

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor philosophiae (Dr. phil.)

**Simulator Sickness in Fahrsimulationsumgebungen -
Drei Studien zu Human Factors**

vorgelegt der Fakultät Wirtschaftswissenschaften und Medien

der Technische Universität Ilmenau

von Anne Hösch

1. Gutachterin: Prof. Dr. Nicola Döring

2. Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang Broll

3. Gutachter: Prof. Dr. Mark Vollrath

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 23.11.2018

Danksagungen

An erster Stelle möchte ich meiner Doktormutter Prof. Dr. Nicola Döring für ihre Betreuung danken. Durch den konstruktiven Austausch mit ihr habe ich stets viel über wissenschaftliches Arbeiten lernen können. Zudem danke ich ihr dafür, dass sie mir die Freiräume zum Erstellen dieser Arbeit gegeben hat. Ich danke zudem Prof. Dr. Wolfgang Broll und Prof. Dr. Mark Vollrath, die zugestimmt haben, diese Arbeit zu begutachten.

Danken möchte ich ebenfalls allen Beteiligten des Projekts VISTA4F¹, ohne welche diese Arbeit nicht hätte entstehen können. Besonders hervorheben möchte ich an dieser Stelle Frau Dr. Sandra Pöschl, die mich als Teilprojektleiterin immer unterstützte und meinen Ideen gegenüber stets aufgeschlossen war. Ich danke ihr vor allem für die interessanten Konferenzreisen und dafür, dass sie immer ein offenes Ohr hatte. Eine weitere Person, die ich an dieser Stelle nennen möchte, ist mein Bürokollege Florian Weidner. Ich danke ihm für die technische Umsetzung des Fahrsimulators, ohne welchen ich keine Studie hätte durchführen können. Zudem bedanke ich mich dafür, dass er mir immer zuhörte und Ratschläge parat hatte und dass er jede meiner technischen Krisen löste.

Darüber hinaus danke ich all meinen Kollegen (vor allem Dr. Rohangis Mohseni, Clarissa Tröger, Roberto Walter) und allen Hilfkraften (Mariia Dubiago, Tijana Mesterovic, Darja Schütz, Martha Fogel, Dario Dräger) für ihre Unterstützung. Danke auch an alle Versuchspersonen, die an den Untersuchungen teilgenommen haben.

Zuletzt möchte ich noch meinen Freunden danken, die mich immer unterstützt, motiviert, aufgebaut und bekocht haben und welche die ein oder andere Träne weggewischt haben. Ohne euch hätte ich das nicht geschafft. Besonders danken möchte ich dabei meinem Nachbarn Bernd, Fabian, Luise, Giao Linh, Geny, Lisa, Lilla, Charlotte Maria Magdalena Theresa, Doug, Lenny, Amorena, Johannes, Ines, Maria, Aaron, Beatrix, Julia, Tino, Katrin, Janine, Steve, Jenny, Micha und Carlos. Und ich danke den Menschen, die mich in ihren Familien aufgenommen und mir damit immer wieder kleine Auszeiten von der Dissertation gegeben haben: Emad und Familie, Mohammad und Familie, Feras und natürlich Riham, Jana und Lujayen (ihr seid mir besonders ans Herz gewachsen).

¹ Das Projekt VISTA4F wurde gefördert durch das Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft. Weitere Informationen finden sich unter <https://www.tu-ilmenau.de/mkmp/forschung/geofoerderte-forschungsprojekte/vista4f/>

Inhaltsübersicht

Danksagungen.....	2
Inhaltsübersicht.....	3
Inhaltsverzeichnis.....	4
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis.....	10
Abbildungsverzeichnis.....	14
Zusammenfassung.....	15
Abstract.....	17
1 Einleitung.....	19
2 Fahrsimulationen.....	25
3 Simulator Sickness.....	34
4 Die Beziehung zwischen physischen und psychischen Beschwerden und Simulator Sickness.....	54
5 Die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeitsleistung und Simulator Sickness.....	93
6 Die Beziehung zwischen Fahrertypen und Simulator Sickness.....	127
7 Diskussion.....	173
8 Literaturverzeichnis.....	180
9 Anhang.....	204

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	2
Inhaltsübersicht.....	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	10
Abbildungsverzeichnis	14
Zusammenfassung	15
Abstract.....	17
1 Einleitung	19
1.1 Relevanz Fahrsimulationen	20
1.2 Relevanz Simulator Sickness.....	21
1.3 Aufbau der Arbeit.....	24
2 Fahrsimulationen	25
2.1 Beschreibung/Definition.....	25
2.2 Vorteile	27
2.3 Kritiken.....	28
2.4 Forschungsmethoden innerhalb von Fahrsimulationen	29
2.4.1 Psychometrische Tests	30
2.4.2 Selbstbewertung der Fahrer.....	31
2.4.3 Weitere Datenerhebungsmethoden	32
2.5 Schlussfolgerungen für Forschung und Praxis	32
3 Simulator Sickness	34
3.1 Symptomatik.....	35
3.2 Theoretische Hintergründe	36
3.2.1 Sensorische Konflikttheorie	36
3.2.2 Poison-Theorie	38

	5
3.3 Verfahren zur Erfassung von Simulator Sickness	39
3.3.1 Physiologische Verfahren	39
3.3.2 Fragebogenverfahren – Der Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)	40
3.4 Einflussfaktoren.....	44
3.4.1 Charakteristiken der Simulationsumgebung	45
3.4.2 Charakteristiken der Fahraufgabe	48
3.4.3 Human Factors	50
4 Die Beziehung zwischen physischen und psychischen Beschwerden und Simulator Sickness	54
4.1 Physische und psychische Beschwerden	54
4.2 Forschungsstand	55
4.2.1 Forschungsstand physische Beschwerden.....	55
4.2.2 Forschungsstand zur psychischen Beschwerden.....	57
4.3 Forschungshypothesen und Forschungsfrage.....	60
4.4 Methode.....	61
4.4.1 Stichprobe	61
4.4.2 Design	61
4.4.3 Messmethoden	62
4.4.4 Simulationsumgebung.....	64
4.4.5 Vorgehen.....	66
4.4.6 Statistische Datenanalyse	67
4.5 Ergebnisse.....	67
4.5.1 Deskriptivstatistiken der einzelnen Simulator Sickness Symptome	68
4.5.2 Deskriptivstatistiken und Korrelationen physischer und psychischer Beschwerden sowie der Simulator Sickness Skalen	69
4.5.3 Beziehung zwischen physischen und psychischen Beschwerden und Simulator Sickness.....	71

4.5.4 Deskriptivstatistiken sowie Beziehung zwischen physischen und psychischen Beschwerden und Simulator Sickness getrennt nach Geschlecht	74
4.6 Diskussion	88
4.6.1 Zusammenfassung der Untersuchung	88
4.6.2 Ergebnisinterpretation	89
4.6.3 Limitationen der Untersuchung	90
4.6.4 Stärken der Untersuchung	91
4.6.5 Implikationen für Forschung und Praxis	92
5 Die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness	93
5.1 Visuelle Aufmerksamkeit	94
5.1.1 Aufmerksamkeit	94
5.1.2 Visuelle Aufmerksamkeit	96
5.2 Forschungsstand	97
5.3 Forschungsfragen	99
5.4 Methode	100
5.4.1 Stichprobe	101
5.4.2 Design	101
5.4.3 Messmethoden	102
5.4.4 Simulationsumgebung	105
5.4.5 Vorgehen	107
5.4.6 Statistische Datenanalyse	107
5.5 Ergebnisse	108
5.5.1 Deskriptivstatistiken der einzelnen Simulator Sickness Symptome und Fehlerarten der Aufgabe der visuellen Aufmerksamkeitsleistung	108
5.5.2 Deskriptivstatistiken und Korrelationen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness	109
5.5.3 Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness .	110

5.5.4 Deskriptivstatistiken sowie die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness getrennt nach Geschlecht.....	112
5.6 Diskussion	120
5.6.1 Zusammenfassung der Untersuchung.....	120
5.6.2 Ergebnisinterpretation	121
5.6.3 Limitationen der Untersuchung	124
5.6.4 Stärken der Untersuchung	125
5.6.5 Implikationen für Forschung und Praxis.....	125
6 Die Beziehung zwischen Fahrertypen und Simulator Sickness	127
6.1 Fahrverhalten und seine Prädiktoren	128
6.1.1 Fahrverhalten.....	128
6.1.2 Sensation Seeking	130
6.1.3 Persönlichkeit.....	131
6.1.4 Kognitive Variablen.....	131
6.2 Forschungsstand	132
6.2.1 Zusammenhang zwischen Sensation Seeking und Fahrverhalten.....	132
6.2.2 Zusammenhang zwischen dem Big Five-Persönlichkeitsmodell und Fahrverhalten.....	136
6.2.3 Zusammenhang zwischen kognitiven Variablen und Fahrverhalten	139
6.2.4 Zusammenhang zwischen den verwendeten Konstrukten und Simulator Sickness.....	141
6.3 Forschungsfragen	142
6.4 Methode	143
6.4.1 Stichprobe	143
6.4.2 Design	144
6.4.3 Messmethoden	144
6.4.4 Simulationsumgebung.....	150

