

Fahrverhaltens- beobachtung mit Senioren im Fahr Simulator der BASt

Machbarkeitsstudie

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 282

The logo for the Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) is displayed in a stylized, lowercase, green font with a white outline. The letters are bold and modern, with the 'a' and 's' having a slightly rounded, friendly appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

Fahrverhaltens- beobachtung mit Senioren im Fahr Simulator der BASt

Machbarkeitsstudie

von

Markus Schumacher
Kristina Schubert

Bundesanstalt für Straßenwesen
Bergisch Gladbach

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 282

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 Ed. Schünemann KG, 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 F1100.4315001:
Machbarkeitsstudie: Fahrverhaltensbeobachtung mit Senioren im Fahrsimulator der BASt

Fachbetreuung:
Markus Schumacher

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

Redaktion
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag
Fachverlag NW in der
Carl Ed. Schünemann KG
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 978-3-95606-403-6

Bergisch Gladbach, August 2018

Kurzfassung – Abstract

Machbarkeitsstudie: Fahrverhaltensbeobachtung mit Senioren im Fahrsimulator der BAST

Mit zunehmendem Alter kommt es häufig zu sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsveränderungen. Die Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung einer Erkrankung steigt ebenso wie die Wahrscheinlichkeit für die Einnahme von Medikamenten. Diese Faktoren können die Fahrkompetenz im Alter beeinflussen. Zur Erfassung der Fahrkompetenz gilt eine Fahrprobe im Realverkehr als der Goldstandard. Sie ist jedoch auch mit gewissen Nachteilen (z. B. Abhängigkeit von Wetter und Verkehrssituation; Auftreten von Gefahrensituationen) verbunden.

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob mithilfe einer Fahrverhaltensbeobachtung im Fahrsimulator der BAST geprüft werden kann, wie sich die Fahrkompetenz einer Gruppe von Senioren (Durchschnittsalter > 65 Jahre) von der der übrigen Fahrer unterscheidet. Auf die Simulatorfahrt wurden die Fahrer mit einem speziellen Training zur Gewöhnung an das Fahren im Fahrsimulator vorbereitet. Die Strecke, auf der die Verhaltensbeobachtung durchgeführt wurde, beinhaltete alle wesentlichen Verkehrssituationen, mit denen Fahrer beim Befahren von Autobahnen, Überlandstrecken und im Stadtverkehr konfrontiert werden. Die Leistungsbeurteilung erfolgte mit einer standardisierten Verhaltensbeobachtung, die von geschulten Beobachtern durchgeführt wurde. Diese bewerteten das Verhalten der Fahrer in den Verkehrssituationen der Strecke mit Hilfe der Tabletanwendung S.A.F.E. (Standardized Application for Fitness-to-Drive Evaluations; KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER, & GREIN, 2013). Zusätzlich zur Simulatorfahrt wurden kognitive Leistungsbereiche, die für das sichere Fahren als relevant gelten, mit einem computerbasierten Test-Set erfasst.

Nur ein geringer Anteil der Fahrer, der das Training zur Gewöhnung an das Fahren im Simulator absolviert hatte, brach die Fahrverhaltensbeobachtung aufgrund von Unverträglichkeit ab. In der computerbasierten Testung schnitten die Senioren etwas schlechter ab als die Fahrer der Vergleichsgruppe. Selbiges gilt für die Fahrverhaltensbeobachtung. Bei den Senioren waren die Unterschiede in der individuellen Leistung stärker ausgeprägt als in der

Vergleichsgruppe. Es konnte gezeigt werden, dass nach einer entsprechenden Vorbereitung durch ein Gewöhnungstraining, auch mit Senioren Fahrverhaltensbeobachtungen in einem Simulator durchgeführt werden können. Hierbei hat sich wiederum das chronologische Alter nicht als geeigneter Prädiktor für die Fahrkompetenz von Senioren erwiesen. Eine Bewertung sollte daher immer auf individueller Basis erfolgen.

Feasibility study: Assessing fitness-to-drive in the elderly by means of a driving simulator

With increasing age often changes in sensory, cognitive, and motor abilities occur. The probability of developing medical conditions and taking medication increases. All these factors can influence the ability to drive. To assess the fitness-to-drive an on-road assessment is usually considered as the gold standard, but it also has certain disadvantages (e.g., dependence on traffic and weather conditions; occurrence of dangerous situations). Here, driving simulators can offer an alternative.

In the study at hand an innovative driving route for a simulator assessment of fitness-to-drive in the elderly was tested. The study was conducted in the fixed-based driving simulator at BAST and performance of elderly and middle-aged drivers was compared.

Before the driving test, drivers had to undergo a special familiarization training to reduce simulator sickness. The course was designed to meet the requirements for on-road driving tests in real traffic. It comprised representative, moderately difficult scenarios of rural roads, urban traffic, and highways. Driving competence was assessed using the Standardized Application for Fitness-to-Drive Evaluations (S.A.F.E.; KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER, & GREIN, 2013) by trained observers. During the entire drive driving parameters like speed, lateral position, headway to other vehicles, number of lane changes, and size of accepted gaps at intersections were continuously recorded by the simulation software. In addition computer-based tests of cognitive skills related to driving were conducted.

Elderly persons performed worse on the computer-based tests than the control group. Only very few participants did not complete the driving route due to simulator sickness. With respect to fitness-to-drive elderly drivers were rated slightly worse by the observers than middle-aged drivers. Also the total number of driving errors was higher in the group of the elderly. With respect to driving errors, the standard deviation and the range of the total number of driving errors were higher in the group of the elderly drivers. This points to a high interindividual variability in older age. The fact that in the group of the elderly chronological age could not predict the total number of driving errors underlines that driving fitness has to be judged always on an individual basis. The study furthermore showed that by conducting a simulator familiarization training and using the here evaluated driving route for the simulator assessment the prevalence of simulator sickness can be kept low. This procedure is well suitable for research on fitness-to-drive among elderly drivers.

Summary

Feasibility study: Assessing fitness-to-drive in the elderly by means of a driving simulator

With increasing age changes in sensory, cognitive, and motor abilities occur. The probability of developing medical conditions and taking medication increases. All these factors can influence the fitness-to-drive.

To assess the fitness-to-drive an on-road assessment is usually considered as the “gold standard”, but it also has certain disadvantages (e.g., dependence on traffic, behaviour of other road users, weather conditions, and occurrence of dangerous situations). Here, driving simulators can offer an alternative. While real traffic and especially the behaviour of other road users is largely random, virtual traffic can be manipulated. This is beneficial for creating standardized driving tests. Simulation testing allows for multiple observations of behavior under exactly the same conditions. When evaluating the performance of a driver in a simulator, objective data (e.g., speed, lane position, headway) which get registered can be used. One can also create deliberately challenging driving situations that would be dangerous to experience in actual road environment (RIZZO, MCGEHEE, DAWSON & ANDERSON, 2001). One major concern with simulator studies though is the occurrence of simulator sickness. Simulator sickness may compromise the motivation to drive in the simulator as well as the driving performance and may lead to an early termination of the drive. Elderly drivers constitute a high-risk group for simulator sickness (Matas, Nettelbeck & Burns, 2015).

In the study at hand an innovative driving route for a simulator assessment of fitness-to-drive in the elderly was tested. The study was conducted in the fixed-base driving simulator at BASt and performance of elderly and middle-aged drivers was compared.

Before the driving test, drivers had to undergo a special familiarization training to reduce the incidence of simulator sickness. The course for the assessment was designed to meet the requirements for on-road driving tests in real traffic. It comprised representative, moderately difficult scenarios of



Fig. 1: S.A.F.E. Application (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER, & GREIN, 2013, p. 3)

Verbalkategorie	Numeralkategorie
absolut fahrunsicher	10
kritisches Fahrverhalten	9
	8
	7
auffälliges Fahrverhalten	6
	5
	4
normales Fahrverhalten	3
	2
	1
uneingeschränkt fahrsicher	0

Fig. 2: Fitness-to-drive scale (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013, p. 3)

rural roads, urban traffic, and highways. Driving competence was assessed using the Standardized Application for Fitness-to-Drive Evaluations (S.A.F.E.; KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013) by trained observers. By means of a tablet application (Figure 1), driving errors were recorded for all traffic situations of the route. In addition, fitness-to-drive evaluations were made for all traffic situations by using the fitness-to-drive scale (Figure 2). During the entire drive driving parameters like speed, lateral position, headway to other vehicles, number of lane changes, and size of accepted gaps at intersections were continuously recorded by the simulation software. In addition, computer based tests of cognitive skills related to driving were conducted. To that end the test-set FEV of the Vienna testing system was used.

The score computed of all five tests of the test-set was lower for seniors than middle-aged persons.

	group seniors (N=25)	controls (N=24)	t-test			
			df	t	p ≤	η ²
score	30.18 (14.12)	65.80 (11.54)	1,47	9.676	.000	.666

Tab. 1: Mean (SD) score of percentile ranks of all tests of the test-set FEV.

This indicates that elderly persons performed worse on the computer based tests than the control group did (Table 1).

Only very few participants did not complete the driving route due to simulator sickness. With respect to fitness-to-drive elderly drivers were rated slightly worse by the observers than controls ($U = 82.00$, $p \leq .001$). Fitness-to-drive ratings for seniors were on average 4.12 (SD = 1.03) indicating a slightly impaired fitness-to-drive (Figure 2). The rating for the controls was 2.29 (SD = 1.16). This indicates normal fitness-to-drive. Senior drivers rated their fitness-to-drive significantly better than the observers did ($t = 5.30$, $p < .001$) while the self-rating and the rating by the observers did not differ in the group of the middle-aged drivers ($t = -.48$, $p = .638$) (Figure 3). Also, the total number of driving errors was higher in the group of the elderly. With respect to driving errors, the standard deviation and the range of the total number of driving errors were higher in the group of the elderly drivers.

This points to a high interindividual variability in older age. The fact that in the group of the elderly chronological age could not predict the total number of driving errors underlines that driving fitness has to be judged always on an individual basis. Furthermore, the study showed that by conducting a simulator familiarization training and using the here evaluated driving route for the assessment the prevalence of simulator sickness can be kept low. This procedure is well suitable for research on fitness-to-drive among elderly drivers. It can also be used to assess individual performance decrements in order to adjust trainings to individual needs of elderly drivers.

Inhalt

Abkürzungen	9	4.4.3 Fragebogen zur Erfassung der Selbstregulation beim Fahren	25
1 Einführung	11	4.4.4 Montreal Cognitive Assessment (MoCa Test)	25
2 Fahrkompetenz von Senioren: Indikatoren und Kenntnisstand	11	4.4.5 Simulator Sickness Questionnaire	25
2.1 Unfallbeteiligung	12	4.4.6 Karolinska Sleepiness Scale	25
2.2 Altersbezogene Veränderungen in fahrsicherheitsrelevanten Leistungsbereichen	13	4.4.7 Skalen zur Selbsteinschätzung und Bewertung	25
2.2.1 Modelle des Fahrens	13	4.5 Computerbasierte Testung mit dem Wiener Testsystem	26
2.2.2 Leistungsveränderungen im Alter	15	4.6 Fahrverhaltensbeobachtung.....	27
2.2.3 Die fahrsicherheitsrelevanten Leistungsbereiche nach FeV	17	4.6.1 Der Fahrsimulator der BAST	28
2.3 Kompensationsverhalten	17	4.6.2 Training zur Simulatorgewöhnung.....	28
3 Fahrverhaltensbeobachtungen als Methode zur Bewertung der Fahrkompetenz	18	4.6.3 Fahrstrecke	29
3.1 Fahrverhaltensbeobachtungen im Straßenverkehr	18	4.6.4 Leistungsbewertung	30
3.2 Fahrverhaltensbeobachtungen in Fahrsimulatoren.....	19	4.7 Statistische Analysen.....	31
3.2.1 Validität der Fahrsimulation	19	5 Ergebnisse	32
3.2.2 Das Problem der Simulatorkrankheit.....	20	5.1 Unfallverwicklung, Vermeidungsverhalten und weitere Selbstauskünfte der Fahrer	32
3.2.3 Maßnahmen zur Verringerung der Simulatorkrankheit.....	20	5.2 Computerbasierte Testung	34
3.2.4 Bislang verwendete Konzepte und Methoden.....	21	5.2.1 Datensatz	34
3.3 Implikationen für die vorliegende Studie ...	22	5.2.2 Anteil bestandener Tests	34
4 Methodik	22	5.2.3 Vergleich der Leistungsvariablen	35
4.1 Probanden	23	5.2.4 Subjektive Daten	35
4.2 Ablauf der Untersuchung	23	5.3 Simulatorgewöhnung.....	35
4.3 Anamnese.....	24	5.4 Fahrverhaltensbeobachtung.....	36
4.4 Fragebogen und Skalen.....	24	5.4.1 Abbruchquote	36
4.4.1 Fahrerfragebogen	24	5.4.2 Fitness-to-drive-Skala.....	37
4.4.2 Fragebogen zur Erfassung von Auffälligkeiten im Verkehrsverhalten.....	24	5.4.3 Fahrfehler	37
		5.4.4 Fahrdaten	38
		5.4.5 Bewertungen durch die Fahrer.....	39
		6 Zusammenfassung und Diskussion	40
		6.1 Computerbasierte Testung	40
		6.2 Simulatorgewöhnung.....	40
		6.3 Fahrverhaltensbeobachtung.....	41

8

6.4	Methodische Einschränkungen der vorliegenden Arbeit.....	44
6.5	Fazit und Ausblick.....	45
	Literatur	45
	Tabellen	52
	Anhang	54

Abkürzungen

ATAVT	Adaptiver Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest
COG	Cognitrone
DBQ	Driver Behaviour Questionnaire
df	Anzahl der Freiheitsgrade (degrees of freedom)
DT	Determinations Test
FeV	Fahrerlaubnisverordnung
KSS	Karolinska Sleepiness Scale
LVT	Linienverfolgungstest
MCI	Mild Cognitive Impairment
M	Mittelwert
mDist	durchschnittlicher Sekundenabstand
MoCa	Montreal Cognitive Assessment
mx	Durchschnittsgeschwindigkeit
N	Stichprobenumfang
p	Signifikanzwert
PR	Prozentrang
S.A.F.E.	Standardized Application for Fitness-to-Drive Evaluations
SD	Standardabweichung
sdDist	Standardabweichung des Sekundenabstands
SDLP	Standardabweichung der lateralen Position
SK	Simulatorkrankheit
SSQ	Simulator Sickness Questionnaire
StVO	Straßenverkehrsordnung
t	Teststatistischer Wert
TAVTMB	Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest
U	Teststatistischer Wert
UFOV	Useful Field of View
WIVW	Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften GmbH

1 Einführung

Für gewöhnlich werden Menschen mit dem Erreichen des 65. Lebensjahres als Senioren bezeichnet. Wenngleich es unterschiedliche Vorstellungen über diese Altersgrenze gibt, so hat sie sich sowohl in Deutschland als auch international in Verkehrsunfallstatistiken und empirischer Forschung etabliert (KIM, 2011; Statistisches Bundesamt, 2016).

Da die Lebenserwartung beständig zunimmt (WHO, 2017) und dies in Deutschland mit rückläufigen Geburtenraten einhergeht, kommt es zu einer Zunahme des Anteils von Senioren in der Bevölkerung (infas & DLR, 2010). So war im Jahr 2016 bereits fast ein Viertel der Bevölkerung 65 Jahre oder älter, Tendenz steigend (Statistisches Bundesamt, 2017).

Nach wie vor ist der motorisierte Individualverkehr das am häufigsten genutzte Verkehrsmittel. In Bezug auf die Erreichbarkeit von Zielen, wird von allen Verkehrsmitteln noch immer der Pkw am besten bewertet. Insbesondere bei der Erreichbarkeit des Arbeitsplatzes oder von Zielen für den Einkauf schneiden öffentliche Verkehrsmittel im Vergleich dazu eher schlecht ab (infas & DLR, 2010).

Bei Senioren machen regelmäßige Arbeitswege, aufgrund des Eintritts ins Rentenalter, nur noch einen geringen Anteil an den zurückgelegten Wegen aus. Dafür nehmen Fahrten für Freizeit, Einkäufe und Erledigungen zu.

Mit zunehmendem Alter verändern sich geistige und motorische Fähigkeiten. Davon sind auch solche betroffen, die für das Fahren relevant sind (SCHUBERT, GRÄCMANN & BARTMANN, 2018). Immer wieder, und vor allem dann, wenn in der Presse über Unfälle von Senioren berichtet wurde, werden Stimmen laut, die die Einführung einer obligatorischen Überprüfung der Fahreignung ab einem gewissen chronologischen Alter fordern. In der Öffentlichkeit scheint die Meinung zu dominieren, dass ältere Personen eine Gefahr für den motorisierten Individualverkehr darstellen (HAKAMIES-BLOMQUIST, 2003). Die Unfallzahlen sowie wissenschaftliche Erkenntnisse rechtfertigen die Forderung nach solchen regelmäßigen verpflichtenden Gesundheits- oder Fahrverhaltensprüfungen jedoch nicht (FASTENMEIER, 2017; POTTGIESSER et al., 2012, RUDINGER, 2014; SIREN et al., 2013). Eine Auswertung wissenschaftlicher Untersuchungen zur Effektivität verschiedener Eignungsüberprüfungsprozeduren in unterschiedlichen

europäischen Ländern hat sogar eher negative Auswirkungen auf die allgemeine Verkehrssicherheit und die der betroffenen Senioren gezeigt (FASTENMEIER & GSTALTER, 2014).

Ob mit einer Fahrverhaltensbeobachtung in einem Fahrsimulator geprüft werden kann, wie sich die Fahrkompetenz von Senioren von der der übrigen Verkehrsteilnehmer unterscheidet, ist Gegenstand dieser Forschungsarbeit. Dazu werden Fahrverhaltensbeobachtungen im Fahrsimulator der Bundesanstalt für Straßenwesen durchgeführt. Daran nimmt eine Gruppe von Fahrern im Altersbereich von Senioren und eine Gruppe jüngerer Fahrer teil. Sie befahren im stationären Fahrsimulator eine realitätsnahe Strecke, die die wesentlichen Verkehrssituationen enthält, die beim Befahren von Autobahnen, Landstraßen und Innenstädten bewältigt werden müssen. Bei der Entwicklung dieser Strecke wurden die einschlägigen Vorgaben für Fahrverhaltensbeobachtungen im Realverkehr (UTZELMANN & BRENNER-HARTMANN, 2005) berücksichtigt. Die Bewertung der Fahrkompetenz erfolgt durch geschulte Beobachter, die eine Bewertung anhand eines standardisierten Verfahrens vornehmen, das verschiedene Ebenen der Fahraufgabe und verschiedene Auflösungsgrade umfasst. Bei diesem Verfahren wird eine Tabletanwendung genutzt, die in die Software (SI-LAB) integriert ist, mit der der Fahrsimulator betrieben wird (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013). Dieses von einer Würzburger Arbeitsgruppe entwickelte Erfassungsverfahren hat sich in anderen Studien zur Fahrsicherheit bereits als sensitiv erwiesen (z. B. KENNTNER-MABIALA, KAUSSNER, JAGIELLOWICZ-KAUFMANN, HOFFMANN & KRÜGER, 2015).

2 Fahrkompetenz von Senioren: Indikatoren und Kenntnisstand

Es gibt verschiedene Herangehensweisen zur Bestimmung der Fahrkompetenz von Senioren. So können direkte Indikatoren betrachtet werden. Hierzu gehört die Analyse von Unfalldaten oder eine Fahrverhaltensbeobachtung von Senioren im Straßenverkehr oder im Fahrsimulator. Auf indirektem Weg lassen sich Rückschlüsse auf die Fahrkompetenz ziehen, indem Leistungsbereiche erfasst werden, von denen angenommen werden kann, dass sie für das sichere Fahren relevant sind. Dies sind

sensorische, kognitive oder auch motorische Fähigkeiten. Da Erkrankungen oder die Einnahme von Medikamenten Auswirkungen auf diese Leistungsbereiche haben können, können auch daraus Rückschlüsse auf die Fahrkompetenz gezogen werden.

2.1 Unfallbeteiligung

2015 wurden in Deutschland 48 690 Menschen, die 65 Jahre oder älter waren, bei Verkehrsunfällen verletzt oder getötet. (Statistisches Bundesamt, 2016). Diese Altersgruppe der Senioren stellt damit einen Anteil von 12,3 % an der Gesamtzahl der in Deutschland im Straßenverkehr Verunglückten dar. Etwa ein Drittel der Senioren (15.839) verunglückten als Fahrer eines Pkw (SCHUBERT et al., 2018). Bei diesen Angaben sind nur die Unfälle berücksichtigt, zu denen die Polizei hinzugezogen wurde.

Die 15.839 verunglückten Pkw Fahrer der Altersgruppe 65+ stellen einen Anteil von 9,9 % an der Gesamtzahl der 2015 verunglückten Pkw-Fahrer dar (Statistisches Bundesamt, 2016). Berücksichtigt man, dass im Jahr 2015 der Anteil der Senioren an der Gesamtbevölkerung rund 21 % betrug (Statistisches Bundesamt, 2017), wirkt diese Rate eher gering. Aus der unterproportionalen Anzahl an Verunglückten in dieser Altersgruppe kann jedoch nicht geschlossen werden, dass Ältere die sichereren Fahrer sind. Hierin spiegelt sich vielmehr die in weiten Teilen geringere Verkehrsteilnahme der Älteren wider.

Eine bessere Einschätzung erlaubt daher die Betrachtung von Unfallzahlen bezogen auf die Fahrleistung in der jeweiligen Altersgruppe. Die aktuellsten Zahlen zur Fahrleistung in Deutschland, die hier zugrunde gelegt werden können, stammen aus der Studie Mobilität in Deutschland (MiD) 2008 (infas & DLR, 2010). Die Betrachtung der fahrleistungsbezogenen Quote der Verunglückten (Bild 1) zeigt eine sehr hohe Rate für die Altersgruppe der 18 bis 20-Jährigen. Danach sinkt der Wert und bleibt bis zur Altersgruppe 65-69 Jahre auf dem niedrigen Niveau. Erst in den höheren Altersgruppen steigt die Anzahl der Verunglückten wieder an und erreicht für die Altersgruppe 75 Jahre und höher einen Wert vergleichbar dem der Anfang 30-Jährigen. Sie liegt aber noch sehr deutlich unterhalb dem Wert der jüngeren Fahrer, vor allem der Fahranfänger.

Die Betrachtung dieser fahrleistungsbezogenen Raten verunglückter Pkw-Fahrer in Abhängigkeit

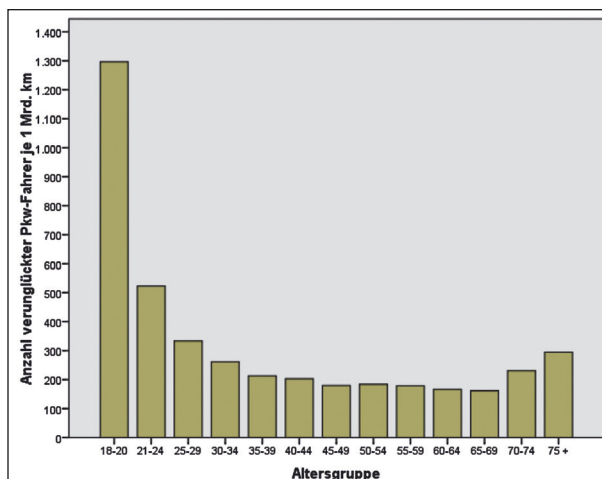


Bild 1: Anzahl der verunglückten Pkw-Fahrer je 1 Mrd. Kilometer nach Altersgruppen für das Jahr 2008 (Schubert et al.).

von den Unfallfolgen zeigt zudem, dass der Anteil der Senioren an den Betroffenen mit zunehmender Schwere der Unfallfolgen steigt (SCHUBERT et al., 2018). Dies wird auf ihre höhere Verletzbarkeit zurückgeführt.

Ein Vergleich der Unfallraten von Personen unterschiedlicher Altersgruppen mit gleicher Fahrleistung zeigt, dass die meisten Personen im Alter von 75 Jahren und älter sicherere Fahrer waren als Personen anderer Altersgruppen. Lediglich für ältere Fahrer, die weniger als 3000 km pro Jahr fuhren, fanden sich erhöhte Unfallzahlen (LANGFORD et al., 2006). Relativiert auf die Anzahl der Personen dieser Altersgruppe, ebenso wie relativiert auf die zurückgelegten Kilometer, verunglücken Senioren demnach als Pkw-Fahrer nicht häufiger. Wenn Senioren an einem Verkehrsunfall beteiligt sind, dann sind die Unfallfolgen für sie aber aufgrund ihrer höheren Verletzbarkeit oft schwerer. Ein erhöhtes Unfallrisiko von Senioren scheint lediglich für die Wenigfahrer unter ihnen, insbesondere für die ab 75 Jahren, zu bestehen. Der low mileage bias beschreibt diesen Effekt, dass Autofahrer, die über eine geringe jährliche Fahrleistung (< 3000 km pro Jahr) verfügen, ein höheres Unfallrisiko besitzen als Autofahrer, die jährlich mehr fahren.

Sollen altersbedingte Unterschiede in der Fahrkompetenz untersucht werden, müssen auch die Verkehrssituationen betrachtet werden, in denen sich Altersunterschiede zeigen. Mit einem Anteil von 97 % sind laut amtlicher Unfallstatistik nahezu alle Unfälle von Senioren auf Fehler des Fahrers zurückzuführen. Mangelnde Überwachung des Verkehrsraums und eine falsche Einschätzung von

Zeitlücken beim Ein- und Abbiegen sind dabei die Ursachen, die bei älteren Fahrern häufiger unfallverursachend sind (CICCHINO & MCCARTT, 2015). Die amtliche Unfallstatistik (Statistisches Bundesamt, 2016) zeigt, dass sich die meisten Unfälle, bei denen Senioren am Steuer sitzen, innerhalb von Ortschaften ereignen. Etwas mehr als die Hälfte in dieser Altersgruppe verunglückte 2015 auf Innerortsstraßen tödlich oder wurde dort verletzt.

Auf Straßen außerhalb von Ortschaften und auf Autobahnen verunglückten hingegen nur 38,1 % bzw. 8,1 % der Fahrer 65 Jahre oder älter. Die Betrachtung der Fehlverhaltensweisen, die zu einem Unfall geführt haben zeigt, dass die häufigsten Unfallursachen bei den Senioren ein Missachten der Vorfahrt, Fehler beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren sowie Ein- und Anfahren sind. Diese machten 22,4 % bzw. 20,9 % der Unfallursachen aus. Weitere 11,1 % und 8,1 % der Fahrfehler gingen auf einen zu geringen Fahrzeugabstand bzw. ein falsches Verhalten gegenüber Fußgängern zurück. Hingegen waren eine nicht angepasste Geschwindigkeit, Fehler beim Überholen und Alkoholeinfluss nur in 6,1 %, 3,0 % bzw. 0,9 % der Fälle die Ursache, was auf ein eher risikoarmes Fahrverhalten der Älteren hinweist (Statistisches Bundesamt, 2016).

Betrachtet man die tageszeitliche Verteilung der Verkehrsunfälle so fällt auf, dass 81,0 % in der Altersgruppe der Senioren bei Unfällen zu Schaden kamen, die sich zwischen 9:00 und 18:00 Uhr ereigneten. Lediglich 4,3 % verunglückten zwischen 20:00 und 6:00 Uhr. Unfälle bei Nacht oder in den frühen Morgenstunden scheinen bei Senioren demnach eher kein Unfallschwerpunkt zu sein (Statistisches Bundesamt, 2016).

2.2 Altersbezogene Veränderungen in fahrsicherheitsrelevanten Leistungsbereichen

Um festlegen zu können, welche Leistungsbereiche betrachtet werden müssen, wenn es um die Einschätzung der Fähigkeit geht, ein Fahrzeug sicher im Verkehr steuern zu können, ist eine Systematisierung der Fahraufgabe notwendig. Rein funktional betrachtet besteht die Aufgabe des Fahrers „aus der Vorgabe von Geschwindigkeit und Richtung zur Erreichung des Fahrziels unter Berücksichtigung der Verkehrsumgebung [...]“ (VOLLRATH & KREMS, 2011, S. 26). Dabei müssen vom Fahrer

Rahmenbedingungen wie die fahrdynamischen Eigenschaften des Fahrzeugs, die geltenden Verkehrsregeln aber auch sein derzeitiger Zustand berücksichtigt werden. Es gibt verschiedene Modelle, anhand derer die Fahraufgabe beschrieben wird. Diese haben jeweils unterschiedliche Schwerpunkte.

2.2.1 Modelle des Fahrens

Ein häufig zur Beschreibung der Fahraufgabe herangezogenes Modell ist das Drei-Ebenen-Modell des Fahrens (MICHON, 1985). Während in diesem Modell die strategische Ebene (Auswahl der Route), die Manöverebene (Reagieren auf die Verkehrssituation) und die Kontrollebene (Spurposition, Geschwindigkeit) gegeneinander abgegrenzt wurden, nahmen VOLLRATH & KREMS (2011) eine Weiterentwicklung vor, in welcher sie diese drei hierarchischen Handlungsebenen des Fahrers in das Gesamtsystem Fahrer-Fahrzeug-Umwelt integrierten. Auch in der Weiterentwicklung werden drei Ebenen unterschieden, die jedoch in Übereinstimmung mit neueren Publikationen mit Navigation (Wahl der Fahrstrecke), Bahnführung (Beachtung der Verkehrsregeln, Einhaltung von Abständen) und Stabilisierung (Lenken, Beschleunigen, Bremsen) bezeichnet werden. Im Modell wird auch berücksichtigt, dass Umweltbedingungen Einfluss auf die Handlungen des Fahrers haben, dieser über sein Handeln das Fahrzeug in dieser Umwelt bewegt und damit Veränderungen der Umweltbedingungen verursacht.

Der Großteil der Informationen, die für das Fahren notwendig sind, wird über die Augen aufgenommen. Allerdings ist das Sichtfeld begrenzt und es sind zu meist deutlich mehr Informationen vorhanden, als verarbeitet werden können. Der Fahrer muss also eine Auswahl treffen und seine Aufmerksamkeit den relevanten Reizen zuwenden. Diesen Prozess der Informationsverarbeitung beschreibt das SEEV-Modell. Es wurde ausgehend von Befunden zur visuellen Aufmerksamkeit von Piloten entwickelt (WICKENS, GOH, HELLEBERG, HORREY & TALLEUR, 2003) und später auf das Fahren übertragen (HORREY, WICKENS & CONSALUS, 2006). Im Modell stehen S (Salienz) und E (Effort – Anstrengung) für zwei Faktoren, die keiner willentlichen Kontrolle unterliegen. Salienz beschreibt Merkmale von Objekten, die dafür sorgen, dass diese auffallen (z. B. eine schnelle Annäherung). Effort bezeichnet das Maß an Anstrengungen, das erforderlich ist, um die Aufmerksamkeit auf ein Objekt zu richten. Mehr

Aufmerksamkeit ist notwendig, wenn ein Objekt weit vom Fahrer entfernt ist. Da Menschen dazu tendieren, Anstrengung zu vermeiden, werden weiter entfernt liegende Objekte weniger beachtet als nahe Objekte. Mit E (Expectancy – Erwartung) und V (Value – Wert der Information) werden im Modell die beiden aufmerksamkeitslenkenden Faktoren bezeichnet, die einer willentlichen Kontrolle unterliegen. Fahrer haben Erwartungen (E), wo relevante Objekte überhaupt auftauchen (z. B. Verkehrszeichen in der Regel am Straßenrand). Nur bestimmte Informationen sind für den Fahrer überhaupt relevant und haben einen Wert V. Der Fußgänger, der in Begriff ist die Straße zu überqueren, ist ein relevantes Objekt, während ein Fußgänger auf dem Gehweg, der sich in sicherer Entfernung vom Fahrzeug weg bewegt, dies nicht ist. Die Aufmerksamkeit wird daher auf den Fußgänger gerichtet, der die Straße queren will.

