicht separat in Grafiken dargestellt. Die Ergebnisse können folgendermaßen zusammengefasst werden: Die Fahrer, die die Nebenaufgaben der nicht integrierten Bedienlösung bearbeiteten, bewerteten die Nebenaufgabe generell als anstrengender, schwieriger und gefährlicher. Sie fühlten sich weniger sicher bei deren Bearbeitung, bewerteten ihre Leistung schlechter, fühlten sich stärker durch die Nebenaufgabe abgelenkt und beeinträchtigt und konnten Fahr- und Nebenaufgabe schlechter miteinander verschränken. Motivation und Aufmerksamkeit für die Aufgaben waren vergleichbar, ebenso wie die eingeschätzte Fähigkeit, die Aufgaben situationsangepasst zu bearbeiten, sowie die beurteilte Reaktionsfähigkeit auf kritische Situationen. Tabelle 21 zeigt hierzu die Ergebnisse der statistischen Tests (T-Tests für gepaarte Stichproben).

Variable	df	T	p
aufmerksam	46	-1.333	0.189
anstrengend	46	3.927	0.000
schwierig	46	5.159	0.000
gut	46	-2.830	0.007
sicher	46	-2.376	0.022
Motivation	46	-0.458	0.649
situationsangepasst	46	1.536	0.131
anstrengend Kombination	46	3.467	0.001
gut Kombination	46	-2.335	0.024
abgelenkt	46	4.273	0.000
beeinträchtigt	46	4.409	0.000
kritische Situationen beeinflusst	46	0.286	0.776
gefährlich	46	4.117	0.000

Tab. 21: Ergebnisse der statistischen Tests zur Beurteilung der Nebenaufgabe nach verschiedenen Kriterien bezüglich der Unterschiede zwischen den beiden Bedienkontexten (integrierte vs. nicht integrierte Lösung)

In einem Fragebogen am Ende des Versuchs wurden die Fahrer außerdem nach ihrer generellen Einstellung gegenüber der Beschäftigung mit Smartphone-Aufgaben während des Fahrens befragt. Dabei sollten sie unter anderem die Gefährlichkeit der Beschäftigung in verschiedenen Situationen bewerten. Die abgefragten Situationen abstrahierten die im Versuch verwendeten Szenarien. Bild 67 zeigt die Risikoeinschätzung für die verschiedenen Situationen, die auf einer Skala von 1-6 bewertet werden sollten, sortiert nach der Höhe des bewerteten Risikos. Generell ist erkennbar, dass die Fahrer die Beschäftigung mit Nebentätigkeiten am Smartphone grundsätzlich als sehr riskant einstufen. Am ehesten noch, aber auch nicht als unbedenklich, wurde die Beschäftigung mit dem Smartphone als akzeptabel bei einer Fahrt im Stau bzw. auf der Autobahn bei freier Fahrt bewertet.

Weiterhin wurde erfragt, wie riskant verschiedene Aktivitäten am Smartphone generell während des Fahrens eingeschätzt werden. Die Fragen beinhalteten alle Aufgaben, die auch im Versuch untersucht wurden, sowie weitere mögliche Anwendungen von Smartphones.

Bild 68 zeigt die Ergebnisse, sortiert nach der Höhe des eingeschätzten Risikos. Hier erkennt man, dass die Fahrer der Stichprobe grundsätzlich eine sehr kritische Haltung gegenüber der Benutzung des Smartphones während des Fahrens hatten. Aufgaben, wie im Internet oder in sozialen Netzwerken surfen, Textnachrichten erstellen oder E-Mails lesen bzw. schreiben, aber auch Videos anschauen oder Telefonnummern eintippen, wurden als sehr riskant beurteilt. Aufgaben, wie das Annehmen eines Telefongesprächs oder das Telefonieren selbst, wurden in einen mittleren Bereich eingestuft. Noch am wenigsten riskant wurden Aufgaben eingestuft, die mittels Sprachsteuerung bedient werden können, wie das Diktieren einer SMS oder einer Telefonnummer oder Vorlesen von SMS. Auch Musikhören und die Nutzung des Smartphones als Navigationsgerät wurden als weniger riskant, jedoch nicht unbedenklich, eingestuft. Ein weiterer Fragenteil beschäftigte sich damit, inwieweit Fahrer sog. CarApps, d. h. Anwendungen, die eine Integration des Smartphones in das Fahrzeug ermöglichen, vergleichbar, wie es in der Studie exemplarisch umgesetzt wurde, sinnvoll finden und akzeptieren würden. Dabei zeigte sich, dass die Fahrer der untersuchten Stichprobe solchen CarApps gegenüber generell positiv eingestellt waren. Nur wenige Fahrer wollten keinerlei

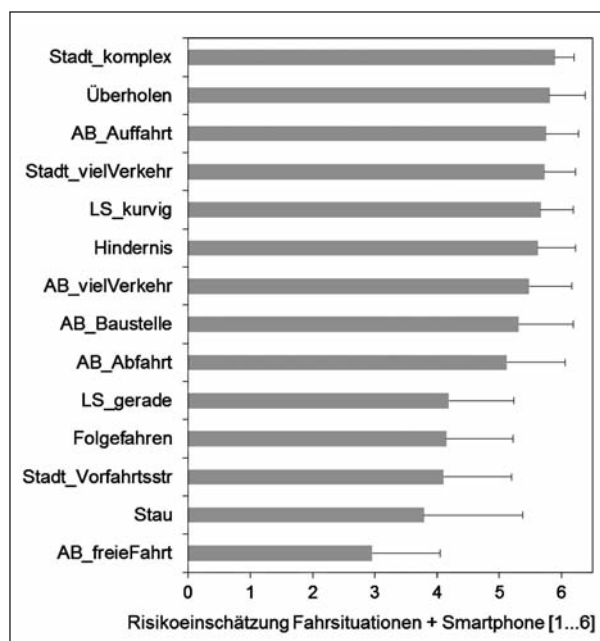


Bild 67: Generelle Risikobeurteilung der Beschäftigung mit Smartphone-Aufgaben in verschiedenen Fahrsituationen (Skala von 1-6). Abkürzungen: LA = Landstraße, AB = Autobahn

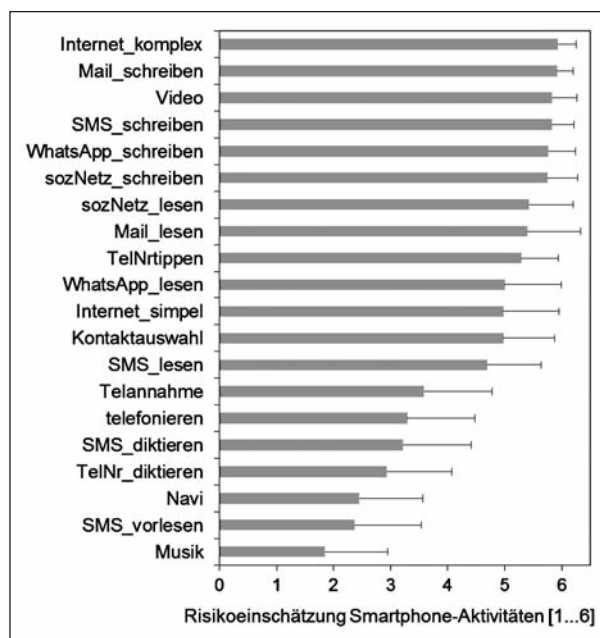


Bild 68: Generelle Risikobeurteilung verschiedener Smartphone-Aktivitäten während des Fahrens (Skala von 1-6). WhatsApp: sehr weit verbreitete App zum Versenden von Kurznachrichten

Einschränkung ihrer Smartphone-Aktivitäten im Fahrzeug dulden (siehe Bild 69).

Der überwiegende Teil der Teilnehmer befürwortete das aktuell bestehende Verbot der Nutzung des Mobiltelefons, wenn es in der Hand gehalten wird. Wenig Verständnis bestand für die Tatsache, dass

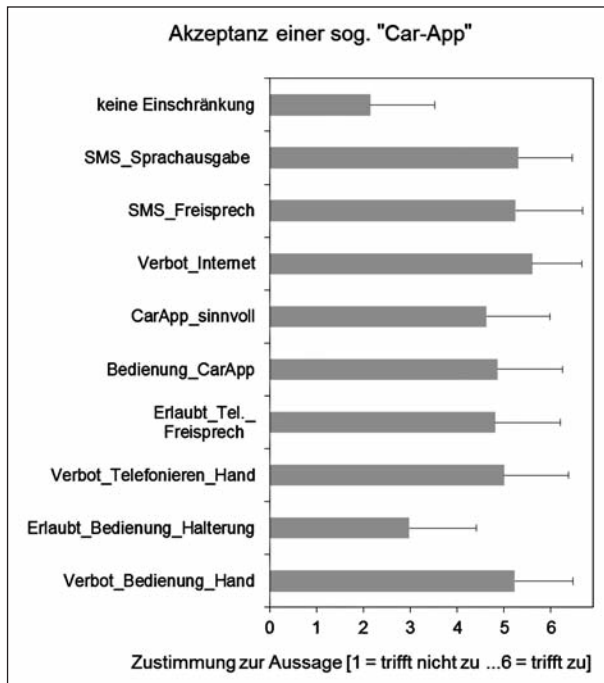


Bild 69: Fragen zur Akzeptanz einer „CarApp“, d. h. Integration von Smartphone-Funktionen in das fahrzeuginterne Fahrerinformationssystem. Die Aussagen waren jeweils in Bezug auf die Sinnhaftigkeit von Regelungen formuliert

die Bedienung des Handys aktuell erlaubt ist, wenn es in einer entsprechenden Halterung befestigt ist. Die Fahrer bewerteten die Nutzung einer Sprachsteuerung beim Telefonieren oder beim Verfassen und Empfangen von SMS sowie eine Einschränkung der Internetaktivitäten während des Fahrens als sinnvoll. Eine Bedienung des Smartphones über eine sog. CarApp würde ein Großteil der Stichprobe daher akzeptieren.