6.4.5 Vorgehen	151
6.4.6 Statistische Datenanalyse	152
6.5 Ergebnisse.....	153
6.5.1 Deskriptivstatistiken der verwendeten Skalen	153
6.5.2 Fahrertypen	155
6.5.3 Unterschiede der Fahrertypen hinsichtlich Simulator Sickness.....	161
6.6 Diskussion	163
6.6.1 Zusammenfassung der Untersuchung	164
6.6.2 Ergebnisinterpretation	164
6.6.3 Limitationen der Untersuchung	169
6.6.4 Stärken der Untersuchung	170
6.6.5 Implikationen für Forschung und Praxis.....	170
7 Diskussion	173
7.1 Zusammenfassung der Arbeit	173
7.2 Generelle Ergebnisdiskussion.....	174
7.3 Limitationen und Stärken.....	176
7.4 Praktische und Forschungsimplicationen	177
8 Literaturverzeichnis	180
9 Anhang	204

Abkürzungsverzeichnis

SSQ	Simulator Sickness Questionnaire
TVP	Test zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale
LCT	Lane Change Task
KI	Konfidenzintervall
VIF	Varianzinfluationsfaktor
VAL	Visuelle Aufmerksamkeitsleistung
AF	Auslassungsfehler
VF	Verwechslungsfehler
DBQ	Manchester Driver Behaviour Questionnaire
NISS	Need Inventory for Sensation Seeking
CompACT	Computerized Attention and Concentration Tests

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Ladungsmatrix der Faktorenanalyse nach Kennedy et al. (1993, S. 8).....	42
Tab. 2:	Übersicht über die Subskalen des Simulator Sickness Questionnaires; SSQ).....	43
Tab. 3:	Soziodemographische Charakteristiken der Stichprobe (N = 91)....	62
Tab. 4:	Itemanzahl, Range der Itemantworten und Reliabilitätswerte (Cronbachs α) der Subskalen des TVPs und des SSQs.....	63
Tab. 5:	Mittelwerte, Konfidenzintervalle und Standardabweichungen der Simulator Sickness Symptome.....	68
Tab. 6:	Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen der Prädiktor- und Kriteriumsvariablen.....	70
Tab. 7:	Regressionsanalyse mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Übelkeit.....	71
Tab. 8:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Übelkeit als Kriteriumsvariable.....	72
Tab. 9:	Regressionsanalyse mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Okulomotorik.....	72
Tab. 10:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Okulomotorik als Kriteriumsvariable.....	72
Tab. 11:	Regressionsanalyse mit physischen und psychischen Beschwerden als Prädiktoren für Desorientierung.....	73
Tab. 12:	Regressionsanalyse mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQs.....	74
Tab. 13:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit der Gesamtskala des SSQs als Kriteriumsvariable.....	74
Tab. 14:	Reliabilitätswerte (Cronbachs α) der verwendeten Skalen getrennt nach Geschlecht.....	75
Tab. 15:	Mittelwerte, Konfidenzintervalle und Standardabweichungen der einzelnen Simulator Sickness Symptome, der Simulator Sickness Subskalen und physischer sowie psychischer Beschwerden getrennt nach Männern und Frauen.....	76
Tab. 16:	Geschlechterunterschiede der einzelnen Simulator Sickness Symptome, der Subskalen des Simulator Sickness Questionnaires und physischer sowie psychischer Beschwerden.....	78
Tab. 17:	Korrelationen der Prädiktor- und der Kriteriumsvariablen getrennt nach Geschlecht.....	80
Tab. 18:	Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Übelkeit.....	81
Tab. 19:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Übelkeit als Kriteriumsvariable für die männlichen Versuchsteilnehmer.....	81
Tab. 20:	Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Okulomotorik.....	82

Tab. 21:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Okulomotorik als Kriteriumsvariable für die männlichen Versuchsteilnehmer.....	82
Tab. 22:	Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Desorientierung.....	83
Tab. 23:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Desorientierung als Kriteriumsvariable für die männlichen Versuchsteilnehmer.....	83
Tab. 24:	Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQs.....	84
Tab. 25:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit der Gesamtskala des SSQs als Kriteriumsvariable für die männlichen Versuchsteilnehmer.....	84
Tab. 26:	Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Übelkeit.....	85
Tab. 27:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Übelkeit als Kriteriumsvariable für die weiblichen Versuchsteilnehmer.....	85
Tab. 28:	Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Okulomotorik.....	86
Tab. 29:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Okulomotorik als Kriteriumsvariable für die weiblichen Versuchsteilnehmer.....	86
Tab. 30:	Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Desorientierung.....	87
Tab. 31:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Desorientierung als Kriteriumsvariable für die weiblichen Versuchsteilnehmer.....	87
Tab. 32:	Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQs.....	88
Tab. 33:	Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit der Gesamtskala des SSQs als Kriteriumsvariable für die weiblichen Versuchsteilnehmer.....	88
Tab. 34:	Soziodemographische Charakteristiken der Stichprobe ($N = 36$)....	101
Tab. 35:	Mittelwerte, Konfidenzintervalle und Standardabweichungen der Simulator Sickness Symptome und der Fehlerarten der visuellen Aufmerksamkeit.....	109
Tab. 36:	Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen der Prädiktor- und Kriteriumsvariablen.....	110
Tab. 37:	Regressionsanalyse mit visueller Aufmerksamkeitsleistung (VAL) als Prädiktor für Okulomotorik.....	111
Tab. 38:	Regressionsanalyse mit visueller Aufmerksamkeitsleistung (VAL) als Prädiktor für Desorientierung.....	111

Tab. 39:	Regressionsanalyse mit visueller Aufmerksamkeitsleistung (VAL) als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQs.....	112
Tab. 40:	Mittelwerte, Konfidenzintervalle und Standardabweichungen der einzelnen Simulator Sickness Symptome, der Simulator Sickness Subskalen, Fehlerarten der visuellen Aufmerksamkeitsleistung und visueller Aufmerksamkeitsleistung getrennt nach Männern und Frauen.....	113
Tab. 41:	Geschlechterunterschiede der einzelnen Simulator Sickness Symptome, der Subskalen des Simulator Sickness Questionnaires und visueller Aufmerksamkeitsleistung.....	116
Tab. 42:	Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Okulomotorik.....	117
Tab. 43:	Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Desorientierung.....	118
Tab. 44:	Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQs.....	118
Tab. 45:	Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Okulomotorik.....	119
Tab. 46:	Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Desorientierung.....	119
Tab. 47:	Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQs.....	120
Tab. 48:	Soziodemographische Charakteristiken der Stichprobe ($N = 86$)...	144
Tab. 49:	Itemanzahl und Reliabilitätswerte (Cronbachs α) der Subskalen des DBQs.....	146
Tab. 50:	Itemanzahl und Reliabilitätswerte (Cronbachs α) der Subskalen des NISS.....	146
Tab. 51:	Itemanzahl und Reliabilitätswerte (Cronbachs α) der Subskalen des TVPs	148
Tab. 52:	Mittelwerte und Standardabweichungen der für die Clusteranalyse verwendeten Skalen.....	154
Tab. 53:	Clusterzentren der Fahrertypen.....	157
Tab. 54:	Gruppenunterschiede der Fahrertypen hinsichtlich der verwendeten Skalen.....	159
Tab. 55:	Post-hoc Vergleiche der verwendeten Skalen zwischen den Fahrertypen.....	160
Tab. 56:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Simulator Sickness Symptome und der Simulator Sickness Questionnaire-Skalen getrennt nach Fahrertyp.....	162

Tab. 57: Multivariate und univariate Varianzanalyse der Simulator Sickness Subskalen für die Fahrertypen.....	163
--	-----

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Querschnitt des Simulators.....	65
Abb. 2:	Fahrsimulator in der Fahrsimulationsumgebung.....	65
Abb. 3:	Verwendete Lane Change Task aus Versuchspersonensicht.....	66
Abb. 4:	Kurs des Lane Change Tasks.....	66
Abb. 5:	Beispielitem aus dem d2R-Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest (Brickenkamp et al., 2010).....	103
Abb. 6:	Verwendetes Lenkrad inklusive Stimulusreaktion (gelber Knopf)...	103
Abb. 7:	Zielreiz und Distraktoren.....	103
Abb. 8:	Fahraufgabe aus Versuchspersonensicht.....	106
Abb. 9:	Querschnitt des Simulators.....	150
Abb. 10:	Fahrsimulator in der Fahrsimulationsumgebung.....	150
Abb. 11:	Verwendete Lane Change Task aus Versuchspersonensicht.....	151
Abb. 12:	Kurs des Lane Change Tasks.....	151