Ein sehr umfassendes Modell das erklärt, wann es zu einem Unfall kommt, legt FULLER (2005) vor (siehe Bild 2). FULLER (2005) unterscheidet die vom Fahrer wahrgenommenen Anforderungen, die sich aus der jeweiligen Verkehrssituation ergeben, und die von ihm wahrgenommenen eigenen Fähigkeiten. Im Autofahren wird eine Aufgabe gesehen, in der Handlungen (z. B. die Anpassung der Geschwindigkeit) in einer sich verändernden Umwelt (z. B. dem Befahren einer kurvigen Straße) stattfinden und kontinuierlich überwacht und angepasst werden müssen. Der Fahrer muss dafür Sorge tragen, dass er die Anforderungen der Fahraufgabe bewältigen kann. Hier spielt das subjektiv wahrge-

nommene Risiko bzw. die subjektiv wahrgenommene Sicherheit eine zentrale Rolle. Seine aktuellen Fähigkeiten hängen von seiner Kompetenz und seinem aktuellen Zustand ab. Während die Kompetenzen überdauernd vorhanden sind und durch Training und Erfahrung erworben wurden, werden sie vom aktuellen Zustand (z. B. Alkoholwirkung, Müdigkeit) beeinflusst. Die Höhe der Anforderungen aus der Fahraufgabe hängt von der Straße, der Fahrgeschwindigkeit, den Eigenschaften des Fahrzeugs und dem Verhalten der übrigen Verkehrsteilnehmer ab. Die Fahrgeschwindigkeit wiederum ist von aktuellen Zielen des Fahrers determiniert.

Wenn die Anforderungen in einer Verkehrssituation die aktuellen Fähigkeiten des Fahrers übersteigen, droht der Verlust der Kontrolle über die Situation. Diesem kann der Fahrer begegnen, indem er seine Ziele modifiziert und beispielsweise langsamer fährt. Die Verringerung der Fahrgeschwindigkeit resultiert in einer Verringerung der Anforderungen. Weiterhin wird im Modell noch berücksichtigt, dass der Verlust der Kontrolle in einer Verkehrssituation nicht zwangsläufig zum Unfall führt. Hier kommen die anderen Verkehrsteilnehmer ins Spiel, die ihrerseits durch ihr Verhalten einen Unfall verhindern können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es das eine umfassende Modell des Fahrens, das universell in allen Bereichen der verkehrspsychologischen Forschung Anwendung finden kann, nicht gibt. Schwierigkeiten ergeben sich auch bei dem Versuch, basierend auf den Modellen einzelnen Fahraufgaben die dafür erforderlichen sensorischen, kognitiven und motorischen Fähigkeiten zuzuordnen. Für die vorliegende Studie liegt der Wert des Drei-Ebenen-Modell des Fahrens darin, dass es einen Ansatz liefert, die Anforderungen der Fahraufgabe zu strukturieren. Das Modell zeigt darüber hinaus die Notwendigkeit auf, die Fahrer mit unterschiedlich komplexen Anforderungen zu konfrontieren. Dies hat Implikationen für die Streckengestaltung. Das Modell von FULLER (2005) berücksichtigt den Einfluss, den die übrigen Verkehrsteilnehmer auf die Entstehung von Unfällen haben. Nur wenn die Anforderungen der Aufgabe konstant gehalten werden, kann auf die Fähigkeiten des Fahrers geschlossen werden. In der Fahrsimulation ist dies möglich, da Situationen immer wieder identisch reproduziert werden können. Der Einfluss des Verhaltens der übrigen Verkehrsteilnehmer ist hier ausgeschaltet.

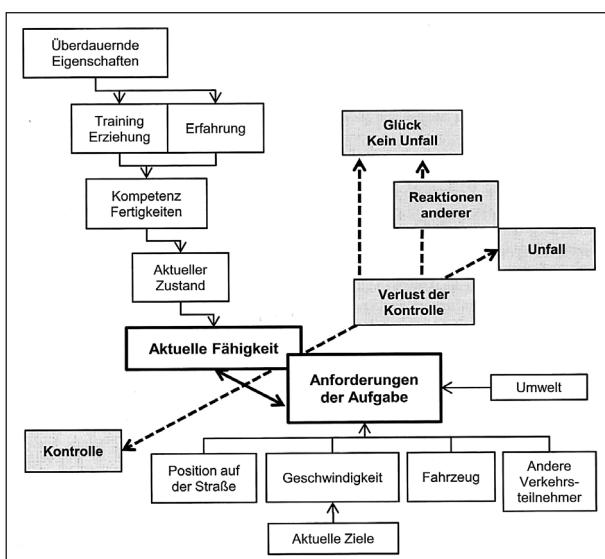


Bild 2: Unfallmodell von Fuller (aus VOLLRATH & KREMS, 2011, S. 54).

2.2.2 Leistungsveränderungen im Alter

Mit zunehmendem Alter gehen verschiedene geistige und motorische Leistungen zurück. Dieser Rückgang verläuft jedoch interindividuell sehr unterschiedlich und betrifft auch nicht alle Leistungsbe- reiche im gleichen Ausmaß. Weil Altern und der da- mit verbundene Rückgang der Leistungsfähigkeit so individuell abläuft, ist das chronologische Alter auch nur ein schwacher Prädiktor für die individuel- le Leistungsfähigkeit einer Person. Somit können allenfalls generelle Aussagen getroffen werden, die für die Gesamtheit der Personen innerhalb dieser Altersgruppe zutreffen.

In Zusammenhang mit der Unfallverwicklung von Senioren wird eine Vielzahl alterskorrelierter Verän- derungen diskutiert. Diese sensorischen, kognitiven und motorischen Veränderungen sind umfassend bei SCHUBERT et al. (2018) beschrieben. Sie wer- den im Folgenden im Überblick dargestellt.

Sensorische Fähigkeiten

Die meisten relevanten Informationen werden beim Autofahren mit dem Auge aufgenommen. Dem Seh- vermögen kommt daher bei der Fahrkompetenz eine zentrale Bedeutung zu. Mit fortschreitendem Al- ter verkleinert sich der Durchmesser der Pupille (MEISAMI, BROWN & EMERLE, 2011), welches das Sehen besonders bei ungünstigen Lichtverhält- nissen beeinträchtigt (WAHL & HEYL, 2007). Der al- tersbedingte Rückgang der Elastizität der Linse führt zu einer verringerten Sehschärfe im Nahbereich (MEISAMI, BROWN & EMERLE, 2007). Weil die Ak- kommodation des Auges zunehmend langsamer verläuft (LOCKHART & SHI, 2010) dauert das deut- liche Erkennen von Objekten länger als in jüngeren Jahren. Aufgrund der Abnahme der Dichte der Stäb- chen auf der Netzhaut geht die Fähigkeit bei Däm- merung und Dunkelheit zu sehen mit dem Alter zu- rück (MEISAMI et al., 2007). Weiterhin nimmt die Größe des Gesichtsfelds ab (MEISAMI et al., 2007). Das Gesichtsfeld bezeichnet den Ausschnitt aus der Umgebung, der wahrgenommen werden kann, ohne die Augen oder den Kopf zu bewegen.

Es konnte gezeigt werden, dass ein beeinträchti- gtes Sehvermögen bei Dämmerung und erhöhte Blendempfindlichkeit mit einer höheren Wahr- scheinlichkeit für Dämmerungsunfälle in Zusam- menhang stehen (LACHENMAYR, BERGER, BUSER & KELLER, 1998). Eine Meta-Analyse von BALL, WADLEY, EDWARDS, BALL & ROENKER (2001) zeigte zwischen Sehschärfe und Unfallrisiko

nur einen geringen Zusammenhang. Auch finden sich allenfalls schwache Belege dafür, dass die Be- einträchtigung des Gesichtsfelds mit einem Rück- gang der Fahrkompetenz zusammenhängt (ELGIN et al., 2010).

Mit zunehmendem Alter verschlechtert sich das Hörvermögen. Etwa 40 % aller Personen jenseits der 65 Jahre leiden unter Altersschwerhörigkeit (ZAHNERT, 2011). Im Vergleich zum Sehen wurde der Zusammenhang zwischen dem Hörvermögen und der Fahrkompetenz bislang selten untersucht. Die vorhandenen Studien geben keinen gesicher- ten Hinweis darauf, dass ein bedeutender Zusam- menhang zur Verkehrssicherheit besteht (EWERT, 2006). Akustische Ablenkung scheint sich bei Fah- rern, deren Hörvermögen deutlicher beeinträchtigt ist, jedoch deutlich nachteiliger auf die Fahrsicher- heit auszuwirken (HICKSON, WOOD, CHAPARRO, LACHEREZ & MARSZALEK, 2010).

Kognitive Fähigkeiten

In Zusammenhang mit der Fahrsicherheit wird sehr häufig das nutzbare Sehfeld (Useful Field of View; UFOV) angeführt. Weitere kognitive Funktionen, die in Zusammenhang mit der Fahrsicherheit diskutiert werden, sind räumliche Informationsverarbeitung, Aufmerksamkeit (visuelle, selektive oder geteilte), Reaktionsgeschwindigkeit und das Leistungsver- mögen des Kurz- und Langzeitgedächtnisses.

Das UFOV ist kleiner als das Gesichtsfeld und be- zeichnet die räumliche Ausdehnung des Bereichs, innerhalb dem eine Person die für die Ausführung einer bestimmten Aufgabe relevanten Informatio- nen finden kann. Die Größe des nutzbaren Seh- felds wird nicht nur von der Reizaufnahme über das Auge determiniert, sondern auch von der Fähigkeit zur Informationsverarbeitung. Es ist nicht konstant groß, sondern verändert sich zum Beispiel unter Einfluss von Alkohol (JONGEN, VUURMAN, RA- MAEKERS & VERMEEREN, 2016). Die Meta-Ana- lyse von CLAY et al. (2005) belegt, dass ein Zusam- menhang zwischen der Leistung in einem Test zur Prüfung des nutzbaren Sehfeldes und der Unfall- häufigkeit sowie dem Fahrverhalten besteht. Ältere Fahrer, die aufgrund ihrer Leistung im UFOV-Test, insbesondere in dem Sub-Test zur selektiven Auf- merksamkeit, als unfallgefährdet eingeschätzt wur- den, zeigten in einer Fahrt unter Ablenkung die schlechteste Leistung (WOOD, CHAPARRO, LA- CHEREZ & HICKSON, 2012).

Insbesondere die kognitiven Prozesse, die mit der visuellen Informationsverarbeitung in Zusammenhang stehen, unterliegen einem altersbedingten Leistungsrückgang. So stellt die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung einen deutlichen Indikator für alterungsbedingte Veränderungen dar (RIDDLE, 2007). DOROUDGAR et al. (2017) wiesen bei Fahrern über 60 Jahren längere Reaktionszeiten in einer Reiz-Reaktionsaufgabe nach als bei Fahrern im mittleren Alter (18-40 Jahre). Im höheren Alter geht die Fähigkeit zur effektiven Allokation der Aufmerksamkeit auf relevante Reize zurück (GREENWOOD & PARASURAMAN, 2004; MATAS, NETTELBECK & BURNS, 2015). Mit zunehmendem Alter haben Menschen zudem größere Schwierigkeiten, irrelevante Informationen auszublenden (HAHN, WILD-WALL & FALKENSTEIN, 2011) und es fällt ihnen zunehmend schwerer, ihre Aufmerksamkeit zwischen verschiedenen Aufgaben zu wechseln (KRAY & LINDENBERGER, 2000). Zudem zeigen sich im Straßenverkehr bei Älteren Schwierigkeiten, die Geschwindigkeiten anderer Verkehrsteilnehmer korrekt einzuschätzen (SCIALFA, GUZY, LEIBOWITZ, GARVEY & TYRRELL, 1991).

Ein zentraler Befund der Intelligenzforschung ist, dass der Prozess des Alterns zunächst überwiegend den Bereich der fluiden Intelligenz betrifft, d. h. Leistungen, die mit einer raschen Anpassung an veränderte Bedingungen oder das Erkennen von Zusammenhängen in Verbindung stehen. Die kristalline Intelligenz hingegen, die Fähigkeit zum Abruf von erworbenem Wissen oder von Zusammenhängen, die aus Erfahrung bekannt sind, bleibt im Altersverlauf hingegen noch relativ lange stabil. Leistungsrückgänge sind hier erst ab dem 8. Lebensjahrzehnt zu erwarten (GUNZELMANN, 2008). Somit ist davon auszugehen, dass das Wissen über Verkehrsregeln recht lange erhalten bleibt, während die Fähigkeit, komplexe Verkehrssituationen zu erfassen und adäquate Verhaltensweisen zu erkennen, deutlich früher beeinträchtigt ist.

Aufgrund der hohen interindividuellen Unterschiede im Verlauf des Alterns und dem damit verbundenen Rückgang kognitiver Fähigkeiten, ist die Abgrenzung zu einem pathologischen Alterungsprozess der psychophysischen Funktionen sehr schwierig. Die beiden häufigsten psychiatrischen Krankheitsbilder des Alters sind Demenz und Depression. Beide können über entsprechende Testverfahren diagnostiziert werden (GUNZELMANN, 2008) und wer-

den in Zusammenhang mit der Fahrsicherheit diskutiert.

Eine Vorstufe der Demenz stellt die leichte kognitive Störung (mild cognitive impairment; MCI) dar. MCI wird häufig in Zusammenhang mit der Fahrkompetenz im höheren Alter diskutiert (OLSEN, TAYLOR & THOMAS, 2014) und bezeichnet kognitive Leistungseinbußen, die das Ausmaß des normalen altersbedingten Leistungsrückgangs übersteigen, aber noch nicht die Kriterien für die Demenz erfüllen (GUNZELMANN, 2008). Obwohl groß angelegte Studien noch fehlen und zwischen den vorhandenen Studien deutliche Unterschiede hinsichtlich der methodischen Durchführung bestehen, ist davon auszugehen, dass bei Vorliegen eines MCI wie auch bei einer Demenz die Fahrsicherheit beeinträchtigt ist. Dabei besteht erwartungsgemäß ein Zusammenhang zwischen der Ausprägung und dem Ausmaß der Beeinträchtigung (HIRD, EGETO, FISCHER, NAGLIE & SCHWEIZER, 2016; OLSEN et al., 2014).

Motorische Fähigkeiten

Keine gesellschaftliche Gruppe ist hinsichtlich ihrer motorischen Leistungsfähigkeit so heterogen wie die der älteren Menschen (RINKENAUER, 2008). Mit zunehmendem Alter geht die Beweglichkeit zurück. Dieser Rückgang ist durch altersbedingte Veränderungen des Bewegungsapparates und der Muskulatur bedingt. Beim Fahren ist eine ausreichende Beweglichkeit schon beim Einsteigen in das Fahrzeug, aber auch beim Fahren z. B. für die Sicht in die Spiegel und beim Ausführen des Schulterblickes notwendig. Motorische Reaktionen sind auch für die Bedieneingaben erforderlich. Die eingeschränkte Beweglichkeit der Halswirbelsäule kann zu deutlichen Beschränkungen bei der Wahrnehmung und Orientierung, z. B. an Kreuzungen oder beim Abbiegen führen.

Insgesamt spielt die Motorik beim Unfallgeschehen aber eine eher untergeordnete Rolle, vielmehr kommt es bei Senioren aufgrund der Verlangsamung zur Gefährdung (RINKENAUER, 2008). So konnte gezeigt werden, dass die Bremsreaktionszeiten älterer Fahrer länger sind. Allerdings gibt es Hinweise darauf, dass sich eher die Entscheidungszeit mit dem Alter verlängert, als die motorische Ausführung des Bremsvorgangs an sich (WARSHAWSKY-LIVNE & SHINAR, 2002).

Ab etwa 70 Jahren nimmt die Muskelmasse und die Kraft ab (DOHERTY, 2001). In der Folge geht die

Kraft beim Greifen zurück und die Kraft in den Beinen lässt nach. Die Auswirkungen auf das Fahren sind vermutlich jedoch gering, da aufgrund von Servolenkungen und Bremskraftunterstützenden Systemen in modernen Fahrzeugen weniger Kraft aufgewendet werden muss.

Gesundheitszustand und Medikamenteneinnahme

Der Gesundheitszustand und die Art der eingenommenen Medikamente stellen bei Senioren sehr gute Prädiktoren für die Wahrscheinlichkeit der Verwicklung in Unfälle dar (PAPA et al., 2014). Viele Erkrankungen treten im Alter häufiger auf als in jüngeren Jahren. So leiden etwa 70 % der über 60-Jährigen unter mindestens einer diagnostizierten Erkrankung, fast die Hälfte leidet sogar an zwei oder mehr Erkrankungen. Ab diesem Alter leidet etwa jeder Dritte unter einer Erkrankung des kardiovaskulären Systems. Schlafstörungen sind sehr verbreitet, nahezu jeder Fünfte leidet darunter (HOLTE & ALBRECHT, 2004). Besonders beim Vorliegen einer Multimorbidität steigt das Unfallrisiko an (HOLTE & ALBRECHT, 2004).

Mit der Häufigkeit von Erkrankungen geht auch eine vermehrte Einnahme von Medikamenten einher. Diese kann sich ihrerseits negativ auf die Fahrsicherheit auswirken. In einer umfassenden Meta-Analyse wurden 35 Medikamente daraufhin untersucht, in wieweit deren Einnahme mit einer Erhöhung des Unfallrisikos verbunden ist. Bei 15 (28,3 %) der 35 betrachteten Medikamente konnte unter der Einnahme ein erhöhtes Unfallrisiko nachgewiesen werden. Die Substanzen sind: Buprenorphin, Codein, Dihydrocodein, Methadone, Tramadol, Levocetirizine, Diazepam, Flunitrazepam, Flurazepam, Lorazepam, Temazepam, Triazolam, Carisoprodol, Zolpidem und Zopiclon (RUDISILL, ZHU, KELLEY, PILKERTON & RUDISILL, 2016).

2.2.3 Die fahrsicherheitsrelevanten Leistungsbereiche nach FeV

In der Fahrerlaubnisverordnung (FeV) werden Orientierungsleistung, Konzentrationsfähigkeit, Aufmerksamkeit, Reaktionsfähigkeit und Belastbarkeit als Leistungsbereiche aufgelistet, in denen Fahrer keine Mängel aufweisen dürfen und die im Rahmen der amtlichen Begutachtung der Fahreignung überprüft werden. In den Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahrereignung sind diese Begriffe näher erläutert (GRÄCMANN & ALBRECHT, 2016). Jedoch fehlen Angaben darüber, wie diese recht unkonkret

formulierten Leistungsbereiche zu erfassen sind. Hier beschränken sich die Vorgaben auf die Forderung, dass die psychische Leistungsfähigkeit mit geeigneten, objektivierbaren psychologischen Testverfahren zu untersuchen ist. Welche Verfahren konkret eingesetzt werden sollen, wird nicht angegeben. Es wird aber gefordert, dass diese Verfahren nach dem Stand der Wissenschaft standardisiert und unter Aspekten der Verkehrssicherheit validiert (FeV Anlage 5, Abs. 2) sein müssen.

Die am häufigsten in Deutschland eingesetzten Verfahren zur Leistungsüberprüfung im Rahmen der Begutachtung sind (BUKASA & UTZELMANN, 2009; POSCHADEL, FALKENSTEIN, PAPPACHAN, POLL & HINCKELDEY, 2009):

- Wiener Testsystem Verkehr der Schuhfried GmbH (www.psyexpert.de),
- ART90 und ART2020 des Kuratoriums für Verkehrssicherheit (www.kfv.at) und
- Corporal des Instituts für Testentwicklung und –anwendung (www.vistec-ag.de).

Bei diesen Verfahren handelt es sich um computerbasierte Verfahren. Zu den häufig eingesetzten Verfahren zählt weiterhin noch der Aufmerksamkeits-Belastungs-Test d2, ein Papier-und-Bleistift-Verfahren, sowie die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit (TAP-M). Verhaltensbeobachtungen beim Fahren im Straßenverkehr können bei der Begutachtung zwar durchgeführt werden, dies erfolgt aber nicht regelhaft (BUKASA & UTZELMANN, 2009).

2.3 Kompensationsverhalten

Ältere Fahrer passen ihr Fahrverhalten in der Regel an die Leistungsveränderungen an, die mit dem Älterwerden einhergehen. Sie verfolgen dabei unterschiedliche Strategien. Einige Fahrer geben das Autofahren abrupt auf, wenn ernsthafte gesundheitliche Probleme auftreten oder sie in einen schweren Unfall verwickelt wurden. In der Regel verläuft der Prozess bis zur vollständigen Aufgabe des Fahrens aber allmählich. Fahrer schränken das Fahren dann generell ein oder meiden bestimmte Verkehrssituationen, denen sie sich nicht mehr gewachsen fühlen (HAKAMIES-BLOMQVIST & WAHLSTRÖM, 1998). Etwa ein Viertel der Fahrer über 65 Jahren meidet bestimmte Verkehrssituationen und zeigt

damit ein Kompensationsverhalten. Frauen zeigen dieses Vermeidungsverhalten eher als Männer (MOLNAR & EBY, 2008). Verkehrssituationen, die Senioren häufig meiden, sind Linksabbiegemanöver an unregelmäßigen Kreuzungen, Fahrten ohne Begleitung, bei Nacht, bei schlechtem Wetter oder bei dichtem Verkehr. Auch werden Fahrten auf Autobahnen und Fahrten in Gegenden, die den Fahrern nicht vertraut sind, häufig gemieden (MOLNAR & EBY, 2008). Darüber hinaus fahren Ältere oft insgesamt langsamer als Fahrer anderer Altersgruppen und halten einen größeren Sicherheitsabstand ein (ANDREWS & WESTERMAN, 2012; NISHIDA, 1999).

Zwischen dem Vermeiden von Verkehrssituationen und der Einschätzung der eigenen Fähigkeiten besteht in der Regel ein enger Zusammenhang (CHARLTON et al., 2006). Die korrekte Selbstwahrnehmung der eigenen Fähigkeiten ist deshalb die Voraussetzung dafür, dass solche selbstregulatorischen Strategien gezeigt werden können.

Obwohl die Mehrheit der älteren Fahrer in der Lage ist, die eigene Fahrfähigkeit adäquat zu bewerten, neigen einige dazu, ihre Fahrkompetenz zu überschätzen (FREUND, COLGROVE, BURKE & MCLEOD, 2005). Wird die Diskrepanz zwischen der Selbstwahrnehmung und der tatsächlichen Leistung in Richtung einer Überschätzung zu groß, entsteht kein Gefahrenbewusstsein (KARTHAUS, WILLEMSSEN, JOIKO & FALKENSTEIN, 2015). Aber auch das Gegenteil kann der Fall sein. Die Fahrkompetenz wird unterschätzt und das Autofahren verfrüht eingestellt. Dies kann sich negativ auf die Lebensqualität dieser Personen auswirken.

3 Fahrverhaltensbeobachtungen als Methode zur Bewertung der Fahrkompetenz

3.1 Fahrverhaltensbeobachtungen im Straßenverkehr

Zur Bewertung der Fahrkompetenz kann auch direkt das Verhalten im Straßenverkehr beobachtet und nach verschiedenen Kriterien bewertet werden. Dies wird als psychologische Fahrverhaltensbeobachtung bezeichnet. Sie wird nach wie vor als der Goldstandard für die Bewertung der Fahrkompetenz betrachtet (DI STEFANO & MACDONALD,

2003; ODENHEIMER et al., 1994) und hat eine hohe Augenscheinvalidität. Sie wird aus diesem Grund auch von Fahrern in der Regel sehr gut akzeptiert. Fahrverhaltensbeobachtungen weisen darüber hinaus eine hohe testtheoretische Güte auf. Die Reliabilität der Zählung von Ereignissen bei einer Fahrverhaltensbeobachtung ist sehr hoch. RA-EDT (2000; ZITIERT NACH FASTENMEIER, GSTALTER, ROMPE UND RISSER, 2015) berichtet Werte von .86 bis .97. Darüber hinaus gehen bei der Beobachtung des tatsächlichen Verhaltens im Straßenverkehr auch die Kompensationsstrategien der Fahrer mit in die Bewertung ein, die sie anwenden, um vorhandene Beeinträchtigungen auszugleichen. Dies ist bei der Testung kognitiver Leistungsbereiche in der Regel nicht der Fall.

Dennoch ist die Durchführung von Fahrverhaltensbeobachtungen im Realverkehr auch mit Nachteilen verbunden. So können sich die Anforderungen an den Fahrer auf derselben Strecke in Abhängigkeit von Wetter- und Verkehrsbedingungen stark unterscheiden (BALL & ACKERMANN, 2011). Kritische Fahrsituationen, welche eventuell nötig sind, um Defizite sichtbar werden zu lassen, treten während der Fahrten nicht immer auf oder können aus sicherheitskritischen Überlegungen nicht realisiert werden. Bei Fahrten im Realverkehr kann es zudem immer auch zu einer Gefährdung des Fahrers und der übrigen Verkehrsteilnehmer kommen, wenn dieser über keine ausreichende Fahrkompetenz verfügt.

Gemäß der einschlägigen Fachliteratur sollen Fahrverhaltensbeobachtungen immer eine repräsentative Auswahl der Verkehrssituationen enthalten, mit denen Fahrer üblicherweise beim Fahren konfrontiert werden. Ähnlich wie bei der praktischen Führerscheinprüfung sollen deshalb Streckenabschnitte in der Innenstadt, außerorts und auf Autobahnen gefahren werden (BUKASA & UTZELMANN, 2009). Es wird ferner gefordert, dass die Fahrt ein durchschnittliches Anforderungsniveau hat und nicht aus einer Aneinanderreihung kritischer Verkehrssituationen besteht, in denen sich Fahrer bewähren müssen. Die Fahrtdauer sollte mindestens 45 Minuten betragen (BUKASA & UTZELMANN, 2009). Es sollte zudem eine Möglichkeit zur Eingewöhnung an das Fahrzeug bestehen, mit dem die Fahrverhaltensbeobachtung absolviert wird (UTZELMANN & BRENNER-HARTMANN, 2005).

Ein kritischer Punkt bei der Durchführung ist die Registrierung und Bewertung des Fahrerhaltens.

Bei der Bewertung sollte es nicht nur um die bloße Einhaltung der geltenden Verkehrsregeln gehen, sondern auch beachtet werden, inwiefern das gezeigte Verhalten an die Verkehrssituation angepasst war (UTZELMANN & BRENNER-HARTMANN, 2005). Daher ist eine genaue Beschreibung der Beobachtungs- und Bewertungskategorien erforderlich und es sollte eine systematische Erfassung der Fehler nach Art und Häufigkeit möglich sein.

Die wohl bekanntesten Fahrverhaltensbeobachtungen sind die Wiener Fahrprobe (RISSER & BRANDSTÄTTER, 1985) und der Kölner Fahrverhaltens-Test (KROJ & PFEIFFER, 1973). Beide basieren auf dem Prinzip der Fehlerzählung, wurden auf und für eine bestimmte Strecke entwickelt, können aber auch auf andere Strecken übertragen werden. Das System zur Analyse des Fahrverhaltens (SAF) stellt eine Weiterentwicklung der Wiener Fahrprobe dar. Bei der Durchführung werden zusätzlich zur Beobachtung Messdaten (Geschwindigkeit, Beschleunigung) und ein Video der Fahrt aufgezeichnet (SMUC & CHRIST, 2001). BRENNER-HARTMANN (2002) entwickelte ein Vorgehen, das auf der Zusammenfassung und Neugruppierung der relevanten Beobachtungsvariablen aus diesen zuvor beschriebenen Verfahren basiert und das Klassifikationsschema für Verkehrssituationen von FASTENMEIER (1995) berücksichtigt. Bei der Beobachtung werden die Bereiche Geschwindigkeitsverhalten (Gs), Abstandsverhalten (Ab), Fahrbahnbenutzung (Fb), Sicherndes Verhalten (Si), Gefährdendes Verhalten (Gf) und Kommunikationsverhalten (Ko) unterschieden. Diese Bereiche sind ihrerseits jeweils weiter unterteilt.

Das TRIP-Protokoll (Test Ride for Investigating Practical fitness-to-drive) wurde ursprünglich von einer niederländischen Arbeitsgruppe zur Bewertung der Fahrkompetenz von Menschen mit Behinderung oder chronischen Erkrankungen entwickelt und weiterentwickelt bereits in Studien zur Fahrkompetenz von Senioren eingesetzt (POSCHADEL, BLÖBAUM & BOENKE, 2012; RAEDT & PONJAERT-KRISTOFFERSEN, 2001). Anders als bei den zuvor vorgestellten Verfahren erfolgt die Bewertung hier nicht durch Bewertung der Einzelsituationen, sondern es wird eine situationsübergreifende Bewertung des Verhaltens über die Gesamtheit einer Fahrt anhand mehrerer Merkmalsdimensionen vorgenommen.

3.2 Fahrverhaltensbeobachtungen in Fahrsimulatoren

In entsprechend ausgestatteten Fahrsimulatoren kann der Straßenverkehr und die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern wirklichkeitsnah dargestellt werden. In der Simulationsumgebung kann auf eine Vielzahl von Einflussfaktoren zugegriffen werden, was in der Realität z. B. bei infrastrukturellen Merkmalen einer Strecke, nicht in der Form möglich ist (TRICK & CAIRD, 2011). Ein entscheidender Vorteil besteht in der Reproduzierbarkeit der Verkehrssituationen. Verschiedene Fahrer können so mit den gleichen Anforderungen konfrontiert werden. In Simulatoren kann zudem auch das Verhalten der Fahrer in Situationen untersucht werden, die selten auftreten und/oder die gefährlich sind. Dabei laufen die Fahrten ohne jegliche echte Gefährdung der Fahrzeuginsassen und der übrigen Verkehrsteilnehmer ab.

Die Durchführung von Fahrverhaltensbeobachtungen in Fahrsimulatoren ist, wie jede Studie, die in Fahrsimulatoren durchgeführt wird, auch mit Problemen verbunden. Zum einen stellt sich die Frage nach der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das Verhalten im Straßenverkehr. Auch vertragen nicht alle Fahrer das Fahren im Fahrsimulator. Übelkeit und Schwindel sind Symptome der Simulatorkrankheit (SK), die auftreten können. Dies kann dazu führen, dass Fahrten vorzeitig abgebrochen werden oder die Ergebnisse nicht verwertbar sind. Daher gilt es, das Auftreten der SK durch geeignete Maßnahmen zu verhindern oder zu minimieren. Eine Möglichkeit ist die allmähliche Gewöhnung an das Fahren im Fahrsimulator im Rahmen eines Trainings zur Simulatorgewöhnung.

3.2.1 Validität der Fahrsimulation

Um zu überprüfen, wie gut die Vorhersage der Fahrkompetenz aus Leistungsmaßen möglich ist, sind Validierungsstudien notwendig. In diesen wird der Zusammenhang zwischen Prädiktoren und dem Verhalten im Straßenverkehr oder im Fahrsimulator geprüft oder der Zusammenhang zur Unfallverwicklung betrachtet.