5.4.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Generell kam es in den Fahrten mit Benutzung des Smartphones zu einem Anstieg der Gesamtfehlerzahl sowie zu einer Verschlechterung der beobachteten Fahrleistung. Vor allem Querregelungsfehler und taktisch-kognitive Fehler nahmen durch die Nebenaufgabenbearbeitung zu. Insgesamt wurde häufiger deutlich zu langsam gefahren. Die Anzahl an kritischen Situationen, d. h. Gefährdungen oder Unfällen mit anderen Verkehrsteilnehmern, nahm durch die Nebenaufgabenbearbeitung jedoch nicht bedeutsam zu.

Es zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Bedienkontextes. Konnte das Smartphone über Sprachsteuerung bedient werden, wurden eingehende SMS vorgelesen und konnten keine komplexen auf-

gebauten Seiten zur Informationssuche aufgerufen werden (Bedienkontext „integriert“), waren die Beeinträchtigungen deutlich geringer. Im nicht-integrierten Bedienkontext wurden alle Aufgaben direkt am Handy ausgeführt, und es konnten auch komplexe Seiten aus dem Internet abgerufen werden. Hierbei zeigten sich stärkere Einbußen in Parametern, die die Leistungsgüte des Fahrers beschreiben. Zum einen war ein höherer Anstieg der Gesamtfehlerzahlen festzustellen. Außerdem wurde die Fahrleistung von den Experten deutlich schlechter bewertet. Die Fahrer dieser Bedingung zeigten im Mittel ein auffälliges Fahrverhalten mit Nebenaufgaben, während die Fahrer der Bedingung „integrierte Lösung“ auch unter der Bedingung mit Nebenaufgabe im Mittel im normalen Bereich blieben. Während der Ausführung der Aufgaben am Smartphone mussten die Fahrer der nicht-integrierten Bedienvariante ihre Geschwindigkeit stärker reduzieren, um die erhöhten Anforderungen durch die Zusatzbeschäftigung zu kompensieren. Dennoch zeigten sie häufiger Ungenauigkeiten in der Spurhaltung und wählten häufiger einen unangemessenen Fahrstreifen während der Beschäftigung mit den gestellten Nebenaufgaben. In einigen wenigen Bereichen war eine Tendenz für eine stärkere Beeinträchtigung aufgrund der integrierten Bedienlösung zu finden. Die Fahrer dieser Gruppe missachteten häufiger die Vorfahrt. Zudem stieg die Anzahl kritischer Situationen, absolut betrachtet, stärker an. Allerdings wurde dieser Unterschied statistisch nicht signifikant.

Weiter konnten situationsabhängige Kompensationsprozesse der Fahrer beobachtet werden. Besonders bei den visuell stärker beanspruchenden Aufgaben der nicht-integrierten Bedienlösung verweigerten die Fahrer in solch offenkundig sehr zeitkritischen Situationen deutlich häufiger die Aufgabenbearbeitung komplett. Gerade aufgrund der Tatsache, dass die Fahrer instruiert waren, die Aufgaben in allen Situationen grundsätzlich anzunehmen, ist dieser Befund ein besonders starker Indikator für in der Realität wirksame Selbstregulationsprozesse von Fahrern.

Entschieden sich die Fahrer trotz allem zur Aufgabenbearbeitung, wurden die Aufgaben in kritischen Situationen typischerweise unterbrochen, was die Bearbeitungszeit verlängerte. Außerdem richteten die Fahrer in kritischen Situationen einen größeren Anteil ihrer Aufmerksamkeit auf das Verkehrsgeschehen. Wartezeiten im Stand wurden dazu genutzt, sich verstärkt der Nebenaufgabe zuzuwen-

den. Situationsangepasst stieg also teilweise der Anteil an längeren Blickabwendungen. Generell waren diese Effekte in der nicht-integrierten Bedienlösung des Smartphones stärker ausgeprägt, weil sie auch eine stärkere Anpassung der visuell-motorischen Aufmerksamkeitsaufteilung zwischen Fahr- und Nebenaufgabe erforderten.

Im Hinblick auf das Blickverhalten der Fahrer ist weiter festzustellen, dass die mittleren Blickdauern sowie die Gesamtblickabwendungsdauer im Vergleich zur CarFollow-Anordnung eher kürzer waren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Fahrsituation stärker überwacht werden musste, ähnlich wie es im realen Verkehr der Fall ist. Betrachtet man bei der Analyse des erfassten Blickverhaltens die von der NHTSA (2012) empfohlenen Bewertungskriterien, ist festzustellen, dass die Smartphone-Anwendungen „SMS schreiben“, „Telefonnummer manuell eingeben“ und auch das Lesen umfassender und komplex strukturierter Textseiten mit Informationen („Nachrichten-App“) diese nicht erfüllen.

Bezüglich der subjektiven Angaben der Fahrer ist festzustellen, dass diese das Muster der objektiven Daten widerspiegeln. Die Fahrten unter Bearbeitung der Nebenaufgaben wurde als anstrengender und schwieriger beurteilt. Die freie Bedienung von Smartphone-Aufgaben (im Gegensatz zu integrierten Lösungen) wurde von den Fahrern auf verschiedenen Dimensionen als problematischer eingestuft.

Ganz grundsätzlich bewerteten die Fahrer die Beschäftigung mit Smartphone-Aufgaben während des Fahrens als hoch riskant. Der Nutzung einer Freisprecheinrichtung und sprachgesteuerter Funktionen standen sie grundsätzlich positiv gegenüber. Außerdem standen die Fahrer einer „CarApp-Anwendung“ ebenfalls positiv gegenüber und würden auch damit verbundene Einschränkungen, z. B. die Sperrung bestimmter Internetdienste, während des Fahrens akzeptieren.

6 Zusammenführung aller Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse der beiden durchgeführten Fahrsimulatorstudien zusammengeführt und diskutiert.

Generell zeigte sich, dass die Benutzung eines Smartphones zu gewissen Beeinträchtigungen der

Fahrleistung führt (Tabelle 22). Das Ausmaß der Beeinträchtigung ist jedoch von der Art der Anwendung abhängig sowie vom Bedienkontext. Dies konnte in der durchgeführten Untersuchung des WIVW sowohl in einem standardisierten CarFollow-Szenario nachgewiesen werden als auch in einem realistisch gestalteten Prüfparcours. Dieser konfrontierte die Fahrer mit Verkehrssituationen, die üblicherweise beim Befahren von Autobahnen, Innenstadtbereichen und Überlandstrecken bewältigt werden müssen. Das CarFollow-Szenario war in Anlehnung an die NHTSA-Guidelines (2012) gestaltet. Aufgabe des Fahrers war es dabei, einem Fahrzeug zu folgen, das ein vorgegebenes Geschwindigkeitsprofil fährt.

Beeinträchtigungen aufgrund der Benutzung des Smartphones waren zum einen in den Bewertungen der geschulten Beobachter nachweisbar, die eine Zählung der aufgetretenen Fahrfehler in Anlehnung an die bewährten Klassifikationsansätze von BRENNER-HARTMANN (2002) und KAUSSNER et al., (2010) vornahm, sowie eine zusammenfassende Bewertung des Verhaltens anhand der Fitness-to-Drive-Skala nach NEUKUM und KRÜGER (2003) durchführten. Insgesamt stieg die Anzahl der beobachteten Fahrfehler bei Benutzung des Smartphones an. So wurde dann häufig zu langsam und damit nicht mehr situationsangemessen gefahren, weiterhin traten vermehrt Fehler in der Spurhaltung auf sowie kognitiv-taktische Fehler. Diese beobachteten Beeinträchtigungen konnten auch in den kontinuierlichen Verhaltensmaßen nachgewiesen werden, die vom Simulator aufgezeichnet und in entsprechende Kennwerte verrechnet wurden. Insbesondere zeigte sich hier die Querführung beeinträchtigt, was bedeutet, dass die Fahrer ihre Spur weniger exakt einhielten und stärker beim Fahren schwankten. Die Beeinträchtigung zeigte sich auch in den Selbsteinschätzungen der Fahrleistung, die die Fahrer vornahmten.

Übereinstimmend mit publizierten Studien wurde deutlich, dass eine globale Betrachtung der Smartphone-Benutzung beim Fahren zu unspezifisch ist, da sich die unterschiedlichen Anwendungen dieser Geräte (Textnachrichten erstellen, Wählen, Führen eines Gesprächs etc.) unterschiedlich beeinträchtigend auswirken (FITCH et al., 2013; KLAUER et al., 2014).

Als weiterer Einflussfaktor auf das Ausmaß der Beeinträchtigung wurde der Bedienkontext identifiziert. Hierfür wurde untersucht, inwieweit sich Un-

terschiede im Ausmaß der Beeinträchtigung ergeben, wenn die Anwendungen direkt auf dem Touchdisplay des Smartphones ausgeführt werden. Dies wurde damit verglichen, wenn die Eingaben mittels Spracherkennung erfolgten, so wie dies häufig bei den Systemen möglich ist, die fest im Fahrzeug verbaut sind.

Besonders stark waren diese Beeinträchtigungen, wenn Aufgaben mit dem Smartphone ausgeführt wurden, die hohe visuell-motorische Anforderungen an den Fahrer stellen. Hierzu gehören das Lesen wie auch das Eingeben von Texten am Touchdisplay. Daher sind das Eingeben von Kurzmitteilungen am Smartphone oder gar von E-Mails sowie auch anspruchsvolle Internetaktivitäten, wie z. B. das Lesen in umfangreichen Texten, wie sie beispielsweise auf den Mobilseiten von Nachrichten-anbietern zur Verfügung gestellt werden, als eher kritisch zu betrachten. Die Beeinträchtigungen durch das Lesen von Textmitteilungen waren in der durchgeführten Simulatorstudie weniger deutlich und zeigten sich daher nicht durchgängig (Tabelle 22).