Zusammenfassung

Die wachsende Popularität von Fahrsimulationen in Forschung und Praxis rückt auch die Interaktion von Mensch und Maschine in den Fokus (Rizzo, Sheffield, Stierman & Dawson, 2003). Vor allem die Untersuchung potentieller negativer Nebeneffekte wie Simulator Sickness ist dabei aus Gründen der ethischen Vertretbarkeit der Untersuchungen und der Vermeidung von Störvariablen für die Forschung relevant (Biernacki & Dziuda, 2014; Brucks & Watters, 2009). Simulator Sickness beschreibt das Gefühl, während und nach der Simulationsexposition Symptome von Übelkeit, okulomotorischen Störungen oder Desorientierung zu erleben. Dieses Erleben wird durch zahlreiche technologische Bedingungen und Human Factors beeinflusst (Neukum & Grattenthaler, 2006). Trotz einer Vielzahl von Forschungsbemühungen ist die Untersuchung psychologischer Faktoren bei der Analyse von Simulator Sickness noch immer unterrepräsentiert (Milleville-Pennel & Charron, 2015). Die vorliegende Dissertation beschäftigt sich aus diesem Grund in drei Untersuchungen mit der Forschungsfrage, welche Human Factors mit dem Erleben von Simulator Sickness in Fahrsimulationsumgebungen zusammenhängen.

Die *erste Untersuchung* widmete sich der Beziehung zwischen aktuell erlebten physischen sowie psychischen Beschwerden und der Ausprägung von Simulator Sickness nach einer Fahrsimulationsexposition. In einer korrelativen Querschnittsuntersuchung im Labor (ohne Messwiederholung) wurden $N = 91$ Versuchspersonen ($M_{\text{Alter}} = 24.84$ Jahre, $SD = 4.79$, 26 % Frauen) gebeten, die Subskalen zu physischen und psychischen Beschwerden des Tests zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsbeschreibung (Spicher & Hänsgen, 2000) zu bearbeiten, bevor sie in einer Fahrsimulationsumgebung den Lane Change Task (Mattes, 2003) absolvierten. Anschließend wurden die Versuchspersonen gebeten, den Simulator Sickness Questionnaire (SSQ; Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal, 1993) zu beantworten. Schrittweise multiple Regressionsanalysen mit physischen und psychischen Beschwerden als Prädiktorvariablen und den Skalen des Simulator Sickness Questionnaires als Kriteriumsvariablen zeigten, dass physische Beschwerden kein signifikanter Prädiktor für das Erleben von Simulator Sickness waren, psychische Beschwerden hingegen schon.

Die *zweite Untersuchung*, ebenfalls eine korrelative Querschnittsuntersuchung im Labor ohne Messwiederholung, widmete sich der Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeitsleistung und dem Erleben von Simulator Sickness. $N = 36$

($M_{\text{Alter}} = 24.69$ Jahre, $SD = 3.03$, 47 % Frauen) Versuchspersonen wurden gebeten, eine Aufgabe zur Erfassung der visuellen Aufmerksamkeitsleistung in einer Fahrsimulationsumgebung zu bearbeiten. Nach der Simulationsexposition wurde Simulator Sickness (SSQ; Kennedy et al., 1993) erfasst. Lineare Regressionsanalysen konnten keine signifikante Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeitsleistung (Prädiktor) und den Skalen des Simulator Sickness Questionnaires (Kriteriumsvariablen) aufzeigen. Dennoch konnten für alle Regressionsanalysen negative Beziehungen zwischen visueller Aufmerksamkeitsleistung und Simulator Sickness gefunden werden. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass mit steigender Aufmerksamkeitsleistung das Erleben von Simulator Sickness sinkt oder dass umgekehrt mit steigendem Erleben von Simulator Sickness die visuelle Aufmerksamkeitsleistung sinkt.

Die *dritte Untersuchung* widmete sich mittels einer explorativen Querschnittsuntersuchung im Labor (ohne Messwiederholung) zwei Fragestellungen: Zum einen sollte herausgefunden werden, welche Fahrertypen anhand verschiedener Human Factors ermittelt werden können, zum anderen sollte untersucht werden, ob sich die Fahrertypen in ihrem Erleben von Simulator Sickness unterscheiden. Zu diesem Zweck wurden $N = 86$ ($M_{\text{Alter}} = 24.40$ Jahre, $SD = 3.89$, 23 % Frauen) Versuchspersonen aufgefordert, den Manchester Driver Behaviour Questionnaire (Reason, Manstead, Stradling, Baxter & Campbell, 1990), das Need Inventory of Sensation Seeking (Roth, Hammelstein & Brähler, 2014), den Test zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsbeschreibung (Spicher & Hänsgen, 2000) sowie den CompACT-SR; Prieler, 2011a) und den CompACT-CO (Prieler, 2011b) zu bearbeiten. Anschließend absolvierten die Versuchspersonen den Lane Change Task (Mattes, 2003) in einer Fahrsimulationsumgebung und beantworteten nach der Exposition den Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy et al., 1993). Mittels einer hierarchischen Clusteranalyse konnten vier Fahrertypen identifiziert werden (ängstlich, leichtsinnig, vorsichtig und aggressiv). Eine MANOVA konnte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fahrertypen hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness zeigen.

Die durchgeführten Untersuchungen sind limitiert durch die Nutzung jeweils einer Simulationsaufgabe. Künftige Forschung sollte die Schwierigkeitsgrade der Aufgaben variieren und experimentelle Designs nutzen. Die Untersuchungen unterstreichen allerdings die Relevanz der Erforschung der Beziehung von Human Factors und Simulator Sickness, welche noch zahlreiche Forschungslücken aufweist.

Abstract

Based on the ongoing interest in driving simulations in academia and industry, research has also been focused on human-machine interaction (Rizzo, Sheffield, Stierman, & Dawson, 2003). Especially possible negative side-effects like simulator sickness have been of growing importance, because of considerations about ethical justifiability and avoidance of confounding variables (Biernacki & Dziuda, 2014; Brucks & Watters, 2009). Simulator sickness describes the experience of nausea, oculomotor disturbances, and disorientation during a simulation exposition and with that, requires experimenters to consider ethical justifiability and probable confounding variables (Biernacki & Dziuda, 2014; Brucks & Watters, 2009). Further, simulator sickness is influenced by numerous technological and human factors (Neukum & Grattenthaler, 2006). However, the research on psychological factors and their relation to simulator sickness is still scarce (Milleville-Pennel & Charron, 2015). The present thesis investigates human factors related to the experience of simulator sickness in driving simulation environments. Three studies have been conducted to explore this research area.

The *first study* addressed the relationship between current physical and psychological complaints and the experience of simulator sickness after an exposure to a driving simulation environment. This study was conducted as a correlative, cross-sectional laboratory study without repeated measure. $N = 91$ participants ($M_{Age} = 24.84$ years, $SD = 4.79$, 26 % women) were asked to answer the subscales for physical and psychological complaints of the „Tests zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsbeschreibung“ (test for assessment of driving-related personality characteristics; Spicher & Haensgen, 2000) before completing the Lane Change Task (Mattes, 2003) in a driving simulation environment. Subsequently, they answered the Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal, 1993). Stepwise multiple regression analyses with physical and psychological complaints as predictors and simulator sickness as criterion variable showed that physical complaints do not serve as a significant predictor for simulator sickness, whereas psychological complaints do serve as a significant predictor for simulator sickness.

The *second study* examined the relationship between visual attention performance and the experience of simulator sickness by means of a correlative, cross-sectional laboratory study without repeated measure. $N = 36$ ($M_{Age} = 24.69$ years, $SD = 3.03$, 47 % women) participants were asked to complete a driving task for testing visual attention

performance in a driving simulation environment. Afterwards, simulator sickness was measured with the Simulator Sickness Questionnaires (Kennedy et al., 1993). Linear regression analyses did not show a significant relation between visual attention performance (predictor) and simulator sickness (criterion). However, all regression analyses showed a negative relation between visual attention performance and simulator sickness. This could be an indication that the experience of simulator sickness declines with increasing visual attention performance or, vice versa, visual attention performance declines with increasing experience of simulator sickness.