In Fahrsimulatoren gewonnene Ergebnisse gelten als weitgehend übertragbar (valide) auf das Verhalten im realen Straßenverkehr. Zwar stimmen die in Simulatoren gemessene Verhaltensparameter der Längs- und Querregulation in ihrer absoluten Höhe nicht vollständig mit den im Realverkehr ermittelten überein (absolute Validität), jedoch wirken sich ex-

perimentelle Variationen jeweils vergleichbar aus (BLANA, 1997; BLANA & GOLIAS, 2002; MULLEN, CHARLTON, DEVLIN & BÉDARD, 2011). So schwanken Fahrer beim Fahren im Fahrsimulator und im realen Straßenverkehr unterschiedlich stark innerhalb der Fahrspur. Unter Ablenkung nimmt dieses Schwanken sowohl im Fahrsimulator als auch im realen Straßenverkehr zu, wobei der Effekt im Simulator stärker ausgeprägt ist. Auch hinsichtlich des Sicherungsverhaltens, der Durchführung von Spiegelblicken, der Beobachtungen des umgebenden Verkehrs und der Beachtung von Lichtsignalanlagen und Schildern verhalten sich Fahrer im Simulator vergleichbar wie auf der Straße (MULLEN et al., 2011). Beim Abbiegen treten im Simulator die gleichen Fehler auf, die auch im realen Straßenverkehr auftreten (SHECHTMAN, CLASSEN, AWADZI & MANN, 2009).

Die Mehrzahl der Simulatorstudien wurde bislang mit Probanden mittleren Alters durchgeführt. Da die Thematik der Fahrsicherheit von Senioren zunehmend in den Fokus der Forschung tritt, werden zunehmend Studien mit dieser Fahrergruppe in Simulatoren durchgeführt. Vor allem wenn der Simulator dafür eingesetzt wird, um die Fahrkompetenz von Senioren zu bestimmen, ist es von zentraler Bedeutung zu wissen, ob die im Simulator gewonnenen Ergebnisse auch bei dieser Personengruppe auf das Verhalten im Straßenverkehr übertragbar sind. Hierzu stellen MULLEN et al. (2011) zusammenfassend fest, dass Fahrsimulatoren geeignet sind, altersbedingte Veränderungen der Fahrkompetenz abzubilden. Sie eignen sich auch zum Identifizieren von Fahrern, die ein erhöhtes Risiko haben, in einen Unfall verwickelt zu werden. Ergebnisse von LEE, CAMERON & LEE (2003) belegen, dass im Fahrsimulator gewonnene Ergebnisse auch bei Senioren auf deren Verhalten im Straßenverkehr übertragbar sind.

3.2.2 Das Problem der Simulatorkrankheit

Problematisch bei der Durchführung von Fahrverhaltensbeobachtungen im Fahrsimulator ist das mögliche Auftreten der Simulatorkrankheit (SK). Sie entsteht aufgrund der Diskrepanz zwischen dem optischen Bewegungseindruck und der davon abweichenden Bewegungswahrnehmung über das Gleichgewichtsorgan (BALL & ACKERMANN, 2011). Die SK tritt sowohl in Simulatoren mit Bewegungssystem als auch in Simulatoren ohne Bewegungssystem auf. Symptome der SK sind u. a. Unwohlsein, Kopfschmerzen, Augenschmerzen, Schwitzen, Übel-

keit, Schwindel und verschwommenes Sehen (KENNEDY, LANE, BERBAUM & LILIENTHAL, 1993).

Die SK kann die Verwertbarkeit der im Simulator generierten Daten einschränken und zu hohen Abbruchquoten unter den Fahrern führen. Sie tritt bei älteren Fahrern häufiger auf als bei jüngeren (BROOKS et al., 2010; ROENKER, CISELL, BALL, WADLEY & EDWARDS, 2003). Weiterhin sind Frauen häufiger betroffen als Männer (MATAS et al., 2015). Die SK kann das Verhalten in einer Fahrverhaltensbeobachtung beeinflussen. Betroffene fahren in der Folge langsamer, bremsen vorsichtiger und beschleunigen schwächer. Die SK kann zudem die Motivation zum Fahren im Simulator beeinflussen und zum Abbruch einer Fahrt oder der Weigerung zur weiteren Teilnahme an einer Studie führen. Je nach Ausstattung des Simulators und Art der Verkehrssituationen werden Abbruchquoten unter älteren Fahrern von etwa 40 % berichtet (TRICK & CAIRD, 2011).

Für die Erfassung der SK gibt es zwei gebräuchliche Verfahren, den Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) (KENNEDY et al., 1993) und den Motion Sickness Assessment Questionnaire (MSAQ) (GIANAROS, MUTH, MORDKOFF, LEVINE & STERN, 2001), wobei das erste Instrument weiter verbreitet ist. Der SSQ umfasst 16 Items, die drei Skalen - Übelkeit, Sehstörungen und Desorientierung - zugeordnet sind. Die Items beschreiben Symptome, deren Ausprägung auf einer vierstufigen Skala anzugeben ist.

3.2.3 Maßnahmen zur Verringerung der Simulatorkrankheit

Im höheren Alter nimmt die Anfälligkeit für das Auftreten der Simulatorkrankheit zu. Daher ist es bei Studien mit Senioren besonders wichtig, den gesamten Ablauf einer Studie auf eine optimale Verträglichkeit hin auszurichten. Maßnahmen, die zu einer Verringerung der Auftretenswahrscheinlichkeit der SK beitragen, können an mehreren Punkten ansetzen: dem Simulator, der Gestaltung der Verkehrsszenarien, dem Aufbau der Strecke sowie bei den Probanden (CASSAVAUGH, DOMEYER & BACKS, 2011). Simulatorseitige Einflussfaktoren auf das Auftreten der SK sind u. a. die Größe des Sichtfeldes, die Güte der Abstimmung des Bewegungssystems, Zeitverzögerungen zwischen der optischen und der mechanischen Bewegungsdarstellung sowie Helligkeit und Kontraststärke des Bildes (NEUKUM & GRATTENTHALER, 2006). Indem Pausen

zwischen den einzelnen Fahrten eingehalten und die Dauer der Fahrten begrenzt wird, kann die Auftretenswahrscheinlichkeit der SK reduziert werden (STONER, FISHER & MOLLENHAUER, 2011). Kinetose tritt häufiger bei dynamischen Manövern auf. Verkehrsszenarien, die abrupte Geschwindigkeitswechsel erfordern oder auch Abbiegemanöver sind daher weniger gut verträglich. Neben Alter, Geschlecht und Gesundheitszustand ist die Simulatorerfahrung ein individueller Einflussfaktor der Person (NEUKUM & GRATTENTHALER, 2006). Vermehrte Simulatorerfahrung führt zu einer geringeren Inzidenz der SK aufgrund einer Toleranzentwicklung gegenüber den Auslösern der SK. So hat sich auch eine ausreichende Simulatorgewöhnung als effektive Maßnahme zu Verminderung des Auftretens der SK erwiesen (STONER et al., 2011).

HOFFMANN & BULD (2006) haben ein Konzept zur Gewöhnung an das Fahren im Fahrsimulator entwickelt und evaluiert, das aus mehreren kürzeren Einzelfahrten mit jeweils unterschiedlichen Lernzielen (z. B. Geschwindigkeitseinschätzung, Einschätzung von Abständen, Abbiegen) besteht. DOMEYER, CASSAVAUGH & BACKS (2013) konnten nachweisen, dass durch eine zweitägige Pause zwischen dem ersten Fahren im Simulator und den weiteren Fahrten die Verträglichkeit weiter erhöht werden kann.

3.2.4 Bislang verwendete Konzepte und Methoden

Ausgehend von Studien zur Untersuchung erkrankungsbedingter Beeinträchtigungen des Fahrers hat eine Würzburger Arbeitsgruppe eine Fahrverhaltensbeobachtung für die Durchführung in einem Fahrsimulator mit Bewegungssystem entwickelt (KAUSSNER, 2007). Der Parcours enthält neben monotonen Abschnitten die wesentlichen Verkehrssituationen, mit denen Fahrer bei Fahrten auf Überlandstrecken, auf Autobahnen und in Innenstadtbereichen konfrontiert werden. Diese Fahrverhaltensbeobachtung wurde weiterentwickelt und an Alkohol validiert (KENNTNER-MABIALA et al., 2015; SCHUMACHER, 2015). Im Rahmen klinischer Prüfungen zur Medikamentenwirkung wurde sie bereits erfolgreich eingesetzt (KAUSSNER et al., 2010). Sie umfasst heute ein Szenarienpaket für Simulatoren, die mit der Simulationssoftware SILAB betrieben werden. Sie beinhaltet auch ein detailliert beschriebenes Konzept zur Leistungsbewertung. Diese Leistungsbewertung wird mithilfe einer Tabletanwendung durchgeführt und basiert auf der Beobachtung des

Verhaltens der Fahrer durch geschulte Experten. Softwareseitig zur Verfügung gestellte Messwerte von Verhaltensparametern ergänzen diese Beobachtung bzw. dienen dem Beobachter zur Unterstützung der Bewertung (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013).

Für psychoaktive Substanzen konnte bereits nachgewiesen werden, dass mit der Untersuchungsanordnung, bestehend aus einer Fahrverhaltensbeobachtung im Fahrsimulator, die Aufgaben umfasst, mit denen Fahrer üblicherweise im Straßenverkehr konfrontiert werden und dem Bewertungsansatz, der auf Beobachtungen durch Experten basiert, Leistungsbeeinträchtigungen nachgewiesen werden können. Bei einer ähnlich gestalteten Fahrverhaltensbeobachtung, die im Straßenverkehr durchgeführt wurde, bei der das gleiche Bewertungskonzept eingesetzt wurde, konnten KENNTNER-MABIALA, KAUSSNER & VOLK (2016) Leistungsunterschiede zwischen älteren Fahrern (62-88 Jahre) und mittelalten Fahrern (40-48 Jahre) identifizieren. In einer weiteren Studie dieser Arbeitsgruppe wurden ältere Fahrer (Altersdurchschnitt etwa 73 Jahre) zunächst beim Befahren einer repräsentativen Strecke im Straßenverkehr nach der eingangs beschriebenen Methodik bewertet. Während die Kontrollgruppe im Anschluss kein Training erhielt, wurden die übrigen Fahrer im Simulator trainiert. In einer erneuten Überprüfungsfahrt im Straßenverkehr konnte eine Leistungsverbesserung durch das Training im Fahrsimulator nachgewiesen werden (KAUSSNER, KENNTNER-MABIALA, HOFFMANN & VOLK, 2016).

Ebenfalls einen komplexen Parcours, jedoch ein anderes Bewertungskonzept, setzten LEE, CAMERON & LEE (2003) in einer Validierungsstudie ein. Sie bewerteten das Fahrverhalten von 129 Fahrern im Alter zwischen 60 und 88 Jahren sowohl beim Fahren in einem stationären Fahrsimulator (STISIM driving simulator) als auch im realen Straßenverkehr. Sowohl im Simulator als auch im Realfahrzeug wurden die Fahrer mit unterschiedlichen Verkehrssituationen konfrontiert. Für die Bewertung wurden insgesamt elf Kriterien festgelegt, die sowohl im Fahrsimulator als auch im Realverkehr den Verkehrssituationen der Strecke zugeordnet waren. Bewertet wurden u. a. die Fahrgeschwindigkeit, die Einhaltung von Verkehrsregeln oder die korrekte Benutzung des Blinkers. Der maximale Wert auf jedem Kriterium wurde erreicht, wenn das zuvor festgelegte Zielverhalten gezeigt wurde, z. B. die Geschwindigkeitsvorgabe beim Befahren eines Streckenabschnittes eingehalten wurde. Sowohl im Si-

mulator als auch im Realfahrzeug fiel der erreichte Leistungsindex, der als Gesamtscore aus den Bewertungen anhand der elf Kriterien gebildet wurde, mit zunehmendem Alter niedriger aus. Aus dem im Simulator ermittelten Leistungsindex konnten zwei Drittel der Varianz des Leistungsindex, der für die Fahrten im realen Straßenverkehr ermittelt wurde, erklärt werden. Ferner bestand zwischen beiden Indizes ein positiver linearer Zusammenhang. Die Autoren konnten ferner zeigen, dass aus der so bewerteten Leistung beim Fahren im Fahrsimulator die Häufigkeit der Verwicklung in Unfälle prädiziert werden kann (LEE, LEE, CAMERON & LI-TSANG, 2003). Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, dass sich diese Untersuchungsanordnung im Simulator eignet, um Fahrer zu identifizieren, die ein erhöhtes Risiko haben, in Unfälle verwickelt zu werden (LEE, LEE et al., 2003).

In einer aktuellen Studie verglichen DOROUDGAR et al. (2017) in einem stationären Fahrsimulator das Verhalten von Fahrern im Altersbereich 18-40 Jahren mit dem von Fahrern über 60 Jahren. Die Strecke umfasste u. a. gerade und kurvige Abschnitte, eine Folgefahrt sowie unerwartete Ereignisse. Der Leistungsvergleich wurde in dieser Studie nicht anhand von Bewertungen durch Beobachter durchgeführt, sondern vorwiegend anhand von Maßen vorgenommen, die von der Software bereitgestellt wurden. Dies waren Parameter des Fahrerhaltens, u. a. Standardabweichung der Spurposition, mittlere Spurposition, Durchschnittsgeschwindigkeit, sowie Reaktionszeiten. Zwischen beiden Altersgruppen konnten so Leistungsunterschiede nachgewiesen werden. Die älteren Fahrer hatten mehr Kollisionen, längere Reaktionszeiten, fuhren langsamer und waren weniger gut in der Lage, den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug in einer Folgefahrt konstant zu halten.

3.3 Implikationen für die vorliegende Studie

In Deutschland werden bei der Begutachtung der Fahreignung für die Erfassung der Fahrkompetenz standardisierte Leistungstests eingesetzt. Darüber, welche geistigen und motorischen Leistungsbereiche wie relevant für eine ausreichende Fahrkompetenz sind, besteht in der Forschung bislang noch kein Konsens.

Unstrittig ist, dass es mit zunehmendem Alter zu einem Leistungsrückgang in geistigen und motorischen Bereichen kommt, die auch für das sichere Fahren von Bedeutung sind. Von diesem Rückgang sind aber nicht alle Bereiche gleichermaßen betroffen. Zudem verläuft der Leistungsrückgang bei verschiedenen Personen sehr unterschiedlich. Das chronologische Alter ist daher kein guter Prädiktor für die Fahrkompetenz. Anhaltspunkte können auch der Gesundheitszustand sowie die Einnahme von Medikamenten liefern.

Senioren zeigen in der Regel erfolgreiche Kompensationsstrategien. Diese werden aber bei der standardisierten Leistungsdiagnostik nicht ausreichend berücksichtigt. Es kann daher sein, dass Fahrer in einer durchgeführten Testdiagnostik Auffälligkeiten zeigen, aber dennoch sicher fahren.

Nach wie vor wird die Fahrverhaltensbeobachtung als der Goldstandard für die Bewertung der Fahrkompetenz betrachtet. Ihre Durchführung im Straßenverkehr ist jedoch mit Problemen verbunden. Die Fahrsimulation wurde bislang noch kaum genutzt, um Fahrverhaltensbeobachtungen mit Senioren in einem Setting durchzuführen, das an das tatsächliche Fahren im Straßenverkehr angeglichen ist.

Im Zentrum der vorliegenden Studie steht die Frage danach, wie gut die S.A.F.E.-Anwendung (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013) einer Würzburger Arbeitsgruppe geeignet ist, um im stationären Fahrsimulator der BAST, Leistungsunterschiede zwischen Senioren und durchschnittlich alten Fahrern abzubilden. In dem Zusammenhang wird geprüft, wie gut die Verträglichkeit der Strecke ist. Es wird ferner untersucht, ob die enthaltenen Verkehrsszenarien geeignet sind, um Leistungsunterschiede zwischen Senioren und einer durchschnittlich alten Kontrollgruppe abzubilden. Dabei wird auch die Eignung des Bewertungskonzepts überprüft, das auf situationsbezogenen Fehlerzählungen und Bewertungen durch geschulte Beobachter basiert. Da bei der amtlichen Begutachtung der Fahreignung computerbasierte Testverfahren zum Einsatz kommen, wird auch eine solche Diagnostik durchgeführt.

4 Methodik

Ausgehend von der Beschreibung der Stichprobe und dem Ablauf der Datenerhebung, werden im Folgenden die eingesetzten Erhebungsverfahren beschrieben.

4.1 Probanden

Für die Teilnahme an dieser Untersuchung wurden Fahrer rekrutiert, die im Besitz einer gültigen Fahrerlaubnis sind, noch regelmäßig selbst fahren (mindestens 1x pro Woche) und weder eine Erkrankung haben, die ihre Fahrsicherheit einschränkt, noch Medikamente einnehmen, die die Fahrsicherheit beeinträchtigen. Die Fahrer wurden aus einer Probandendatenbank der BAST rekrutiert, über Zeitungsanzeigen oder Mundpropaganda angeworben. Die Probandendatenbank der BAST enthält Fahrer, die zuvor ihr Interesse bekundet haben, an Studien der BAST mitzuwirken oder die bereits an anderen Studien der BAST teilgenommen haben.

Gründe für den Ausschluss von der Studienteilnahme waren zu erwartende negative Auswirkungen auf die Gesundheit, das Vorliegen von Erkrankungen oder die Einnahme von Medikamenten, die die Fahrsicherheit beeinträchtigen. Der Einschluss erfolgte nur nach schriftlichem Einverständnis. Dieses konnte jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen werden. Für den Aufwand erhielten die Probanden eine Entschädigung in Höhe von 10 € je Stunde. Die Anfahrt zur BAST, wo die Untersuchung durchgeführt wurde, sowie der Weg zurück nach Hause, wurden pauschal vergütet. Kam es zur vorzeitigen Beendigung der Teilnahme, dann erfolgte die Vergütung anteilig nach dem tatsächlich entstandenen Aufwand.

31 Fahrer über 60 Jahre, acht davon weiblich, wurden rekrutiert und nahmen zur Vorbereitung auf die Teilnahme an der Studie an einem speziellen Simulatorgewöhnungstraining, beschrieben in Kapitel 4.6.2, teil. Fünf dieser Fahrer, alle männlich, brachen dieses Training aufgrund von Simulatorkrankheit ab. Somit verblieben 26 Fahrer in der Studie, die die Gruppe der Senioren bildeten. Ihr durchschnittliches Alter lag bei 69,81 Jahre (SD = 4,66 Jahre, Spanne 61–77 Jahre). Der mittlere Wert in der Verteilung der berichteten Fahrleistung während der letzten zwölf Monate war 10.000 km (Spanne 2.000 – 70.000 km).

25 jüngere Fahrer, acht davon weiblich, wurden für die Teilnahme in der Kontrollgruppe rekrutiert. Auch sie nahmen vorbereitend am Simulatorgewöhnungstraining teil oder hatten dieses bereits vor der Teilnahme an einer früheren Studie im Fahrsimulator der BAST absolviert.

Von denen, die das Training absolvierten, brach nur ein Fahrer (männlich) das Simulatorgewöhnungstraining aufgrund von Simulatorkrankheit ab. Das durch-

schnittliche Alter der 24 verbleibenden Fahrer, die auch die Fahrverhaltensbeobachtung absolvierten, lag bei 35,13 Jahre (SD = 8,71 Jahre, Spanne 24–55 Jahre). Der mittlere Wert in der Verteilung der berichteten Fahrleistung innerhalb der vergangenen zwölf Monate war 11.000 km (Spanne 1.800 – 30.000 km).

4.2 Ablauf der Untersuchung

Bei der ersten Kontaktaufnahme im Zuge der Rekrutierung wurden die Probanden bereits knapp über Ablauf und Inhalt der Studie informiert. Für die Senioren erstreckte sich die Untersuchung in der Regel über drei Termine. An den ersten zwei Terminen fand das Simulatorgewöhnungstraining statt. Die Probanden der Kontrollgruppe mussten nur einen Termin für die Teilnahme aufwenden, wenn sie bereits zuvor an einer anderen Studie im Fahrsimulator teilgenommen und dafür das Training zur Simulatorgewöhnung erfolgreich absolviert hatten. Bei allen anderen Probanden der Kontrollgruppe entsprach der Ablauf dem der Gruppe der Senioren. Die eigentliche Fahrverhaltensbeobachtung wurde dann am dritten Termin durchgeführt.

Beim ersten Termin vor Ort erhielten alle Fahrer ausführliche Informationen in schriftlicher und mündlicher Form. In diesem Zuge wurden sie genau über Art und Ziel der Studie informiert, erhielten Information über den voraussichtlichen zeitlichen Aufwand, über mögliche Risiken durch die Teilnahme sowie über die Art und die geplante Verwendung der erhobenen Daten. Erst nachdem sie ihr schriftliches Einverständnis erklärt hatten, wurden sie in die Studie aufgenommen.

Die Probanden hatten die Möglichkeit, mit einem Arzt über mögliche Risiken zu sprechen. Ein Arztgespräch fand auch dann statt, wenn dies dem Versuchsleiter aufgrund der Angaben zum Gesundheitszustand oder den eingenommenen Medikamenten notwendig erschien.

Zunächst wurden mithilfe verschiedener Fragebögen demografische Daten und Angaben zur Fahrerfahrung (Kapitel 4.4.1) sowie Angaben zu Auffälligkeiten im Verhalten im Straßenverkehr (Kapitel 4.4.2) erfasst. Ein strukturiertes Interview (Kapitel 4.3) diente der Erfassung der relevanten medizinischen Vorgeschichte und bestehender Erkrankungen und Beeinträchtigungen. Hierbei wurden auch Art und Dosierung einer bestehenden Medikation erfasst. Mit allen Probanden wurde der MoCA-Test (NASREDDINE et al., 2005) zum Screening für MCI

durchgeführt (Kapitel 4.4.4). Nach einer Pause erfolgte die Testung mit dem Wiener Testsystem (Kapitel 4.5), wobei die Probanden ihre eigene Leistung einschätzen sollten (Kapitel 4.4.7). Nach einer weiteren Pause absolvierten die Probanden den ersten Teil der Simulatorgewöhnung (Kapitel 4.6.2). In den Pausen zwischen den einzelnen Fahrten des Trainings wurden Bewertungen zum Simulator erhoben, die Ausprägung der Symptome der SK erfasst (Kapitel 4.4.5) und eine Leistungsbewertung durch den Untersuchungsleiter sowie durch die Probanden selbst vorgenommen (Kapitel 4.4.7). Waren die Symptome der SK stark ausgeprägt und nicht zu erwarten, dass diese durch eine weitere Gewöhnung reduziert werden können, wurden die Probanden von der weiteren Teilnahme ausgeschlossen. Dieser erste Termin nahm etwa drei Stunden in Anspruch.

Beim zweiten Termin wurde das Training zur Simulatorgewöhnung analog zum ersten Termin fortgesetzt (Kapitel 4.6.2). Sahen die Probanden noch Übungsbedarf, so hatten sie die Möglichkeit, Fahrten zu wiederholen. Ebenso konnte der Untersuchungsleiter Fahrten mehrfach absolvieren lassen, sofern es Anzeichen dafür gab, dass die Lernziele der einzelnen Fahrten des Trainings noch nicht ausreichend erreicht wurden. Für diesen zweiten Termin waren etwa zwei Stunden erforderlich.

Der dritte Termin, die Fahrverhaltensbeobachtung, fand frühestens vier Tage nach dem vorherigen statt. Dann wurde die Fahrverhaltensbeobachtung im Fahrsimulator durchgeführt (Kapitel 4.6.3). Vor Antritt der Fahrt wurde erfasst, ob die Probanden derzeit Zweifel an ihrer Fahrtüchtigkeit haben, innerhalb der letzten 48 Stunden psychoaktive Medikamente oder Drogen konsumiert hatten oder unter akuten gesundheitlichen Problemen litten, die die Fahrsicherheit beeinflussen. Außerdem wurde die Dauer des Nachtschlafs sowie das Bestehen von Symptomen der SK mittels Fragebogen (Kapitel 4.4.5), und zusätzlich durch Beobachtung und ggf. Nachfragen durch den Untersuchungsleiter, erfasst. Am Beginn der Strecke für die eigentliche Fahrverhaltensbeobachtung stand ein ca. fünfminütiger gerader Streckenabschnitt. Auf diesem konnten sich die Fahrer wieder mit dem Fahren im Simulator vertraut machen. Dieser Abschnitt ging in die Strecke der eigentlichen Fahrverhaltensbeobachtung über. Diese enthielt zwei Pausen, in denen die Fahrer Angaben zur Fahrt, zu ihrer Leistung, ihrem Zustand (Kapitel 4.4.7) sowie zu der Ausprägung von Symptomen der SK (Kapitel 4.4.5) machten. Die Leistung

der Fahrer wurde durch den Versuchsleiter mit Hilfe der S.A.F.E.-Anwendung bewertet (Kapitel 4.6.4).

Zum Abschluss dieses Erhebungstermins hatten die Fahrer die Möglichkeit, vom Versuchsleiter Rückmeldung zu den aufgetretenen Fahrfehlern zu erhalten. Ihnen wurde ferner angeboten, die Ergebnisse der Leistungsdiagnostik mit dem Wiener Testsystem zu besprechen. Die Aufwandsentschädigung wurde übergeben und die Probanden schließlich verabschiedet.

4.3 Anamnese

Damit durch den Arzt eine Entscheidung darüber getroffen werden konnte, ob medizinische Gründe gegen den Einschluss eines Probanden vorliegen, wurden in einem strukturierten Interview Angaben zu bestehenden und früheren Erkrankungen für alle relevanten Organsysteme erfasst. In diesem Zusammenhang wurden auch Art, Dosierung und Dauer der eingenommenen Medikamente erfragt.

4.4 Fragebogen und Skalen

4.4.1 Fahrerfragebogen

Neben Angaben zu Alter und Geschlecht wurden mit diesem Fragebogen Angaben erfasst, die mit der Fahrleistung in Verbindung stehen. Dazu gehören u. a. Art der Führerscheine und Jahr des Erwerbs sowie Angaben zur jährlichen Fahrleistung.

4.4.2 Fragebogen zur Erfassung von Auffälligkeiten im Verkehrsverhalten

Auffälligkeiten im Verkehrsverhalten wurden über zwei Zugänge erfasst. Mit einem Fragebogen wurde die Unfallbeteiligung innerhalb der vergangenen drei Jahre erfragt. Anhand des Bogens sollten die Unfälle kurz frei beschrieben und jeweils angegeben werden, ob diese unverschuldet, mit einer Mitschuld oder alleine verschuldet waren. Weiterhin wurde für die vergangenen drei Jahre erfasst, ob und wie viele Bußgeldbescheide erhalten wurden. Neben einer kurzen freien Beschreibung des Anlasses wurden die Höhe des verhängten Bußgelds und die Anzahl der verhängten Punkte zum Eintrag in das Fahreignisregister erhoben.

Zusätzlich zu diesen Ereignissen wurden Verhaltensweisen erfasst, die potenziell gefährdend sind, jedoch nicht zu einem Unfall geführt haben. Hierfür

wurde ein Fragebogen verwendet, der auf dem Driver Behaviour Questionnaire (DBQ) (REASON, MANSTEAD, STRADLING, BAXTER & CAMPBELL, 1990) basiert. Dieser wurde in einer deutschen Übersetzung von EVERS (2010) für Lkw-Fahrer verwendet und von SCHUMACHER (2014) auf die Anwendung bei Pkw-Fahrern übertragen. Der Bogen umfasst in der verwendeten Fassung 31 Items. Zu jedem Item muss von den Probanden auf einer siebenstufigen Skala angegeben werden, wie häufig die jeweilige Situation beim Fahren in den letzten drei Jahren aufgetreten ist (nie – sehr selten – selten – mittel – oft – sehr oft – (fast) immer).

4.4.3 Fragebogen zur Erfassung der Selbstregulation beim Fahren

Wie eingangs dargestellt, besteht eine Kompensationsstrategie älterer Fahrer darin, das Fahren einzuschränken, in dem als gefährlich oder schwierig wahrgenommene Situationen gemieden werden. Um zu erfassen, inwieweit Senioren Fahrsituationen meiden, wurde ein von SCHUMACHER (2014) verwendeter Fragebogen eingesetzt. Dieser umfasst 13 Verkehrs- und Fahrsituationen, zu denen jeweils anzugeben ist, ob und in welchem Ausmaß diese gemieden werden. Hierzu sind vier Antwortkategorien vorgegeben (nie – eher nicht– wenn möglich – immer). Ein Beispiel für ein Item des Bogens, die alle als Aussagen formuliert sind, ist: Ich vermeide lange Fahrten. Zur Auswertung wird ein Gesamtscore als Summenscore über die einzelnen Items (nie = 0 bis immer = 3) gebildet.

4.4.4 Montreal Cognitive Assessment (MoCa Test)

Der MoCa Test (NASREDDINE et al., 2005) wurde verwendet um zu prüfen, ob eine leichte kognitive Beeinträchtigung (MCI) vorliegt. Der Test wird als

1	extrem wach
2	sehr wach
3	wach
4	eher wach
5	weder wach noch müde
6	einige Anzeichen von Müdigkeit sind vorhanden
7	müde, aber keine Anstrengung erforderlich, um wach zu bleiben
8	müde, Anstrengung erforderlich, um wach zu bleiben
9	sehr müde; große Anstrengung erforderlich, um wach zu bleiben; kämpfe gegen das Einschlafen

Bild 3: Deutsche Übersetzung der Karolinska Sleepiness Scale (KSS).

Papier-und–Bleistift-Verfahren durchgeführt und besteht aus Aufgaben, welche die kognitiven Bereiche Aufmerksamkeit und Konzentration, Exekutivfunktionen, Gedächtnis, Sprache, visuokonstruktive Fähigkeiten, konzeptuelles Denken sowie Rechnen und Orientierung erfassen. Die Durchführungszeit beträgt etwa zehn Minuten. Maximal können 30 Punkte erzielt werden. Werte unter 26 weisen auf das Vorliegen einer leichten kognitiven Beeinträchtigung hin.

4.4.5 Simulator Sickness Questionnaire

Zur Kontrolle der Ausprägung der Simulatorkrankheit während der Trainingsfahrten und der Fahrverhaltensbeobachtung wurde der Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) (KENNEDY et al., 1993) in einer deutschen Übersetzung von NEUKUM & GRATTENTHALER, 2006) eingesetzt. Der Fragebogen umfasst 16 Items, die drei Subskalen (Übelkeit, Okulomotorik und Desorientierung) zugeordnet werden können. Jede dieser Skalen umfasst sieben Symptome. Fünf Symptome sind mehreren Skalen zugeordnet (z. B. allgemeines Unwohlsein, Übelkeit). Zu den Symptomen soll die Ausprägung auf einer vierstufigen Skala als gar nicht, kaum, mäßig oder stark angegeben werden. Den Antwortkategorien werden entsprechend in der gleichen Reihenfolge die Zahlenwerte 0 bis 3 zugeordnet. Neben den Punktwerten auf den einzelnen Skalen kann der Gesamtwert als Summenscore berechnet werden.

4.4.6 Karolinska Sleepiness Scale

Zu verschiedenen Zeitpunkten im Verlauf der Erhebung wurden die Fahrer zur Ausprägung ihrer Müdigkeit befragt. Dazu wurde die Karolinska Sleepiness Scale (AKERSTEDT & GILLBERG, 1990) in einer deutschen Übersetzung eingesetzt.