Dass sich insbesondere das Verfassen von Kurzmitteilungen negativ auf die Fahrleistung bzw. die Fahrsicherheit auswirkt, wurde auch in anderen Studien bereits vielfach belegt (z. B. CAIRD, JOHNSTON, WILLNESS, ASBRIDGE & STEEL, 2014). Auch die Ergebnisse naturalistischer Fahrstudien weisen auf die Gefahren dieser Tätigkeit beim Fahren hin. So konnte gezeigt werden, dass sich das Unfallrisiko beim Lesen und Eingeben von Textnachrichten verdoppelt, während das eigentliche Führen eines Telefonats kaum mit einer Erhöhung des Unfallrisikos verbunden ist (FITCH et al., 2013). In der vorgestellten Simulatorstudie des

WIVW konnte gezeigt werden, dass die insgesamt lange Blickabwendungsdauer weg von der Straße, die diese Anwendungen bedingen, insbesondere die Querführung stark beeinträchtigte. So hatten die Fahrer Schwierigkeiten, die Spur angemessen zu halten. Beim Folgefahren hatten sie bei diesen Aufgaben größere Mühen, einen konstanten Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug zu halten. Betrachtet man das Blickverhalten in der CarFollow-Anordnung und führt eine Bewertung gemäß den Gestaltungsrichtlinien der NHTSA (2012) für die im Fahrzeug verbauten Systeme durch, zeigt sich, dass die dort formulierten Kriterien zur Beurteilung der Ablenkungswirkung bei diesen Aufgaben verletzt werden (Tabelle 22). Die manuelle Eingabe von kurzen Ziffernfolgen, wie beim Eingeben einer Telefonnummer, wirkte aufgrund der kürzeren Bearbeitungsdauer und der daraus resultierenden geringeren Blickabwendungsdauern weniger ablenkend, dennoch führte auch diese Aufgabe zu gewissen, wenn auch nicht beträchtlichen Einbußen der Fahrleistung.

Wie Tabelle 22 weiter zeigt, war das Ausmaß der nachgewiesenen Beeinträchtigung auch von der jeweiligen Untersuchungsmethode und den zur Bewertung herangezogenen Kriterien abhängig. Insgesamt lässt sich festhalten, dass alle Aufgaben, die am Smartphone in einer integrierten Lösung bearbeitet wurden, sich weniger beeinträchtigend auswirkten. Das dabei verwendete Bedienkonzept zeichnete sich dadurch aus, dass die Smartphone-Anwendungen mittels Sprachsteuerung bedient werden konnten. Textmitteilung und Telefonnummern wurden diktiert, und eingehende Textmitteilungen wurden vorgelesen. Weiterhin konnte nur auf Informationsseiten im Internet von geringer Komplexität zugegriffen werden. Exemplarisch wurde

Kriterium erfüllt (ja/nein)	Blickverhalten CarFollow	Blickverhalten Prüffahrt	Fahrverhalten CarFollow abschnittsbasiert	Fahrverhalten CarFollow aufgabenbasiert
SMS schreiben	nein	nein	nein	nein
SMS lesen	nein	ja	ja	nein
Tel.-Nr. eingeben	ja	nein	Referenz	Referenz
Nachrichten-App	nein	nein	ja	nein
SMS diktieren	ja	ja	ja	nein
SMS vorlesen lassen	ja	ja	ja	ja
Tel.-Nr. diktieren	ja	ja	ja	ja
Wetter-App	ja	ja	ja	ja

Tab. 22: Beurteilung der Ablenkungswirkung der verschiedenen Aufgaben gemäß Blickabwendungskriterien im CarFollow vs. Prüfparcours bzw. gemäß Fahrverhaltenskriterien im CarFollow, Aufgaben- vs. abschnittsbasiert berechnet (ja = Kriterium erfüllt, nein = Kriterium nicht erfüllt)

hierfür eine „Wetter-App“ genutzt. Dieses Bedienkonzept reduzierte den visuell-motorischen Aufwand erheblich und führte dazu, dass inhaltlich vergleichbare Aufgaben, wie das Verfassen oder Empfangen von Textnachrichten, deutlich weniger ablenkend wirkten und beispielweise die Spurhaltung davon nicht beeinträchtigt wurde. Außerdem traten weniger Fahrfehler auf, und die Fahrleistung wurde insgesamt als weniger beeinträchtigt beurteilt. Voraussetzung war jedoch, dass das System so gut funktionierte, dass keine fehlerhaften oder wiederholten Eingaben notwendig waren, die wiederum zu längeren Interaktionen mit dem System und damit zu einem hohen Kontrollaufwand führen würden. Bei dieser integrierten Lösung waren, wie eingangs erwähnt, die Internetaktivitäten eingeschränkt. Insbesondere konnten keine umfangreichen Seiten mit Informationen aufgerufen werden. Es waren nur einfache Applikationen nutzbar, vergleichbar einer „Wetter-App“. Die Fahrer der untersuchten Stichprobe, die generell eine kritische Einstellung gegenüber der Nutzung von Smartphones beim Fahren hatten, gaben an, eine solche Integration des Smartphones in das fahrzeuginterne Fahrerinformationssystem und die damit verbundenen Möglichkeiten und Einschränkungen zu akzeptieren. Dass die sprachgesteuerte Bedienung von Systemen der manuellen in Bezug auf das verursachte Ausmaß der Beeinträchtigung überlegen ist, bestätigen auch die Ergebnisse von OWENS et al. (2010). Dass das kritische Element nicht die Art der ausgeführten Tätigkeit ist, sondern die für die Ausführung erforderliche Dauer der Blickabwendung, legt die Studie von SIMONS-MORTON et al. (2014) nahe. Die Autoren konnten bei Blickabwendungszeiten von mehr als 2 Sekunden eine Erhöhung des Unfallrisikos um den Faktor 3.8 nachweisen, wobei die Risikoerhöhung unabhängig von der Art der Aufgabe war, die ausgeführt wurde.

Trotz der auf verschiedenen Leistungsmaßen festgestellten Beeinträchtigungen waren keine gravierenden Gefahrenmomente aufgrund der Smartphone-Benutzung festzustellen. Die Anzahl an kritischen Situationen, wie Gefährdungen anderer Verkehrsteilnehmer oder Kollisionen, stieg durch die Beschäftigung mit dem Smartphone nicht bedeutsam an. Dies lässt sich unter anderem auf erhöhte Kompensationsbemühungen der Fahrer zurückführen, die in beiden Fahrsimulatorstudien nachgewiesen werden konnten. So hielten die Fahrer einen größeren Abstand zum Vorderfahrzeug oder fuhren deutlich langsamer, wenn sie die Aufgaben am Smartphone ausführten. Das in den durchgeführten

Studien beobachtete Kompensationsverhalten entspricht den Darstellungen in der Literatur. So wurde bereits vielfach berichtet, dass Fahrer bei der Beschäftigung mit Nebenaufgaben langsamer fahren (z. B. HORBERRY, ANDERSON, REGAN, TRIGGS & BROWN, 2006; JAMESON & MERAT, 2005), den Abstand beim Folgefahren vergrößern (ISHIDA & MATSUURA, 2001) oder auch auf Spurwechsel verzichten (BEEDE & KASS, 2006).

Zudem fanden sich in beiden Fahrsimulatorstudien deutliche Belege dafür, dass Fahrer in der Lage sind, einzuschätzen, in welchen Verkehrssituationen die Ausführung von Nebenaufgaben gefahrlos möglich ist und in welchen nicht. Die Fahrer verfügen somit über das Potenzial zur Selbstregulation, was bedeutet, dass sie die Beschäftigung mit den Aufgaben an die Anforderungen der Verkehrssituation anpassen können.

In der BAST-Studie drückte sich dies darin aus, dass die Fahrer, die selbst wählen konnten, wann sie die Nebenaufgabe ausführten, die Bearbeitung in kritischen Verkehrssituationen deutlich verringerten. Sie führten die gestellte Aufgabe vor allem auf geraden, vorhersehbaren Streckenabschnitten oder bei eher langsamer Fahrt aus und machten dann auch entsprechend mehr Bedieneingaben. Überlässt man demnach den Fahrern die Entscheidung über die Interaktion mit der Nebenaufgabe, zeigt sich, dass sie weitgehend in der Lage sind, das Bedienverhalten an die jeweilige Fahrsituation anzupassen und so gravierendere Einbußen in Bezug auf die Fahrsicherheit zu vermeiden. Im Gegensatz dazu zeigt sich die Fahrleistung stark von der Nebenaufgabe beeinträchtigt, wenn Fahrer auch in anspruchsvollen Situationen zur Beschäftigung mit der Nebenaufgabe angehalten wurden. Diese in den durchgeführten Studien beobachtete Fähigkeit zur Selbstregulation der Fahrer bestätigt die Ergebnisse früherer experimenteller Untersuchungen (RAUCH, GRADENEGGER & KRÜGER, 2008, RAUCH, 2009, METZ, 2009; SCHÖMIG, METZ & KRÜGER, 2011; METZ, SCHÖMIG & KRÜGER, 2011). Die Selbstregulation wurde auch in einer naturalistischen Fahrstudie nachgewiesen (METZ et al., 2014). Hier machten die Fahrer Eingaben am Navigationssystem ganz überwiegend in Situationen, die wenig anspruchsvoll waren. Während der Bedienung des Systems wurde zudem die Fahrgeschwindigkeit reduziert und Abstände vergrößert.

Auch in der Fahrsimulatorstudie des WIVW verzichtete ein bedeutsamer Anteil der Fahrer in zeit-

kritischen Situationen komplett auf die Ausführung der vorgegebenen Aufgaben am Smartphone. Gerade weil hier die Instruktion nur eingeschränkte Möglichkeiten zur Selbstregulation zuließ, ist dieser Befund ein besonders starker Indikator für das Vorhandensein dieses Anpassungsprozesses auch in der Realität. Denn anders als in der ersten Fahr-Simulatorstudie wurde es den Fahrern nicht explizit freigestellt, selbst zu entscheiden, ob und wann die Nebenaufgabe bearbeitet wird. Wurden die Aufgaben, wie es die Instruktion verlangte, bearbeitet, wurde die Interaktion mit den Nebenaufgaben dennoch an die jeweilige Fahrsituation angepasst. So ließen sich die Fahrer in kritischen Situationen beispielsweise sowohl mehr Zeit, bis sie die Aufgabe ausführten, und nahmen sich auch für die Ausführung mehr Zeit. Sie unterbrachen die Bearbeitung dann auch häufiger, um zwischendurch die Entwicklung des Verkehrsgeschehens zu überwachen.