The *third study* addressed two research questions: First, it explores which driver types can be identified based on different psychological characteristics. Second, it investigates, whether these driver types differ in their experience of simulator sickness. In an explorative, cross-sectional laboratory study (without repeated measure), $N = 86$ ($M_{\text{Age}} = 24.40$ years, $SD = 3.89$, 23 % women) participants were asked to answer the Manchester Driver Behaviour Questionnaire (Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990), the Need Inventory of Sensation Seeking (Roth, Hammelstein, & Braehler, 2014), and the test for assessment of driving-related personality characteristics (Tests zur Erfassung verkehrsrelevanter Persoenlichkeitsbeschreibung; Spicher & Haensgen, 2000). They were further asked to complete two PC-based tests for assessing attention (CompACT-SR; Prieler, 2011a) und concentration (CompACT-CO; Prieler, 2011b). Subsequently, participants completed the Lane Change Task (Mattes, 2003) in a driving simulation environment and answered the Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy et al., 1993). A hierarchical cluster analysis could identify four driver types (anxious, careless, cautious, and aggressive). Based on these driver types, a MANOVA did not show significant differences of the driver types regarding the experience of simulator sickness.

The studies are limited by the use of only one simulation task and environment. Future research should also vary task difficulty and should also use experimental designs. Despite these limitations, the results of the present studies stress the importance of research on the relationship between human factors and simulator sickness and show that there still are major research gaps.

1 Einleitung

Fahren von Kraftfahrzeugen hat einen messbaren Einfluss auf das Leben aller Menschen. Daher ist es notwendig, dass Fahrerfahrungen in sicheren Umgebungen quantifiziert werden können. Obwohl die Option besteht, diese Erfahrungen auf realen Straßen zu testen, bieten Simulationsumgebungen die Möglichkeit, die Fahrerlebnisse und das Fahrverhalten von Personen in sicherer, kosteneffizienter, objektiver und wiederholbarer Form zu erfassen. Die fortschreitende Nutzung von Fahrsimulatoren geht vor allem auf technologische Verbesserungen (Computer, Displaytechnologien, Elektronik) zurück, die eine valide Repräsentation der Fahrumwelt ermöglichen sollen (Allen, Rosenthal & Cook, 2011).

Trotz der vielen Vorteile gegenüber anderen Methoden in der fahrbezogenen Forschung treten in Simulationsumgebungen auch unerwünschte Nebeneffekte auf. Einer dieser Nebeneffekte ist Simulator Sickness (Allen et al., 2011), was das Gefühl, sich durch die Simulationsumgebung krank zu fühlen, beschreibt (Stoner, Fisher & Mollenhauer Jr., 2011). Der Begriff Simulator Sickness (oder auch *simulator after effects* bzw. *simulator adaptation syndrome*; Kennedy, Hettinger & Lilienthal, 1990) wurde erstmals 1957 von Havron und Butler in Untersuchungen einer Helikoptersimulation erwähnt. Ursprünglich geht dieser Begriff zurück auf die Bezeichnung „Motion Sickness“, welche Ende des 19. Jahrhunderts zur Beschreibung der Seekrankheit genutzt wurde. Diese Form von Bewegungskrankheit tritt nicht nur während der Fortbewegung auf Wasser, sondern auch beim Mitfahren in Autos oder beim Fliegen auf. Durch den Einsatz neuer Technologien in der Simulationsforschung konnte diese Form der Krankheit auch in virtuellen Umwelten nachgewiesen werden. Im Unterschied zur Motion Sickness, welche auf das Erleben physikalischer Bewegungen zurückgeht, muss diese Bewegung für das Empfinden von Simulator Sickness nicht gegeben sein, da hierfür optische Bewegungsstimuli ausreichen. Um diesen Unterschied zu unterstreichen wurde der Begriff Simulator Sickness geprägt (Neukum & Grattenthaler, 2006).

Das Erleben der Schwere von Simulator Sickness wird durch zahlreiche technologische Bedingungen, aber auch durch Human Factors beeinflusst (Kolasinski, 1995). Obwohl die Forschung zu den beeinflussenden technologischen und individuellen Faktoren breit aufgestellt ist, ist wenig zu psychologischen Faktoren bekannt (Milleville-Pennel & Charron, 2015). Um die Forschungslücken weiter zu schließen lautet die zugrundeliegende Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit: Welche Human Factors

weisen einen Zusammenhang mit dem Erleben von Simulator Sickness in Fahrsimulationsumgebungen auf?

1.1 Relevanz Fahrsimulationen

Fahren von Kraftfahrzeugen ist global weit verbreitet und alltäglich, wird aber auch als eine der komplexesten und gefährlichsten Alltagsaufgaben beschrieben (Allen et al., 2011). Eine Gefahr besteht in Verkehrsunfällen, welche meist auf menschliche Fehlleistungen zurückgeführt werden können (Vollrath & Krems, 2011). Laut des Statistischen Bundesamts (2017a) wurden im Jahr 2016 308.145 Verkehrsunfälle mit Personenschaden registriert. Dabei zeigte sich, dass Fahrer von Personenkraftfahrzeugen verglichen mit anderen Verkehrsteilnehmern (Radfahrer, Motorradfahrer, Fußgänger, Busfahrer sowie Güterkraftfahrzeugfahrer) die meisten dieser Unfälle verursachten (211.460 Verkehrsunfälle, was etwa 67 % entspricht). Menschliche Fehlleistungen als Ursachen für Verkehrsunfälle mit Personenschaden betreffen vor allem Fehler beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren (58.034 Verkehrsunfälle), Nichtbeachten der Vorfahrt (53.510 Verkehrsunfälle), ungenügenden Abstand (51.221 Verkehrsunfälle) sowie nicht angepasste Geschwindigkeit (47.023 Verkehrsunfälle, Statistisches Bundesamt, 2017b).

Zum Fahren eines Kraftfahrzeuges werden zahlreiche sensorische, perzeptuelle, kognitive und motorische Funktionen benötigt, welche wiederum durch zahlreiche Stressoren oder Erfahrungen beeinflusst werden und Fahrfehler verursachen können (Allen et al., 2011). Zur Untersuchung des Verhaltens und Erlebens während des Fahrprozesses wurden zunächst zahlreiche sogenannte *Naturalistic Driving Studies* durchgeführt. Innerhalb dieser Studien wurden sowohl Informationen über den Fahrprozess (Geschwindigkeit, Fahrstrecken, Uhrzeit, Abstand zu anderen Fahrzeugen, Spurhaltung) als auch über den Fahrer (Aufzeichnung über Videokameras) gesammelt. Problematisch an diesen Studien ist, dass sie über einen langen Zeitraum (ca. ein Jahr) Daten sammeln müssen, um Informationen über das Fahrverhalten in selten auftretenden, kritischen Situationen zu sammeln. Zudem können Störvariablen nicht kontrolliert werden und es ist nicht möglich, Einflussgrößen zu untersuchen, die in der Studie nicht auftraten und somit nicht gemessen werden konnten. Beispielsweise kann nicht erfasst werden, ob ein Fahrer Alkohol konsumiert hat, wenn er diesen außerhalb des Fahrzeugs konsumiert hat (Vollrath & Krems, 2011). Durch die Schwächen dieser Untersuchungsart

und den anhaltenden Versuch, menschliche Fehler während des Fahrprozesses zu reduzieren sowie die sinkenden Kosten für Simulationsumgebungen, werden immer häufiger Fahrsimulationen in Forschung und Praxis eingesetzt, mittels welcher potentielle Risikofaktoren untersucht und Trainings durchgeführt werden können (Dziuda, Biernacki, Baran & Truscynski, 2014; Rebenitsch, 2015; Vollrath & Krems, 2011).

Forschung in Fahrsimulationsumgebungen hat verglichen mit anderen Methoden, wie den Naturalistic Driving Studies, einige Vorteile, die vor allem die Sicherheit der Probanden sowie die Kontrollierbarkeit der Umgebung betreffen (Dziuda et al., 2014; Kemeny & Panerai, 2003; Papelis & Ahmad, 2001). Eine nähere Aufarbeitung der Vorteile von Fahrsimulationen erfolgt in Kapitel 2.2. Aufgrund verschiedener Vorteile werden Fahrsimulationsumgebungen ein unschätzbarer Wert in fahrbezogener Forschung zugeschrieben (Papelis & Ahmad, 2001, S. 1). Trotz ihres Nutzens haben Fahrsimulationen auch Nachteile (siehe Kapitel 2.3) wie beispielsweise Simulator Sickness (Kennedy et al., 1993), welches das zentrale Konstrukt dieser Arbeit ist, da mit der zunehmenden Popularität von Fahrsimulationen die Interaktion der menschlichen Versuchspersonen mit der Simulationsumgebung immer relevanter wird (Rizzo et al., 2003).