Die Skala umfasst neun verbal beschriebene Kategorien mit den Polen 1 „extrem wach“ und 9 „sehr müde; große Anstrengung erforderlich, um wach zu bleiben; kämpfe gegen das Einschlafen“ (Bild 3). Zusätzlich wurde vor dem Erhebungstermin die Dauer des Nachtschlafs erfragt.

4.4.7 Skalen zur Selbsteinschätzung und Bewertung

An verschiedenen Stellen der Untersuchung wurden die Fahrer um Einschätzungen gebeten. Dafür wurde eine Kategorienunterteilungsskala vorgegeben, wie sie in Bild 4 für die Bewertung der Intensi-

Wie anstrengend war diese Fahrt für Sie?															
gar nicht	sehr wenig			wenig			mittel			stark			sehr stark		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Bild 4: Kategorienunterteilungsskala zur Bewertung der Intensität.

Testverfahren und -form	Erfasste Leistungsbereiche	Zuordnung zu Leistungsbereichen nach FeV Anlage 5 Nr. 2
DT (S1)	Belastbarkeit der Aufmerksamkeit Belastungsvermögen	Belastbarkeit
COG (S11)	Aufmerksamkeit Konzentration	Konzentrationsleistung
ATAVT (S1)	Überblicksgewinnung Beobachtungsfähigkeit	Aufmerksamkeitsleistung
LVT (S3)	Orientierungsleistung	Orientierungsleistung
RT (S3)	Reaktionsfähigkeit (Reaktionszeit, motorische Zeit)	Reaktionsfähigkeit

Tab. 1: Übersicht der mit den Testverfahren erfassten Leistungsbereiche nach (Schuhfried GmbH, 2009) und Zuordnung zu den Leistungsbereichen nach FeV (GRÄCMANN & ALBRECHT, 2016).

tät zu sehen ist. Die fünffach nach aufsteigender Intensität angeordneten gleichabständigen Verbalkategorien sind ihrerseits jeweils dreifach unterteilt. Den 15 Skalenstufen sind die Werte 1 bis 15 zugeordnet. Zusätzlich ist eine Kategorie 0 (gar nicht) vorhanden.

Für die Bewertung der Qualität, beispielsweise der eigenen Leistung (Wie gut sind Sie gefahren?; Wie gut sind Sie mit dem Simulator zurechtgekommen?), war die Skala analog aufgebaut. Die Verbalkategorien waren dann aber mit sehr schlecht, schlecht, mittel, gut und sehr gut bezeichnet. Ging es um die Bewertung der Realitätsnähe des Simulators, seiner Komponenten oder der Strecke (z. B. Wie realistisch ist das Fahren im Simulator insgesamt?) wurden die Verbalkategorien sehr wenig realistisch, wenig realistisch, mittel realistisch, eher realistisch und sehr realistisch verwendet.

4.5 Computerbasierte Testung mit dem Wiener Testsystem

Das Wiener Testsystem ist ein computerbasiertes System zur psychologischen Diagnostik. Für dieses System stehen Tests für unterschiedliche Anwendungsbereiche zur Verfügung, so auch für die Fahr-eignungsdiagnostik. Das Test-Set FeV wurde spe-

ziell für die Durchführung von Leistungsuntersuchungen nach Anlage 5 Nr. 2 der Fahrerlaubnisverordnung konzipiert. Es umfasst fünf Einzeltests. Diese können den fünf in der Fahrerlaubnisverordnung aufgeführten Leistungsbereichen Belastbarkeit, Orientierungsleistung, Konzentrationsleistung, Aufmerksamkeitsleistung und Reaktionsfähigkeit zugeordnet werden (Tabelle 1).

Das Testsystem besteht aus einem PC, einer Probandentastatur, zu sehen in Bild 5, Fußpedalen und Kopfhörern. Die Tests werden systemgesteuert in der zuvor festgelegten Reihenfolge dargeboten. Vor der eigentlichen Testphase stehen jeweils eine Instruktions- und eine Übungsphase. Die Testphase beginnt erst dann, wenn in der Übungsphase eine ausreichende Leistung erreicht wurde.

Für die Leistungsbewertung werden für jeden Test Haupt- und Nebenvariablen ausgegeben. Diese werden sowohl als Rohwerte als auch als Prozentränge zur Verfügung gestellt. Alle Hauptvariablen des Test-Sets zeigt Tabelle 2 in der Übersicht. Sie sind bei der Beschreibung der Tests weiter unten beschrieben.

Ein Prozentrang (PR) gibt an, welcher prozentuale Anteil einer Bezugsgruppe, in dem Fall der Normstichprobe des jeweiligen Tests, einen Testwert erzielte, der niedriger oder maximal gleich hoch ist, wie der Testwert der Testperson. Prozentränge (PR) beschreiben also die individuelle Leistung einer Person relativ zu einer Vergleichsgruppe und sind wie folgt zu interpretieren:

- < 16 = unterdurchschnittliches Ergebnis,
- 16 – 24 = unterdurchschnittliches bis durchschnittliches Ergebnis,
- 25 – 75 = durchschnittliches Ergebnis,
- 76 – 84 = durchschnittliches bis überdurchschnittliches Ergebnis,
- > 84 = überdurchschnittliches Ergebnis.

Gemäß FeV muss ein PR von 16 erreicht oder überschritten werden (GRÄCMANN & ALBRECHT, 2016). Ist dies der Fall, gilt der Test als bestanden.

Der Determinations Test (DT) ist ein Mehrfachreiz-Reaktionstest, bei dem die Aufgabe darin besteht, die den akustischen (hoher Ton, tiefer Ton)

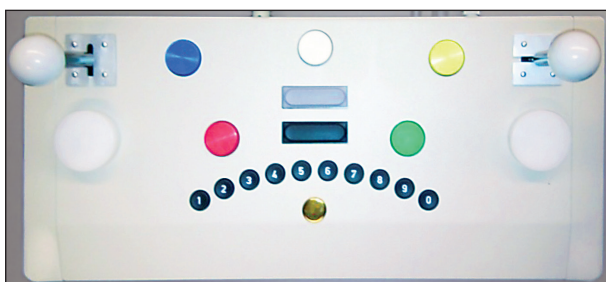


Bild 5: Probandentastatur des Wiener Testsystems.

Test	Hauptvariable
DT	Anzahl richtige Reaktionen
COG	Mittlere Zeit korrekte Zurückweisung (sec.)
ATAVT	Überblicksgewinnung
LVT	Score
RT	Mittlere Reaktionszeit (msec.)

Tab. 2: Übersicht der Hauptvariablen für die Leistungsbeschreibung (Schuhfried GmbH, 2009).

und optischen Reizen (weiß, gelb, rot, grün und blau) zugeordneten Tasten auf der Probandentastatur (Bild 5) möglichst schnell zu drücken. Zwei weitere optische Reize sind den Fußpedalen zugeordnet, die bei diesem Test zusätzlich verwendet werden. Die Hauptvariable zur Leistungsbeschreibung ist die Anzahl richtiger Reaktionen. Probanden, die einen hohen Prozentrang in dieser Hauptvariablen erreichen, sind sehr gut in der Lage, bei einfachen Aufgaben schnell und korrekt zu reagieren (NEUWIRTH & BENESCH, 2007). Die Testdauer beträgt etwa zehn Minuten.

Die Aufgabe bei Cognitrone (COG) besteht darin, abstrakte geometrische Figuren zu vergleichen. Bei der verwendeten Testform S11 wird die durchschnittliche Zeit ausgegeben, die ein Proband benötigt, um korrekt zu erkennen, dass die zu vergleichende Figur mit keiner der übrigen übereinstimmt. Probanden, die einen niedrigen PR in dieser Hauptvariable, die als mittlere Zeit korrekte Zurückweisung bezeichnet wird, erzielen, verfügen über ein geringes Ausmaß an selektiver Aufmerksamkeit (WAGNER & KARNER, 2008). Die Bearbeitungsdauer liegt bei zehn Minuten.

Beim Tachistoskopischen Verkehrsauffassungstest (TAVTMB) werden kurzzeitig Bilder von Verkehrsszenarien gezeigt. Zu diesen muss im Anschluss aus vorgegebenen Alternativen ausgewählt werden, was zu sehen war. Es wird die Hauptvariable Überblicksgewinnung ausgegeben. Probanden, die einen hohen PR erreichen, verfügen über eine gut ausgeprägte Fähigkeit, Situationen schnell und ge-

nau zu erfassen (SCHUHFRIED, 2009). Die Bearbeitungsdauer liegt bei etwa 14 Minuten.

Die Aufgabe beim Linienverfolgungstest (LVT) besteht darin, in einem Wirrwarr von Linien so schnell wie möglich das Ende einer markierten Linie zu finden. Die Hauptvariable Score entspricht der Anzahl der Aufgaben, die innerhalb der verfügbaren Zeit richtig gelöst wurden. Ein hoher PR steht für eine ... schnelle und genaue Wahrnehmungsleistung im Sinne einer Überblicksgewinnung... (BIEHL, 2008, S. 7). Für die Bearbeitung sind etwa neun Minuten notwendig.

Beim Reaktionstest (RT) muss möglichst schnell auf einen vorgegebenen Reiz reagiert werden. In der verwendeten Testform werden, in zufälliger Folge, ein roter oder ein gelber Punkt, ein Ton sowie Kombinationen aus einem dieser optischen Reize und dem Ton dargeboten. Mittels einer berührungssensitiven Ruhetaste kann zwischen Reaktionszeit und motorischer Zeit unterschieden werden. Auf dieser Taste muss der Proband so lange mit seinem Finger verweilen, bis der Zielreiz (gelber Punkt zusammen mit dem Ton) dargeboten wird. Dies muss dann durch Drücken einer Taste auf der Probandentastatur quittiert werden. Die Reaktionszeit entspricht dabei der Zeit zwischen Reizdarbietung und Verlassen der Ruhetaste. Die motorische Zeit entspricht der Zeit zwischen dem Verlassen der Ruhetaste und dem Drücken der Zieltaste. Für diesen Test werden zwei Hauptvariablen ausgegeben: Mittlere Reaktionszeit [msec] und Mittlere motorische Zeit [msec]. Ein hoher PR auf der ersteren zeigt an, dass der Proband gut in der Lage ist, angemessen auf relevante Reizkonstellationen zu reagieren. Ein hoher PR auf der anderen Hauptvariablen wird so interpretiert, dass ein Proband geplante Reaktionen schnell motorisch umsetzen kann (PRIELER, 2008). Der Test ist innerhalb von ca. sechs Minuten bearbeitet.

4.6 Fahrverhaltensbeobachtung

Die Fahrverhaltensbeobachtung wurde im Fahrsimulator der BAST durchgeführt. Darauf wurden die Fahrer mit einem speziellen Training zur Gewöhnung an das Fahren im Fahrsimulator vorbereitet. Die Anlage, dieses Training, die verwendete Strecke sowie das Konzept zur Bewertung der Fahrkompetenz werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.



Bild 6: Fahrsimulator der BASt.

4.6.1 Der Fahrsimulator der BASt

Beim Fahrsimulator der BASt (Bild 6) handelt es sich um ein stationäres System, das mit der Software SILAB der WIVW-GmbH betrieben wird. Um die Fahrerkabine herum sind halbkreisförmig drei Leinwände im Format 2.80 m x 2.10 m angeordnet. Über das Projektionssystem, bestehend aus drei LED-Projektoren mit einer Auflösung von 1400 x 1050 Pixeln, kann ein Sichtfeld von 180° dargestellt werden. Die hohe Auflösung der drei Projektoren erlaubt die detaillierte Darstellung des Verkehrsgeschehens und der Umwelt. Der Rück- und die beiden Außenspiegel sind als LCD-Displays ausgelegt. Die Fahrerkabine ist einem Mittelklassefahrzeug nachempfunden. Sie ist vollständig instrumentiert. Ein in der Lenksäule verbauter Motor stellt ein realistisches Lenkmoment dar. Ein zusätzliches Touchdisplay in der Mittelkonsole wurde in der vorliegenden Studie für die Einblendung der Navigationshinweise verwendet.

Der Fahrsimulator wird mit elf vernetzten Arbeitsplatzrechnern betrieben. Die Geräusche des eigenen Fahrzeugs und der anderen Verkehrsteilnehmer werden über ein 5.1 Soundsystem wiedergegeben, das einen dreidimensionalen Höreindruck vermittelt.

Sämtliche Daten der Fahrzeugbewegung, der Fahrzeugposition und der Bedieneingaben können für eine spätere Analyse aufgezeichnet werden. Die Datenaufzeichnung kann in Echtzeit überwacht werden.

Über einen Bedienrechner, der sich an einem Arbeitsplatz im Nebenraum befindet, wird die Anlage gesteuert. Mit Hilfe einer Wechselsprechanlage ist von dort aus die Kommunikation zwischen Fahrer und Untersuchungsleiter möglich. Der Untersuchungsleiter kann von diesem Arbeitsplatz aus den Fahrer und das Verkehrsgeschehen durch ein Fenster hindurch beobachten.

Termin	Strecke	Trainingsinhalt
1	Eingewöhnungsfahrt	Gewöhnung an die Situation und das Ansprechen von Gaspedal, Bremse und Lenkung
	Landstraßenfahrt	Einhalten der Spurposition, Fahren bei höheren Geschwindigkeiten
	Autobahnfahrt	Fahren bei höheren Geschwindigkeiten, Spurwechsel, Einfädeln in den fließenden Verkehr
	Fahrübungen zur Längs- und Querregulation	Verbesserung der Geschwindigkeitseinschätzung, zielgenaues Anhalten, präzises Lenken
2	Eingewöhnungsfahrt	Gewöhnung an das Fahren im Fahrsimulator
	Überlandfahrt	Umgang mit Überlandszenarien
	Übungsfahrt Kreuzungen	Abbiegen
	Stadtfahrt	Umgang mit Stadtszenarien

Tab. 3: Beschreibung des Simulatorgewöhnungstrainings.

4.6.2 Training zur Simulatorgewöhnung

Ziel des Trainings ist es, die Fahrer an die noch ungewohnte Situation und an das vom Fahren im Realverkehr abweichende Fahrgefühl zu gewöhnen. Es soll eine sichere Fahrzeugbeherrschung und subjektiv ein sicheres Fahrgefühl erreicht werden. Darüber hinaus soll das Auftreten der Simulatorkrankheit (SK) minimiert bzw. verhindert werden.

Das Training orientiert sich an dem Vorgehen von HOFFMANN, KRÜGER & BULD (2003). Die wesentlichen Änderungen bestehen darin, dass längere Pausen zwischen den einzelnen Fahrten verbindlich vorgegeben sind und die Abfolge der Fahrten so zusammengestellt wurde, dass die Anforderungen, und damit verbunden das Risiko des Auftretens von Symptomen der SK, langsamer gesteigert werden. Weiterhin ist das Training fest auf zwei Termine aufgeteilt. Wie auch bei HOFFMANN et al. (2003) können die Fahrer auf eigenen Wunsch Strecken mehrfach befahren bzw. kann dies im Bedarfsfall durch den Untersuchungsleiter vorgegeben werden, sofern nach dessen Ansicht noch Übungsbedarf besteht.

Für den ersten Termin sind vier Fahrten mit spezifischen Trainingsinhalten vorgesehen, vier weitere für den zweiten Termin. Die Abfolge der Fahrten und deren jeweilige Trainingsinhalte zeigt Tabelle 3 in

der Übersicht. Zwischen den Fahrten verlassen die Fahrer den Simulator. Das Aufkommen von Symptomen der Simulatorkrankheit wird vom Untersuchungsleiter durch Beobachtung, Nachfragen und anhand des Fragebogens zur SK, der in den Pausen zwischen den Fahrten ausgefüllt wird, kontinuierlich überwacht.

Bei der Eingewöhnungsfahrt können sich die Fahrer zunächst mit der Situation und dem Fahrzeug vertraut machen. Ohne die Regeln der StVO beachten zu müssen, werden sie instruiert, das Ansprechen von Gaspedal, Bremspedal und Lenkung auszuprobieren. Dafür wird eine überwiegend gerade Landstraße befahren. Die Fahrer werden angehalten, die Geschwindigkeit nur langsam zu steigern und unterschiedliche Geschwindigkeiten zu erfahren.

Die nächste Fahrt ist eine Landstraßenfahrt unter Beachtung der StVO. Die Strecke besteht aus Geraden und langgezogenen Kurven. Der Untersuchungsleiter meldet dem Fahrer die Spurposition des Fahrzeugs zurück, so dass der Fahrer einen Eindruck von den Abmessungen des Fahrzeugs und dessen relativer Position in der Fahrspur erhält.

Bei der Autobahnfahrt lernen die Fahrer das Fahrzeug bei höheren Geschwindigkeiten zu beherrschen. Bei dieser Fahrt müssen sie auf die Autobahn auffahren, sich in den fließenden Verkehr einfügen, Spurwechsel durchführen und eine Verengung aufgrund einer Arbeitsstelle durchfahren.

Den Abschluss des ersten Trainingstermins bilden Fahrübungen zum Beschleunigen, Bremsen und Lenken. Die Fahrer müssen hier zunächst innerhalb eines vorgegebenen Streckenabschnitts auf eine vorgegebene Geschwindigkeit beschleunigen, diese konstant halten und dann das Fahrzeug an einer vorgegebenen Markierung zum Anhalten bringen. Das Lenken wird mit doppelten Fahrspurwechseln geübt.

Der zweite Trainingstermin beginnt wieder mit einer kurzen Fahrt auf dem Landstraßenabschnitt zur Eingewöhnung, wobei die StVO nicht beachtet werden muss. Daran schließt sich eine Überlandfahrt an, bei der eine Ortschaft durchfahren wird und die über längere gerade Abschnitte, eine langgezogene Kurve und schließlich einen Abschnitt mit engeren Kurven führt.

Die Übungsfahrt Kreuzungen besteht aus Abbiegevorgängen nach rechts und links. Bei der folgenden Stadtfahrt werden die Fahrer mit typischen Verkehrsszenarien konfrontiert, die beim Fahren im in-

nerstädtischen Bereich vorkommen (u. a. Annäherung und Anhalten an Ampeln, Anfahren, Abbiegen, andere Verkehrsteilnehmer beachten).

Damit ist das Training zur Simulatorgewöhnung beendet. Auf Wunsch des Probanden oder nach Einschätzung des Untersuchungsleiters können Fahrten wiederholt werden.

4.6.3 Fahrstrecke

Die Fahrstrecke für die Fahrverhaltensbeobachtung wurde mit dem Szenariopakete „Driver Fitness and Ability“ (SPDE-DFA), (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013), das Teil der Simulationssoftware SILAB der WIVW GmbH ist, erstellt. Sie entspricht in weiten Teilen der Strecke, die in einer früheren Studie der BASt verwendet wurde, in der der Einfluss von Alkohol auf die Fahrsicherheit untersucht wurde (SCHUMACHER, 2015).

Die Fahrstrecke hat eine Länge von ca. 80 km. Die Fahrzeit beträgt etwa eine Stunde. Vor Antritt der Fahrt wurden alle Fahrer angewiesen, beim Fahren die StVO zu beachten und der durch das Navigationssystem vorgegebenen Richtung zu folgen. Dazu wurden Navigationspfeile auf einem Display in der Mittelkonsole angezeigt. Tabelle 4 zeigt die chronologische Abfolge der Verkehrssituationen in den Abschnitten der Strecke. Die Strecke beinhaltet die wesentlichen Verkehrssituationen, mit denen Fahrer beim Befahren von Autobahnen, Überlandstrecken und im Stadtverkehr konfrontiert werden.

Bei der Strecke sind sowohl die taktische als auch die operationale Ebene des Fahrens berücksichtigt. Zu Beginn der Strecke werden abwechselnd Landstraßen- und Autobahnabschnitte befahren. Das Fahren auf der Landstraße beinhaltet hauptsächlich Fahraufgaben auf der taktischen Ebene: Die Fahrer müssen ihre Geschwindigkeit anpassen (z. B. beim Fahren durch einen Tunnel), Vorfahrtsregelungen beachten und angemessene Zeitlücken beim Vorbeifahren an Hindernissen oder an Kreuzungen abwarten. Weiterhin müssen mehrere Tracking-Aufgaben unterschiedlicher Schwierigkeit bewältigt werden. Ein eher leichtes Szenario besteht aus einem überwiegend geraden Streckenabschnitt mit wenigen langgezogenen Kurven von etwa zwei km Länge. Das zweite Tracking-Szenario stellt eine eher schwierige Spurhalteaufgabe dar. Der Abschnitt führt über eine kurvige Straße durch ein Waldstück. Dieses zeichnet sich durch Höhen, Absenkungen, Kurven, eine reduzierte Fahrbahnbreite sowie durch

Abschnitt	Szenario
Landstraße	Freie Fahrt gerade aus Schwer einsehbare Rechtskurve Scharfe Kurve Füllszenario
Autobahn	Autobahnabschnitt
Landstraße	Hindernis auf der Fahrbahn Kreuzung Geradeaus nach Stoppschild Scharfe Kurve Schwer einsehbare Rechtskurve Ortschaft Hindernis auf der Fahrbahn Strecke mit Steigung Scharfe Kurve
Autobahn	Autobahnabschnitt
Landstraße	Tunnel Scharfe Kurve Enge kurvige Strecke durch ein Waldstück
Autobahn	Autobahnabschnitt
Vigilanzfahrt	Vigilanzszenario
Übergang	Übergang Landstraße zu Stadt
Stadt	Kreuzungen mit Stoppschild Kreuzungen: Vorfahrt achten Bushaltestelle: Bus blinkt rechts Radfahrer auf Radweg Fußgänger quert an Kreuzung Bushaltestelle: Bus blinkt links Kreuzung mit Ampel Fußgänger quert Straße Linksabbiegen an Ampel
Übergang	Übergang Stadt zu Landstraße
Landstraße	Wildwechsel (plötzlich auftauchendes Wildschwein)

Tab. 4: Abfolge der Verkehrsszenarien nach Abschnitten der Strecke

Sichteinschränkungen aufgrund von Bewuchs aus. Dieser Abschnitt ist fünf km lang.

Auf den Autobahnabschnitten müssen Fahrer u. a. Fahrspurwechsel vollziehen und auf die Zeichengebung anderer Verkehrsteilnehmer reagieren. Die Autobahn-Szenarien zielen damit eher auf die taktische Ebene des Fahrens sowie auf höhere kognitive Funktionen ab.

Beim Durchfahren der Stadt müssen die Fahrer Kreuzungen unterschiedlicher Komplexität sowie Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern (z.

B. Radfahrer, Fußgänger) bewältigen. Es müssen auch Vorfahrtsregeln beachtet werden. Das Stadt-szenario gilt der Erfassung höherer kognitiver Anforderungen des Fahrens. Eine zusätzliche komplexe Kreuzung wurde in die Strecke eingebaut, da vorherige Untersuchungen gezeigt haben, dass ältere Fahrer gerade mit diesen Schwierigkeiten haben (POSCHADEL, FALKENSTEIN et al., 2012).

Es ist auch ein Folgefahrtszenario unter Monotoniebedingungen enthalten. Hier müssen die Fahrer einem Auto während einer simulierten Nachtfahrt folgen und dabei den Abstand konstant halten. Das vorausfahrende Fahrzeug fährt dabei mit einer Geschwindigkeit von etwa 90 km/h, die leicht schwankt, und darf nicht überholt werden. Dieser Abschnitt ist ca. 24 km lang und besteht aus einer geraden Landstraße. Während dieser monotonen Fahrt geht es um die Fähigkeit zur Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit.

Am Ende der Gesamtstrecke ist ein plötzliches Ereignis implementiert, das eine schnelle Reaktion des Fahrers erfordert: Auf einer Überlandstrecke kreuzt unvermittelt ein Wildschwein die Fahrbahn. Um eine Kollision zu verhindern, muss der Fahrer ausweichen, bremsen oder eine Kombination aus beidem ausführen. Bis auf das plötzliche Ereignis am Ende der Strecke hat diese ein durchschnittliches Anforderungsniveau und erfüllte die Vorgaben, die an eine Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr gestellt werden (BUKASA & UTZELMANN, 2009).

4.6.4 Leistungsbewertung

Jede Fahrt im Simulator wurde von einem von drei geschulten Beobachtern bewertet. Diese wurden zufällig und nach ihrer Verfügbarkeit auf die einzelnen Fahrten zugewiesen. Während der Fahrt des Probanden saß der Beobachter in einem separaten Raum neben dem Simulatorraum von wo aus er den Fahrer durch ein Fenster von hinten beobachten konnte. So war es möglich, z. B. das Sicherungsverhalten des Fahrers (z. B. Schulterblicke) zu bewerten.

Vor Beginn der Datenerhebung hatten alle Beobachter eine ausführliche Schulung zur Bewertung der Fahrkompetenz mithilfe der Standardized Application for Fitness-to-Drive Evaluations (S.A.F.E.); (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013) erhalten. Diese Tabletanwendung für Fahrsimulatoren mit dem Betriebssystem SILAB (Bild 7) basiert auf Beobachtungen durch geschulte Beob-



Bild 7: S.A.F.E. Anwendung mit Fitness-to-drive Skala (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013, S. 3)

achter. Anhand dieser Tabletanwendung registriert der Beobachter für jede Verkehrssituation die aufgetretenen Fahrfehler. Einige Fehlerarten werden automatisch gezählt (z. B. Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit), andere (z. B. nicht ausreichendes Sichern) müssen manuell eingegeben werden.

Zur Schulung der Beobachter wurden Videos von Fahrern verwendet, die gezielt Fehler in den verschiedenen Verkehrssituationen machten. Mithilfe dieses Videomaterials wurden die unterschiedlichen Fehlerarten erarbeitet. Für jede Verkehrssituation wurden die Fehler registriert, die Bewertung der Fahrkompetenz diskutiert und die Musterlösung erläutert. Dafür wurde mit einer Fahrlehrerin für jede Verkehrssituation der Strecke eine Beschreibung des angemessenen Fahrverhaltens, eine Erläuterung zu der Bewertung im Simulator sowie eine Zusammenstellung von Fehlern, bei deren Auftreten das entsprechende Szenario nicht verkehrssicher bewältigt wurde, erstellt. Dieser Erwartungshorizont befindet sich im Anhang 8.1.

Die mit der S.A.F.E.-Anwendung registrierten Fahrfehler lassen sich vier Kategorien zuordnen:

- **Längsregelungsfehler**
schneller als zulässige Höchstgeschwindigkeit, unangepasstes Schnellfahren/unangepasst starke Beschleunigung/Verzögerung, unangepasstes Langsamfahren, zu geringer Längsabstand,
- **Querregelungsfehler**
zu geringer Querabstand, fehlende Spurgenaugigkeit/ Abkommen von der Fahrbahn,
- **Kognitiv-taktische Fehler**
Spurwechselfehler, unangepasste Spurwahl, Befahren unzulässiger Fahrbahnen, fehlendes/nicht ausreichendes Sichern, Verkehrsverstöße gegenüber Vorrangregeln, übervorsichtiges Sichern, Navigationsfehler, fehlendes/verzögertes/

Verbalkategorie	Numeralkategorie
absolut fahrnsicher	10
kritisches Fahrverhalten	9
	8
	7
auffälliges Fahrverhalten	6
	5
	4
normales Fahrverhalten	3
	2
	1
uneingeschränkt fahrnsicher	0

Bild 8: Fitness-to-drive Skala (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013, S. 3)

verfrühtes Blinken, unklare Kommunikation, Umgang mit Zeichengebung anderer, und

- Kollisionen und kritische Situationen
Gefährdung von Fußgängern, Radfahrern, anderer motorisierter Verkehrsteilnehmer.

Zusätzlich zu den Fahrfehlern wurde für jedes Szenario eine Bewertung anhand der Fitness-to-drive-Skala (Bild 8) vorgenommen. Es handelt sich dabei um eine 11-stufige Skala mit den Polen „uneingeschränkt fahrnsicher“ (0) und „absolut fahrnsicher“ (10). Die Skala besteht aus drei Verbalkategorien: normales Fahrverhalten, auffälliges Fahrverhalten und kritisches Fahrverhalten. Diese sind jeweils dreifach unterteilt. Am Ende der Fahrt beurteilt der Beobachter zusätzlich die Fitness-to-drive für die gesamte Fahrt. Das plötzliche Ereignis am Ende der Strecke bleibt dabei unberücksichtigt. Zusätzlich beurteilen die Fahrer selbst ihre Leistung anhand dieser Skala.

Weiterhin registriert der Beobachter die Anzahl der Fahrer, die die Fahrt aufgrund der Simulatorkrankheit abbrechen. Während der gesamten Fahrt werden softwareseitig Messgrößen wie Geschwindigkeit, laterale Position, Abstand zu anderen Fahrzeugen und Anzahl der Fahrspurwechsel erfasst, verarbeitet und zu Kennwerten für die Verkehrsszenarien verrechnet.

4.7 Statistische Analysen

Die statistischen Analysen wurden mit der Software IBM SPSS Statistics for Windows (Version 21) durchgeführt. Unterschiede zwischen den älteren Fahrern (Senioren) und der Vergleichsgruppe (jün-

gere Fahrer) wurden, sofern die Voraussetzung der Normalverteilung des Merkmals in der Grundgesamtheit sowie die der Varianzhomogenität erfüllt war, mittels t-Test für unabhängige Stichproben geprüft. Der Mann-Whitney-U-Test wurde verwendet, wenn diese Voraussetzungen nicht erfüllt waren. Der Pearson χ^2 -Quadrat-Test wurde verwendet, um zu prüfen, ob zwischen zwei kategorialen Variablen ein Zusammenhang besteht. Generell wurde ein Signifikanzniveau von 5 % (2-seitig) für alle Analysen gewählt.

Um die Alphafehler-Inflation zu kontrollieren wurde, soweit dies möglich war, eine hierarchische Testprozedur, ausgehend von globalen abhängigen Variablen (z. B. Bewertung der Gesamtfahrt, Gesamtfehlerzahl für die gesamte Fahrt) zu spezifischen abhängigen Variablen (z. B. die einzelnen Fehlerarten) gewählt (MARCUS, PERITZ & GABRIEL, 1976).

Der Einfluss des Alters auf die Gesamtzahl der Fahrfehler wurde bei den älteren Fahrern mithilfe einer linearen Regressionsanalyse untersucht. Da einige Fehlerarten nicht normalverteilt waren und teilweise auch nur sehr selten auftraten, wurden die Fehlerprofile nur deskriptiv zwischen beiden Gruppen verglichen.

5 Ergebnisse

Von den Studienteilnehmern liegen umfangreiche Fragebogendaten, Daten aus der computerbasierten Testung mit dem Wiener Testsystem sowie Daten aus der Fahrverhaltensbeobachtung vor. Diese werden im folgenden Kapitel dargestellt. In der Regel basieren die Auswertungen auf den Daten aller Fahrer, die die Fahrverhaltensbeobachtung angetreten und weitestgehend abgeschlossen haben. Abweichungen in der Fallzahl sind auf fehlende Angaben der Probanden zurückzuführen oder darauf, dass Fahrer die Fahrt vorzeitig abgebrochen haben.