Obwohl der bedeutende Einfluss der Selbstregulationsfähigkeiten der Fahrer in der ersten durchgeführten Fahr-Simulatorstudie gezeigt wurde, wurde den Fahrern in der zweiten Fahr-Simulatorstudie die Möglichkeit zu Selbstregulation nicht explizit eingeräumt. Dies war dadurch begründet, dass es in dieser Studie um den Vergleich der verschiedenen Smartphone-Anwendungen ging. Um diesen durchführen zu können, werden möglichst viele vollständige Datensätze über die Auswirkungen der Bearbeitung der untersuchten Aufgaben am Smartphone benötigt. Wäre es den Fahrern freigestellt worden, die gestellten Aufgaben zu bearbeiten oder nicht, hätte die Gefahr bestanden, dass zu wenige nutzbare Datensätze entstanden wären. Um den Einfluss der Selbstregulationsfähigkeiten der Fahrer dennoch nicht völlig unberücksichtigt zu lassen, wurden die Fahrer deshalb instruiert, die Aufgabe immer anzunehmen, ihnen wurde aber anschließend die Freiheit gelassen, die Bearbeitung an die Anforderungen der Verkehrssituation anzupassen, so wie sie es für angemessen halten. Trotz dieser Instruktion wurde in einer bedeutsamen Zahl an Situationen die Aufgabenbearbeitung komplett verweigert.

Für den Vergleich der Smartphone-Anwendungen wurden in der vom WIVW durchgeführten Simulatorstudie zwei Szenarien verwendet: eine weitgehend standardisierte Prüfanordnung, das CarFollow-Szenario, sowie ein realistischer Prüfparcours, der unterschiedlichste Verkehrssituationen beinhaltete, mit denen Fahrer üblicherweise auf Autobahnen, Landstraßen und in Innenstädten konfrontiert werden.

Während im CarFollow-Szenario der Fokus der Auswertungen auf kontinuierlichen Parametern der Leistung der Fahrer lag, wurden im komplexen Prüfparcours vor allem Fehler der Fahrer beobachtet, die konkretere Aussagen zu Beeinträchtigungen der Fahrsicherheit erlauben. Der Vorteil der CarFollow-Anordnung liegt darin, dass sie besser geeignet ist, unterschiedliche Aufgabentypen gezielt miteinander zu vergleichen. Allerdings sind die Aussagen auf Beeinträchtigungen in der Quer- und Längsführung beschränkt. Zudem wird der Fahrer hier zur Beschäftigung mit der Nebenaufgabe gezwungen, und zwar über einen längeren Zeitraum, was in der Realität so nicht unbedingt vorkommt. Die in den zugrunde liegenden NHTSA-Guidelines (2012) vorgeschlagene abschnittsbasierte Auswertung führte dazu, dass die sicherheitskritischen Auswirkungen von Aufgaben mit langer Bearbeitungsdauer, wie das SMS schreiben oder das Lesen umfangreicherer und komplexer Informationsseiten mit viel Text („Nachrichten-App“), eher unterschätzt wurden. Dies wurde durch eine alternative Berechnungsstrategie deutlich, die einen Vergleich auf Basis der Aufgaben vornahm.

Insgesamt deckt die CarFollow-Anordnung nur einen kleinen Teil der in der Realität weitaus komplexeren Fahraufgaben ab. Die Überwachung des Verkehrsgeschehens wird im DFD-Protocol, wie es in den NHTSA-Guidelines beschrieben ist, allerdings durch die visuelle Suchaufgabe nachgebildet, die eigentlich als Tertiäraufgabe neben der Fahr- und der Nebenaufgabe zusätzlich bearbeitet werden soll. Da in der beschriebenen Studie darauf verzichtet wurde, muss davon ausgegangen werden, dass die ermittelten Blickabwendungszeiten und unter Umständen die Auswirkungen auf die Fahrleistung leicht überschätzt wurden, da diese Kontrollblicke hier entsprechend nicht nötig waren.

Der realistische Prüfparcours bot den Vorteil, dass die Interaktion der Fahrer mit Nebenaufgaben in einer Vielfalt realistischer Szenarien unterschiedlicher Schwierigkeit betrachtet werden konnte. Somit waren Rückschlüsse auf situationsabhängige Anpassungsprozesse möglich. Außerdem erlaubte dies spezifischere Aussagen darüber, wie verschiedene Indikatoren der Fahrsicherheit durch die Ausführung der unterschiedlichen Anwendung des Smartphones beeinträchtigt werden. Da aber eine feste Zuordnung der untersuchten Aufgaben zu den Verkehrssituationen des Parcours erforderlich war, waren die Möglichkeiten des Vergleichs

zwischen verschiedenen Aufgaben eingeschränkt. Der realistische Prüfparcours eignet sich daher eher für einen übergeordneten Vergleich beispielsweise der Auswirkungen verschiedener Bedienkontexte, wie sie in der WIVW-Studie variiert wurden oder wie in der BAST-Studie geschehen, für die Betrachtung genereller Situationseinflüsse auf einzelne Aufgaben.

In der Fahrsimulatorstudie des WIVW wurde eine Bewertung der Ablenkungswirkung der untersuchten Smartphone-Anwendungen auf Basis relativer Kriterien, was die Verhaltensmaße betrifft vorgenommen, sowie auf Basis absoluter Kriterien, was das Blickverhalten betrifft. Für die erfassten Leistungsmaße des Verhaltens wurde für diesen Vergleich eine Referenzaufgabe herangezogen. Hierfür wurde die manuelle Eingabe einer Telefonnummer auf dem Display des Smartphones gewählt. Dieses war dabei, wie bei allen übrigen untersuchten Aufgaben auch, in einer Halterung am Armaturenbrett befestigt. In Bezug auf die erfassten Blickbewegungen wurde die Bewertung gemäß den Maßgaben vorgenommen, deren Erfüllung die NHTSA (2012) für die Bedienung fahrzeuginterner elektronischer Systeme fordert. Wie in Tabelle 22 zusammenfassend zu erkennen ist, unterscheiden sich die Aussagen zum Ausmaß der Beeinträchtigung der Fahrsicherheit je nach zugrunde gelegtem Kriterium, Prüfumgebung und Berechnungsmethode.

Generell ist zu diskutieren, inwieweit die Referenzaufgabe „manuelles Eingeben einer Telefonnummer“ ein geeignetes Kriterium darstellt, anhand dessen über die Ablenkungswirkung anderer Smartphone-Anwendungen entschieden werden sollte. Diese Aufgabe war ausgewählt worden, da sie aktuell vom Gesetzgeber erlaubt ist, solange sich das Smartphone in einer Halterung befindet. Explizit darf mittels Freisprecheinrichtung telefoniert, entsprechend muss auch vorbereitend für das Gespräch eine Telefonnummer gewählt werden. Der Vergleich zum Führen des eigentlichen Gesprächs hätte jedoch bedeutet, dass als Referenzaufgabe eine verwendet wird, deren Anforderungen ausschließlich im kognitiven Bereich liegen und die keinerlei manuelle Eingaben erfordert, wie dies beim Wählen der Nummer jedoch der Fall ist. Auch erfordert das Führen des Gesprächs keine Blickabwendungen von der Straße. Es zeigte sich, dass auch die Bearbeitung dieser Aufgabe bereits zu gewissen Beeinträchtigungen, vorwiegend der Spurhaltung, führt.

In Bezug auf die Realitätsnähe dieser Aufgabe ist interessant, dass sich in der Befragung der Fahrer herausstellte, dass nur sehr wenige tatsächlich eine Smartphone-Halterung im Fahrzeug benutzen. Ganz überwiegend wird das Smartphone in der Hand gehalten. Dieser Befund, der auf einer Selbstauskunft der Fahrer basiert, wurde auch im euroFOT-Projekt bestätigt, das Daten aus dem natürlichen Umfeld der Fahrer während längerer Beobachtungszeiten nutzte (persönliche Mitteilung von METZ, 2014). Es stellt sich die Frage, warum die Fahrer solche Handyhalterungen nicht nutzen. Häufig werden Probleme mit der akkuraten Befestigung solcher Halterungen berichtet. Ein wichtiger Aspekt scheint aber auch zu sein, dass die Fahrer die Bedienung in der Halterung sogar als ablenkender wahrnehmen, als wenn sie das Smartphone in der Hand halten. Wird das Gerät in der Hand gehalten, kann es auf Höhe des Lenkrads positioniert werden, so die Angaben, was dann sogar zu einer geringeren Ablenkungswirkung führt, als wenn Hand und Blicke zu einem weiter entfernt befestigten Gerät geführt werden müssen. Ob dies tatsächlich zutrifft, wäre jedoch weiter wissenschaftlich zu prüfen, beispielsweise in experimentellen Studien in der Fahrsimulation, wo dieser Faktor des Bedienkontextes explizit variiert werden könnte. Zudem wären Beobachtungsdaten aus Feldstudien hilfreich, die Aussagen darüber geben können, in welcher Position die Fahrer ihr Handy während der Fahrt halten und welche Auswirkungen dies auf Blickabwendungen und motorischen Aufwand der Bedienung hat.