Fahrsimulationen werden zu Forschungs- (Studien zur Wahrnehmung des Fahrers unter verschiedenen Straßen-, Sichtbarkeits- und Verkehrsbedingungen; Kemeny & Panerai, 2003), Trainings- (Fahrsicherheit/-sforschung; Rizzo et al., 2003) und Design-evaluationszwecken (Fahrzeugdesign; Kemeny & Panerai, 2003) genutzt (Stoner et al., 2011). Dabei ist die Erwartung an immer realistischer werdende Simulationsumgebungen (z. B. durch ein weiteres Sichtfeld oder durch hochauflösende Details der Umgebung), dass Fahrtrainings schneller und besser werden. Jedoch konnte die empirische Forschung bisher keine allgemeingültigen Effekte auf die Trainings-effektivität nachweisen (Kennedy et al., 2003).

1.2 Relevanz Simulator Sickness

Durch die zunehmende Popularität von Simulationsumgebungen in der fahrbezogenen empirischen Forschung wird auch die Interaktion des Menschen mit virtuellen Umwelten zu einem zentralen Forschungsfeld. In den Vordergrund rückt dabei die Erforschung der Simulator Sickness (Rizzo et al., 2003). Dabei handelt es sich um

einen ungewollten Nebeneffekt in Simulationsumgebungen, welcher bei jeder Person mit einem intakten vestibulären System auftreten kann. Allerdings gibt es individuelle Unterschiede hinsichtlich des Ausmaßes der Anfälligkeit (Reason & Brand, 1975).

Basierend auf internationalen (American Psychological Association, 2002) und nationalen Richtlinien der psychologischen Forschungsethik kann dies problematisch bei der Durchführung von Untersuchungen mit Versuchspersonen sein, denn

Psychologinnen und Psychologen [...] stellen sicher, dass durch die Forschung Würde und Integrität der teilnehmenden Personen nicht beeinträchtigt werden. Sie treffen alle geeigneten Maßnahmen, um **Sicherheit und Wohl** der an der Forschung teilnehmenden Personen zu gewährleisten, und versuchen, **Risiken** auszuschließen.“

(Ethikrichtlinien der Deutsche Gesellschaft für Psychologie (DGPs), 2016, Richtlinie 7.3 (1))

Um die Relevanz dessen zu unterstreichen, ist es wichtig, die durch die Schwere der Simulator Sickness Symptome bedingten Ausfallraten zu betrachten. Simulator Sickness kann in Simulationsumgebungen eine zusätzliche Stressquelle sein und zu einer höheren Anzahl an Dropouts führen (Dziuda et al., 2014), was wiederum zu Bedenken hinsichtlich der Sicherheit und der gesundheitlichen Unversehrtheit von Personen in Simulationsuntersuchungen führt (Brucks & Watters, 2009). Stanney und Salvendy (1998) trugen in einem Workshop auf der International Conference on Human Computer Interaction die bis dato existierenden Erkenntnisse zu Nebeneffekten des Erlebens in virtuellen Umgebungen zusammen. Bereits zu dieser Zeit konnten Ausfallraten von 5 – 30 % aufgrund der Symptomschwere von Simulator Sickness beziffert werden. Zudem wurde postuliert, dass ca. 80 – 95 % aller Versuchspersonen Symptome der Simulator Sickness erleben (Stanney & Salvendy, 2002). Auch aktuellere Studien stützen diese postulierten Ausfallraten: Stanney, Kingdon und Kennedy (2002) konnten eine Ausfallrate von 12 % der Versuchsteilnehmer wegen der Schwere der erlebten Simulator Sickness verzeichnen. Weiterhin berichteten sie, dass 88 % der Personen direkt nach der Simulationsexposition von mindestens einem Symptom berichteten (Stanney et al., 2002; Kapitel 3.1 sowie 3.3.2 dieser Arbeit geben einen Überblick über die Symptomatik). Neukum und Grattenthaler (2006) untersuchten Simulator Sickness in Fahrsimulatoren

für Trainings von Einsatzfahrten der Polizei und ermittelten dabei unter anderem Simulator Sickness bedingte Ausfallraten, welche sie als vorzeitigen Fahrabbruch bzw. eine Fortführung des Trainings unter veränderten Bedingungen definierten. An zwei aufeinanderfolgenden Trainingstagen konnten sie einen 48 % respektive 43 % Dropout von Versuchspersonen aufgrund der Symptomschwere der Simulator Sickness verzeichnen (Neukum & Grattenthaler, 2006). Nach Anpassungen der Simulationsumgebung konnten die Ausfallraten zunächst auf 18 % am ersten Trainingstag und 23 % am zweiten Trainingstag gesenkt werden. Eine weitere Anpassung konnte ähnlich gesenkte Ausfallraten von 20 % am ersten und 17 % am zweiten Trainingstag erzielen (Neukum & Grattenthaler, 2006).

An dieser Stelle zeigt sich die besondere Relevanz der Untersuchung von Prädiktoren der Simulator Sickness: Die Kenntnis über verstärkende Faktoren kann zu einer Reduktion dieser Faktoren führen und somit können Dropoutraten gesenkt werden (Neukum & Grattenthaler, 2006). Die Ausfallraten aufgrund der Schwere der erlebten Symptome sind nicht nur aus ethischer, sondern auch aus forschungsökonomischer Sicht bedenklich. Denn hohe Ausfallraten gehen auch mit einem höheren Informationsverlust einher und beanspruchen zusätzlich Ressourcen von Labor und Versuchsleiter.

Ein weiterer Grund zur empirischen Auseinandersetzung mit Simulator Sickness und entsprechenden Prädiktoren besteht in der Vermeidung von Ergebnisverzerrungen. Simulator Sickness beeinflusst zum einen die Validität sowie die Reliabilität von Forschungsergebnissen der Fahrsimulationsforschung und zum anderen auch die Leistung der Versuchsteilnehmer (Dziuda et al., 2014; Stoner et al., 2011). Die Leistung kann durch unangemessenes Verhalten, Motivationsverlust, Verlust der Konzentrationsfähigkeit (Kennedy, Allgood, Van Hoy & Lilienthal, 1987), Aufgabenvermeidung und Verhaltensänderung zur Reduktion der Symptome beeinträchtigt werden (Silvermann & Slaughter, 1995). Es ist davon auszugehen, dass Ergebnisse aus Fahrsimulationsuntersuchungen nicht generalisierbar sind, wenn Simulator Sickness nicht angemessen überwacht wird (Stoner et al., 2011).

Darüber hinaus können anhaltende Simulator Sickness Symptome Tätigkeiten beeinflussen, denen nach der Simulationsexposition nachgegangen wird. Betroffen ist vor allem das Führen eines Kraftfahrzeugs, welches durch Ermüdungserscheinungen, Schläfrigkeit und verschlechterte Vigilanzleistung beeinträchtigt werden kann (Neukum & Grattenthaler, 2006).

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist wie folgt strukturiert: Zunächst werden *Fahrsimulationen* (Kapitel 2) sowie das Kernkonstrukt der Dissertation, *Simulator Sickness*, erläutert (Kapitel 3). Dabei werden die Symptomatik, die theoretischen Hintergründe sowie Messmethoden und Einflussfaktoren beschrieben. Aufbauend darauf folgt die Darstellung der drei Studien, die im Rahmen des Dissertationsvorhabens durchgeführt wurden: Die erste Studie widmete sich der *Beziehung zwischen aktuellen physischen sowie psychischen Beschwerden und Simulator Sickness* (Kapitel 4), die zweite Studie erfasste die *Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness* in einer Fahrsimulationsaufgabe (Kapitel 5) und die dritte Studie untersuchte die *Beziehung zwischen Fahrerarten und Simulator Sickness* (Kapitel 6). Abschließend werden in einer *Diskussion* (Kapitel 7) die Erkenntnisse dieser Arbeit zusammengetragen und hinsichtlich Limitationen, Stärken und Implikationen für Forschung und Praxis diskutiert.

2 Fahrsimulationen

Die Entwicklung von Fahrsimulationen wurde durch Verbesserungen in den Bereichen Elektronik, Computer und Displaytechnologien stark vorangetrieben. Ziel der Entwicklung von Fahrsimulationen war und ist es, valide Repräsentationen der realen Fahrumgebungen zu erreichen (Allen et al., 2011), um sichere Fahrumwelten zu schaffen, in welchen menschliches Fahrverhalten untersucht werden kann. Ziele dabei sind u.a. die Reduktion menschlicher Fehler während des Fahrens (Dziuda et al., 2014) als auch Trainings für Novizenfahrer (Filtness, Tones, Bates, Watson & Williamson, 2013). Aufgrund ihrer Relevanz für Forschung und Gesellschaft sind Fahrsimulationen die Testumgebungen dieser Arbeit. Im folgenden Kapitel wird zunächst, unter Beachtung der historischen Entwicklung, beschrieben, was in dieser Arbeit als *Fahrsimulation definiert* wird (Kapitel 2.1), anschließend werden sowohl die *Vorteile* (Kapitel 2.2) als auch mögliche *Nachteile* (Kapitel 2.3) der Nutzung von Fahrsimulationen diskutiert. Abschließend werden zentrale *Methoden der Fahrsimulationsforschung* berichtet (Kapitel 2.4).