5.1 Unfallverwicklung, Vermeidungsverhalten und weitere Selbstauskünfte der Fahrer

Im Rahmen ihrer Teilnahme an der Untersuchung bearbeiteten die Probanden beider Gruppen eine Reihe von Fragebogen, die Aufschluss über ihr Verhalten im Straßenverkehr geben. Es standen drei

Datenquellen zur Verfügung: Zum einen waren dies die Angaben der Studienteilnehmer über ihre Verwicklung in Unfälle und die Häufigkeit geahndeter Verstöße im Straßenverkehr. Aus dem DBQ liegen ferner die Angaben zum Auftreten von Fahrfehlern vor. Weiterhin sind die Angaben aus dem Fragebogen zur Vermeidung von Verkehrssituationen vorhanden. Die Datengrundlage für die im Folgenden dargestellten Analyseschritte bilden 25 vollständig bearbeitete Fragebogen von Senioren und 22 Bogen von Fahrern der Kontrollgruppe. Somit lagen diese Fragebogendaten für allen Senioren, die die Fahrverhaltensbeobachtung angetreten haben, vor. In der Kontrollgruppe fehlen diese Angaben von zwei der 24 Fahrer, die die Fahrverhaltensbeobachtung absolviert haben.

Unfallverwicklung

Über den Betrachtungszeitraum von drei Jahren wurden insgesamt sieben Unfälle berichtet. Drei davon hatten sich bei Fahrern der Kontrollgruppe ereignet, vier bei Fahrern aus der Gruppe der Senioren. Bei den berichteten Unfällen handelte es sich fast ausschließlich um Parkunfälle bzw. um solche, bei denen ein anderer Fahrzeugführer auf das stehende Fahrzeug des Befragten aufgefahren ist. Bei einem der berichteten Unfälle konnte der nachfolgende Fahrer nicht mehr schnell genug auf ein Bremsmanöver reagieren, so dass sich ein Auffahrunfall ereignete. Aufgrund der geringen Häufigkeit der Unfälle und deren Art sind aus diesen Angaben keine Schlussfolgerungen auf die Fahrsicherheit der befragten Fahrer ableitbar. Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass sich keine Hinweise auf eine Unfallohäufung unter den Senioren finden.

Gruppe	Anzahl					
	0	1	2	3	10	Gesamt
Senioren	12 (25 %)	7 (15 %)	4 (9 %)	1 (2 %)	1 (2 %)	25 (53 %)
Jüngere	9 (19 %)	6 (13 %)	5 (11 %)	2 (4 %)	0 (0 %)	22 (47 %)

Tab. 5: Anzahl (Anteil in %) der geahndeten Geschwindigkeitsübertretungen nach Gruppen innerhalb der vergangenen drei Jahre.

	Gruppe		t-Test			
	Senioren (N=25)	Jüngere (N=21)	df	t	p ≤	η^2
Gesamtscore	53.88 (10.50)	52.24 (17.71)	1,44	-.390	.699	.003

Tab. 6: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Tests für den Score aus dem DBQ nach Gruppen.

Situation	Gruppe	nie	eher nicht	wenn möglich	immer	χ^2	p ≤	r*
Lange Fahrten	Senioren	4 %	23 %	35 %	39 %	2.105	.551	.166
	Jüngere	0 %	13 %	38 %	50 %			
Dunkelheit / schlechte Sicht	Senioren	0 %	35 %	31 %	35 %	1.246	.536	.025
	Jüngere	0 %	25 %	46 %	30 %			
Regen / Schnee / Glätte	Senioren	0 %	46 %	15 %	39 %	4.298	.117	.006
	Jüngere	0 %	33 %	42 %	25 %			
Große Städte	Senioren	0 %	12 %	39 %	50 %	0.839	.657	-.129
	Jüngere	0 %	17 %	46 %	38 %			
Autobahnfahrten	Senioren	0 %	4 %	4 %	92 %	6.111	.106	-.249
	Jüngere	0 %	0 %	25 %	75 %			
Unbekannte Strecken	Senioren	0 %	4 %	39 %	58 %	1.452	.693	.026
	Jüngere	4 %	4 %	29 %	63 %			
Fahrten alleine	Senioren	0 %	0 %	35 %	65 %	1.522	.467	.043
	Jüngere	0 %	4 %	25 %	71 %			
Fremdes Auto	Senioren	4 %	42 %	27 %	27 %	4.123	.249	.146
	Jüngere	8 %	17 %	42 %	33 %			
Nicht gut geht	Senioren	19 %	58 %	12 %	12 %	2.352	.503	.178
	Jüngere	8 %	54 %	25 %	13 %			
Hohe Geschwindigkeiten	Senioren	4 %	50 %	27 %	19 %	1.454	.693	.139
	Jüngere	4 %	33 %	38 %	25 %			
Geringe Abstände	Senioren	4 %	54 %	42 %	0 %	0.944	.624	-.129
	Jüngere	4 %	67 %	29 %	0 %			
Überholen	Senioren	0 %	12 %	65 %	23 %	5.390	.068	-.173
	Jüngere	0 %	38 %	38 %	25 %			
Fahrten bei Müdigkeit	Senioren	12 %	81 %	8 %	0 %	3.086	.379	.209
	Jüngere	8 %	67 %	21 %	4 %			

* Korrelation nach Spearman.

Tab. 7: Ausmaß in dem Senioren (N = 26) und Fahrer der Vergleichsgruppe (N = 24) Verkehrssituationen meiden (Prozentwerte gerundet).

Geahndete Verstöße

Für denselben Betrachtungszeitraum wurden insgesamt 93 geahndete Verstöße im Straßenverkehr berichtet. Diese Verstöße wurden von 17 der 25 Senioren und von 18 der 22 Fahrer der Kontrollgruppe begangen, von denen diese Angaben vorlagen. Im Durchschnitt berichteten die Senioren 2.12 ($SD = 3.84$) Verstöße begangen zu haben, die Fahrer der Kontrollgruppe mit 1.82 ($SD = 1.62$) kaum weniger. Einzelne Befragte hatten für die vergangenen drei Jahre bis zu fünf Verstöße angegeben, ein Befragter aus der Gruppe der Senioren sogar 20. Bei genauerer Betrachtung der geahndeten Verstöße zeigte sich, dass es sich bei allen Fahrern überwiegend um Parkverstöße (z. B. Parken ohne Parkschein, Überschreitung der Parkzeit) handelte. Dies war auch bei dem Fahrer aus der Seniorengruppe der Fall, der mit 20 geahndeten Verstößen innerhalb der vergangenen drei Jahre die höchste Anzahl angegeben hatte.

Den insgesamt 37 Parkverstößen in der Gesamtgruppe standen 50 Geschwindigkeitsübertretungen, drei Bußgeldbescheide wegen zu geringem Abstand und einer wegen nicht rechtzeitig erfolgter Anmeldung zur Hauptuntersuchung gegenüber. Sowohl die Senioren als auch die Fahrer der Kontrollgruppe berichteten von geahndeten Geschwindigkeitsübertretungen (Tabelle 5). Zwischen beiden Gruppen war aber hier kein systematischer Unterschied in der Häufigkeit dieses Vergehens auszumachen ($\chi^2 = 1.766$, $p \leq .779$, Cramer-V = -.194).

Potenziell gefährdende Verhaltensweisen

Der für die Erfassung dieser Verhaltensweisen verwendete Fragebogen basiert auf dem DBQ und umfasst 31 Items. Es wurde eine siebenstufige Skala (nie – sehr selten – selten – mittel – oft – sehr oft – (fast) immer), der die Werte 0 bis 6 zugeordnet sind, verwendet. Aufgrund des kleinen Stichprobenumfangs war es nicht möglich, die in der Literatur für

den DBQ postulierte Struktur, bestehend aus drei Faktoren, zu prüfen. Da diese u. a. auch bei SCHUMACHER (2014) nicht repliziert werden konnte, wurde auf eine differenzierte Betrachtung nach den drei Faktoren verzichtet. Stattdessen wurde ein Score als Gesamtsumme über alle Items gebildet und zwischen den Gruppen verglichen. Wie Tabelle 6 zeigt, war dieser Score zwischen den Gruppen nicht unterschiedlich. Demnach zeigten die Fahrer in beiden Gruppen nicht unterschiedlich viele solcher Verhaltensweisen.

Vermeidung von Verkehrs- und Fahrsituationen

Sowohl die Senioren als auch die Vergleichsgruppe gaben anhand des Fragebogens zu 13 Verkehrs- und Fahrsituationen an, inwieweit sie diese vermeiden. Zur Beantwortung wurden vier Kategorien (nie – eher nicht – wenn möglich – immer) vorgegeben. Die Prüfung des statistischen Zusammenhangs zwischen der Gruppenzugehörigkeit und dem Verhalten wurde über χ^2 -Werte bestimmt, Art und Richtung des Zusammenhangs wurden über die Korrelation nach Spearman quantifiziert. Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse der Analyse im Überblick. Hier werden zwei wesentliche Dinge deutlich: Zum einen werden Verkehrs- und Fahrsituationen, die als eher schwierig gelten, durchaus auch von Fahrern der Kontrollgruppe gemieden. Hierzu gehören u. a. lange Fahrten, Autobahnfahrten und Fahrten auf unbekanntem Strecken. Weiterhin zeigt sich bei keiner der Verkehrs- und Fahrsituationen ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden untersuchten Gruppen. Entgegen der Erwartung meiden die Senioren in der vorliegenden Studie also solche Situationen nicht häufiger als die jüngeren Fahrer.

MoCA-Test

Die Werte der älteren Fahrer im MoCA bewegten sich zwischen 19 und 29 Punkten. 46 % der Älteren erzielten 25 Punkte oder weniger und zeigten damit Hinweise auf leichte kognitive Beeinträchtigungen. In der Gruppe der jüngeren Fahrer gab es keine Hinweise auf das Vorliegen leichter kognitiver Beeinträchtigungen. Die Werte in dieser Gruppe bewegten sich zwischen 26 und 30 Punkten.

5.2 Computerbasierte Testung

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der computerbasierten Testung mit dem Wiener Testsystem dargestellt. Nach einer Beschreibung des vorhandenen Datensatzes wird zunächst der Anteil

derer in beiden Gruppen verglichen, der den Test bestanden hat. An diese Betrachtung der Prozentrangwerte schließt sich die Betrachtung der Leistungsvariablen an. Das Kapitel schließt mit den Angaben der Probanden.

5.2.1 Datensatz

In die Analyse der Daten der computerbasierten Testung wurden nur Fahrer einbezogen, die auch die Fahrt im Fahrsimulator angetreten haben. Ein Fahrer aus der Gruppe der Senioren konnte aus terminlichen Gründen die Testung am Computer nicht absolvieren. Damit umfasst der analysierte Datensatz in der Gruppe der Senioren 25 Fahrer, in der Vergleichsgruppe 24 Fahrer. Er ist damit um einen Datensatz kleiner als bei der Betrachtung der Daten aus der Fahrverhaltensbeobachtung.

5.2.2 Anteil bestandener Tests

Nach einschlägigen Vorgaben gilt ein Test als bestanden, wenn die in den Prozentrang umgerechnete Leistung größer oder gleich 16 ist. Das Test-Set umfasst fünf Tests (DT, COG, ATAVT, LVT & RT). Tabelle 8 zeigt die Anteile der Fahrer in beiden untersuchten Gruppen, die alle fünf Tests bestanden haben. Ebenso sind die Anteile für jeden Einzeltest dort zu finden.

Während die Fahrer der Kontrollgruppe im Mittel alle fünf Tests bestanden haben ($M = 4.92$, $SD = .282$), haben die Senioren im Mittel nur drei Tests bestanden ($M = 3.32$; $SD = 1.249$). Dieser Unterschied auf Gruppenebene zeigt sich mit Ausnahme von COG bei allen Tests des Test-Sets (Tabelle 8). Am deutlichsten ist der Unterschied bei DT, LVT und ATAVT.

Test	Senioren [%]	Jüngere Fahrer [%]	χ^2	$p \leq$	Cramer-V
N	25	24			
DT	52.00	100.00	15.256	.000	.558
COG	88.00	100.00	3.068	.235	.250
ATAVT	68.00	100.00	9.179	.002	.433
LVT	64.00	100.00	10.584	.001	.465
RT	62.50	91.70	5.779	.016	.016
alle nach FeV	16.00	91.70	28.148	.000	.758

Tab. 8: Anteile der Probanden [%] nach Gruppen, die die einzelnen Tests sowie alle Tests nach FeV bestanden haben ($PR \geq 16$ in der Hauptvariablen).

	Gruppe Senioren (N = 25)	Jüngere (N = 24)	t-Test df	t	p ≤	η ²
Gesamt-score	30.18 (14.12)	65.80 (11.54)	1,47	9.676	.000	.666

Tab. 9: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Tests für den Score aus den Prozenträngen der Tests nach FeV nach Gruppen.

Test	Variable	Senioren M (sSD)	Jüngere M (sSD)	p ≤	η ²
DT	Anzahl richtige Reaktionen	24.12 (20.63)	64.29 (19.42)	.000	.511
COG	Mittlere Zeit korrekte Zurückweisung	44.32 (26.70)	81.17 (17.61)	.000	.407
ATAVT	Überblicksgewinnung	22.44 (17.62)	72.67 (21.23)	.000	.634
LVT	Score	30.84 (26.18)	65.92 (22.73)	.000	.347
RT	Mittlere Reaktionszeit (msec.)	30.38 (25.47)	44.96 (23.05)	.043	.086

Tab. 10: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Test für die Prozenträge der Hauptvariablen nach Gruppen (höhere Werte = bessere Leistung).

Item	Senioren (N=25)	Jüngere (N=24)	t-Test			
			df	t	p ≤	η ²
Leistung	8.60 (2.70)	8.54 (1.44)	1,47	-.094	.926	.000
Anstrengung	7.52 (3.32)	8.25 (2.88)	1,47	.821	.416	.014

Tab. 11: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Tests für die subjektiven Maße (Leistung = Wie gut haben Sie den Test bewältigt?; Anstrengung = Wie anstrengend war der Test?) nach Gruppen.

Dieses Ergebnis zeigt, dass weniger Senioren als Fahrer der Vergleichsgruppe in der Lage waren, bei einfachen Mehrfachreiz-Reaktionsaufgaben über längere Zeit hinweg ausreichend schnell und richtig zu reagieren. Ebenso waren weniger Senioren in der Lage, Verkehrssituationen ausreichend schnell und genau zu erfassen. Der Anteil der Senioren, der über eine ausreichend hohe Wahrnehmungsleistung im Sinne einer Überblicksgewinnung verfügte, war ebenfalls niedriger.

5.2.3 Vergleich der Leistungsvariablen

Beim zuvor durchgeführten Vergleich der beiden untersuchten Gruppen wurde nur eine kategoriale Betrachtung angestellt. Das tatsächlich erreichte Leistungsniveau blieb dabei unberücksichtigt. Im Folgenden wird daher die individuelle und in Pro-

zenträge transformierte Leistung in den Hauptvariablen analysiert. Im Sinne der hierarchischen Testung wird dafür zunächst durch Mittelwertsbildung ein Gesamtscore für das Test-Set als Ganzes berechnet und auf Signifikanz geprüft.

Wie die statistische Analyse zeigt (Tabelle 9), waren die Senioren den Fahrern der Vergleichsgruppe in Bezug auf die fahrsicherheitsrelevante Leistung unterlegen: Der aus den Prozenträngen berechnete Score fiel in der Gruppe der Senioren niedriger aus.

Tabelle 10 zeigt den Vergleich für die einzelnen Tests. Da dieser Analyseschritt Bestandteil einer geschlossenen Testprozedur ist, wurde dabei auf die Korrektur der Irrtumswahrscheinlichkeiten verzichtet. Die Senioren sind den Fahrern der Vergleichsgruppe in allen fünf Tests unterlegen. Am deutlichsten wird der Unterschied im ATAVT und im DT. Das schlechtere Abschneiden der Senioren im ATAVT weist darauf hin, dass Einschränkungen in der Fähigkeit bestehen, Verkehrssituationen schnell und detailliert zu erfassen. Senioren scheinen darüber hinaus weniger gut in der Lage zu sein, auf einfache Reize schnell und richtig zu reagieren (DT). Die schlechtere Leistung im LVT und COG weist auf Defizite im Bereich der selektiven Aufmerksamkeit und der Fähigkeit zur Überblicksgewinnung hin. Das schlechtere Abschneiden der Senioren im Reaktionstest zeigt Einschränkungen in der Reaktionsgeschwindigkeit an.

5.2.4 Subjektive Daten

Am Ende der Testung wurden die Fahrer gebeten, ihre Leistung einzuschätzen und das notwendige Ausmaß an Anstrengung bei der Bearbeitung der Testung auf der Kategorienunterteilungsskala anzugeben (Bild 4). Übereinstimmend schätzten die Fahrer beider Gruppen ihre Leistung im mittleren bis guten Bereich ein. Die Bearbeitung der Testung wurde als mittel anstrengend empfunden. Auch hier gab es keinen Unterschied zwischen den Senioren und der Vergleichsgruppe.

5.3 Simulatorgewöhnung

Von den rekrutierten Senioren brachen, wie in Kapitel 4.1 berichtet, fünf das Training zur Simulatorgewöhnung aufgrund von Unverträglichkeit ab. Diese Fahrer waren männlich und wurden entsprechend nicht in die Fahrverhaltensbeobachtung einbezo-

Item	Beginn (N=24)	Ende (N=24)	t-Test		
			df	t	p ≤
Leistung	9.40 (2.08)	9.88 (2.28)	1,24	-1.266	.218
Zurecht- kommen	10.15 (2.04)	10.29 (2.07)	1,24	-.321	.751
Realitäts- nähe	9.57 (2.66)	8.91 (2.30)	1,24	1.169	.256

Tab. 12: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Tests für die subjektive Bewertung des Trainings durch die Senioren (Leistung = Wie gut sind Sie gefahren?; Zurecht-kommen = Wie gut sind Sie mit dem Simulator zurechtgekommen?; Realitätsnähe = Wie realitätsnah war die Fahrt?); Beginn und Ende des Trainings im Vergleich.

gen. Ein großer Teil der Fahrer der Vergleichsgruppe hatte bereits zuvor an Untersuchungen im Fahr-simulator teilgenommen und entsprechend das Training zur Eingewöhnung bereits absolviert. Von den Fahrern, die noch nicht zuvor an Studien teilge-nommen hatten und deshalb trainiert wurden, hat nur einer das Training abgebrochen. Dieser Fahrer nahm ebenfalls nicht an der Fahrverhaltensbeob-achtung teil.

Im Rahmen des Gewöhnungstrainings wurden die Fahrer umfangreich zum Simulator und zum Um-gang mit diesem befragt. Im Weiteren werden aus-gewählte Items aus der durchgeführten Befragung daraufhin analysiert, ob es im Verlauf des Trainings zu einer Veränderung kam. Diese Analyse wird nur für die Gruppe der Senioren durchgeführt, da hier alle das Gewöhnungstraining absolviert haben. Ent-sprechend ist kein Vergleich dieser Bewertungen zwischen den untersuchten Gruppen möglich.

Wie Tabelle 12 zu entnehmen, gingen die Fahrer bei der ersten und auch bei der letzten Fahrt im Fahrsimulator davon aus, dass sie die an sie gestellte Auf-gabe gut bewältigt haben. Obwohl hier keine Ver-besserung nachweisbar war, spricht dies für einen Erfolg des Trainings, da die Anforderungen bei der letzten Fahrt ungleich höher waren als bei der ersten Fahrt: Während die Fahrer sich bei der ersten Fahrt ohne Berücksichtigung der Vorgaben der Straßen-verkehrsordnung auf einer überwiegend geraden Strecke frei probieren konnten, mussten sie in der letzten Fahrt eine Stadtfahrt absolvieren. Dabei galt es, die Vorgaben der Straßenverkehrsordnung zu beachten und anspruchsvolle Verkehrssituationen zu bewältigen, wie z. B. das Abbiegen an Kreuzun-gen, das Abschätzen von Zeitlücken im Querverkehr oder das zielgenaue Anhalten an Kreuzungen. Auch bei diesen anspruchsvollen Szenarien gaben die Fahrer an, gut mit dem Simulator zurechtzukom-

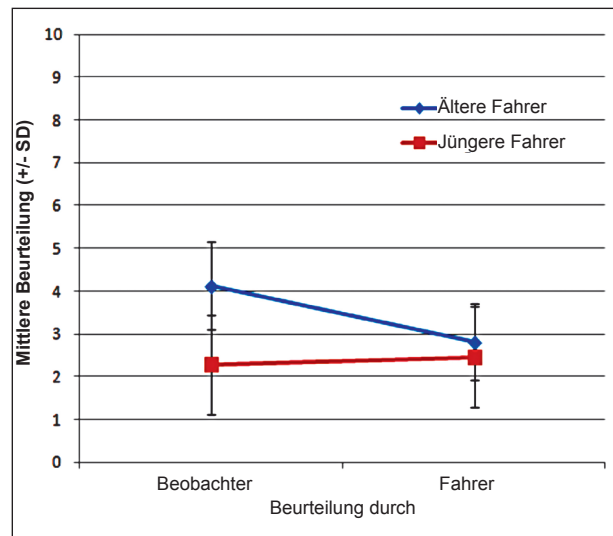


Bild 9: Durchschnittliche Beurteilung der Fitness-to-drive durch den Beobachter und den Fahrer im Vergleich.

men. Wie schon bei ihrer ersten Fahrt im Simulator erschien ihnen das Fahren in der Innenstadt am Ende des Trainings sehr realitätsnah.

5.4 Fahrverhaltensbeobachtung

Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse der Fahrverhal-ten-beobachtung dar. Zuerst wird auf die Abbruch-quote eingegangen. Danach werden die Leistungs-bewertungen durch den Beobachter sowie die Selbstbeurteilungen der Fahrer dargestellt. Ab-schließend werden Verhaltensmaße charakterisiert, die die Software ausgibt.

5.4.1 Abbruchquote

Die Abbruchquote ist ein Indikator für die Verträglichkeit. In der Gruppe der Senioren brachen zwei Personen (eine weiblich) die Fahrverhaltensbeob-achtung aufgrund der Simulatorkrankheit ab. Da 26 ältere Fahrer diese ursprünglich begonnen hatten, entspricht dies einer Abbruchquote von 8 %. In der Vergleichsgruppe, bestehend aus jüngeren Fahr-ern, absolvierten alle die Fahrverhaltensbeobach-tung vollständig.

Die beiden älteren Fahrer, die die Fahrverhaltens-beobachtung abgebrochen haben, taten dies beim Durchfahren des Stadtszenarios, also am Ende der Fahrverhaltensbeobachtung in einem Streckenab-schnitt, der aufgrund der Dynamik der Manöver und Dichte der Umgebungsdarstellung erwartungsgemäß weniger verträglich ist. Im SSQ gab ein Fahrer als Symptome ein stark ausgeprägtes allgemeines

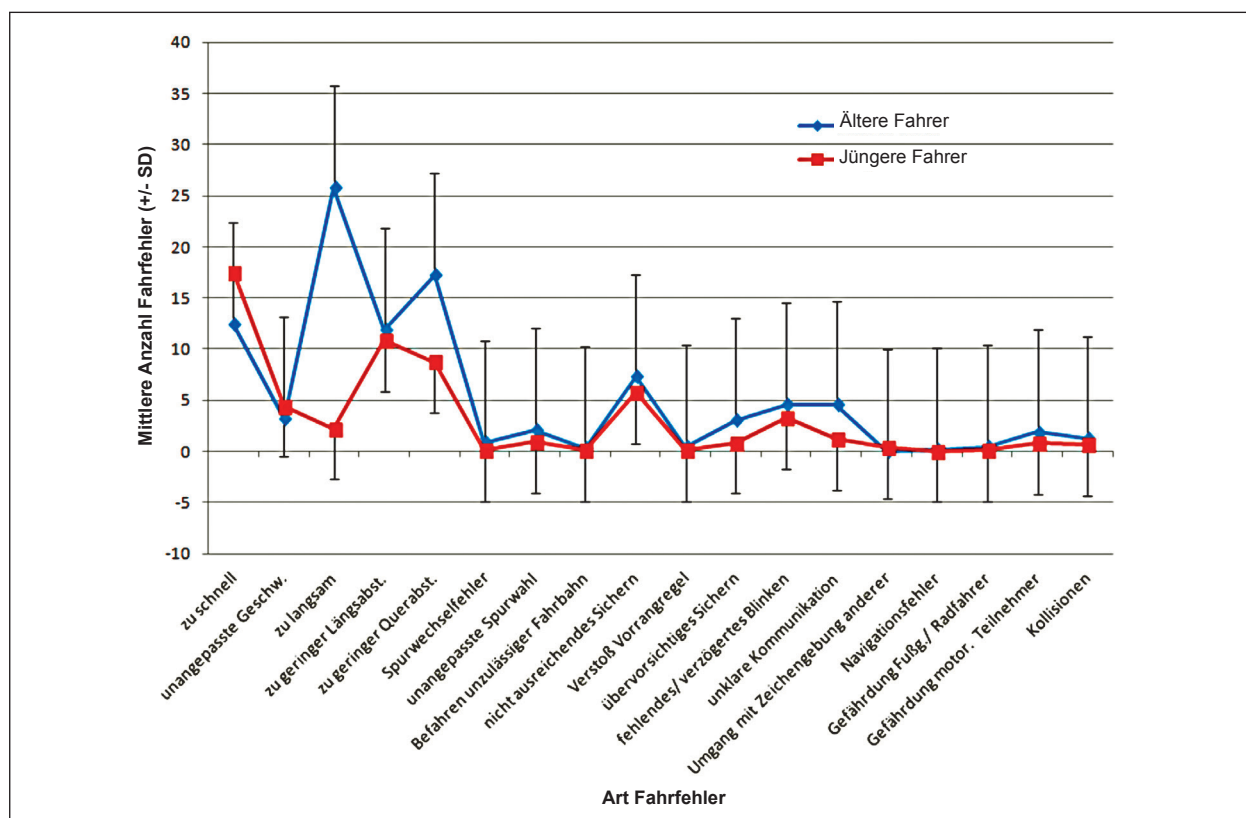


Bild 10: Durchschnittliche Anzahl der Fehler pro Fehlerart nach Gruppen.

Unwohlsein, Übelkeit und Magenbeschwerden an. Der andere Fahrer berichtete zudem eine mittelstark ausgeprägte Ermüdung zu verspüren und unter angestrengten Augen, Schwindel und Aufstoßen zu leiden.

5.4.2 Fitness-to-drive-Skala

Wie Bild 9 zu entnehmen ist, wurde die allgemeine Fahrkompetenz der älteren Fahrer durch die Beobachter signifikant schlechter bewertet als die der jüngeren Fahrer ($U = 82.00, p \leq .001$). Während die Älteren im Mittel eine Bewertung von 4.12 ($SD = 1.03$) erhielten, was auf eine leicht beeinträchtigte Fahrkompetenz hinweist, lag die durchschnittliche Bewertung der Jüngeren durch die Beobachter bei 2.29 ($SD = 1.16$) auf der Fitness-to-drive-Skala. Dies entspricht einem normalen Fahrverhalten.

In der Gruppe der älteren Fahrer erhielten 73 % eine Beurteilung von vier oder höher auf dieser Skala. Ihr Fahrverhalten wurde damit als auffällig eingeschätzt. Nur 17 % der Jüngeren erhielten eine Bewertung in diesem Bereich.

Im Hinblick auf die Einschätzung der Fahrkompetenz durch die Fahrer selbst, lag das durchschnittliche Urteil in der Gruppe der älteren Fahrer bei 2.81

($SD = .90$) und damit im Bereich des normalen Fahrverhaltens. Die jüngeren Fahrer beurteilten ihr eigenes Fahren ebenfalls im Mittel als normal. Der durchschnittliche Wert lag in dieser Gruppe bei 2.46 ($SD = 1.18$). Dieser wertemäßig sehr geringe Unterschied zwischen den beiden Gruppen war allerdings statistisch signifikant ($U = 215.00, p \leq .042$).

Beim Vergleich der Urteile durch die Beobachter mit den Selbstbewertungen fällt auf, dass die älteren Fahrer ihre eigene Fitness-to-drive signifikant besser bewerteten als die Beobachter ($t = 5.30, p \leq .001$). Dagegen beurteilten sich die jüngeren Fahrer nicht abweichend von den Beobachtern ($t = -.48, p \leq .638$).

5.4.3 Fahrfehler

Die durchschnittliche Gesamtzahl der Fahrfehler war in der Gruppe der Senioren ($M = 266.62, SD = 97.53$) signifikant höher als in der Gruppe der jüngeren Fahrer ($M = 126.29, SD = 54.15; t = -6.32, p \leq .001$). Zudem waren die Standardabweichung und die Spanne der Fehleranzahl unter den Senioren größer (83 – 550) als in der Vergleichsgruppe (37 – 264). Betrachtet man die gesamte Fahrt, so traten die meisten der erfassten Fehlerarten bei den Senioren häufiger auf als bei den Jüngeren (Bild 10).

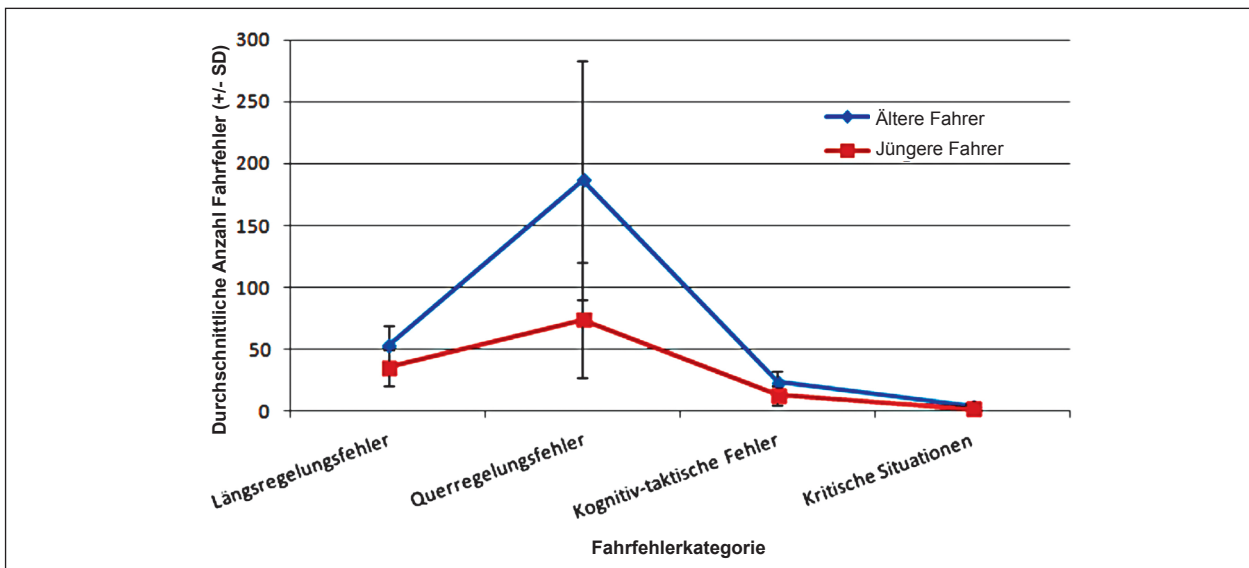


Bild 11: Durchschnittliche Anzahl der Fahrfehler pro Fehlerkategorie nach Gruppen.