In Bezug auf die gewählte Referenzaufgabe ist weiterhin zu diskutieren, ob diese noch zeitgemäß ist. Der Fall, dass tatsächlich noch eine Telefonnummer manuell, Ziffer für Ziffer, eingegeben wird, ist vermutlich eher selten, da die meisten Fahrer einen Kontakt direkt aus dem Telefonbuch anwählen oder die Nummer aus einem eingegangenen Anruf oder einer Textnachricht übernehmen können. Diese Kritik ist allerdings auch an der in den NHTSA-Guidelines empfohlenen Referenzaufgabe „manual radiotuning“ zu üben, die ganz sicher nicht mehr zeitgemäß ist. Zudem ist diskutierbar, ob die gewählte Eingabe einer bekannten Telefonnummer, die man auswendig kennt, die geeignete war. Alternativ hätte man die Fahrer auch eine Nummer von einem Papierzettel oder einer Visitenkarte ablesen lassen können. Diese hätte jedoch wiederum die nachgewiesene Beeinträchtigung verstärkt. Hierin zeigt sich die Problematik der genauen Ausgestaltung der Referenzaufgabe. Sie trifft auch für die in

den NHTSA-Guidelines empfohlene Aufgabe „manual destination entry“ zu. Auch für diese Eingabe einer Zieladresse in ein Navigationssystem ist nicht weiter spezifiziert, wie genau diese zu erfolgen hat. Daher bleibt das Fazit, dass die Wahl einer Referenzaufgabe generell als problematisch zu diskutieren ist, da sie das akzeptierte Ausmaß einer Beeinträchtigung determiniert. Und hierauf hat wiederum die konkrete Ausgestaltung dieser Aufgabe wesentlichen Einfluss.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass endgültige Aussagen über ein noch akzeptables Maß an Beeinträchtigung der Fahrsicherheit aufgrund der Ausführung von Nebentätigkeiten nur sehr schwer auf Basis definierter Prüfkriterien zu treffen sind. Relative Kriterien erscheinen schwierig, da stets die Wahl und Ausgestaltung der Referenzaufgabe zur Diskussion gestellt werden können. Absolute Kriterien sind im Hinblick auf das Fahrverhalten generell kaum zu definieren.

Selbst wenn jedoch scheinbar sinnvolle absolute Kriterien zur Bewertung der Kritikalität herangezogen werden, können die Ergebnisse immer noch je nach gewählter Prüfumgebung variieren. Die NHTSA-Guidelines und andere Gestaltungsrichtlinien versuchen, den Interpretationsspielraum durch Vorgabe standardisierter Prüfumgebungen zu kontrollieren, was jedoch zulasten der Realitätsnähe der Untersuchungsanordnung geht.

Fazit

Die Ergebnisse dieses umfangreichen Untersuchungsvorhabens lassen unterschiedliche Schlussfolgerungen zu. Orientiert man sich vorwiegend an den derzeit gültigen Gestaltungsrichtlinien, die für die Bedienung im Fahrzeug verbauter Systeme gelten, würden Anwendungen von Smartphones, die besonders hohe visuell-motorische Anforderungen an den Fahrer stellen, diesen nicht gerecht. Dazu gehören das Eingeben und Lesen größerer Mengen an Text, wie es z. B. beim Verfassen von Textnachrichten oder E-Mails der Fall ist.

Außerdem gilt dies für Aktivitäten im Internet auf komplexer gestaltete Seiten und/oder Seiten mit umfangreichem Text, so wie sie beispielsweise auf den mobilen Seiten der Nachrichtenanbieter zur Verfügung stehen.

Selbstverständlich konnten in diesem Untersuchungsvorhaben auch nur idealtypische Anwen-

dungen von Smartphones untersucht werden. Exemplarisch wurde eine „Wetter-App“ untersucht, die sich durch einen wenig komplexen Seitenaufbau auszeichnete und die Informationen zugänglich machte, ohne dass umfangreicher Fließtext gelesen werden muss. Diese wurde verglichen mit einer „Nachrichten-App“, die dem Informationsangebot auf Mobilseiten von Nachrichten Anbietern nachempfunden war. Sie zeichnete sich dadurch aus, dass der Seitenaufbau komplexer war und aus umfangreichem Fließtext bestand. Aus diesem Fließtext musste die benötigte Information entnommen werden, wozu es nötig war zu scrollen. Es hat sich deutlich gezeigt, dass eine berührungsfreie Bedienung des Smartphones mit Hilfe einer Sprachsteuerung die negativen Auswirkungen auf die Fahrsicherheit deutlich verringert.

Die durchgeführten Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass Fahrer durchaus in der Lage sind, zu entscheiden, wann die Nutzung des Smartphones beim Fahren möglich ist und wann nicht. Entsprechend erscheint es vertretbar, den Fahrern ein gewisses Maß an Selbstverantwortung zu übertragen, angemessen mit Nebenaufgaben während des Fahrens umzugehen. Allerdings scheint es bezüglich der Selbstregulationsfähigkeiten auch gewisse Grenzen zu geben, die zum Teil in dieser Studie, zum Teil auch in den Studien zum Situationsbewusstsein (z. B. RAUCH, 2009) deutlich wurden. So können unerwartete Situationen vom Fahrer nicht vorhergesehen werden, so dass dieser die Interaktion mit einer Nebenaufgabe auch nicht entsprechend anpassen kann. Außerdem überschätzen einige Fahrer mitunter ihre eigenen Fähigkeiten im Umgang mit Nebentätigkeiten. Nicht zuletzt wird der Einfluss der Nebentätigkeiten auf die Fahrsicherheit auch unterschätzt, was dazu führen kann, dass vermeintlich einfache Anwendungen des Smartphones auch in anspruchsvollen Verkehrssituationen genutzt werden, was dann zu kritischen Fahrsituationen führen kann.

Mit möglichen Maßnahmen gegen die Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit aufgrund der Nutzung von Smartphones im Fahrzeug hat sich ein renommiertes schwedisches Forschungsinstitut beschäftigt (KIRCHNER et al., 2012). Die Autoren nahmen eine sehr umfassende Analyse verschiedenster Maßnahmen ganz unterschiedlicher Bereiche vor. Zusammenfassend kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die höchste Effektivität bei einer Kombination unterschiedlicher Maßnahmen

zu erwarten ist. Diese Maßnahmen sollten zum einen im technischen Bereich angesiedelt sein (Infrastruktur, Sicherheitssysteme im Fahrzeug, die Kommunikationsgeräte selbst). Als weiterer Baustein wird gesehen, die Öffentlichkeit zu informieren und Verständnis für die Gefahren zu schaffen. Weitere Maßnahmen betreffen die Möglichkeiten, die die Gesellschaft hat, Einfluss auf das Verhalten Einzelner zu nehmen. Hier werden Verbote angeführt, aber auch Anreizsysteme z. B. in Zusammenhang mit den Versicherern.

Die zweite durchgeführte Fahrsimulatorstudie eröffnet einen technikorientierten Lösungsansatz. Mit einer entsprechenden Applikation für das Smartphone können grundsätzlich geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden, um ausgewählte Aktivitäten auch während der Fahrt ausführen zu können. Die Möglichkeit zur Nutzung einer Sprachsteuerung oder auch die Anzeige der Inhalte auf dem Display des im Fahrzeug verbauten Fahrerinformationssystems würden die Ablenkungswirkung für den Fahrer deutlich reduzieren. Entsprechende Multimedia-Konnektivitätssysteme sind bereits verfügbar. Sie ermöglichen es, über einfache Sprachbefehle z. B. Anrufe zu tätigen, Musik abzuspielen oder sich SMS vorlesen zu lassen. Einige Systeme sind dazu noch in der Lage, bei einem Unfall über das Mobiltelefon einen Notruf abzusetzen.

Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

In der hier vorgestellten Studie wurde die Sprachsteuerung nur simuliert und reagierte zu 100 % korrekt. In der Realität werden die Systeme zwar immer ausgereifter, dennoch kann es immer wieder zu Verständnisschwierigkeiten oder Systemfehlern kommen, die die Interaktion mit dem Sprachsystem stören. Dies kann zu deutlich verlängerten Beschäftigungsdauern im Vergleich zur manuellen Interaktion führen. Belege hierfür wurden beispielsweise im euroFOT-Projekt gefunden (METZ, LANDAU, HARGUTT & NEUKUM, 2013). Es ist also anzunehmen, dass die Ablenkungswirkung sprachgesteuerter Smartphone-Aktivitäten nach aktuellem technischem Stand der Systeme in der vorliegenden Studie etwas unterschätzt wird. Hier wäre es interessant, zu prüfen, wie ablenkend reale Sprachsteuerungssysteme bei der Benutzung des Smartphones wirken.

Die durchgeführte Untersuchung im Fahrsimulator beschränkte sich auf die Untersuchung fahrfremder

Tätigkeiten, die mittels eines Smartphones ausgeführt werden können. Das Smartphone wurde exemplarisch für die Vielzahl technischer Geräte untersucht, die mittlerweile im Fahrzeug genutzt werden können, z. B. MP3 Player, Tablet-PCs oder portable Navigationssysteme, da es eine große Menge von Funktionalitäten in einem Gerät vereint. Allerdings ist damit verbunden, dass ein relativ kleines Display und dessen visuelle Ablenkungswirkung untersucht werden. Die Möglichkeit, das Smartphone in das fahrzeuginterne Fahrerinformationssystem zu integrieren, bietet hier die Möglichkeit, den deutlich größeren Display des Fahrerinformationssystems zu verwenden, das die Darstellung der Smartphone-Inhalte mit einer höheren Auflösung und mit größeren Zeichen ermöglicht und somit zu einer besseren Lesbarkeit und einer geringeren Ablenkungswirkung beiträgt. Der Vorteil solcher Integrationsmöglichkeiten wäre weiter zu prüfen.

Über den Vorteil größerer Displays verfügen auch die mittlerweile immer beliebteren Tablet-PCs. Deren Benutzung beim Fahren ist sogar derzeit gesetzlich nicht verboten, selbst wenn sie in der Hand gehalten werden, da das Verbot an die Telefonfunktion gekoppelt ist. Gerade bei diesen Geräten ist eine erhebliche Ablenkungswirkung zu erwarten, da diese Geräte auch von Berufskraftfahrern während der Fahrt genutzt werden und dabei auf dem Beifahrersitz oder im Schoß liegend bedient werden. Auch hierzu wären weitere Studien möglich.