2.1 Beschreibung/Definition

Fahrsimulationen werden als Systeme in multisensorischen Umgebungen definiert, in welchen der Fahrer virtuelle Fahrzeugbewegungen wahrnimmt und kontrolliert (Kemeny & Paneria, 2003). Die Versuchspersonen sollen sich in dem System so verhalten, als würden sie in einem realen Fahrzeug fahren (Castro, 2009).

Die ersten Simulationen zur psychologischen Untersuchung des Fahrens entstanden während des Ersten Weltkriegs zur Erfassung von Reaktionen auf auditive Stimuli. Mit diesen Simulationen wurden im historischen Verlauf vor allem klassische Reaktionszeitexperimente (z. B. Erfassung des Stroop-Effekts; Stroop, 1935) repliziert (Barjonet & Tortosa, 2000). Die Nutzung von Simulationen zur Erforschung aeronautischer und maritimer Fragestellungen erfolgte verstärkt ab den 1950ern. Bis zu den 1970ern wurden insgesamt 20 Simulatoren in Europa und den USA konstruiert, welche vor allem zu Trainings- und Zulassungszwecken genutzt wurden. Im Rahmen dieser Forschungsarbeiten wurden Verzögerungen der Mensch-Maschine-Systeme deutlich, die als Simulationsartefakte bezeichnet wurden und weitere Verbesserungen der Simulationsumgebungen anregten (Allen et al., 2011).

Heutige Simulationsumgebungen erzeugen dynamische Sichtfelder. Innerhalb dieser Simulationen können sowohl visuelle Hinweisreize als auch Bewegungsreize erzeugt werden, die der Versuchsperson die Wahrnehmung einer Bewegung ermöglichen. Visuelle Reize werden durch in Realzeit ablaufende Bilder der simulierten Szenarien auf verschiedenen Displayarten (z. B. curved Display, ein oder mehrere flache Bildschirme, head-mounted Displays; Kemeny & Panerei, 2003) wiedergegeben. Die Versuchspersonen sitzen in der Simulationsumgebung entweder in einer statischen (fixed-based) oder in einer beweglichen (motion-based) Sitzkiste (Castro, 2009). Sitzkisten mit einer Bewegungsplattform sollen physische Bewegungen abbilden und dadurch die Fidelity (definiert als der Grad der Realitätsnähe der Fahrsimulation, Caird & Horrey, 2011, S. 5-15) der Simulationsbedingung erhöhen (Dziuda et al., 2014). Bei der Verwendung von Bewegungsplattformen wird das Fahrzeug bzw. die Sitzkiste auf einem Hexapod, einer Plattform mit sechs elektromechanischen Stellvorrichtungen, welche Neigungen entsprechend realer Fahrzeugbewegungen ermöglichen, platziert. Die dadurch erzeugten Bewegungsreize beeinflussen die Steuerung des Fahrzeugs und die Geschwindigkeitskontrolle (Kemeny & Panerei, 2003).

Fahrsimulationen sind sowohl für die Forschung als auch für die Praxis von Bedeutung. Mit Hilfe von Fahrsimulationen kann das Verhalten von Fahrern in unterschiedlichen Verkehrsszenarien untersucht werden, um die zugrundeliegenden psychologischen Prozesse zu erklären. Dabei gibt es zahlreiche Indikatoren des Fahrverhaltens wie Geschwindigkeit als auch Genauigkeit und Angemessenheit der Fahrmanöver (Castro, 2009). Zudem können Fahrsimulationen zur Forschung über Verkehrssicherheit, Fahrzeugdesign, Effekte der begrenzten menschlichen Fähigkeiten auf den Fahrprozess sowie Quellen und Konsequenzen von Beeinträchtigungen des Fahrers genutzt werden (Caird & Horrey, 2011). Die Nutzung von Fahrsimulationen kann darüber hinaus die Interdisziplinarität von Forschung fördern (z. B. die Zusammenarbeit von Ingenieuren, Elektrotechnikern und Informatikern; Castro, 2009; Fisher, Caird, Rizzo & Lee, 2011).

In der Praxis können Simulatoren genutzt werden, um Fähigkeiten, die zum Fahren benötigt werden, zu lernen, zu trainieren und gegebenenfalls zu bewerten (Bertin et al., 2004; Castro, 2009). Des Weiteren kann die Effektivität von Fahrtrainings und der Fahrschulerziehung bewertet werden. Durch Fahrsimulationen kann zudem dem Bedarf einer Erneuerung der Fahrkenntnisse aufgedeckt werden (Caird & Horrey, 2011).

2.2 Vorteile

Nach Vollrath und Krems (2011) ist der größte Vorteil von Fahrsimulationen, verglichen mit anderen Formen der Datenerhebung der Verkehrspsychologie, dass simulierte Situationen entsprechend der Logik eines klassischen Experiments variiert werden können. Es wird zudem gewährleistet, dass der/die Versuchsleiter/in die vollständige Kontrolle über die Fahrsimulationsumgebung hat und dadurch Situationen generieren kann, die entsprechend der spezifischen Fragestellung angepasst werden können (Vollrath & Krems, 2011). Zudem können verschiedene konfundierende Variablen kontrolliert werden, wie zum Beispiel Wetter, Verkehr, Art und Häufigkeit unerwarteter Verkehrseignisse oder Tageszeit. Daraus ergibt sich ein weiterer Vorteil: Verkehrssituationen können für jede Versuchsperson repliziert werden (Caird & Horrey, 2011; Castro, 2009; Papelis & Ahmad, 2001). Somit sind die Ergebnisse von Versuchspersonen vergleichbar (De Winter, Van Leeuwen & Happee, 2012). Zudem kann eine Vielzahl von Variablen erfasst werden, wie z. B. Variablen, die mit dem kardiovaskulären System zusammenhängen oder auch die elektrodermale Aktivität. Die Analyse dieser Variablen kann unter anderem dabei helfen, Müdigkeit zu identifizieren oder den Workload von Fahraufgaben zu bestimmen (Dziuda et al., 2014).

Verglichen mit Untersuchungen in realen Verkehrsumwelten sind Simulationsumgebungen zeitökonomisch. Der/die Versuchsleiter/in hat die Möglichkeit, der Versuchsperson innerhalb einer kurzen Versuchszeit Verkehrssituationen zu präsentieren, welche präzise zur gestellten Forschungsfrage passen (Vollrath & Krems, 2011). Die Möglichkeit, durch flexible Konfigurationen eine Bandbreite verschiedener Forschungsfragen zu untersuchen, ist auch bei preisgünstigen Simulationsumgebungen gegeben, die nur eine geringe Fidelity aufweisen (Caird & Horrey, 2011). Laut Kemeny und Panerai (2003) entstehen durch Simulationsumgebungen zudem geringe technische Kosten.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Fahrer in Simulationsumgebungen Situationen ausgesetzt werden können, welche mit anderen Untersuchungsmethoden nicht abgebildet werden können, ohne das Risiko einzugehen, den Versuchspersonen zu schaden (z. B. unfallähnliche Situationen, Darstellung von Fahrten unter Drogen- und Alkoholeinfluss, extreme Wetterbedingungen, Müdigkeit; Caird & Horrey, 2011; Papelis & Ahmad, 2001). Untersuchungen in Fahrsimulationen sind demzufolge verglichen mit Untersuchungen in Realfahrzeugen sicher. Castro (2009) betont, dass

Simulationsumgebungen Risiken, die in der realen Fahrumwelt auftreten können, nicht beinhalten. Dennoch können Situationen in Fahrsimulationen ähnliche Emotionen hervorrufen wie reale Fahrsituationen (Caird & Horrey, 2011).

2.3 Kritiken

Neben den zahlreichen Vorteilen der Nutzung von Fahrsimulationen gegenüber anderen Erhebungsmethoden, sollten auch die Nachteile an dieser Stelle beleuchtet werden. Ein offensichtlicher Nachteil besteht darin, dass eine Fahrsimulationsumgebung nicht so realistisch ist wie eine reale Fahrumgebung. Zum einen ist die Bewegungsinformation je nach genutztem Simulator unvollständig, fehlend oder anders verfälscht, zum anderen ist die Sicht vereinfacht und monoton. Darüber hinaus verhalten sich andere Verkehrsteilnehmer weniger realistisch und reaktiv als in einer realen Verkehrssituation. Diese Unterschiede zur realen Verkehrsumwelt können das Verhalten und Erleben der Versuchspersonen in der Simulationsumgebung verändern (Castro, 2009; Vollrath & Krems, 2011).