Der größte Unterschied bestand beim Fehler fehlende Spurgenaugigkeit/ Abkommen von der Fahrbahn, der aus Gründen der Lesbarkeit der Grafik nicht in Bild 10 enthalten ist. Dieser Fehler wurde im Durchschnitt 169.42-mal ($SD = 95.56$) bei den Fahrten der älteren Fahrer registriert, jedoch nur 67.46-mal ($SD = 44.12$) bei den Fahrten der Jüngeren. Zudem zeigten die Älteren häufiger als die Jüngeren ein unangepasstes Langsamfahren und sie hielten häufiger einen zu geringem Querabstand zu anderen Fahrzeugen, Hindernissen und nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmern. Die einzige Fehlerart, die häufiger bei den jüngeren Fahrern als bei den älteren Fahrern auftrat, war die Überschreitung der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit.

Die beobachteten Fehler können Kategorien zugewiesen werden. Betrachtet man hier die beiden untersuchten Gruppen im Vergleich, dann fällt auf, dass insbesondere die Anzahl der Querregelungsfehler (d. h. fehlende Spurgenaugigkeit, Abkommen von der Fahrbahn, zu geringer lateraler Abstand) in der Gruppe der älteren Fahrer deutlich höher ist (Bild 11).

Die durchschnittliche Anzahl kritischer Situationen und Kollisionen während der Fahrt war in der Gruppe der Senioren ($M = 3.62$, $SD = 2.98$) höher als in der Gruppe der jüngeren Fahrer ($M = 1.75$, $SD = 1.29$). Lediglich 4 % der älteren und 17 % der jüngeren Fahrer beendeten die gesamte Fahrstrecke ohne kritische Situationen oder Kollisionen.

Innerhalb der Gruppe der Senioren konnte der Faktor Alter die Gesamtanzahl der Fahrfehler nicht vorhersagen ($\beta = 4.07$, $p \leq .341$). Deskriptive Analysen

zeigten zudem, dass ältere Fahrer, die einen Wert von weniger als 26 Punkten im MoCA erzielt hatten, im Durchschnitt mehr Fahrfehler machten ($M = 280.08$, $SD = 73.48$) als ältere Fahrer, die einen Wert von 26 oder höher erreichten ($M = 255.07$, $SD = 115.81$).

5.4.4 Fahrdaten

Softwareseitig werden zusätzlich zu den Beobachtungen und Bewertungen durch die Beobachter Parameter zu den einzelnen Verkehrssituationen ausgegeben, die aus Messgrößen der Fahrzeugposition, der Fahrzeugbewegung und den Bedieneingaben des Fahrers berechnet werden. Im Folgenden werden diese Parameter zu den Verkehrssituationen betrachtet, zu denen sie einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn zur Bewertung durch die Beobachter liefern. Beim Befahren der engen kurvigen Landstraße werden Geschwindigkeit und Standardabweichung der lateralen Position (SDLP) betrachtet. Die SDLP wird auch bei der monotonen Landstraßenfahrt analysiert. Sie ist ein Maß für die Güte der Spurhaltung und gibt an, wie stark ein Fahrer beim Fahren schwankt. Je größer dieses Maß ist, umso größer sind die Abweichungen von dessen selbst gewählter Ideallinie.

Bei der monotonen Landstraßenfahrt wird zusätzlich noch die Abstandshaltung ausgewertet, da diese Fahrt in Folgefahrt durchgeführt wurde und es Aufgabe des Fahrers war, den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug konstant zu halten. Für die Beschreibung wird der Sekundenabstand herangezogen. Er gibt an, nach wie vielen Sekunden eine

Abschnitt	Leistungsmaß	Senioren (N = 26)	Jüngere (N = 24)	t-Test			
				df	t	p ≤	η ²
Enge kurvige Strecke	mvx (km/h)	62.78 (8.23)	73.14 (6.16)	48	-5.005	.000	.343
	SDLP (cm)	.21 (.03)	.20 (.03)	48	1.558	.126	.048
Vigilanzfahrt	SDLP (cm)	.23 (.04)	.22 (.04)	48	1.217	.229	.030
	mDist (sec.)	2.44 (1.30)	3.24 (1.44)	48	-2.052	.046	.081
	SdDist (sec.)	.55 (.33)	.82 (.71)	48	-1.698	.069	.057
Wildwechsel	Anzahl Kollisionen	.46 (.51)	.54 (.51)	46	-.567	.573	.007
	Reaktionszeit (sec.)	1.52 (.33)	1.39 (.34)	43	1.349	.184	.041

Tab. 13: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Tests für die Verhaltensmaße. Weiter Erläuterungen siehe Text.

bestimmte Stelle auf der Straße erreicht wird, nachdem das vorausfahrende Fahrzeug diese passiert hat. Neben dem durchschnittlichen Sekundenabstand (mDist) wird noch die Standardabweichung des Sekundenabstands (sdDist) betrachtet. Sie gibt an, wie konstant der Abstand eingehalten wird. Lässt sich der Fahrer immer wieder zurückfallen und muss dann wieder aufschließen, wird dieser Wert größer.

Für den Wildwechsel am Ende der Strecke wird die Reaktionszeit als Zeitspanne zwischen dem Auftauchen des Wildschweins am Straßenrand und der Wegnahme des Fußes vom Gaspedal zur Vorbereitung auf das Bremsen berechnet. Zusätzlich wird für dieses plötzlich auftauchende Hindernis die Anzahl der Kollisionen zwischen beiden Gruppen verglichen.

Für den engen kurvigen Streckenabschnitt werden SDLP und Geschwindigkeit jeweils für die erste und die zweite Hälfte der Strecke bereitgestellt. Da die beiden ausgegebenen Werte für alle Fahrer nur geringfügig voneinander abwichen, wurden sie zur weiteren Analyse zu einem Durchschnittswert für die Gesamtstrecke zusammengefasst. Wie Tabelle 13 zeigt, fuhren die Senioren im Durchschnitt etwa 10 km/h langsamer als die Fahrer der Vergleichsgruppe. Die Standardabweichung der Spurposition bewegte sich bei beiden untersuchten Gruppen im Bereich um 20 cm. Senioren und jüngere Fahrer hielten die Spur demnach vergleichbar gut ein.

Für die monotone Landstraßenfahrt wird softwareseitig je ein Kennwert pro Viertel der Gesamtstrecke bereitgestellt. Auch diese wurden für die weitere Analyse durch Mittelwertbildung zu einem Kennwert für die Gesamtstrecke zusammengefasst. Die durchschnittliche SDLP als Maß für die Güte der Spurhaltung lag im Mittel in beiden Gruppen etwa zwei cm über der beim Befahren des engen kurvigen Waldstücks (Tabelle 13). Auch beim Befahren

dieser Strecke hielten die Fahrer beider Gruppen die Spur vergleichbar gut ein. Dabei hielten die Senioren einen etwas geringeren Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug (mDist in Tabelle 13). Diesen Abstand hielten sie in der Tendenz auch konstanter ein als die Fahrer der Vergleichsgruppe (sdDist in Tabelle 13). Senioren passten also ihre Geschwindigkeit genauer an die Geschwindigkeitsveränderungen des Führungsfahrzeugs an als die jüngeren Fahrer. In beiden Gruppen war eine Veränderung über die Zeit weder bei der Güte der Spurhaltung noch bei der Abstandshaltung nachweisbar.

In beiden Untersuchungsgruppen gelang es etwa der Hälfte der Fahrer nicht, am Ende der Strecke die Kollision mit dem plötzlich auftauchenden Wildschwein zu verhindern (Tabelle 13). Im Mittel reagierten die Senioren nach 1.5 Sekunden auf das Auftauchen des Wildschweins. Die jüngeren Fahrer in der Vergleichsgruppe reagierten nach etwa 1.4 Sekunden. Ein statistisch signifikanter Unterschied in der Reaktionsgeschwindigkeit war nicht nachweisbar.

5.4.5 Bewertungen durch die Fahrer

Am Ende der Fahrt wurden die Fahrer zu verschiedenen Aspekten befragt. Sowohl von den Senioren als auch von den Fahrern der Vergleichsgruppe wurde die Fahrt gleichermaßen als wenig bis mittel anstrengend empfunden (ältere Fahrer: $M = 7.08$, $SD = 2.35$; jüngere Fahrer: $M = 6.79$, $SD = 2.89$; $t = -.384$, $p \leq .702$). Die Fahrer beider Gruppen gaben an, am Ende der Fahrt eher wach gewesen zu sein (ältere Fahrer: $M = 4.19$, $SD = 1.57$; jüngere Fahrer: $M = 4.33$, $SD = 1.58$; $t = -.316$, $p \leq .753$).

Unterschiede zwischen beiden Gruppen bestanden darin, wie gut die Fahrer ihrer Einschätzung nach mit dem Simulator zurechtkamen. Die Senioren gaben an, mittelgut mit dem Simulator zurechtgekom-

men zu sein. Die jüngeren Fahrer schätzten sich hier als eher gut ein (ältere Fahrer: $M = 8.77$, $SD = 1.58$; jüngere Fahrer: $M = 10.71$, $SD = 2.24$; Mann-Whitney-U = 151.00, $p \leq .002$). Übereinstimmend wurde die Realitätsnähe der absolvierten Fahrt im Simulator bewertet. Nach Beendigung der Fahrt beurteilten die älteren und die jüngeren Fahrer diese als mittel gut ausgeprägt (ältere Fahrer: $M = 8.35$, $SD = 1.87$; jüngere Fahrer: $M = 8.92$, $SD = 2.45$; $t = .93$, $p \leq .357$).

6 Zusammenfassung und Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde mit älteren und jüngeren Fahrern eine Fahrstrecke im Simulator erprobt, die die Anforderungen erfüllt, die auch an eine psychologische Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr gestellt werden. Die Strecke bestand aus repräsentativen Fahraufgaben mit einem durchschnittlichen Schwierigkeitsniveau und umfasste sowohl Verkehrssituationen auf Stadt- und Landstraßen, wie auch auf Autobahnen. Es wurde untersucht, inwieweit diese Strecke geeignet ist, um die Fahrkompetenz älterer Fahrer zu untersuchen. Hierzu wurde die Verträglichkeit betrachtet und geprüft, inwieweit sich Leistungsunterschiede zwischen der älteren Fahrergruppe und einer Vergleichsgruppe, bestehend aus jüngeren Fahrern, abbilden lassen.

6.1 Computerbasierte Testung

In der Testung am Computer waren die Senioren der Kontrollgruppe leistungsmäßig deutlich unterlegen. Dies zeigte sich sowohl bei Betrachtung des Anteils bestandener Tests des Test-Sets FeV als auch bei Betrachtung der zu Prozenträngen verrechneten Hauptvariablen. Am deutlichsten war der Leistungsunterschied im ATAVT und im DT. Das schlechtere Abschneiden der Senioren im ATAVT weist darauf hin, dass diese weniger gut in der Lage waren, Verkehrssituationen schnell und detailliert zu erfassen. Senioren scheinen darüber hinaus weniger gut in der Lage zu sein, auf einfache Reize schnell und richtig zu reagieren (DT). Die schlechtere Leistung im LVT und COG weist auf Defizite im Bereich der selektiven Aufmerksamkeit und der Fähigkeit zu Überblicksgewinnung hin. Das schlechtere Abschneiden der Senioren im Reaktionstest zeigt

Einschränkungen in der Reaktionsgeschwindigkeit an.

Einen solchen Leistungsrückgang mit zunehmendem Alter konnte bereits SCHUMACHER (2014) nachweisen. Dieser war ferner zu erwarten, da die Tests des Test-Sets FeV eine ausgeprägte Reaktionszeitkomponente besitzen, die Reaktionsgeschwindigkeit aber mit dem Alter abnimmt (DO-ROUDGAR et al., 2017). Allerdings zeigte sich bei den Senioren in der Situation Wildwechsel, die ein schnelles Reagieren erforderte, kein verzögertes Reagieren. Auch waren Senioren und Vergleichsgruppe gleichermaßen gut in der Lage, die Kollision mit dem Tier zu vermeiden.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass die untersuchte Stichprobe recht klein war. Zusätzlich weist die durchweg höhere Streuung in der Gruppe der Senioren darauf hin, dass Leistungsunterschiede innerhalb dieser Gruppe bestehen. Leistungsbeeinträchtigungen liegen folglich nicht zwangsläufig bei allen Fahrern dieser Altersgruppe vor.

6.2 Simulatorgewöhnung

Das Training zur Gewöhnung an die Fahrsimulation hat sich als geeignet und gut abgestimmt auf die besonderen Bedürfnisse der Senioren erwiesen. Hierfür spricht zum einen der geringe Anteil älterer Fahrer, der das Training aufgrund von Unverträglichkeit abgebrochen hat. Insbesondere ältere Fahrer gelten als anfällig für das Auftreten der Simulatorkrankheit (BROOKS et al., 2010; ROENKER et al., 2003). Für Fahrten in Simulatoren werden, je nach Simulatorart und Art der untersuchten Verkehrssituationen, Abbruchquoten von bis zu 40 % berichtet (TRICK & CAIRD, 2011). Mit 16 % (5 von 31 Fahrern) fiel die Abbruchquote bei der Simulatorgewöhnung recht gering aus. Und dies, obwohl das Training am Ende auch Stadtszenarien enthielt, die gemeinhin als weniger gut verträglich gelten. Die geringe Abbruchquote ist vermutlich auf mehrere Gestaltungsfaktoren zurückzuführen: Auf den allmählichen Anstieg der Anforderungen, die Einhaltung kurzer Fahrzeiten während des Trainings, auf die längeren Pausen zwischen den einzelnen Fahrten und sowie auf die Durchführung in zwei Blöcken mit einer mehrtätigen Pause zwischen den Blöcken.

Auch die Einschätzung durch die Versuchsleiter spricht für die Eignung des Trainingskonzepts. Es bestand die Möglichkeit, Strecken im Bedarfsfall

wiederholt fahren zu lassen, wenn der Versuchsleiter den Eindruck hatte, dass bei den Fahrern noch Übungsbedarf bestand. Von dieser Möglichkeit wurde nur sehr vereinzelt Gebrauch gemacht. Am Ende des Trainings hatten die Fahrer anspruchsvolle Stadtszenarien zu bewältigen, was ihnen gemäß ihrer eigenen Einschätzung sowie in der Einschätzung der Person, die das Training anleitete, gut gelang.

Die Wirksamkeit eines speziellen Trainingsprogramms zur Vermeidung der Simulatorkrankheit wurde in ähnlicher Weise auch von HOFFMANN & BULD (2006) gezeigt. Sie verglichen Fahrer, die ein Training absolviert hatten, mit einer Kontrollgruppe, welche die gleiche Zeit im Simulator verbrachte, jedoch ohne die spezifischen Fahraufgaben zu absolvieren. Die Autoren konnten übereinstimmend mit der vorliegenden Studie zeigen, dass in einer nachfolgenden Fahrverhaltensbeobachtung im Simulator die Abbruchrate aufgrund von Simulatorkrankheit geringer ausfiel.

6.3 Fahrverhaltensbeobachtung

Verträglichkeit

Zunächst soll der Aspekt der Verträglichkeit betrachtet werden, der eine Grundvoraussetzung für die Eignung einer Fahrverhaltensbeobachtung für die Durchführung in einem Fahrsimulator mit Senioren darstellt.

In der Gruppe der Senioren brachen 8 % die Fahrverhaltensbeobachtung aufgrund von Symptomen der Simulatorkrankheit ab. Diese Rate ist sehr gering im Vergleich zu anderen Studien mit älteren Fahrern, in denen Prävalenzraten für das Auftreten der Unverträglichkeit zwischen 35 % und 75 % berichtet wurden (TRICK & CAIRD, 2011). Hier ist jedoch davon auszugehen, dass diese geringe Abbrecherrate nur zum Teil auf die Eigenschaften der Fahrstrecke zurückzuführen ist. Im Hinblick auf die Gestaltung der Szenarien wurde die Anzahl der Reize, welche die Wahrnehmung des optischen Flusses fördern, die Anzahl von 90° Kurven und die Anzahl von Situationen, welche ein abruptes Bremsen erfordern, gering gehalten. Diese Maßnahmen werden u. a. empfohlen, um die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der Simulatorkrankheit zu verringern (STONER et al., 2011). Das Stadtszenario, welches eine höhere Anzahl von Richtungswechseln, stärkeren Bremsenmanövern und Objekten

am Straßenrand beinhaltete, wurde bewusst an das Ende der Strecke gesetzt. Zudem wird empfohlen, die gesamte Fahrzeit im Simulator auf höchstens zwei Stunden zu beschränken. Weiterhin sollen einzelne Fahrabschnitte nicht länger als 25 Minuten dauern sollten (STONER et al., 2011). Daher wurden in der vorliegenden Untersuchung zwei Pausen während der Fahrt durchgeführt und die Gesamtfahrzeit auf höchstens eineinhalb Stunden (abhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit) beschränkt. Die geringe Abbruchrate ist sicherlich auch auf das ausführliche Simulatorgewöhnungstraining, das vor der Fahrverhaltensbeobachtung durchgeführt wurde, zurückzuführen. Nur Probanden, welche das Training vollständig absolviert hatten, wurde zur Teilnahme an der Fahrverhaltensbeobachtung eingeladen. Die Teilnehmergruppe war also vorbereitet und vorselektiert.

Es ist ferner bekannt, dass die Simulatorkrankheit über den Verlauf mehrerer Sitzungen abnimmt (KENNEDY, STANNEY & DUNLAP, 2000) und dass Simulatorkrankheit, Desorientierung und Augenbeschwerden sich von der ersten zur dritten Simulatorfahrt um bis zu zwei Drittel reduzieren können (WATSON, 1998). Daher wurde das Training für die älteren Fahrer in zwei Sitzungen durchgeführt. Zudem fand die eigentliche Fahrverhaltensbeobachtung erst an einem weiteren Termin statt, so dass eine Pause zwischen dem Abschluss des Trainings und dem Antritt zur Fahrverhaltensbeobachtung bestand. Im Allgemeinen konnte in der vorliegenden Untersuchung gezeigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der Simulatorkrankheit mithilfe eines Simulatorgewöhnungstrainings sowie einer spezifischen Gestaltung der Fahrstrecke gering gehalten werden kann.

Eignung zum Nachweis von alterskorrelierten Leistungsunterschieden

Die Fahrkompetenz wurde mithilfe der Fitness-to-drive-Skala nach einem erprobten Vorgehen bewertet (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & KENNTNER-MABIALA, 2013). Die Bewertung auf dieser Skala fiel für die älteren Fahrer im Schnitt schlechter aus als für die jüngeren Fahrer. Zudem war die Gesamtanzahl der Fahrfehler in der Gruppe der Senioren höher. Insofern gleicht die Befundlage hierbei der mit der computerbasierten Testung ermittelten, bei welcher die älteren Fahrer schlechter abschnitten als die Probanden der Kontrollgruppe.

Ältere Fahrer wiesen im Vergleich zu jüngeren Fahrern größere Schwierigkeiten beim Halten der Spur auf und fuhren häufiger mit einem zu geringen seitlichen Abstand zu anderen Fahrzeugen, Objekten oder ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Dies legt nahe, dass ihnen insbesondere die Querregulation des Fahrzeugs Probleme bereitete. Fehler aufgrund einer schlechten Spurhaltung wurden auch in einer Studie im Realverkehr häufiger für ältere als jüngere Fahrer registriert (KENNTNER-MABIALA et al., 2016). Dass die Spur im Fahrsimulator weniger genau eingehalten wird als im Realfahrzeug, ist ein bestätigter Befund (BLANA & GOLIAS, 2002). Die Ergebnisse der hier vorliegenden Untersuchung legen nahe, dass dies bei Fahrern höheren Alters vermutlich stärker ins Gewicht fällt.

In der Gruppe der Älteren wurde zudem häufiger als in der Gruppe der Jüngeren ein unangepasstes Langsamfahren registriert. Dies steht im Einklang mit Befunden von DOROUDGAR et al. (2017), welche im Rahmen einer Simulatorstudie feststellten, dass Ältere langsamer fahren als Jüngere. Das Fahren mit geringeren Geschwindigkeiten kann hier als Kompensation für beeinträchtigte kognitive und/oder körperliche Fähigkeiten gedeutet werden. Beispielsweise verschafft es den älteren Fahrern mehr Zeit, um auf Ereignisse zu reagieren.

Die Anzahl kritischer Situationen während der Simulatorfahrt war in der Gruppe der älteren Fahrer höher als in der Gruppe der jüngeren Fahrer. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen der Simulatorstudie von DOROUDGAR et al. (2017). Auch hier wurde für ältere Fahrer eine größere Anzahl an Kollisionen nachgewiesen. Kritische Situationen kamen ferner auch in der Untersuchung von KENNTNER-MABIALA et al. (2016) bei älteren Fahrern häufiger vor. Allerdings handelte es sich hierbei um eine Studie im Realverkehr. Vergleicht man die Anzahl kritischer Situationen zwischen dieser und der vorliegenden Studie, dann fällt auf, dass der Anteil der Fahrer, der beim Fahren in eine kritische Situation kam, im Realverkehr geringer war (82 % der älteren Fahrer, 50 % der jüngeren Fahrer; KENNTNER-MABIALA et al., 2016) als in der vorliegenden Simulatorstudie (96 % der älteren Fahrer, 83 % der jüngeren Fahrer). Es ist denkbar, dass sich Fahrer im Simulator anders verhalten als im Realverkehr, da sie nicht an die Echtheit der Simulation glauben. Simulierte Unfälle ziehen nicht die gleichen Konsequenzen nach sich wie Unfälle im Realverkehr und somit ist es möglich, dass Fahrer in der Simulation ein riskanteres Fahrverhalten zeigen.

Eine mögliche Erklärung für das schlechtere Abschneiden der Senioren in der Fahrverhaltensbeobachtung könnte auch sein, dass diese größere Schwierigkeiten im Umgang mit dem Simulator hatten, was sich wiederum auf ihr Verhalten und somit auf die Bewertung ihrer Fahrkompetenz durch die Beobachter ausgewirkt haben kann. Dafür spricht auch die hohe Anzahl der Fehler in der Kategorie fehlende Spurgenaugigkeit/ Abkommen von der Fahrbahn, die von den Beobachtern für die Senioren vergeben wurde. Darüber hinaus gaben die Senioren nach der Fahrverhaltensbeobachtung auch an, weniger gut mit dem Simulator zurechtgekommen zu sein als die Fahrer in der Vergleichsgruppe. Dem steht jedoch gegenüber, dass auch die Senioren zuvor das Training zur Gewöhnung an das Fahren im Fahrsimulator erfolgreich absolviert hatten. Am Ende des Trainings gaben sie an, gut mit dem Fahrsimulator zurechtgekommen zu sein, was sich auch mit der Einschätzung des Versuchsleiters deckte.

Immerhin 46 % der Fahrer in der Gruppe der Senioren zeigten im MoCA Hinweise auf leichte kognitive Beeinträchtigungen. WADLEY et al. (2009) hatten in einer Fahrverhaltensbeobachtung Fahrer mit leichten kognitiven Beeinträchtigungen mit gesunden Kontrollpersonen verglichen und ebenfalls eine schlechtere Fahrkompetenz bei den Fahrern festgestellt, bei denen diese Beeinträchtigung vorlag. Die Forscher wiesen hier ausdrücklich darauf hin, dass es sich nicht um sehr starke Beeinträchtigungen der Fahrfähigkeit handelte, sondern die Leistung lediglich nicht optimal war. In anderen Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen leichten kognitiven Beeinträchtigungen und Fahrkompetenz fand man, dass Personen mit diesen kognitiven Beeinträchtigungen mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit an Kreuzungen, die durch ein Stoppschild reguliert sind, anhielten (DEVLIN, MCGILLIVRAY, CHARLTON, LOWNDES & ETIENNE, 2012) und in einer simulierten Fahraufgabe kürzere Sicherheitsabstände (time-to-collision) aufwiesen als gesunde Kontrollpersonen (FRITTELLI et al., 2009). Ein weiterer Beleg wurde in einer Längsschnittstudie zu Veränderungen der Fahrkompetenz erbracht. Es zeigten sich Verschlechterungen von Entscheidungsprozessen, der Reaktionsfähigkeit und der Geschwindigkeitseinhaltung bei Fahrern mit leichten kognitiven Beeinträchtigungen (DUCHEK et al., 2003). In der vorliegenden Untersuchung wird dieser Erklärungsansatz für die schlechtere Bewertung der Fitness-to-drive der älteren Fahrer auch von der

Tatsache gestützt, dass für die älteren Fahrer, die im MoCA einen Punktwert von weniger als 26 aufwiesen, mehr Fahrfehler registriert wurden als für ältere Fahrer mit einem höheren Punktwert in diesem Testverfahren. Insgesamt schnitten darüber hinaus alle Senioren in der computerbasierten Testung schlechter ab als die Vergleichsgruppe, was ebenfalls ein Hinweis auf Leistungsbeeinträchtigungen darstellt.

Rein wertemäßig fiel der Unterschied in der Beurteilung der Fahrkompetenz anhand der Fitness-to-drive-Skala zwischen beiden untersuchten Gruppen nicht gravierend aus. Während das Fahren der Vergleichsgruppe im Mittel im Bereich des normalen Fahrverhaltens eingestuft wurde, bewerteten die Beobachter das Verhalten der Senioren als leicht auffällig. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in dieses Urteil auch die Fehler in der Spurhaltung eingingen, die bei den Senioren deutlich ausgeprägter waren. Diese beobachteten Fahrfehler spiegelten sich nicht in der Analyse der SDLP wider. Sie stellt zwar ein Maß für die Genauigkeit der Spurhaltung dar, jedoch wird dieser Parameter softwareseitig so berechnet, dass das Spurverlassen nicht einget.

Dafür, dass trotz des eher geringen Unterschieds in der Beurteilung der Fahrkompetenz anhand der Fitness-to-drive-Skala mit der verwendeten Strecke eine Differenzierung nach alterskorrelierten Leistungsbeeinträchtigungen möglich ist, spricht die Anzahl der registrierten Fahrfehler. So war nicht nur das kategoriale Urteil anhand der Fitness-to-drive-Skala schlechter, sondern es wurden nahezu alle Fahrfehlerarten in der Gruppe der Senioren etwas häufiger beobachtet als in der Vergleichsgruppe.

Dass sich der Leistungsunterschied zwischen den Senioren und der Kontrollgruppe nicht deutlicher abbildete, hängt vermutlich mit der Zusammensetzung der Seniorengruppe zusammen. Zum einen ist anzunehmen, dass eher Fahrer an der Untersuchung teilgenommen haben, die ihre Fahrkompetenz als unkritisch sahen. Dafür spricht auch die recht positive Einschätzung ihrer eigenen Leistung in der Fahrverhaltensbeobachtung. Zudem erwiesen sich die Senioren weder bei der Anzahl der selbstberichteten Unfälle innerhalb der vergangenen drei Jahre, noch bei der Anzahl der kritischen Situationen und kleineren Fahrfehler als auffällig. Anders als erwartet konnte zudem mit dem eingesetzten Fragebogen zur Erfassung von Fahr- und Verkehrssituationen, die üblicherweise von Fahrern im höheren Alter gemieden werden (HAKA-

MIES-BLOMQUIST & WAHLSTRÖM, 1998; MOLNAR et al., 2013; MOLNAR & EBY, 2008), kein Unterschied zwischen der Senioren- und der Kontrollgruppe nachgewiesen werden. Dies legt die Vermutung nahe, dass die Fahrkompetenz der für die Teilnahme an der Studie rekrutierten Senioren eher hoch war. Dass dennoch ein Unterschied zwischen den beiden untersuchten Gruppen nachgewiesen werden konnte, spricht für die Sensitivität der gewählten Untersuchungsanordnung, bestehend aus der repräsentativen Fahrstrecke und dem Konzept zur Leistungsbewertung mittels Beobachtung.

In der Seniorengruppe war die Standardabweichung der Gesamtzahl der Fehler größer als in der Vergleichsgruppe. Dies deutet auf große Unterschiede in der individuellen Leistungsfähigkeit der Fahrer in dieser Altersgruppe hin.

Auch in der vorliegenden Studie war in der Gruppe der Älteren über das chronologische Alter keine Prädiktion der Anzahl der Fahrfehler möglich. Dies bekräftigt die bereits durch andere Studien belegte Feststellung, dass eine Beurteilung der Fahrkompetenz immer auf individueller Basis erfolgen muss.

Divergenz zwischen Fremd- und Selbsteinschätzung der Fahrkompetenz

Zwischen der Beurteilung der Fitness-to-drive durch die Beobachter und durch die Senioren selbst trat ein deutlicher Unterschied zu Tage. Ein solcher Unterschied fand sich nicht in der Vergleichsgruppe. Während 92 % der älteren Fahrer ihr eigenes Fahrverhalten als normal einstufen, erhielten nur 27 % von ihnen solch eine Bewertung auch vom Beobachter. Dies legt nahe, dass ältere Personen eine eher positive Wahrnehmung ihrer eigenen Fahrkompetenz aufweisen. Dieser Befund steht im Einklang mit Ergebnissen früherer Studien zur Selbstbeurteilung der Fahrfähigkeit. Im Rahmen einer Simulatorstudie mit älteren Fahrern, für die eine Begutachtung der Fahrkompetenz angeordnet wurde, fanden FREUND et al. (2005), dass 38 % der untersuchten Fahrer als unsicher eingestuft wurden, jedoch alle unsicheren Fahrer ihre erwartete Fahrkompetenz als gleich gut oder besser als die anderer Fahrer ihrer Altersgruppe eingeschätzt hatten. Auch in einer Studie von WOOD, LACHEREZ & ANSTEY (2013) schätzten von den älteren Fahrern, die in einer Fahrt im Realverkehr als potenziell unsicher eingestuft wurden, immerhin 66 % ihre eigene Fahrfähigkeit als gut bis exzellent ein. Darüber hinaus lag in der vorliegenden Studie auch bei der computerbasierten Testung eine Fehleinschätzung

der eigenen Leistung bei den Senioren vor. Obwohl ihre Leistung objektiv deutlich schlechter war als die der Kontrollgruppe, schätzen sie ihr Abschneiden als gleichermaßen gut ein.

Aus dieser Abweichung zwischen Fremd- und Selbsteinschätzung kann keinesfalls geschlossen werden, dass ältere Fahrer per se eine Bedrohung für die Verkehrssicherheit darstellen. Viele ältere Personen sind sichere Fahrer und sind in der Lage, vorhandene altersbezogene Defizite zu kompensieren. Jedoch können solche Anpassungen des Fahrverhaltens immer nur dann erfolgen, wenn sich eine Person ihrer eigenen Defizite bewusst ist. Die beobachtete Abweichung unterstreicht daher die Notwendigkeit, eine adäquate Selbstwahrnehmung der Fahrkompetenz unter älteren Fahrern zu fördern (z. B. mithilfe von Selbsttestinstrumenten oder Hausarztberatung).

6.4 Methodische Einschränkungen der vorliegenden Arbeit

Die Fahrten im Simulator wurden jeweils von einem von drei Beobachtern bewertet. Alle drei Beobachter hatten zuvor eine ausführliche Schulung zur Bewertung der Fahrten im Simulator durchlaufen. Jedoch wurde die Interrater-Reliabilität in der vorliegenden Untersuchung nicht erhoben. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass die drei Beobachter ein und dasselbe Fahrverhalten möglicherweise etwas unterschiedlich bewertet und somit Fahrfehler unterschiedlich streng registriert haben.