Literatur

- Alliance of Automobile Manufacturers Driverfocus Telematics Working Group: Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems – including 2006 updated sections, 2006
- BASACIK, D., REED, N. & ROBBINS, R.: Smartphone use while driving – a simulator study. Published project report PPR 592, Crowthorne: TRL Limited, 2011
- BAUMANN, M., KEINATH, A., KREMS, J. F., BENGLER, K.: Evaluation of in-vehicle HMI using occlusion techniques: experimental results and practical implications. Applied Ergonomics, 35, 197-2005, 2004

- BEEDE, K. E. & KASS, S. J.: Engrossed in conversation: the impact of cell phones on simulated driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 415-421, 2006
- BLANCO, M., HICKMAN, J. S., OLSON, R. L., BOCANEGRA, J. L., HANOWSKI, R. J., NAKATA, A., GREENING, M., MADISON, P., HOLBROOK, G. T. & BOWMAN, D.: Investigating Critical Incidents, Driver Restart Period, Sleep Quantity, and Crash Countermeasures in Commercial Vehicle Operations Using Naturalistic Data Collection, 2008
- BMI – Österreichisches Bundesministerium des Innern: Verkehrsangelegenheiten – Unfallstatistik 2011. Abgerufen am 11. August 2012 von http://www.bmi.gv.at/cms/BMI_Verkehr/statistik/Jahr_2011.aspx
- BRENNER-HARTMANN, J. & BUKASA, B.: Durchführung standardisierter Fahrverhaltensbeobachtungen im Rahmen der medizinisch-psychologischen Untersuchung (MPU). BDP-Kongress für Verkehrspsychologie, Regensburg, 2002
- BRIEM, V. & HEDMAN, L.: Behavioural effects of mobile telephone use during simulated driving. *Ergonomics*, 38, 2536-2562, 1995
- BROOKHUIS, K. & DEWAARD, D.: Measuring driving performance by car-following in traffic. *Ergonomics*, 37 (3), 427-434, 1994
- BRUYAS, M. P., BRUSQUE, C., TATTEGRAIN, H., AURIAULT, A., ALLIERIE, I. & DURAZ, M.: Consistency and sensitivity of lane change test according to driving simulator characteristics. *IET Intelligent Transport Systems*, 2 (4), 306-314, 2008
- BUKASA, B. & PIRINGER, A.: Validierungsstudien zur Überprüfung der Aussagekraft von Leistungstests für die Fahreignungsbegutachtung. *Psychologie in Österreich* 3, 187-195, 2001
- CAIRD, J. K., JOHNSTON, K. A., WILLNESS, C. R., ASBRIDGE, M. & STEEL, P.: A meta-analysis of the effects of texting on driving. *Accident Analysis & Prevention*, 71, 311-318, 2014
- CHEUNG, D.: Text messaging while driving: its effects on driving performance and text messaging behavior. Project report submitted in part fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science (Human-Computer Interaction with Ergonomics) in the Faculty of Life Sciences, University College London, 2010
- COHEN, J.: *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd Edition). Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988
- DREWS, F. A., YAZDANI, H., GODFREY, C. N., COOPER, J. M. & STRAYER, D. L.: Text Messaging During Simulated Driving. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 51, 762-770, 2009
- ENGSTRÖM, J. & MARKKULA, G.: Effects of visual and cognitive distraction on lane change test performance. In: *Driving Assessment 2007*. Washington C.D.: Stevenson, 2007
- ERDFELDER, E., FAUL, F. & BUCHNER, A.: GPOWER: A general power analysis program. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 28, 1-11, 1996
- European Commission: European Statements of Principles on human machine interface (HMI) for in-vehicle information and communication systems, updated version. Recommendation by the European Commission, 22th December, 2006
- EWERT, U.: *Unaufmerksamkeit und Ablenkung*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung, 2011
- FITCH, G. A., SOCCOLICH, S. A., GUO, F., McCLAFFERTY, J., FANG, Y., OLSON, R. L. et al.: *The Impact of Hand-Held and Hands-Free Cell Phone Use on Driving Performance and Safety-Critical Event Risk* (Report No. DOT HS 811 757). Washington, D.C.: National Highway Traffic Safety Administration, 2013
- HANOWSKI, R. J., BLANCO, M., NAKATA, A., HICKMAN, J. S., SCHAUDT, W. A., FUMERO, M. C., OLSON, R. L., JERMELAND, J., GREENING, M., HOLBROOK, G. T., KNIPLING, R. R. & MADISON, P.: *The Drowsy Driver Warning System Field Operational Test, Data Collection Methods*. DOT HS 811 035, 2008
- HENDRICKS, D. L., FELL, J. C. & FREEDMAN, M.: *The relative frequency of unsafe driving acts in serious traffic crashes*. National Highway Traffic

- Safety Administration, Contract No. DTNH22-94-C-05020, Washington, D.C., 1999
- HICKMAN, J. S. & HANOWSKI, R. J.: An assessment of commercial motor vehicle driver distraction using naturalistic driving data. *Traffic Injury Prevention*, 13 (6), 612-619, 2012
- HICKMAN, J. S., HANOWSKI, R. J. & BOCANEGRA, J.: Distraction in commercial trucks and buses: Assessing prevalence and risk in conjunction with crashes and near-crashes (Report No. FMCSA-RRR-10-049). Washington, D.C.: Federal Motor Carrier Safety Administration, 2010
- HORBERRY, T., ANDERSON, J., REGAN, M. A., TRIGGS, T. J. & BROWN, J.: Driver distraction: the effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 185-191, 2006
- HORREY, W. J. & WICKENS, C. D.: Driving and side task performance: the effects of display clutter, separation and modality (Technical Report ARL-02-13/GM-02-2). Savoy, IL: University of Illinois, Aviation Human Factors Division, 2002
- HORREY, W. J. & WICKENS, Ch. D.: Examining the impact of cell phone conversation on driving using meta-analytic techniques. *Human Factors*, Band 48, Heft 1, S. 196-205, 2006
- HOSKING, S., YOUNG, K. & REGAN, M.: The effects of text messaging on young novice driver performance. Monash University Accident Research Centre, Report No. 246. 2006
- HUEMER, A. K.: Towards an effective measurement of driver distraction in real life and in low cost simulation. Dissertation, kumulative Arbeit. Universität Braunschweig: Fakultät für Lebenswissenschaften, 2012
- HUEMER, A.-K. & VOLLRATH, M.: Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten – Machbarkeitsstudie. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe M: Mensch und Sicherheit*, Heft M 225. Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW, 2012
- HUISINGH, C., GRIFFIN, R. & McGWIN, G.: The prevalence of distraction among passenger vehicle drivers: a roadside observational approach. *Traffic Injury Prevention*, 2014
- ISHIDA, T. & MATSUURA, T.: The effect of cellular phone use on driving performance. *International Association of Traffic Safety Sciences (IATSS) Research*, 2S, 6-14, 2001
- ISO 15005: Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenz – Grundsätze und Prüfverfahren des Dialogmanagements. Brüssel-CEN, 2002
- ISO 15008: Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen – Anforderungen und Bewertungsmethoden der visuellen Informationsdarstellung im Fahrzeug. Berlin, Beuth Verlag, 2003
- ISO 16673: Road vehicles – Ergonomic aspects of transport information and control systems – Occlusion method to assess visual demand due to the use of in-vehicle systems. Berlin, Beuth Verlag, 2007
- ISO 17287: Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen – Verfahren zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit beim Führen eines Kraftfahrzeuges. Berlin, Beuth Verlag, 2003
- JAMSON, A. H. & MERAT, N.: Surrogate in-vehicle information systems and driver behavior: effects of visual and cognitive load in simulated rural driving. *Transportation Research Part F*, 8, 79-96, 2005
- Japan Automobile Manufacturers Association – JAMA: Guideline for in-vehicle display systems, version 3.0, August, 2004
- JOHNSON, S. H.: Effects of perceptual variables on the efficiency of human-Touchscreen interactions. Cornell University (online), abgerufen am 9. Juli 2013. <http://www.csic.cornell.edu/201/touchscreen/>.
- KAUSSNER, Y., KENNTNER-MABIALA, R., HOFFMANN, S., NEUKUM, A. & KOHNEN, R.: Methodological issues on the impact of central nervous disorders or psychotropic drugs on driving performance: An alcohol reference study in driving simulation. Poster presented at the 9th Annual Scientific Meeting of the International Society for CNS Clinical Trials and Methodology. Washington, 19-21 February 2013.
- KIRCHER, K., AHLSTRÖM, C., FORS, C., FORWARD, S., GREGERSEN, N. P.,