Versuchspersonen sind sich zudem darüber bewusst, dass die Verkehrssituationen in der Fahrsimulationsumgebung keine realen Konsequenzen, wie beispielsweise das Übertreten von Verkehrsregeln oder einen Unfall, haben. Es ist daher möglich, dass Versuchspersonen diese Situationen nicht mit der gleichen Relevanz betrachten wie in realen Fahrumgebungen (Vollrath & Krems, 2011). Wenn Fahrer die Simulationsumgebungen nicht als authentisch ansehen, beeinflusst dies die Wahrnehmung der simulierten Fahrt (Caird & Horrey, 2011). Es ist daher nicht sicher, wie anwendbar die Ergebnisse aus Simulationsstudien auf reale Fahrumgebungen sind (Kemeny & Panerai, 2003). Hinsichtlich riskanter Fahrszenarien merkten andere Autoren an, dass Verkehrsunfälle in einer Simulationsumgebung zwar keine physischen Folgen für die Versuchspersonen haben, allerdings sei unklar, welche psychischen Folgen ein simulierter Verkehrsunfall haben kann (Caird & Horrey, 2011).

Eine weitere Limitation besteht in der Selbstselektion der Untersuchungsstichprobe. Laut Vollrath und Krems wurden bisher kaum Untersuchungen mit älteren, ängstlichen und weiblichen Versuchspersonen durchgeführt (S. 91). Somit sind die Ergebnisse nur für einen kleinen Teil der Population gültig (Vollrath & Krems, 2011).

Vollrath und Krems (2011) führen zudem noch einige Limitationen an, die generell für experimentelle Forschung relevant sind und auch in Fahrsimulationsumgebungen beachtet werden sollten. Zum einen ist es möglich, dass die Einflussgrößen, welche der/die Versuchsleiter/in als zentral für die jeweilige Untersuchung erachten, falsch oder unwichtig sind. Caird und Horrey (2011) ergänzten diesen Gedanken und merkten an, dass konfundierende Variablen aus der realen Umwelt auch beachtet werden sollten. Diese sind in der simulierten Umwelt nicht vollständig rekonstruierbar und können somit nicht erfasst werden. Daher ist es laut der Autoren auch nicht möglich, die Verbindung zwischen Verhalten in der realen Fahrumwelt und den Rückmeldungen, die aus dieser erhalten werden sind, in der Simulationsumgebung vollständig zu rekonstruieren (Caird & Horrey, 2011). Zum anderen wissen die Versuchspersonen, dass Erwartungen an die Ergebnisse einer Untersuchung gebunden sind, was das gezeigte Verhalten beeinflussen kann (Vollrath & Krems, 2011; soziale Erwünschtheit, siehe auch Döring & Bortz, 2016, S. 437).

Abgesehen von einigen forschungsmethodischen Kritikpunkten, wird auch die Verwendung verschieden kostenintensiver Simulationen kritisch gesehen. Zum einen wird argumentiert, dass high-end Simulatoren wie beispielsweise die National Advanced Driving Simulator der University of Iowa spezielle Hard- und Software benötigen, allerdings nur eine begrenzte Anzahl von Fragestellungen bearbeiten können. Im Gegensatz dazu können günstige Simulationen unpräzise und unflexibel sein und ebenfalls nicht für alle Zwecke genutzt werden (Caird & Horrey, 2011).

Ein weiterer Kritikpunkt an der Verwendung von Fahrsimulationsumgebungen ist das Auftreten von ungewollten, negativen Nebeneffekten. Einer dieser Nebeneffekte ist *Simulator Sickness* (Pausch, Crea & Conway, 1992; siehe Kapitel 3 dieser Arbeit). Diese Nebeneffekte können die Messreliabilität beeinflussen und dazu führen, dass sich die Leistung von Versuchspersonen während der Durchführung der Fahraufgabe verschlechtert, dass die Trainingseffektivität sinkt und dass Versuchspersonen die Aufgabe in der Simulationsumgebung nicht beenden können (Dziuda et al., 2014).

2.4 Forschungsmethoden innerhalb von Fahrsimulationen

Psychologische Forschung umfasst eine Vielzahl von Möglichkeiten der Datenerhebung: psychometrische Testverfahren, Fragebögen (Selbst- und Fremd-

bewertung), physiologische Messungen und Beobachtungen (eine detaillierte Darstellung ist z. B. bei Döring & Bortz (2016) in Kapitel 10 zu finden). In Fahrsimulationen können die verschiedenen Arten der psychologischen Datenerhebung verwendet werden, welche an dieser Stelle kurz dargestellt werden.

2.4.1 Psychometrische Tests

Generell lassen sich psychometrische Tests untergliedern in Leistungstests, Persönlichkeitstests und klinische Tests (Döring & Bortz, 2016). Für die vorliegende Arbeit sind vor allem erstere relevant und werden an dieser Stelle etwas näher beleuchtet. Leistungstests werden definiert als „vollstrukturierte psychologische Testverfahren, mit denen Leistungsmerkmale (Ausprägungen von Fähigkeiten und Fertigkeiten) gemessen werden. Diese Tests zeichnen sich dadurch aus, dass Testaufgaben zu bearbeiten sind, für die es objektiv richtige und falsche Lösungen gibt“ (Döring & Bortz, 2016, S. 453). Die Erfassung der Leistung kann z. B. über die Lösungsmenge (Anzahl richtiger Lösungen) oder über die Lösungsgüte (Qualität der Lösungen) erfolgen. Leistungstests können unterschieden werden in Speed-Tests, welche unter Zeitdruck durchgeführt werden, und Power-Test, bei welchen die Aufgabenschwierigkeit sukzessive gesteigert wird. Einige Tests kombinieren diese Elemente (Döring & Bortz, 2016). Diese Tests können zudem in verschiedene Testformen kategorisiert werden (allgemeine Leistungs-, Intelligenz-, Entwicklungs- und Schultests; Döring & Bortz, 2016). Von Bedeutung sind für die vorliegende Arbeit allerdings nur allgemeine Leistungstests. Diese erfassen vorrangig die Konstrukte Aufmerksamkeit und Konzentration, welche zentral für Kapitel 5 dieser Arbeit („Die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness“) sind.

Forschung in Fahrsimulationen bedient sich dieser Form psychometrischer Testverfahren oftmals anhand allgemeiner Leistungstests zur Erfassung von Reaktionszeiten (Castro, 2009). Die Reaktionszeitmessungen sollen dabei die Fahrleistung bewerten. Der Vorteil dieser Methoden ist, dass die Reaktion direkt erfolgt und es somit keine zeitliche Verzögerung zwischen dem Stimulus und der Reaktion der Versuchsperson auf diesen gibt. Eine Limitation dieser Methodik ist, dass die Reaktionsursache nicht genau ergründet werden kann. Der Fahrer kann auf verschiedene Reize inner- und außerhalb des Fahrzeugs reagieren (z. B. Geschwindigkeitsreduktion, Veränderung der visuellen Suchmuster; Castro, 2009). Untersuchungsschwerpunkte in

Simulationsumgebungen sind unter anderem die Erkennung von Schildern oder die Bearbeitung von sekundären Fahraufgaben (z. B. Telefonieren während der Fahrt). Es wurde beispielsweise untersucht, unter welchen Bedingungen Werbeschilder für Fahrer einfacher wahrnehmbar und wie leicht verständlich Verkehrsschilder für Verkehrsteilnehmer sind (Castro, 2009).

2.4.2 Selbstbewertung der Fahrer

Die Selbstbewertung eines Fahrers kann auf verschiedene Arten erfasst werden. Häufig werden vor allem Interviews und Fragebögen benutzt (Castro, 2009). Interviews sind definiert als „Erfassung von verbalen Äußerungen einer Befragungsperson (Einzelbefragung) oder mehrerer Befragungspersonen (Paar-, Gruppenbefragung) zu ausgewählten Aspekten ihres Wissens, Erlebens und Verhaltens in mündlicher Form“ (Döring & Bortz, 2016, S. 356) und werden nach dem Grad ihrer Strukturiertheit kategorisiert (unstrukturiert, teilstrukturiert, vollständig strukturiert; Döring & Bortz, 2016). Diese Methode ermöglicht den Zugang zum subjektiven Erleben einer Person in einer persönlichen Atmosphäre sowie die Erfassung von Informationen über komplexe Zusammenhänge. Die Bedeutsamkeit der über Interviews gewonnenen Daten wird eingeschränkt durch die Abhängigkeit der Interviewqualität von der Ausbildung des Interviewenden, der geringen Anonymität der Methode und der Verzerrungen, die durch Interviewer und die Interviewsituation entstehen können (Döring & Bortz, 2016).