Eine deskriptive Analyse zeigte tatsächlich Unterschiede in der durchschnittlichen Bewertung der Fitness-to-drive zwischen den Beobachtern. Während der erste Beobachter die Fahrkompetenz in den von ihm bewerteten Fahrten im Mittel mit 4.1 bewertete, vergab der dritte Beobachter im Schnitt eine Bewertung von 2.3. Hieraus kann jedoch nicht geschlossen werden, dass der erste Beobachter strenger bewertete als der dritte Beobachter, da die Anteile der älteren und der jüngeren Fahrer unter den Bewerteten nicht gleich waren. Während der erste Beobachter eine größere Anzahl älterer Fahrer bewertete, beurteilte der dritte Beobachter mehr jüngere Fahrer. Eine ausgeglichene Verteilung der Fahrer über die Beobachter war aufgrund terminlicher Einschränkungen nicht möglich.

Eine unterschiedlich strenge Bewertung könnte auch auf Erwartungseffekte der Beobachter zurück-

geführt werden. Zwangsläufig sahen die Beobachter die Fahrer und hatten entsprechend einen Eindruck von deren Alter. Folglich konnten sie die Zugehörigkeit zu einer der beiden Untersuchungsgruppen vermuten, was möglicherweise dazu geführt hat, dass Fahrer in der Seniorengruppe strenger bewertet wurden.

Es wurde versucht, Unterschieden in der Bewertung durch eine umfassende Schulung der Beobachter entgegenzuwirken. In zukünftigen Studien dieser Art sollte aber dennoch auch die Interrater-Reliabilität bestimmt werden. Dazu könnten Videoaufnahmen der Fahrten angefertigt, und eine Teilmenge dieser Fahrten von allen Beobachtern bewertet werden. Dies sollte noch während der Phase der Datenerhebung erfolgen, so dass die Einhaltung einheitlicher Bewertungsmaßstäbe über die gesamte Dauer der Erhebung gewährleistet wird. Da die Beobachter die Fahrer bei der Fahrverhaltensbeobachtung zwangsläufig sehen müssen, können Erwartungseffekte aufgrund des vermuteten Alters der Fahrer methodenbedingt nie völlig ausgeschlossen werden.

Eine weitere Einschränkung betrifft den recht kleinen Stichprobenumfang und den geringen Anteil weiblicher Fahrer. Die Rekrutierung von Fahrern über 65 war insgesamt recht schwierig. Insbesondere fanden sich wenige Frauen in dieser Altersgruppe, die bereit waren, an der Untersuchung teilzunehmen. Die schwierige Suche nach Teilnehmern führte auch dazu, dass in der Gruppe der Senioren zwar ein Durchschnittsalter von etwa 70 Jahren erreicht werden konnte, jedoch nicht alle Fahrer deutlich über 65 waren. Wünschenswert wäre, wenn in künftigen Studien insgesamt mehr Fahrer über 65 einbezogen werden könnten, diese Gruppe evtl. sogar noch unterteilt werden könnte. Es wäre dann vermutlich auch möglich, den Alterseinfluss deutlicher abzubilden.

In beiden untersuchten Gruppen waren lediglich ein Drittel der Fahrer weiblich. Da Frauen ein höheres Risiko für die Simulatorkrankheit aufweisen als Männer (TRICK & CAIRD, 2011), könnte sich die Abbruchrate bei Einbezug einer größeren Anzahl von Frauen, vor allem in der Gruppe der Senioren, erhöhen. Wie auch bei der computerbasierten Testung weisen die Fahrer in der Gruppe der Senioren durchweg höhere Streuungen in den Leistungsbewertungen auf. Hierin wird deutlich, dass innerhalb der Altersgruppe deutlichere Leistungsunterschiede bestehen. Die in der Fahrverhaltensbeobachtung

nachgewiesene etwas geringere Fahrkompetenz der Senioren trifft daher nicht zwangsläufig auf alle Fahrer dieser Altersgruppe zu. Eine individuelle Beratung ist damit in jedem Fall sinnvoll.

Letztlich wurde die Realitätsnähe der Simulation von beiden Fahrergruppen im Schnitt als mittel stark ausgeprägt bewertet. Der Eindruck der Echtheit der Simulation ist jedoch bedeutsam für ein valides Fahrverhalten. Fast alle Fahrer setzten ihrer Fahrt auch nach Kollisionen fort. Ein solches Verhalten wäre im Realverkehr nicht zu erwarten. In Bezug auf die Realitätsnähe der Simulation besteht demnach Potenzial für weitere Verbesserungen.

Das häufig von den Fahrern bemängelte Fehlen einer Bewegungsrückmeldung beim Lenken, Bremsen und Beschleunigen, könnte nur in einem Fahrsimulator mit Bewegungssystem ausgeglichen werden. Diese sind aber sowohl in der Anschaffung als auch im Unterhalt sehr teuer und werden daher in der Fläche vermutlich kaum zum Einsatz kommen.

6.5 Fazit und Ausblick

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass sich die Untersuchungsanordnung, bestehend aus einer Fahrstrecke mit repräsentativen Fahraufgaben und dem Konzept zur Bewertung der Fahrkompetenz anhand von Beobachtungen, für die Durchführung im Fahrsimulator bewährt hat. Bei ausreichender Vorbereitung mittels eines Gewöhnungstrainings wird auch bei älteren Fahrern eine ausreichende Verträglichkeit erzielt, so dass eine Studie erfolgreich durchgeführt werden kann.

Die Untersuchungsanordnung eignet sich sowohl zum Einsatz im Rahmen der Beratung von Senioren als auch für den Einsatz in der Forschung. Solche Beratungen könnten von Fahrschulen angeboten oder in Fahrsicherheitszentren durchgeführt werden. Es wäre auch denkbar, anhand einer solchen Fahrverhaltensbeobachtung im Simulator den individuellen Trainingsbedarf zu ermitteln und so ein individualisiertes Training anzubieten.

Ergebnisse aus Simulatorstudien gelten zwar allgemein hin als valide, d.h. als übertragbar auf das Verhalten im realen Straßenverkehr. Für Fahrverhaltensbeobachtungen mit Senioren, bei denen eine Bewertung auf der Ebene einzelner Verkehrssituationen stattfindet, wurde dies aber bislang noch

nicht explizit nachgewiesen. Folglich besteht hier noch Forschungsbedarf.

Ein weiteres Anwendungsfeld der Anordnung ist im Training von Senioren zu sehen. Die Fahrstrecke mit repräsentativen Szenarien kann genutzt werden, um Stärken und Bereiche mit Leistungsdefiziten zu identifizieren. Die Simulation bietet dann optimale Bedingungen zum gezielten Training: Verkehrssituationen können in unterschiedlicher Schwierigkeit erzeugt und das Training so adaptiv und individualisiert gestaltet werden, was in der Form im Straßenverkehr so nicht möglich ist.

Fahrsimulatoren sind in unterschiedlichen Ausbaustufen im Einsatz. Die Spanne reicht hier von einfachen Sitzkisten, bei denen die Frontsicht über einen Flachbildfernseher dargestellt wird, bis hin zu voll instrumentierten Fahrzeugen, die in einer Kuppel bewegt werden und über eine Rundumsicht verfügen. Künftige Forschungsvorhaben sollten sich auch der Frage annehmen, welche Ausbaustufe der Fahrsimulation mindestens erforderlich ist, um belastbare Befunde für die Beratung von Senioren und für die Anwendung im Rahmen der Forschung generieren zu können. Dabei sind auch pragmatische und ökonomische Aspekte zu berücksichtigen.

Literatur

- AKERSTEDT, T. & GILLBERG, M. (1990): Subjective and objective sleepiness in the active individual. In: *The International journal of neuroscience*, 52(1-2), 29–37.
- ANDREWS, E. C. & WESTERMAN, S. J. (2012): Age differences in simulated driving performance: Compensatory processes. In: *Accident Analysis & Prevention*, 45, 660–668. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.09.047>
- BALL, K., WADLEY, V., EDWARDS, J., BALL, D. & ROENKER, D. (2001): Meta-Analysis of Crash Risk Factors Among Older Drivers: Application to a Model Program of Driver Screening. *Proceedings of the first international driver symposium on human factors in driver assessment, training, and vehicle design*, Aspen, Colorado, 14.-17. August 2001.
- BALL, K. K. & ACKERMANN, M. (2011): The older Driver. In: D. L. Fisher, M. Rizzo, J. K. Caird & J.

- D. Lee (Hrsg.), *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology* (25.1-25.10). Boca Raton: CRC Press.
- BIEHL, B. (2008): LVT Linienverfolgungstest. Mödling: Schuhfried.
- Blana, E. (1997): Driving simulator validation studies: A literature review. Verfügbar <http://eprints.whiterose.ac.uk/2111/>
- BLANA, E. & GOLIAS, J. (2002): Differences between vehicle lateral displacement on the road and in a fixed-base simulator. In: *Human factors*, 44(2), 303–313. <https://doi.org/10.1518/0018720024497899>
- BRENNER-HARTMANN, J. (2002): Durchführung standardisierter Fahrverhaltensbeobachtungen im Rahmen der medizinisch-psychologischen Untersuchung (MPU). Verfügbar http://psydok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2006/741/pdf/brenner_01.pdf
- BROOKS, J. O., GOODENOUGH, R. R., CRISLER, M. C., KLEIN, N. D., ALLEY, R. L., KOON, B. L., . . . WILLS, R. F. (2010): Simulator sickness during driving simulation studies. In: *Assessing Safety with Driving Simulators*, 42(3), 788–796. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.04.013>
- BUKASA, B. & UTZELMANN, H. D. (2009): Psychologische Diagnostik der Fahreignung. In: H.-P. Krüger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich D Praxisgebiete: Serie 6 Verkehrspsychologie: Vol. 2. Anwendungsfelder der Verkehrspsychologie* (pp. 237–284). Göttingen: Hogrefe.
- CASSAVAUGH, N. D., DOMEYER, J. E. & BACKS, R. W. (2011): Lessons learned regarding simulator sickness in older adult drivers. In: C. Stephanidis (Hrsg.), *Lecture Notes in Computer Science. Universal Access in Human-Computer Interaction. Context Diversity* (Vol. 6767, pp. 263–269). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21666-4_29
- CHARLTON, J. L., OXLEY, J., FILDES, B., OXLEY, P., NEWSTEAD, S., KOPPEL, S. & O'HARE, M. (2006): Characteristics of older drivers who adopt self-regulatory driving behaviours. In: *Older drivers' safety and mobility: Current and future issues*, 9(5), 363–373. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2006.06.006>
- CICCHINO, J. B. & MCCARTT, A. T. (2015): Critical older driver errors in a national sample of serious U.S. crashes. In: *Accident Analysis & Prevention*, 80, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.04.015>
- CLAY, O. J., WADLEY, V. G., EDWARDS, J. D., ROTH, D. L., ROENKER, D. L. & BALL, K. K. (2005): Cumulative Meta-analysis of the Relationship Between Useful Field of View and Driving Performance in Older Adults: Current and Future Implications. In: *Optometry and Vision Science*, 82(8), 724–731. Verfügbar http://journals.lww.com/optvissci/Fulltext/2005/08000/Cumulative_Meta_analysis_of_the_Relationship.15.aspx
- DEVLIN, A., MCGILLIVRAY, J., CHARLTON, J., LOWNDES, G. & ETIENNE, V. (2012): Investigating driving behaviour of older drivers with mild cognitive impairment using a portable driving simulator. In: *Accident; analysis and prevention*, 49, 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.02.022>
- DI STEFANO, M. & MACDONALD, W. (2003): Assessment of older drivers: relationships among on-road errors, medical conditions and test outcome. In: *Journal of safety research*, 34(4), 415–429.
- DOHERTY, T. J. (2001): The influence of aging and sex on skeletal muscle mass and strength. In: *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 4(6), 503–508.
- DOMEYER, J. E., CASSAVAUGH, N. D. & BACKS, R. W. (2013): The use of adaptation to reduce simulator sickness in driving assessment and research. In: *Accident Analysis & Prevention*, 53(0), 127–132. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.039>
- DOROUDGAR, S., CHUANG, H. M., PERRY, P. J., THOMAS, K., BOHNERT, K. & CANEDO, J. (2017): Driving performance comparing older versus younger drivers. In: *Traffic injury prevention*, 18(1), 41–46. <https://doi.org/10.1080/15389588.2016.1194980>
- DUCHEK, J. M., CARR, D. B., HUNT, L., ROE, C. M., XIONG, C., SHAH, K. & MORRIS, J. C. (2003): Longitudinal Driving Performance in Early-Stage Dementia of the Alzheimer Type. In: *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(10), 1342–1347. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2003.51481.x>
- ELGIN, J., MCGWIN, G., WOOD, J. M., VAPHIADES, M. S., BRASWELL, R. A., DECARLO, D.

- K., . . . OWSLEY, C. (2010): Evaluation of on-road driving in people with hemianopia and quadrantanopia. In: *The American journal of occupational therapy* : official publication of the American Occupational Therapy Association, 64(2), 268–278.
- EVERS, C. (2010): Auswirkungen von Belastungen und Stress auf das Verkehrsverhalten von Lkw-Fahrern. (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, M 204). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- EWERT, U. (2006): Senioren als motorisierte Verkehrsteilnehmer (Pilotstudie R 0607). Bern.
- FASTENMEIER, W. (1995): Die Verkehrssituation als Analyseeinheit im Verkehrssystem. In: W. Fastenmeier (Hrsg.), *Mensch - Fahrzeug - Umwelt*: Vol. 33. Autofahrer und Verkehrssituation. Neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme (pp. 27–78). Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- FASTENMEIER, W. (2017): Altersbezogene Pflichtuntersuchungen: Schaden oder Nutzen? Vortrag auf 55. Deutscher Verkehrsgerichtstag, 25. bis 27. Januar 2017 in Goslar.
- FASTENMEIER, W. & GSTALTER, H. (2014): Fahr-eignung älterer Kraftfahrer im internationalen Vergleich: Literaturrecherche, Analyse und Bewertung (Forschungsbericht No. 25). Berlin.
- FASTENMEIER, W., GSTALTER, H., ROMPE, K. & RISSER, R. (2015): Selektion oder Befähigung: Wie kann die Mobilität älterer Fahrer aufrechterhalten werden? Stellungnahme namens des Vorstandes der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie e. V. (DGVP). In: *ZVS*, 61(1), 33–42.
- FREUND, B., COLGROVE, L. A., BURKE, B. L. & MCLEOD, R. (2005): Self-rated driving performance among elderly drivers referred for driving evaluation. In: *Accident Analysis & Prevention*, 37(4), 613–618. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.03.002>
- FRITTELLI, C., BORGHETTI, D., IUDICE, G., BONANNI, E., MAESTRI, M., TOGNONI, G., . . . IUDICE, A. (2009): Effects of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment on driving ability: a controlled clinical study by simulated driving test. In: *International journal of geriatric psychiatry*, 24(3), 232–238. <https://doi.org/10.1002/gps.2095>
- FULLER, R. (2005): Towards a general theory of driver behaviour. In: *Accident Analysis & Prevention*, 37(3), 461–472. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2004.11.003>
- GIANAROS, P. J., MUTH, E. R., MORDKOFF, J. T., LEVINE, M. E. & STERN, R. M. (2001): A questionnaire for the assessment of the multiple dimensions of motion sickness. In: *Aviation, space, and environmental medicine*, 72(2), 115–119. Verfügbar <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2910410/pdf/nihms215311.pdf>
- GRÄCMANN, N. & ALBRECHT, M. (2016): Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung: Stand 28. Dezember 2016 (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, M115). Bremen: Fachverlag NW. Verfügbar www.bast.de/DE/Verkehrssicherheit/Fachthemen/BLL/Begutachtungsleitlinien-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=9
- GREENWOOD, P. M. & PARASURAMAN, R. (2004): The scaling of spatial attention in visual search and its modification in healthy aging. *Perception & Psychophysics*, 66(1), 3–22. <https://doi.org/10.3758/BF03194857>
- GUNZELMANN, T. (2008): Ist Altern messbar? In: W. D. Oswald, G. Gatterer & U. M. Fleischmann (Hrsg.), *Gerontopsychologie. Grundlagen und klinische Aspekte zur Psychologie des Alterns* (2nd ed., pp. 59–78). Wien: Springer.
- HAHN, M., WILD-WALL, N. & FALKENSTEIN, M. (2011): Age-related differences in performance and stimulus processing in dual task situation. In: *Brain research*, 1414, 66–76. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.07.051>
- HAKAMIES-BLOMQUIST, L. (2003): Ageing Europe. Challenges and opportunities for transport safety. European Transport Safety Council. The 5th European safety lecture, Brussels. Verfügbar www.etsc.eu/documents/JY%20Salaun%20ETSL.pdf
- HAKAMIES-BLOMQUIST, L. & WAHLSTRÖM, B. (1998): Why do older drivers give up driving? In: *Accident Analysis & Prevention*, 30(3), 305–312. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(97\)00106-1](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(97)00106-1)
- HICKSON, L., WOOD, J., CHAPARRO, A., LACHEREZ, P. & MARSZALEK, R. (2010): Hearing impairment affects older people's ability to drive in the presence of distracters. In: *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(6), 1097–1103.

- HIRD, M. A., EGETO, P., FISCHER, C. E., NAGLIE, G. & SCHWEIZER, T. A. (2016): A Systematic Review and Meta-Analysis of On-Road Simulator and Cognitive Driving Assessment in Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment. In: *Journal of Alzheimer's disease* : JAD, 53(2), 713–729. <https://doi.org/10.3233/JAD-160276>
- HOFFMANN, S., KRÜGER, H.-P. & BULD, S. (2003): Vermeidung von Simulator Sickness anhand eines Trainings zur Gewöhnung an die Fahrsimulation. In: VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.), VDI-Berichte: Vol. 1745. Simulation und Simulatoren - Mobilität virtuell gestalten. Tagung Hamburg, 15. und 16. April 2003 (pp. 385–404). Düsseldorf: VDI-Verl.
- HOFFMANN, S. & BULD, S. (2006): Darstellung und Evaluation eines Trainings zum Fahren in der Fahrsimulation (VDI Berichte No. 1960 Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme). Düsseldorf. Verfügbar http://www.psychologie.uni-wuerzburg.de/izvw/texte/2006_hoffmann_buld_training_fahrsimulation.pdf
- HOLTE, H. & ALBRECHT, M. (2004): Verkehrsteilnahme und -erleben im Strassenverkehr bei Krankheit und Medikamenteneinnahme. (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. M162). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- HORREY, W. J., WICKENS, C. D. & CONSALUS, K. P. (2006): Modeling drivers' visual attention allocation while interacting with in-vehicle technologies. In: *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 12(2), 67–78. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.12.2.67>
- infas & DLR (2010): Mobilität in Deutschland 2008: Kurzbericht. Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends. Verfügbar http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Kurzbericht_1.pdf
- JONGEN, S., VUURMAN, E., RAMAEKERS, J. G. & VERMEEREN, A. (2016): The sensitivity of laboratory tests assessing driving related skills to dose-related impairment of alcohol: A literature review. In: *Accident Analysis & Prevention*, 89, 31–48. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.01.001>
- KARTHAUS, M., WILLEMSSEN, R. & JOIKO, S. & FALKENSTEIN, M. (2015): Kompensationsstrategien von älteren Verkehrsteilnehmern nach einer VZR-Auffälligkeit (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, M 254). Bremen: Fachverlag NW
- KAUSSNER, Y. (2007): Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson (Inaugural-Dissertation)). Würzburg. Verfügbar http://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/volltexte/2007/2250/pdf/Dissertation_Yvonne_Kaussner.pdf
- KAUSSNER, Y., HOFFMANN, S., FISCHER, F. & GREIN, M. (2013): SPDE_DFA: Driver Fitness and Ability. Würzburg.
- KAUSSNER, Y., HOFFMANN, S., FISCHER, F. & KENNTNER-MABIALA, R. (2013): SPDE_DFA: S.A.F.E.: Anleitung zur Durchführung von Fahrverhaltensbeobachtungen mit der Standardized Application for Fitness to Drive Evaluations (S.A.F.E.) am Tablet-PC. Würzburg.
- KAUSSNER, Y., KENNTNER-MABIALA, R., HOFFMANN, S. & VOLK, M. (2016): Development and evaluation of a driving simulator training to improve driving performance of elderly drivers: A pilot study. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. (3), 77–81.
- KAUSSNER, Y., KENNTNER-MABIALA, R., HOFFMANN, S., KLATT, J., TRACIK, F. & KRÜGER, H.-P. (2010): Effects of oxcarbazepine and carbamazepine on driving ability: a double-blind, randomized crossover trial with healthy volunteers. In: *Psychopharmacology*, 210(1), 53–63. <https://doi.org/10.1007/s00213-010-1814-y>
- KENNEDY, R. S., LANE, N. E., BERBAUM, K. S. & LILIENTHAL, M. G. (1993): Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. In: *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203–220. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3
- KENNEDY, R. S., STANNEY, K. M. & DUNLAP, W. P. (2000): Duration and Exposure to Virtual Environments: Sickness Curves During and Across Sessions. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(5), 463–472. <https://doi.org/10.1162/105474600566952>
- KENNTNER-MABIALA, R., KAUSSNER, Y., JAGIELLOWICZ-KAUFMANN, M., HOFFMANN, S. & KRÜGER, H.-P. (2015): Driving performance under alcohol in simulated representative driving tasks: an alcohol calibration study for impairments related to medicinal drugs. In: *Journal of clinical*

- psychopharmacology, 35(2), 134–142. <https://doi.org/10.1097/JCP.0000000000000285>
- KENNTNER-MABIALA, R., KAUSSNER, Y. & VOLK, M. (2016): Driving performance of elderly drivers in comparison to middle-aged drivers during a representative, standardized driving test in real traffic. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*. (3), 73–76.
- KIM, S. (2011): Assessing mobility in an aging society: Personal and built environment factors associated with older people's subjective transportation deficiency in the US. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(5), 422–429. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.04.011>
- KRAY, J. & LINDENBERGER, U. (2000): Adult age differences in task switching. In: *Psychology and aging*, 15(1), 126–147.
- KROJ, G. & PFEIFFER, G. (1973): Der Kölner Fahrerhaltens-Test (K-F-V-T): Erfahrungen mit einer Fahrprobe im Rahmen der verkehrspsychologischen Eignungsbegutachtung. Faktor Mensch im Verkehr: Vol. 21. Frankfurt a. M: Tetzlaff.
- LACHENMAYR, B., BERGER, J., BUSER, A. & KELLER, O. (1998): Reduziertes Sehvermögen führt zu erhöhtem Unfallrisiko im Straßenverkehr. In: *Der Ophthalmologe*, 1(98), 98.
- LANGFORD, J., METHORST, R. & HAKAMIES-BLOMQVIST, L. (2006): Older drivers do not have a high crash risk—a replication of low mileage bias. In: *Accident Analysis & Prevention*, 38(3), 574–578.
- LEE, H. C., CAMERON, D. & LEE, A. H. (2003): Assessing the driving performance of older adult drivers: on-road versus simulated driving. In: *Accident Analysis & Prevention*, 35(5), 797–803. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00083-0](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00083-0)
- LEE, H. C., LEE, A. H., CAMERON, D. & LI-TSANG, C. (2003): Using a driving simulator to identify older drivers at inflated risk of motor vehicle crashes. In: *Senior Transportation Safety and Mobility*, 34(4), 453–459. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2003.09.007>
- LOCKHART, T. E. & SHI, W. (2010): Effects of age on dynamic accommodation. In: *Ergonomics*, 53(7), 892–903.
- MARCUS, R., PERITZ, E. & GABRIEL, K. R. (1976): On Closed Testing Procedures with Special Reference to Ordered Analysis of Variance. In: *Biometrika*, 63(3), 655. <https://doi.org/10.2307/2335748>
- MATAS, N. A., NETTELBECK, T. & BURNS, N. R. (2015): Dropout during a driving simulator study: A survival analysis. In: *Journal of safety research*, 55, 159–169. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2015.08.004>
- MEISAMI, E., BROWN, C. M. & EMERLE, H. F. (2007): Sensory systems: Normal aging, disorders, and treatments of vision and hearing in humans. In: P. S. Timiras (Hrsg.), *Physiological Basis of Aging and Geriatrics*, Fourth Edition (pp. 109–137). Boca Raton: CRC Press.
- MEISAMI, E., BROWN, C. & EMERLE, H. (2011): Sensory Systems. In: P. Timiras (Hrsg.), *Physiological basis of aging and geriatrics* (4th ed., pp. 109–135). Washington: Informa Healthcare. <https://doi.org/10.3109/9781420007091-11>
- MICHON, J. A. (1985): A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do? In: L. Evans & R. C. Schwing (Hrsg.), *Human Behavior and Traffic Safety* (pp. 485–524). New York: Plenum Press.
- MOLNAR, L. J., CHARLTON, J. L., EBY, D. W., BOGARD, S. E., LANGFORD, J., KOPPEL, S., . . . MAN-SON-HING, M. (2013): Self-regulation of driving by older adults: Comparison of self-report and objective driving data. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 20(0), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2013.05.001>
- MOLNAR, L. J. & EBY, D. W. (2008): The relationship between self-regulation and driving-related abilities in older drivers: an exploratory study. In: *Traffic injury prevention*, 9(4), 314–319. <https://doi.org/10.1080/15389580801895319>
- MULLEN, N., CAHRLTON, J., DEVLIN, A. & BÉDARD, M. (2011): Simulator validity: Behaviors observed on the simulator and on the road. In: D. L. Fisher, M. Rizzo, J. K. Caird & J. D. Lee (Hrsg.), *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology* (13-1 - 13-18). Boca Raton: CRC Press.
- NASREDDINE, Z., PHILLIPS, N., BÉDIRIAN, V., CHARBONNEAU, S., WHITEHEAD, V., COLLIN,

- I., . . . CHERTKOW, H. (2005): The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. Verfügbar <http://www.mocatest.org/>
- NEUKUM, A. & GRATTENTHALER, H. (2006): Kinetose in der Fahrsimulation. Würzburg. Verfügbar <http://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docId/6608> (Datum: 07.05.2018)
- NEUWIRTH, W. & BENESCH, M. (2007): DT Determinationstest. Mödling: Schuhfried.
- NISHIDA, Y. (1999): Driving characteristics of the elderly: risk compensation of the elderly driver from the viewpoint of reaction behavior. In: *JSAE Review*, 20(3), 375–380. [https://doi.org/10.1016/S0389-4304\(99\)00030-2](https://doi.org/10.1016/S0389-4304(99)00030-2)
- ODENHEIMER, G. L., BEAUDET, M., JETTE, A. M., ALBERT, M. S., GRANDE, L. & MINAKER, K. L. (1994): Performance-Based Driving Evaluation of the Elderly Driver: Safety, Reliability, and Validity. In: *Journal of Gerontology*, 49(4), M153-M159. <https://doi.org/10.1093/geronj/49.4.M153>
- OLSEN, K., TAYLOR, J.-P. & THOMAS, A. (2014): Mild cognitive impairment: Safe to drive? In: *Maturitas*, 78(2), 82–85. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.03.004>
- PAPA, M., BOCCARDI, V., PRESTANO, R., ANGELLOTTI, E., DESIDERIO, M., MARANO, L., . . . PAOLISSO, G. (2014): Comorbidities and crash involvement among younger and older drivers. *PloS one*, 9(4), e94564. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094564>
- POSCHADEL, S., FALKENSTEIN, M., PAPPACHAN, P., POLL, E. & HINCKELDEY, K. W. (2009): Testverfahren zur psychometrischen Leistungsprüfung der Fahreignung. (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen M 203). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- POSCHADEL, S., BLÖBAUM, A. & BOENKE, D. (2012): Ältere Autofahrer: Erhalt, Verbesserung und Verlängerung der Fahrkompetenz durch Training ; eine Evaluation im Realverkehr. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung: Bd. 6. Köln: TÜV Media.
- POSCHADEL, S., FALKENSTEIN, M., RINKENAUER, G., MENDZHERITSKIY, G., FIMM, B., WORRINGER, B., . . . RUDINGER, G. (2012): Verkehrssicherheitsrelevante Leistungspotenziale, Defizite und Kompensationsmöglichkeiten älterer Autofahrer. (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, M231). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW. Verfügbar <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2013/604/>
- POTTGIESSER, S., KLEINEMAS, U., DOHMES, K., SPIEGEL, L., SCHÄDLICH, M. & RUDINGER, G. (2012): Profile von Senioren mit Autounfällen (PROSA) (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, M 228). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW. Verfügbar <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2012/376/pdf/M228.pdf>.
- PRIELER, J. (2008): RT Reaktionstest. Mödling: Schuhfried.
- RAEDT, R. DE & PONJAERT-KRISTOFFERSEN, I. (2001): Predicting at-fault car accidents of older drivers. In: *Accident Analysis & Prevention*, 33(6), 809–819. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(00\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(00)00095-6)
- REASON, J. T., MANSTEAD, A., STRADLING, S., BAXTER, J. & CAMPBELL, K. (1990). Errors and violations on the roads: a real distinction? In: *Ergonomics*, 33, 1315–1332.
- RIDDLE, D. R. (2007): Brain aging: Models, methods and mechanisms. *Frontiers in neuroscience*. Boca Raton [etc]: CRC Press. Verfügbar <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK1834/>
- RINKENAUER, G. (2008): Motorische Leistungsfähigkeit im Alter. In: B. Schlag (Hrsg.), *Mobilität und Alter: Bd. 03. Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (pp. 137–180). Köln: TÜV-Media.
- RISSER, R. & BRANDSTÄTTER, C. (1985): Die Wiener Fahrprobe. Kleine Fachbuchreihe des Kuratoriums für Verkehrssicherheit, Band 21: Vol. 21. Wien: Literas Universitätsverlag.
- ROENKER, D. L., CISELL, G. M., BALL, K. K., WADLEY, V. G. & EDWARDS, J. D. (2003): Speed-of-processing and driving simulator training result in improved driving performance. In: *Human factors*, 45(2), 218–233.
- RUDINGER, G. (2014): Road safety of the elderly: Human factors. Vortrag auf Ageing and safe mobility, 27.- 28. November 2014 in Bergisch Gladbach, BAST.
- RUDISILL, T. M., ZHU, M., KELLEY, G. A., PILKER-TON, C. & RUDISILL, B. R. (2016): Medication