- HJÄLMDAHL, M., JANSSON, J., LINDBERG, G., NILSSON, L. & PATTEN, C.: Countermeasures against dangerous use of communication devices while driving (VTI rapport Nr. 770). Linköping, Sweden, VTI, online: <http://www.vti.se/en/publications/countermeasures-against-dangerous-use-of-communication-devices-while-driving/>, 2012
- KLAUER, S. G., GUO, F., SIMONS-MORTON, B. G., OUIMET, M. C., LEE, S. E. & DINGUS, T. A.: Distracted driving and risk of road crashes among novice and experienced drivers. *The New England journal of medicine*, 370 (1), 54-59, 2014
- KLAUER, S. G., GUO, F., SUDWEEKS, J. & DINGUS T. A.: An Analysis of Driver Inattention Using a Case-Crossover Approach on 100-Car Data: Final Report (Report No. DTNH22-00-C-07007): VTTI, 2010.
- KLAUER, S. G., DINGUS, T. A., NEALE, V. L., SUDWEEKS, J. D. & RAMSEY, D. J.: The impact of driver inattention on near crash/crash risk: an analysis using the 100-car naturalistic driving study data, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) Report No. DOT HS 810 594. Washington, D.C.: NHTSA, 2006
- KRÜGER, H.-P., NEUKUM, A. & SCHULLER, J.: Bewertung von Fahrzeugeigenschaften – vom Fahrgefühl zum Fahrergefühl. VDI-Fortschritt-Berichte: Mensch-Maschine-Systeme, 22, 1999
- KUBITZKI, J.: Ablenkung im Straßenverkehr – Die unterschätzte Gefahr. München: Allianz Deutschland AG, 2011
- LAM, L.: Distraction and the risk of car crash injury, the effects of driver's age. *Journal of Safety Research*, 33, 411-419, 2002
- LANSDOWN, T. C., BURNS, P. C. & PARKES, A. M.: Perspectives on occlusion and requirements for validation. *Applied Ergonomics*, 35, 225-233, 2004
- LEE, J. D., CAVEN, B., HAAKE, S. & BROWN, T.: Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effect of speech-based e-mail on driver's attention to the roadway. *Human Factors*, 43, 638-648, 2001
- LERNER, N. & BOYD, S.: On-Road Study of Willingness to Engage in Distracting Tasks (No. DOT HS-809-863). Washington, D.C.: National Highway Traffic Safety Administration, 2005
- MARCUS R, PERITZ, E. & GABRIEL K. R.: On closed testing procedures with special reference to ordered analysis of variance. *Biometrika* 63, 655-660, 1976
- MARTIN, J. L.: A review of epidemiological data on the risk of using a telephone while driving. In: M. REGAN, J. D. LEE & T. W. VICTOR (Eds.), *Driver Distraction and Inattention – Advances in research and countermeasures*, Vol. 1 (S. 171-193). Farnham: Asghate Publishing Limited, 2013
- MATTES, S. & HALLEN, A.: Surrogate Distraction Measurement Techniques: The Lane Change Test. In: M. A. REGAN, J. D. LEE & K. L. YOUNG (Eds.), *Driver distraction. Theory, effects, and mitigation* (pp. 107-122). Boca Raton, Fla.: CRC Press2, 2008
- MATTES, S.: The lane change task as a tool for driver distraction evaluation. In: H. STRASSER, H. RAUSCH & H. BUBB (Eds.), *Quality of work and products in enterprises of the future*. Stuttgart: ErgonomiaVerlag, 2003
- MCCARTT, A. T., HELLINGA, L. A. & BRAITMAN, K. A.: Cell phones and driving: review of research. *Traffic Injury Prevention*, 7, 89-106, 2006
- METZ, B., LANDAU, A. & JUST, M.: Frequency of secondary tasks in driving – Results from naturalistic driving data. *Safety Science*, 68, 195-203, 2014
- METZ, B., LANDAU, A. & JUST, M.: Exposure to Secondary Tasks in Germany: Results from Naturalistic Driving Data. Presentation at the 3rd International Conference on Driver Distraction and Attention. September 2013, Gothenburg, Sweden, 2013
- METZ, B., LANDAU, A., HARGUTT, V. & NEKUM, A.: Naturalistic Driving Data – Reanalyse von Daten aus dem EU-Projekt euroFOT. Forschungsbericht der Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT e. V.), 2013
- METZ, B., SCHÖMIG, N. & KRÜGER, H.-P.: Attention during visual secondary tasks in driving: Adaptation to the demands of the driving task. *Transportation Research Part F*, 14, 369-380, 2011

- METZ, B.: Worauf achtet der Fahrer? Steuerung der Aufmerksamkeit beim Fahren mit visuellen Nebenaufgaben. Dissertation. Würzburg: Lehrstuhl für Psychologie III, Bayerische Julius-Maximilians-Universität, Würzburg, 2009
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): An Examination of Driver Distraction as Recorded in NHTSA Databases. Washington, D.C.: National Center for Statistics and Analysis (NHTSA), online: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/CATS>, 2009
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): Visual-manual NHTSA driver distraction guidelines for in-vehicle electronic devices. Notice in the Federal Register, Vol. 77, No. 37, February 24, 2012
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): Distracted Driving 2011. Washington, D.C.: NHTSA, 2013
- NEALE, V. L., DINGUS, T. A., KLAUER, S. G., SUDWEEKS, J. & GOODMAN, M.: An Overview of the 100-Car Naturalistic Study and Findings. ESV Paper 05-0400, 2005
- OLSON, R. L., HANOWSKI, R. J., HICKMAN, J. S. & BOCANEGRA, J.: Driver distraction in commercial vehicle operations, final report (Report No. FMCSA-RRR-09-042). Washington, D.C.: Federal Motor Carrier Safety Administration, 2009.
- OWENS, J. M., McLAUGHLIN, S. B. & SUDWEEKS, J.: Driver performance while text messaging using handheld and in-vehicle systems, *Accident Analysis and Prevention*, 43 (3), 939-947, 2011
- OWENS, J. M., McLAUGHLIN, S. B., SUDWEEKS, J.: On-road comparison of driving performance measures when using handheld and voice-control interfaces for mobile phones and portable music players. *SAE International Journal of Passengers Cars – Mechanical Systems* 3 (1), S. 734-743, 2010
- RANNEY, T. A., BALDWIN, G. H. S. & PARMER, E., MARTIN, J., MAZZAE, E.: Distraction effects of manual number and text entry while driving, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) Report No. DOT HS 811 510. Washington, D.C.: NHTSA, 2011
- RAUCH, N., GRADENEGGER, B. & KRÜGER, H.-P.: Das Konzept des Situationsbewusstseins und seine Implikationen für die Fahrsicherheit. In: FAT-Schriftenreihe Band 210. Frankfurt/Main: Mediaprint Taunusdruck, 2008
- RAUCH, N.: Ein verhaltensbasiertes Messmodell zur Erfassung von Situationsbewusstsein im Fahrkontext. Dissertation. Würzburg: Lehrstuhl für Psychologie III, Bayerische Julius-Maximilians-Universität, Würzburg, 2009
- REED, N. & ROBBINS, R.: The effect of text messaging on driver behavior. Published project report PPR 367, Crowthorne: TRL Limited, 2008
- REGAN, M. A. & HALLETT, C.: Driver Distraction. In: B. E. PORTER (Ed.), *Handbook of Traffic Psychology* (pp. 275-286). Oxford: Academic Press, 2011
- REGAN, M. A., HALLET, C. & GORDON, C.: Driver Distraction and Driver Inattention: Definition, Relationship, and Taxonomy. *Accident Analysis and Prevention*, 43, S. 1771-1781, 2011
- ROCKWELL, T. H.: Spare visual capacity in driving revisited: new empirical results for an old idea. In: A.G. GALE et al. (Ed.), *Visions in Vehicles II* (pp. 317-324). Amsterdam: North Holland Press, 1988
- RUDIN-BROWN, C. M., YOUNG, K. L., PATTEN, C., LENNE, M. G. & CECI, R.: Driver Distraction in an unusual Environment: Effects of Text-Messaging in Tunnels. 2nd International Conference on Driver Distraction and Inattention (Gothenburg), online: www.chalmers.se/ddi 2011, 2011
- SANCHEZ, D. et al.: Deliverable 6.3. Final results: User acceptance and user-related aspects. Published Deliverable of the European Project euroFOT European Large-Scale Field-Operational Tests on In-Vehicle Systems. 7th Framework Programme of the European Commission Information and Communication Technologies, 2012
- SCHÖMIG, N., METZ, B. & KRÜGER, H.-P.: Anticipatory and control processes in the interaction with secondary tasks while driving. *Transportation Research Part F*, 14 (6), 525-538, 2011

- SENDERS, J. W., KRISTOFFERSON, A. B., LEVISON, W. H., DIETRICH, C. W. & WARD, J. L.: The attentional demand of automobile driving. *Highway Research Record*, 195, 15-33, 1967
- SIMONS-MORTON, B. G., GUO, F., KLAUER, S. G., EHSANI, J. P. & PRADHAN, A. K.: Keep your eyes on the road: young driver crash risk increases according to duration of distraction. *Journal of Adolescent Health*, 54 (5th, Supplement), S. 61-67, 2014
- Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle Dezember 2013. 2014. Abgerufen am 26. Juni 2014, www.destatis.de/DE/Publikationen/The_matisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleMonat/VerkehrsunfaelleM2080700131124.pdf?__blob=publicationFile
- Statefarm Mutual Automobile Insurance Company: Distracted Driving. 2012. Abgerufen am 9. Juli 2013, <http://www.multivu.com/mnr/56793-statefarm-fourth-annual-survey-shows-significant-use-mobile-web-vehicle#>
- STEVENS, A. & MINTON, R.: In-vehicle distraction and fatal accidents in England and Wales. *Accident Analysis and Prevention*, 33 (4), 539-545, 2001
- Straßenverkehrsordnung (StVO) in der Fassung des Inkrafttretens vom 01.04.2013. Letzte Änderung durch: Verordnung zur Neufassung der Straßenverkehrsordnung vom 6. März 2013 (Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil I Nr. 12 S. 367 Art. 1, ausgegeben zu Bonn am 12. März 2013)
- STUTTS, J. C., REINFURT, D., STAPLIN, L. & RODGMAN, E.: The role of driver distraction in traffic crashes. AAA Foundation for Traffic Safety, 2001
- TÖRNROS, J. E. B. & BOLLING, A. K.: Mobile phone use-effects of handheld and handsfree phones on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 902-909, 2005
- TSIMHONI, O., SMITH, D. & GREEN, P.: Destination entry while driving: speech recognition versus a touchscreen keyboard, UMTRI 2001-24. Michigan: UMTRI, 2002
- UTZELMANN, H. D. & BRENNER-HARTMANN, J.: Psychologische Fahrverhaltensbeobachtung. In: W. SCHUBERT, W. SCHNEIDER, W. EISENMENGER & E. STEPHAN (Hrsg.), *Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung – Kommentar* (S. 60-64). Bonn: Kirschbaum-Verlag, 2005
- van der HORST, R.: Occlusion as a measure for visual workload. *Applied Ergonomics*, 35, S. 189-196, 2004
- WANDTNER, B.: Selbstregulatorische Fähigkeiten beim Umgang mit Nebenaufgaben während der Autofahrt – Eine Simulatorstudie. Diplomarbeit, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt, 2012
- WHO: Mobile phone use: a growing problem of driver distraction. Abgerufen am 9. Juli 2013, http://www.who.int/tviolence_injury_prevention/publications/road_traffic/distracted_driving/en/
- YOUNG, K. L., LENNE, M. G., ARCHER, J. & WILLIAMSON, A.: Development and Validation of an Ecological Driver Distraction Evaluation Tool. Clayton (Australia): Monash University Accident Research Centre (MUARC), 2010
- YOUNG, K. L., MITSOPOULOS-RUBENS, E., RUDIN-BROWN, C. M. & LENNE, M. G.: Driver Behaviour and Task-Sharing Strategies When Using a Portable Music Player. 2nd International Conference on Driver Distraction and Inattention (Gothenburg). online: www.chalmers.se/ddi 2011, 2011
- YOUNG, K. L., REGAN, M. A. & LEE, J. D.: Factors Moderating the Impact of Distraction on Driving Performance and Safety. In: M. A. REGAN, J. D. LEE & K. L. YOUNG (Eds.), *Driver distraction: Theory, effects, and mitigation* (pp. 335-351). Boca Raton: CRC Press, 2008
- YOUNG, K., REGAN, M. & HAMMER, M.: Driver distraction: a review of the literature. Monash University Accident Research Centre, Report No. 206, 2003
- YOUNG, R. A.: Cell Phone Conversation and Automobile Crashes: Relative Risk is Near 1, Not 4. Paper presented at the 3rd International Conference on Driver Distraction and Inattention, 2013

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

2009

M 199: Maßnahmen zur Verbesserung der visuellen Orientierungsleistung bei Fahranfängern
Müsseler, Debus, Huestegge, Anders, Skottke € 13,50

M 200: Entwicklung der Anzahl Schwerstverletzter infolge von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland
Lefering € 13,50

M 201: Bedeutung der Fahrpraxis für den Kompetenzerwerb beim Fahrenlernen
Grattenthaler, Krüger, Schoch € 20,00

M 202: Computergestützte Medien und Fahrsimulatoren in Fahrerlaubnisprüfung
Weiß, Bannert, Petzoldt, Krems € 16,00

M 203: Testverfahren zur psychometrischen Leistungsprüfung der Fahrerlaubnisprüfung
Poschadel, Falkenstein, Pappachan, Poll, Willmes von Hinckeldey € 16,50

M 204: Auswirkungen von Belastungen und Stress auf das Verkehrsverhalten von Lkw-Fahrern
Evers € 21,00

M 205: Das Verkehrsquiz – Evaluationsinstrumente zur Erreichung von Standards in der Verkehrs-/Mobilitätsbildung der Sekundarstufe
Heidemann, Hufgard, Sindern, Riek, Rudinger € 16,50

2010

M 206: Profile im Straßenverkehr verunglückter Kinder und Jugendlicher
Holte € 18,50

M 207: ADAC/BAST-Symposium „Sicher fahren in Europa“ nur als CD erhältlich € 24,00

M 208: Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland
Baum, Kranz, Westerkamp € 18,00

M 209: Unfallgeschehen auf Landstraßen – Eine Auswertung der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik
Heinrich, Pöppel-Decker, Schönebeck, Ulitzsch € 17,50

M 210: Entwicklung und Evaluation eines Screening-Tests zur Erfassung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer (SCREEMO)
Engin, Kocherscheid, Feldmann, Rudinger € 20,50

M 211: Alkoholverbot für Fahranfänger
Holte, Assing, Pöppel-Decker, Schönebeck € 14,50

M 212: Verhaltensanweisungen bei Notsituationen in Straßentunneln
Färber, Färber € 19,00

M 213: Begleitetes Fahren ab 17 Jahre – Prozessevaluation des bundesweiten Modellversuchs
Funk, Grüninger, Dittrich, Göbler, Hornung, Kreßner, Libal, Limberger, Riedel, Schaller, Schilling, Svetlova € 33,00

2011

M 214: Evaluation der Freiwilligen Fortbildungsseminare für Fahranfänger (FSF) – Wirksamkeitsuntersuchung
Sindern, Rudinger € 15,50

M 215: Praktische Fahrerlaubnisprüfung – Grundlagen und Optimierungsmöglichkeiten – Methodische Grundlagen und Möglichkeiten der Weiterentwicklung
Sturzbecher, Bönninger, Rüdell et al. € 23,50

M 216: Verkehrserziehungsprogramme in der Lehreraus-/Fortbildung und deren Umsetzung im Schulalltag – Am Beispiel der Moderatorenkurse „EVA“, „XpertTalks“, „sicherfahren“ und „RiSk“
Neumann-Opitz, Bartz € 14,50

M 217: Leistungen des Rettungsdienstes 2008/09 Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2008 und 2009
Schmiedel, Behrendt € 16,50

M 218: Sicherheitswirksamkeit des Begleiteten Fahrens ab 17. Summative Evaluation
Schade, Heinzmann € 20,00

M 218b: Summative Evaluation of Accompanied Driving from Age 17
Schade, Heinzmann
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 219: Unterstützung der Fahrausbildung durch Lernsoftware
Petzoldt, Weiß, Franke, Krems, Bannert € 15,50

2012

M 220: Mobilitätsstudie Fahranfänger – Entwicklung der Fahrerlaubnisprüfung und Autobenutzung am Anfang der Fahrkarriere
Funk, Schneider, Zimmermann, Grüninger € 30,00

M 221: Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit von Kleintransportern
Roth € 15,00

M 222: Neue Aufgabenformate in der Theoretischen Fahrerlaubnisprüfung
Malone, Biermann, Brünken, Buch € 15,00

M 223: Evaluation der bundesweiten Verkehrssicherheitskampagne „Runter vom Gas!“
Klimmt, Maurer € 15,00

M 224: Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Rahmenbedingungen bis 2015/2020
Maier, Ahrens, Aurich, Bartz, Schiller, Winkler, Wittwer € 17,00

M 225: Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten – Machbarkeitsstudie
Huemer, Vollrath € 17,50

M 226: Rehabilitationsverlauf verkehrsauffälliger Kraftfahrer
Glitsch, Bornewasser, Dünkel € 14,00

M 227: Entwicklung eines methodischen Rahmenkonzeptes für Verhaltensbeobachtung im fließenden Verkehr
Hautzinger, Pfeiffer, Schmidt € 16,00

M 228: Profile von Senioren mit Autounfällen (PROSA)
Pottgießer, Kleinemas, Dohmes, Spiegel, Schädlich, Rudinger € 17,50

M 229: Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und das Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer
Holte € 25,50

M 230: Entwicklung, Verbreitung und Anwendung von Schulwegplänen
Gerlach, Leven, Leven, Neumann, Jansen € 21,00

M 231: Verkehrssicherheitsrelevante Leistungspotenziale, Defizite und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer
Poschadel, Falkenstein, Rinkenauer, Mendzheritskiy, Fimm, Worringer, Engin, Kleinemas, Rudinger € 19,00

M 232: Kinderunfallatlas – Regionale Verteilung von Kinderverkehrsunfällen in Deutschland
Neumann-Opitz, Bartz, Leipzig € 18,00

2013

M 233: 8. ADAC/BAST-Symposium 2012 – Sicher fahren in Europa
CD-ROM / kostenpflichtiger Download € 18,00

M 234: Fahranfängervorbereitung im internationalen Vergleich
Genschow, Sturzbecher, Willmes-Lenz € 23,00

M 235: Ein Verfahren zur Messung der Fahrsicherheit im Realverkehr entwickelt am Begleiteten Fahren
Glaser, Waschulewski, Glaser, Schmid € 15,00

M 236: Unfallbeteiligung von Wohnmobilen 2000 bis 2010
Pöppel-Decker, Langner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 237: Schwer erreichbare Zielgruppen – Handlungsansätze für eine neue Verkehrssicherheitsarbeit in Deutschland
Funk, Faßmann € 18,00

M 238: Verkehrserziehung in Kindergärten und Grundschulen
Funk, Hecht, Nebel, Stumpf € 24,50

M 239: Das Fahrerlaubnisprüfungssystem und seine Entwicklungspotenziale – Innovationsbericht 2009/2010 € 16,00

M 240: Alternative Antriebstechnologien – Marktdurchdringung und Konsequenzen – Berichtsjahr 2011 – Abschlussbericht
Küter, Holdik, Pöppel-Decker, Ulitzsch
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 241: Intervention für punkteauffällige Fahrer – Konzeptgrundlagen des Fahreignungsseminars
Glitsch, Bornewasser, Sturzbecher, Bredow, Kaltenbaek, Büttner € 25,50

M 242: Zahlungsbereitschaft für Verkehrssicherheit – Vorstudie
Bahamonde-Birke, Link, Kunert € 14,00

2014

M 243: Optimierung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung
Sturzbecher, Mörl, Kaltenbaek € 25,50

M 244: Innovative Konzepte zur Begleitung von Fahranfängern durch E-Kommunikation
Funk, Lang, Held, Hallmeier € 18,50

M 245: Psychische Folgen von Verkehrsunfällen
Auerbach € 20,00

M 246: Prozessevaluation der Kampagnenfortsetzung 2011-2012 „Runter vom Gas!“
Klimmt, Maurer, Baumann € 14,50

AKTUALISIERTE NEUAUFLAGE VON:

M 115: Begutachtungseitleitlinien zur Kraftfahreignung – gültig ab 1. Mai 2014
Gräcmann, Albrecht € 17,50

M 247: Psychologische Aspekte des Unfallrisikos für Motorradfahrerinnen und -fahrer
von Below, Holte € 19,50

M 248: Erkenntnisstand zu Verkehrssicherheitsmaßnahmen für ältere Verkehrsteilnehmer
Falkenstein, Joiko, Poschadel € 15,00

M 249: Wirkungsvolle Risikokommunikation für junge Fahrerinnen und Fahrer
Holte, Klimmt, Baumann, Geber € 20,00

M 250: Ausdehnung der Kostentragungspflicht des § 25a StVG auf den fließenden Verkehr
Müller € 15,50

M 251: Alkohol-Interlocks für alkoholauffällige Kraftfahrer
Hauser, Merz, Pauls, Schnabel, Aydeniz, Blume, Bogus, Nitzsche, Stengl-Herrmann, Klipp, Buchstaller, DeVol, Laub, Müller, Veltgens, Ziegler € 15,50

M 252 Psychologische Aspekte des Einsatzes von Lang-Lkw
Glaser, Glaser, Schmid, Waschulewski
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor, ist interaktiv und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2015

M 253: Simulatorstudien zur Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten
Schömig, Schoch, Neukum, Schumacher, Wandtner € 18,50

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Tel. (0421) 3 69 03-53
Fax (0421) 3 69 03-48
www.schuenemann-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.