- use and the risk of motor vehicle collisions among licensed drivers: A systematic review. In: *Accident; analysis and prevention*, 96, 255–270. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.08.001>
- SCHUBERT, K., GRÄCMANN, N. & BARTMANN, A. (2018): Demografischer Wandel – Kenntnisstand und Maßnahmenempfehlungen zur Sicherung der Mobilität älterer Verkehrsteilnehmer (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, M 283). Bremen: Fachverlag NW.
- SCHUHFRIED, G. (2009): ATAVT - Adaptiver Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest. Mödling: Schuhfried.
- SCHUHFRIED GmbH (2009): Testbatterie nach FeV Anlage 5 Nr. 2: Bedienungsanleitung. Mödling: Schuhfried.
- SCHUMACHER, M. (2014): Erfassung der Fahr-sicherheit unter psychoaktiver Medikation am Beispiel der Langzeitanwendung von Opioiden bei chronischem Schmerz (Dissertation). Technische Universität Carolo-Wilhelmina, Braunschweig. Verfügbar https://publikationsserver.tu-braunschweig.de/servlets/MCRFileNodeServlet/digibib_derivate_00034169/Dissertation_Schumacher_2014.pdf
- SCHUMACHER, M. (2015): Nachweis alkoholbedingter Leistungsveränderungen mit einer Fahrverhaltensprobe im Fahrsimulator (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe M 263). Bremen: Fachverlag NW. Verfügbar http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2015/1621/pdf/M263_barrierefreies_ELBA_PDF.pdf
- SCIALFA, C. T., GUZY, L. T., LEIBOWITZ, H. W., GARVEY, P. M. & TYRRELL, R. A. (1991): Age differences in estimating vehicle velocity. In: *Psychology and aging*, 6(1), 60–66.
- SHECHTMAN, O., CLASSEN, S., AWADZI, K. & MANN, W. (2009): Comparison of Driving Errors Between On-the-Road and Simulated Driving Assessment: A Validation Study. In: *Traffic injury prevention*, 10(4), 379–385. <https://doi.org/10.1080/15389580902894989>
- SIREN, A., HAUSTEIN, S., MENG, A., BELL, D., POKRIEFKE, E., LANG, B., FERNANDEZ MEDINA, K., GABAUDE, C., MARIN-LAMELLET, C., MONTERDE I BORT, H. & STRNADOVA, Z. (2013): Driver Licensing Legislation. Final Report, Work Package 5.1, CONSOL Road Safety in the Ageing Societies. Verfügbar www.consolproject.eu/attachments/article/16/CONSOL%20Report_WP5.1_final.pdf
- SMUC, M. & CHRIST, R. (2001): System zur Analyse des Fahrverhaltens (SAF). Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Statistisches Bundesamt (2016): Verkehrsunfälle - Unfälle von Senioren im Straßenverkehr 2015. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Verfügbar https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Unfaelle-Senioren5462409157004.pdf;jsessionid=5C29ABC98D3BCF3850B94ECBB2B45659.cae2?__blob=publicationFile
- Statistisches Bundesamt (2017): 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland. Verfügbar <https://service.destatis.de/bevoelkerungspyramide/#!y=2016&o=2016v1>
- STONER, H. A., FISHER, D. L. & MOLLENHAUER, M. (2011): Simulator and scenario factors influencing simulator sickness. In: D. L. Fisher, M. Rizzo, J. K. Caird & J. D. Lee (Hrsg.), *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology* (14.1-14.24). Boca Raton: CRC Press.
- TRICK, L. M. & CAIRD, J. K. (2011): Methodological issues when conducting research on older drivers. In: D. L. Fisher, M. Rizzo, J. K. Caird & J. D. Lee (Hrsg.), *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology* (26.1-26.13). Boca Raton: CRC Press.
- UTZELMANN, H. D. & BRENNER-HARTMANN, J. (2005): Psychologische Fahrverhaltensbeobachtung. In: W. Schubert, Schneider W., W. Eisenmenger & E. Stephan (Hrsg.), *Begutachtungs-Leitlinien zur Krafffahrereignung. Kommentar* (2nd ed., pp. 60–64). Bonn: Kirschbaum.
- VOLLRATH, M. & KREMS, J. (2011): Verkehrspsychologie: Ein Lehrbuch für Psychologen, Ingenieure und Informatiker. Kohlhammer Standards Psychologie. Stuttgart: Kohlhammer.
- WADLEY, V. G., OKONKWO, O., CROWE, M., VANCE, D. E., ELGIN, J. M., BALL, K. K. & OWSLEY, C. (2009): Mild Cognitive Impairment and Everyday Function: An Investigation of Driving Performance. In: *J Geriatr Psychiatry Neurol*, 22(2), 87–94. <https://doi.org/10.1177/0891988708328215>

- WAGNER, M. & KARNER, T. (2008): COG Cognitione. Mödling: Schuhfried.
- WAHL, H.-W. & HEYL, V. (2007): Sensorik und Sensorikmotorik. In: J. Brandtstädter (Hrsg.), Entwicklungspsychologie der Lebensspanne. Ein Lehrbuch (1st ed., pp. 130–161). Stuttgart: Kohlhammer.
- WARSHAWSKY-LIVNE, L. & SHINAR, D. (2002): Effects of uncertainty, transmission type, driver age and gender on brake reaction and movement time. In: *Journal of safety research*, 33(1), 117–128. [https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(02)00006-3)
- WATSON, G. S. (1998): The effectiveness of a simulator screening session to facilitate simulator sickness adaptation for high-intensity driving scenarios. In: *Proceedings of the IMAGE 1998 Conference*, 1–6.
- WHO (2017): Global Health Observatory (GHO) Data – Life Expectancy. Verfügbar www.who.int/gho/mortality_burden_disease/life_tables/situation_trends_text/en/
- WICKENS, C. D., GOH, J., HELLEBERG, J., HORREY, W. J. TALLEUR, D. A. (2003): Attentional models of multitask pilot performance using advanced display technology. In: *Human factors*, 45(3), 360–380. Verfügbar <http://hfs.sagepub.com/content/45/3/360.full.pdf>
- WOOD, J. M., CHAPARRO, A., LACHEREZ, P. & HICKSON, L. (2012): Useful field of view predicts driving in the presence of distracters. In: *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*, 89(4), 373–381. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e31824c17ee>
- WOOD, J. M., LACHEREZ, P. F. & ANSTEY, K. J. (2013): Not all older adults have insight into their driving abilities: evidence from an on-road assessment and implications for policy. In: *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 68(5), 559–566. <https://doi.org/10.1093/gerona/gjs150>
- ZAHNERT, T. (2011): The differential diagnosis of hearing loss. In: *Dtsch Arztebl Int*, 108(25), 433–444.

Bilder

- Bild 1: Anzahl der verunglückten Pkw-Fahrer je 1 Mrd. Kilometer nach Altersgruppen für das Jahr 2008 (SCHUBERT ET AL., im Druck).
- Bild 2: Unfallmodell von Fuller (aus VOLLRATH & KREMS, 2011, S. 54).
- Bild 3: Deutsche Übersetzung der Karolinska Sleepiness Scale (KSS).
- Bild 4: Kategorienunterteilungsskala zur Bewertung der Intensität.
- Bild 5: Probandentastatur des Wiener Testsystems.
- Bild 6: Fahrsimulator der BAST.
- Bild 7: S.A.F.E. Anwendung mit Fitness-to-drive Skala (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013, S. 3)
- Bild 8: Fitness-to-drive Skala (KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN, 2013, S. 3)
- Bild 9: Durchschnittliche Beurteilung der Fitness-to-drive durch den Beobachter und den Fahrer im Vergleich.
- Bild 10: Durchschnittliche Anzahl der Fehler pro Fehlerart nach Gruppen.
- Bild 11: Durchschnittliche Anzahl der Fahrfehler pro Fehlerkategorie nach Gruppen.

Tabellen

- Tabelle 1: Übersicht der mit den Testverfahren erfassten Leistungsbereiche nach (SCHUHFRIED GMBH, 2009) und Zuordnung zu den Leistungsbereichen nach FeV (GRÄCMANN & ALBRECHT, 2016).
- Tabelle 2: Übersicht der Hauptvariablen für die Leistungsbeschreibung (SCHUHFRIED GMBH, 2009).
- Tabelle 3: Beschreibung des Simulatorgewöhnungstrainings.
- Tabelle 4: Abfolge der Verkehrsszenarien nach Abschnitten der Strecke
- Tabelle 5: Anzahl (Anteil in %) der geahndeten Geschwindigkeitsübertretungen nach Gruppen innerhalb der vergangenen drei Jahre.

-
- Tabelle 6: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Tests für den Score aus dem DBQ nach Gruppen.
- Tabelle 7: Ausmaß in dem Senioren (N = 26) und Fahrer der Vergleichsgruppe (N = 24) Verkehrssituationen meiden (Prozentwerte gerundet).
- Tabelle 8: Anteile der Probanden [%] nach Gruppen, die die einzelnen Tests sowie alle Tests nach FeV bestanden haben (PR \square 16 in der Hauptvariablen).
- Tabelle 9: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Tests für den Score aus den Prozenträngen der Tests nach FeV nach Gruppen.
- Tabelle 10: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Test für die Prozentränge der Hauptvariablen nach Gruppen (höhere Werte = bessere Leistung).
- Tabelle 11: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Tests für die subjektiven Maße (Leistung = „Wie gut haben Sie den Test bewältigt?“; Anstrengung = „Wie anstrengend war der Test?“) nach Gruppen.
- Tabelle 12: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Tests für die subjektive Bewertung des Trainings durch die Senioren (Leistung = „Wie gut sind Sie gefahren?“; Zurechtkommen = „Wie gut sind Sie mit dem Simulator zurechtgekommen?“; Realitätsnähe = „Wie realitätsnah war die Fahrt?“); Beginn und Ende des Trainings im Vergleich.
- Tabelle 13: Mittelwert (SD) und Ergebnisse des t-Tests für die Verhaltensmaße. Weiter Erläuterungen siehe Text.

Anhang

Erwartungshorizont für richtiges Verhalten

Situation *	Normales/korrektes Fahrverhalten	Besonderheiten, zu berücksichtigen für den Simulator	Kritisches Fahrverhalten (Kategorien 7-10)
Freie Fahrt Var A (2010111)	Spur halten (nicht verlassen), nicht zu langsam fahren (80 km/h), nicht zu schnell (ständig 105)	Spurungengenauigkeit nicht so stark gewichten	Spur verlassen, ständig unter 80 fahren, ständig ab 105 fahren
Schwer einsehbare Rechtskurve Var B (1010211)	nicht zu schnell in die Kurve, sodass man in der Spur bleibt; nicht zu langsam in der Kurve fahren (sodass man den Verkehr behindert, 50-60 km/h)	Kurve nicht schneiden, Geschwindigkeit muss merklich reduziert werden	aus der Kurve fliegen, Verkehr behindern durch zu langsames Fahren
Scharfe Kurve Var B (2020211)	nicht zu schnell in die Kurve, sodass man in der Spur bleibt; nicht zu langsam in der Kurve fahren (sodass man den Verkehr behindert, 50-60 km/h)		aus der Kurve fliegen, Verkehr behindern durch zu langsames Fahren
Füllszen. 800m Var A: Straße folgen (5030111)			
Autobahn kurz Var A: Teil1 (4010111) (Auffahren)	vernünftig beschleunigen, viel gucken, nicht nur ein Schulterblick, wenn zu viel Verkehr, dann besser auf Standstreifen weiterfahren als stehenbleiben (wird geduldet)	kleiner Schulterblick erkennbar, hier etwas langsamer Auffahren ok (nicht zu langsam)	Fahrfstreifenwechsel ohne Schulterblick, zu langsames Auffahren (ca. 65 km/h, je nach Verkehrslage), Stehenbleiben auf dem Standstreifen, zu wenig Abstand beim Einscheren (Ausbremsen d. Hinterherfahrenden), Lenkrad mitnehmen beim Schulterblick (in gleiche oder in Gegenrichtung)
Autobahn kurz Var A: Teil2 (4010121)	Überholen: innen, außen, Blinker, Schulterblick, richtige Reihenfolge, nichts auslassen, Drängler: wenn möglich, rechts rüber, wenn nicht: normal weiterfahren. nicht provozieren durch zu langsames Fahren	erkennbares Absichern, beim Drängler Lücke rechts nutzen, dauerhaftes zu langsam fahren (100)	kein Schulterblick vor dem Ausscheren, Lenkrad mitnehmen beim gucken, zu langsames Überholen (gleiche Geschwindigkeit wie anderes Fahrzeug), zu lange auf linker Spur bleiben, Gas geben beim Überholt werden, zu langsames Fahren (möglichst 120 oder schneller), zu wenig Abstand zum Vordermann (halber Tacho)
Autobahn kurz Var A: Teil3 (4010131) (Abfahren)	s.o., beim Rausfahren: ab 300m gucken (Innenspiegel, re. Außenspiegel) und blinken, nicht vom Gas gehen, bei 100m Schulterblick und auf Verzögerungstreifen, da runter bremsen		zu frühes Bremsen vorm Abfahren, mangelnde Verkehrsbeobachtung, zu wenig bremsen auf dem Verzögerungstreifen, sodass man aus der Kurve fliegt, zu frühes Rüberfahren (auf Standstreifen statt Verzögerungstreifen)

* Für eine ausführliche Beschreibung der Szenarien siehe KAUSSNER, HOFFMANN, FISCHER & GREIN (2013)

Situation *	Normales/korrektes Fahrverhalten	Besonderheiten, zu berücksichtigen für den Simulator	Kritisches Fahrverhalten (Kategorien 7-10)
Hindernis Var A (1020111)	vorausschauendes Fahren: Beim Schild kann man gemäßigt fahren, aber nicht zu langsam. Sobald Hindernis sichtbar Blinker frühzeitig setzen, gucken, bremsen wenn nötig, nicht zu nah dran, Gegenverkehr vorbeilassen, dann re. Blinker, gucken, frühzeitig wieder auf richtige (rechte) Fahrbahn	zu spät, wenn erst geblinkt wird kurz vor dem Vorbeifahren; Blinker muss schon während Annäherung gesetzt werden; beim Zurückwechseln auch den Blinker setzen	zu nah am Hindernis sein: beim Spurwechsel wird Querabstand zu klein; Gegenverkehr ausbremsen beim Umfahren vom Hindernis, beim Zurückfahren Leitplanke treffen, auf linker Spur bleiben
Kreuzung LS Var B: Geradeaus nach Stoppschild (1030211)	3 Sekunden müssen alle vier Reifen stehen, vor der Linie stehen, wenn genug Platz ist fahren (keine zu kleine Lücke), wenn nicht gute einsehbar, nach vorne tasten nach 3 Sek. stehen (hier gut einsehbar, wäre aber kein Fehler)	Haltpunkt nicht zu streng bewerten, da genaue Position des Fahrzeugs schwer einzuschätzen; es soll deutlich werden, dass Fahrer so anhält, dass er die Kreuzung einsehen kann.	weniger als 3 Sek stehen, nach Haltelinie stehen, zu kleine Lücken nutzen (Ausbremsen anderer Verkehrsteilnehmer)
Scharfe Kurve Var A (2020111)	nicht zu schnell in die Kurve, sodass man in der Spur bleibt; nicht zu langsam in der Kurve fahren (sodass man den Verkehr behindert, 50-60 km/h)		aus der Kurve fliegen, Verkehr behindern durch zu langsames Fahren
Schwer einsehbare Rechtskurve Var B (1010212)	nicht zu schnell in die Kurve, sodass man in der Spur bleibt; nicht zu langsam in der Kurve fahren (sodass man den Verkehr behindert, 50-60 km/h)		aus der Kurve fliegen, Verkehr behindern durch zu langsames Fahren
Ortschaft Var A: Teil1 (1040111)	Ortseinfahrt: 50 am Schild haben, abknickende Vorfahrtsstraße: nicht blinken (blinken, wenn man auf der Vorfahrtsstraße bleibt), nicht stehenbleiben, rechts vor links-Kreuzung: bremsbereit sein (Fuß auf Pedal, kein Gas geben), rechts gucken, da einsehbare Kreuzung 50 km/h ok		zu schnell in den Ort einfahren (60 km/h), Stehenbleiben (ohne Grund) an der Kreuzung mit abknickender Vorfahrtsstraße, rechts-vor-links-Kreuzung: nicht bremsbereit sein (auf dem Gas sein), nicht rechts gucken, zu weit in linker Spur sein, sodass man abbiegenden Gegenverkehr behindert
Ortschaft Var A: Teil2 (1040121)	Kinderschild: da keine Kinder anwesend, nur aufmerksam sein, sonst normal fahren (wenn Kinder anwesend, bremsbereit sein wie bei rechts-vor-links-Kreuzung), bei Ausfahrt ab dem Schild beschleunigen		wenn Kind anwesend nicht bremsbereit sein, zu früh beschleunigen (vor dem Schild), Kind überfahren
Hindernis Var B (1020211)	vorausschauendes Fahren: Beim Schild kann man gemäßigt fahren, aber nicht zu langsam. Sobald Hindernis sichtbar Blinker frühzeitig setzen, gucken, bremsen wenn nötig, nicht zu nah dran, Gegenverkehr vorbeilassen, dann re. Blinker, gucken, frühzeitig wieder auf richtige (rechte) Fahrbahn	zu spät, wenn erst geblinkt wird kurz vor dem Vorbeifahren; Blinker muss schon während Annäherung gesetzt werden; beim Zurückwechseln auch den Blinker setzen	zu nah am Hindernis sein: beim Spurwechsel wird Querabstand zu klein; Gegenverkehr ausbremsen beim Umfahren vom Hindernis, beim Zurückfahren Leitplanke treffen, auf linker Spur bleiben

Situation *	Normales/korrektes Fahrverhalten	Besonderheiten, zu berücksichtigen für den Simulator	Kritisches Fahrverhalten (Kategorien 7-10)
Berg Var A: Ortschaft rechts (5020111)	nicht durch Ortschaft ablenken lassen		
Scharfe Kurve Var A (2020112)	nicht zu schnell in die Kurve, sodass man in der Spur bleibt; nicht zu langsam in der Kurve fahren (sodass man den Verkehr behindert, 50-60 km/h)		aus der Kurve fliegen, Verkehr behindern durch zu langsames Fahren
Autobahn kurz Var B: Teil1 (4010211)	s.o		
Autobahn kurz Var B: Teil2 (4010221)			
Autobahn kurz Var B: Teil3 (4010231)			
Tunnel Var A (1050111)	Licht anmachen, Spur halten, nicht vom Gegenverkehr (Licht) ablenken lassen und dadurch in der Mitte fahren, Wand nicht kollidieren, nicht unnötig stehen bleiben, bei Stau Motor ausschalten	Licht anmachen nicht notwendig;	Spur nicht halten, im Gegenverkehr fahren, mit Wand kollidieren, falsches Licht (Fernlicht) anmachen
Scharfe Kurve Var B (2020212)	nicht zu schnell in die Kurve, sodass man in der Spur bleibt; nicht zu langsam in der Kurve fahren (sodass man den Verkehr behindert, 50-60 km/h)		aus der Kurve fliegen, Verkehr behindern durch zu langsames Fahren
Enge kurvige Strecke Var A: Teil1 (2040111)	Spur halten, langsamer fahren: bei Gegenverkehr vom Gas gehen, rollen lassen		im Gegenverkehr (zu weit in der Mitte) fahren, nicht an Straßenverhältnisse anpassen (auf dem Gas bleiben bei Gegenverkehr)
Enge kurvige Strecke Var A: Teil2 (2040121)			
Autobahn lang Var A: Teil1 (4020111) (Aufahrt)	s.o.		s.o.
Autobahn lang Var A: Teil2 (4020121)	s.o.		s.o.

Situation *	Normales/korrektes Fahrverhalten	Besonderheiten, zu berücksichtigen für den Simulator	Kritisches Fahrverhalten (Kategorien 7-10)
Autobahn lang Var A: Teil3 (4020131) (Baustelle)	100er-Schild: nicht zu langsam (80 km/h), bei den Geschwindigkeitsschildern nicht überm Tempolimit sein (an letztes Tempolimit bis zum nä. Schild halten), beim Reißverschlussverfahren Fahrbahn bis zum Ende befahren (teilw. nicht gern gesehen, aber so gedacht), so bald wie möglich wieder auf re. Spur, immer Blickführung	Am Ende soll eingeordnet werden	zu schnell oder zu langsam an Geschwindigkeitsbeschränkungsschildern sein, zu früh auf linke Spur bei Reißverschlussverfahren, mangelnde Blickführung, Lenkrad mitnehmen beim gucken
Autobahn lang Var A: Teil4 (4020141)	möglichst Überholen, statt hinterherzufahren, dabei Blickführung, 120-130 km/h fahren (90-100 f. Autobahn zu langsam)		nicht Überholen (stures Hinterherfahren), zu schnell o. zu langsam, zu nah auffahren, Ausbremsen v. Hinterherfahrenden beim Überholen, mangelnde Blickführung
Autobahn lang Var A: Teil5 (4020151) (Abfahrt)	s.o.		s.o.
Kreuzung LS Var A: Geradeaus nach Vorfahrt tachten (1030111)	vor der Linie stehen (wenn Kreuzung nicht geräumt), wenn genug Platz ist fahren (keine zu kleine Lücke), wenn nicht gut einsehbar, nach vorne tasten (hier gut einsehbar, wäre aber kein Fehler)		zu kleine Lücken nutzen (Ausbremsen anderer Verkehrsteilnehmer), nicht stehenbleiben bei nichtgeräumter Kreuzung
Vigilanzfahrt Var B, Teil 1 (2030211)	in Spur bleiben, genug Abstand zum Vordermann (mehr als bei Tag), niedrige Geschwindigkeit ist ok wg Licht- und Witterungsverhältnissen, nicht von Fahrbahn abkommen (Gegenverkehr o. Leitpfosten), Überholverbot beachten		mit Fernlicht fahren, Kollision m. Leitpfosten o. Gegenverkehr, zu schnell o. zu langsam fahren, Überholen
Vigilanzfahrt Var B, Teil 2 (2030221)			
Vigilanzfahrt Var B, Teil 3 (2030231)			
Vigilanzfahrt Var B, Teil 4 (2030241)			
Übergang LS- Stadt Burgen (7020111)	am Ortseingangsschild 50 fahren, nicht zu langsam in Spur bleiben (nicht Richtung parkende Autos fahren, Bordstein nicht mitnehmen), nach li. u. re. gucken, ob noch mehr Fußgänger kommen		Kollision mit parkenden Autos, schneller als 50 fahren, zu langsam (30-35 km/h), Bordstein mitnehmen

Situation *	Normales/korrektes Fahrverhalten	Besonderheiten, zu berücksichtigen für den Simulator	Kritisches Fahrverhalten (Kategorien 7-10)
Kreuzungen Var B: Teil1 Stopp-schild (3010211)	Blinker setzen u. Spiegelblicke (innen u außen) vor Spurwechsel, 3 Sekunden müssen alle vier Reifen stehen, vor der Linie stehen, Schulterblick li. in der Kreuzung, wenn genug Platz ist fahren (keine zu kleine Lücke), wenn nicht gut einsehbar, nach vorne tasten nach 3 Sek. stehen (hier gut einsehbar, wäre aber kein Fehler), Kurve nicht schneiden		nicht blinken, weniger als 3 Sek. stehen, nach Haltelinie stehen, kein Schulterblick, zu kleine Lücken nutzen (Ausbremsen anderer Verkehrsteilnehmer), Gegenverkehr nicht durchlassen als Linksabbieger, in den Gegenverkehr kommen beim Linksabbiegen
Kreuzungen Var B: Teil2 Vorfahrtachten (3010221)	bis Sichtlinie fahren (man muss nicht am Schild anhalten), fahren, sobald möglich, nicht blinken		Vorfahrt erzwingen (weil man denkt, als Geradeausfahrer Vorfahrt zu haben)
Bushaltestelle Var A (3020111)	30 fahren (Zone), bremsbereit sein beim Bus (Fuß vom Gas u. rollen lassen), nicht auf Busspur fahren		schneller als 30 (35 km/h die ganze Zeit), nicht bremsbereit sein beim Bus, Busspur befahren
Radfahrer	nicht auf Radweg fahren, min. 1,50 m zum Radfahrer, beim Rechtsabbiegen Radfahrer und Fußgänger beachten		über Radwegbegrenzung fahren, zu nah an Radfahrer, zu schnell um die Kurve, Fußgänger Vorrang nehmen/gefährden, mangelnde Verkehrsbeobachtung
Fußg. quert Var B: Teil1 Rechts vor Links Kreuzung (3040211)	Kreuzung: Geschwindigkeit verringern (1. Gang), gucken, bremsbereit sein		nicht bremsbereit, nicht gucken, zu weit links fahren (s.o.)
Fußg. quert Var B: Teil2 an Zebra-streifen (3040221)	anhaltend, Person vorbeilassen (nicht überfahren), beim Kind (kommt entgegen) bremsbereit sein		nicht anhalten am Zebra-streifen, schon fahren, wenn Person noch nicht ganz rüber ist
Bushaltestelle Var B (3020211)	Sperrfläche vor der Bushaltestelle nicht überfahren, Busspur nicht befahren, Bus vorlassen, ggf. anhalten, danach bremsbereit bleiben (mit Fahrgästen/ Fußgängern rechnen)		Sperrfläche überfahren, Busspur befahren, Bus nicht vorlassen, Fahrgäste gefährden
Kreuzungen Var A: Ampel (3010111)	auch hier rechtsfahrgebot einhalten, Ampel: Innenspiegel, Außenspiegel, Blinker li., in die Mitte der Kreuzung fahren, Gegenverkehr vorbeilassen, dann Schulterblick li., f. Fußgänger anhalten, dann nochmal li. Schulterblick vorm Weiterfahren		auf rechter Spur bleiben (man ist alleine), Ampel: Gegenverkehr nicht vorbeilassen, Fußgänger nicht vorbeilassen, Kurve schneiden, Gegenverkehr behindern beim Abbiegen, nicht in Kreuzung reinfahren, Blinker, gucken...
Fußg. quert Var A: ohne Zebra-streifen (3040111)	angepasst fahren beim Fußgänger-Schild (40-50 km/h, aufmerksam), Bremsen f. Fußgänger		unangepasste Geschwindigkeit, Gefährden d. Fußgängers

Situation *	Normales/korrektes Fahrverhalten	Besonderheiten, zu berücksichtigen für den Simulator	Kritisches Fahrverhalten (Kategorien 7-10)
Linksabbiegen an Ampel (301014)	s.o., genug Abstand zum Radfahrer (hinter ihm bleiben)		s.o., nicht genug Abstand zum Radfahrer
Übergang Stadt-LS Burgen (7030111)	ab Ortsausgangsschild beschleunigen		nicht beschleunigen, zu langsam bleiben (50 km/h-70 km/h)
Wildwechsel Var A (1060111)	beim Schild gemäßigt fahren, beim Schwein Lenkrad festhalten, Vollbremsung (am Lenkrad festhalten)		ausweichen, nicht bremsen/ zu wenig bremsen, unangepasste Geschwindigkeit an dem Schild (ca. 80 km/h), Weiterfahren trotz Kollision
Befragung Var A (7010112)			
Ende der Strecke			

Fragebogen

Fragebogen, die nicht urheberrechtlich geschützt sind, sind auf Anfrage bei der BAST erhältlich.

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

2012

- 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, Leipnitz € 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: Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung – gültig ab 1. Mai 2014
Gräcsmann, 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
- M 254: Kompensationsstrategien von älteren Verkehrsteilnehmern nach einer VZR-Auffälligkeit
Karthaus, Willemsen, Joiko, Falkenstein € 17,00
- M 255: Demenz und Verkehrssicherheit
Fimm, Blankenheim, Poschadel € 17,00

- M 256: Verkehrsbezogene Eckdaten und verkehrssicherheitsrelevante Gesundheitsdaten älterer Verkehrsteilnehmer
Rudinger, Haverkamp, Mehliß, Falkenstein, Hahn, Willemssen € 20,00
- M 257: Projektgruppe MPU-Reform
Albrecht, Evers, Klipp, Schulze € 14,00
- M 258: Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen
Follmer, Geis, Gruschwitz, Hölscher, Raudszus, Zlocki € 14,00
- M 259: Alkoholkonsum und Verkehrsunfallgefahren bei Jugendlichen
Hoppe, Tekaat € 16,50
- M 260: Leistungen des Rettungsdienstes 2012/13
Schmiedel, Behrendt € 16,50
- M 261: Stand der Radfahrausbildung an Schulen und motorische Voraussetzungen bei Kindern
Günther, Kraft € 18,50
- M 262: Qualität in Fahreignungsberatung und fahreignungsfordernenden Maßnahmen
Klipp, Bischof, Born, DeVol, Dreyer, Ehlert, Hofstätter, Kalwitzki, Schattschneider, Veltgens € 13,50
- M 263: Nachweis alkoholbedingter Leistungsveränderungen mit einer Fahrverhaltensprobe im Fahrsimulator der BAST
Schumacher
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2016

- M 264: Verkehrssicherheit von Radfahrern – Analyse sicherheitsrelevanter Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen von Below € 17,50
- M 265: Legalbewährung verkehrsauffälliger Kraftfahrer nach Neuerteilung der Fahrerlaubnis
Kühne, Hundertmark € 15,00
- M 266: Die Wirkung von Verkehrssicherheitsbotschaften im Fahrsimulator – eine Machbarkeitsstudie
Wandtner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 267: Wahrnehmungspsychologische Analyse der Radfahraufgabe
Platho, Paulenz, Kolrep € 16,50
- M 268: Revision zur optimierten Praktischen Fahrerlaubnisprüfung
Sturzbecher, Luniak, Mörl € 20,50
- M 269: Ansätze zur Optimierung der Fahrschulausbildung in Deutschland
Sturzbecher, Luniak, Mörl € 21,50
- M 270: Alternative Antriebstechnologien – Marktdurchdringung und Konsequenzen
Schleh, Bierbach, Piasecki, Pöppel-Decker, Ulitzsch
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2017

- M 271: Evaluation der Kampagnenfortsetzung 2013/2014 „Runter vom Gas!“
Klimmt, Geber, Maurer, Oschatz, Süßlow € 14,50
- M 272: Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen 2015
Gruschwitz, Hölscher, Raudszus, Zlocki € 15,00

- M273: Verkehrswahrnehmung und Gefahrenvermeidung – Grundlagen und Umsetzungsmöglichkeiten in der Fahranfängervorbereitung
TÜV | DEKRA arge tp 21 € 22,00

- M 273b: Traffic perception and hazard avoidance – Foundations and possibilities for implementation in novice driver preparation
Bredow, Brünken, Dressler, Friedel, Genschow, Kaufmann, Malone, Mörl, Rüdell, Schubert, Sturzbecher, Teichert, Wagner, Weiße
Dieser Bericht ist die englische Fassung von M 273 und liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

- M 274: Fahrschulüberwachung in Deutschland – Gutachten im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen
Sturzbecher, Bredow
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

- M 275: Reform der Fahrlehrerausbildung
Teil 1: Weiterentwicklung der Fahrlehrerausbildung in Deutschland
Teil 2: Kompetenzorientierte Neugestaltung der Qualifizierung von Inhabern/verantwortlichen Leitern von Ausbildungsfahrschulen und Ausbildungsfahrlehrern
Brünken, Leutner, Sturzbecher
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

- M 276: Zeitreihenmodelle mit meteorologischen Variablen zur Prognose von Unfallzahlen
Martensen, Diependaele € 14,50

2018

- M 277: Unfallgeschehen schwerer Güterkraftfahrzeuge
Panwinkler € 18,50
- M 278: Alternative Antriebstechnologien: Marktdurchdringung und Konsequenzen für die Straßenverkehrssicherheit
Schleh, Bierbach, Piasecki, Pöppel-Decker, Schönebeck
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 279: Psychologische Aspekte des Einsatzes von Lang-Lkw
Zweite Erhebungsphase
Glaser, Glaser, Schmid, Waschulewski
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 280: Entwicklung der Fahr- und Verkehrskompetenz mit zunehmender Fahrerfahrung
Jürgensohn, Böhm, Gardas, Stephani € 19,50
- M 281: Rad-Schulwegpläne in Baden-Württemberg – Begleit-evaluation zu deren Erstellung mithilfe des WebGIS-Tools
Neumann-Opitz € 16,50
- M 282: Fahrverhaltensbeobachtung mit Senioren im Fahrsimulator der BAST Machbarkeitsstudie
Schumacher, Schubert € 15,50

Fordern Sie auch unser kostenloses Gesamtverzeichnis aller lieferbaren Titel an! Dieses sowie alle Titel der Schriftenreihe können Sie unter der folgenden Adresse bestellen:

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-63

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

www.schuenemann-verlag.de