Fragebögen werden ähnlich beschrieben, nämlich als „Erfassung von verbalen und numerischen Selbstausskünften von Befragungspersonen zu ausgewählten Aspekten ihres Erlebens und Verhaltens in schriftlicher Form“ (Döring & Bortz, 2016, S. 398). Diese Methode ist effizient, diskret, anonym und erfasst subjektives Erleben, welches nicht direkt beobachtbar ist. Nachteilig daran ist, dass die Beantwortung der Fragen von der Lese- und Schreibkompetenz der Versuchsperson abhängt und dass nur recht wenige Befragungsinhalte erfasst werden können (Döring & Bortz, 2016).

In der Fahrsimulationsforschung kann mithilfe dieser Methoden erörtert werden, wie Informationen aus der Fahrumwelt generiert werden. So können Fahrer beispielsweise verbal beschreiben, wie sie Informationen sammeln und wie sie anhand dieser ihre Fahrentscheidungen treffen. Auf eine besondere Schwierigkeit treffen die Erhebungsmethoden, wenn nach Erklärungen für Fahrprozesse gefragt wird, welche die

Versuchsperson automatisch vollführt. Dennoch bieten diese Methoden die Möglichkeit, Informationen zu sammeln, die anders schwierig zu erfassen sind (z. B. Meinungen, Gefühle, Fahrhäufigkeiten, häufig genutzte Fahrrouten; Castro, 2009).

2.4.3 Weitere Datenerhebungsmethoden

Neben den genannten Forschungsmethoden gibt es noch die Möglichkeit, Daten mittels *Eye-Tracking* oder *Beobachtungen* zu erfassen. *Eye-Tracking* ist eine beliebte Methode, um Informationen über visuelle Suchmuster während des Fahrens zu erhalten. Vorteilhaft an dieser Methode ist, dass die Versuchsperson keine zusätzlichen Fahraufgaben bewältigen muss und dass Augenbewegungen meist frei von Verzerrungen sind. Ein Nachteil ist, dass es keine weitergehenden Daten zur Informationsverarbeitung der visuell aufgenommenen Hinweisreize gibt. Mittels *Eye-Tracking* können zahlreiche Fragestellungen im Fahrkontext untersucht werden: welche Informationen die Aufmerksamkeit des Fahrers erwecken; wie lang der Blick auf bestimmte Stimuli fixiert ist; Effekte anderer Verkehrsteilnehmer, Straßen- sowie Verkehrszustände; Effekte von Werbeanzeigen; Informationssuchstrategien von Novizenfahrern oder Bewegungsmuster der Augen von Fahrern, die bereits in einen Unfall verwickelt waren verglichen mit anderen Fahrern (Castro, 2009).

Als letzte Erhebungsmethode werden an dieser Stelle *Beobachtungen* erwähnt. Diese werden als nichtinvasive, kostengünstige Art der Datenerhebung genutzt. Bestimmte Verhaltensweisen einer Versuchsperson werden dabei erfasst. Allerdings können durch diese Methodik keine Rückschlüsse auf die Gründe des Fahrverhaltens gezogen werden. Es kann beispielsweise nur beobachtet werden, dass eine bestimmte Versuchsperson öfter eine rote Ampel überfährt als andere Personen. Nicht beobachtbar ist, warum die Person dieses Fahrverhalten zeigt (Castro, 2009).

2.5 Schlussfolgerungen für Forschung und Praxis

Forschung in Fahrsimulationen bietet die Möglichkeit, Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge effizient und kontrolliert zu erfassen. Die immer realistischer werdenden Simulationsumgebungen führen zu einer Verbesserung der externalen Validität von Simulationsumgebungen und einer zunehmenden Relevanz dieser in verschiedenen Forschungsbereichen (Vollrath & Krems, 2011).

In der Praxis bieten Fahrsimulationen vor allem die Möglichkeit von Trainings, insbesondere für vulnerable Personengruppen wie beispielsweise Novizenfahrer (Chan, Pradhan, Pollatsek, Knodler & Fisher, 2010), ältere Verkehrsteilnehmer (Roenker, Cissell, Ball, Wadley & Edwards, 2003) oder Personen, die sich in einer neurologischen Rehabilitation befinden (Wolbers, Küst, Karbe, Netz & Hömberg, 2011). Zudem bieten Fahrsimulationen die Möglichkeit einer Konfrontationstherapie für Personen mit Amaxophobie (Wald & Taylor, 2000). In Simulationsumgebungen sollen die Anforderungen des Straßenverkehrs abgebildet werden, ohne die Personen realen Gefahrensituationen auszusetzen (Wolbers et al., 2001).

3 Simulator Sickness

Das Konstrukt Simulator Sickness leitet sich von Motion Sickness ab (Kennedy et al., 1993). Der Begriff Motion Sickness wurde im 19. Jahrhundert zur Erklärung von Seekrankheiten (daher oft auch als *sea sickness* bezeichnet) eingeführt und als umfassende Bezeichnung für Symptome, die in Bewegungssituationen auftreten können, verwendet. Durch die voranschreitende Digitalisierung und dem damit verbundenen Einsatz von Simulatoren wurde auch der Begriff Motion Sickness auf diese Kontexte spezifiziert. 1957 erwähnten Havron und Butler erstmals, dass bei Untersuchungen in Helikoptersimulationen eine spezifische Form der Motion Sickness auftrat (Neukum & Grattenthaler, 2006).

Der Unterschied zwischen den Begriffen Motion Sickness und Simulator Sickness ist in den Unterschieden der sensorischen Ursachen der Symptome zu begründen. Motion Sickness bezieht sich „auf eine Bewegungsexposition oder auf Aspekte einer sich bewegendem Umwelt“ (Neukum & Grattenthaler, 2006, S. 5) und entsteht durch reale Bewegungen, die Störungen des Vestibulärapparates mit sich bringen. Simulator Sickness hingegen setzt nicht unbedingt eine physikalische Bewegung voraus, da in Simulationen Informationen hauptsächlich über das visuelle und seltener über das vestibuläre System aufgenommen werden (Neukum & Grattenthaler, 2006). Neuere Simulationstechniken verbinden häufig vestibuläre und visuelle Reize, wodurch es zu einer Vermischung von Motion Sickness und Simulator Sickness kommt (siehe dazu auch *Kapitel 2.1*; Kennedy et al., 2003). Eine differenziertere Betrachtung ist bei Johnson (2005) zu finden und soll nicht Gegenstand dieser Arbeit sein, da alle Untersuchungen in einer Simulationsumgebung mit einem feststehenden Fahrsimulator stattgefunden haben. Somit ist Simulator Sickness und nicht Motion Sickness als relevantes Konstrukt identifiziert.

Ziel dieses Kapitels ist es, einen Überblick über Simulator Sickness zu geben. Zu diesem Zweck wird in Kapitel 3.1 zunächst die entsprechende *Symptomatik* beschrieben, in Kapitel 3.2 werden die für diese Arbeit relevanten *Theorien zur Entstehung von Simulator Sickness* umrissen, in Kapitel 3.3 werden typische *Erhebungsmethoden* benannt und in Kapitel 3.4 werden *Faktoren* auf verschiedenen Ebenen beschrieben, die das Erleben von Simulator Sickness beeinflussen (Charakteristiken der Simulationsumgebung, Charakteristiken der Fahraufgabe und Human Factors).

3.1 Symptomatik

Die Simulator Sickness Symptomatik ist stark angelehnt an die Symptome der Motion Sickness. Sie entsprechen diesen Symptomen allerdings nicht vollständig, da die Symptome aufgrund ihrer verschiedenen sensorischen Ursachen nicht ohne weiteres auf den Simulationskontext übertragen werden konnten (Kennedy et al., 1993; eine ausführlichere Darstellung der Ableitung von Simulator Sickness aus Motion Sickness ist in *Kapitel 3.3.2* nachzulesen).

Simulator Sickness ist polysymptomatisch (Neukum & Grattenthaler, 2006) und wird meist in drei Symptomgruppen untergliedert und beschrieben: Übelkeit, Okulomotorik und Desorientierung. Die einzelnen Symptomgruppen sind dabei nicht disjunkt, sodass einige der Symptome zwei Subgruppen beschreiben (Kennedy et al., 1993). Laut der Autoren gibt es insgesamt 16 Symptome: allgemeines Unwohlsein, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Überanstrengung der Augen, Probleme scharf zu sehen, erhöhter Speichelfluss, Schwitzen, Übelkeit, Konzentrationsschwierigkeiten, Kopfdruck, verschwommenes Sehen, Schwindel bei offenen Augen, Schwindel bei geschlossenen Augen, Gleichgewichtsstörung, Bemerkbarkeit des Magens und Aufstoßen (Kennedy et al., 1993).

Untersuchungen ergaben unterschiedliche Häufigkeiten der einzelnen Simulator Sickness Symptome. So sind besonders häufig auftretende Anzeichen für Simulator Sickness Blässe, Schwitzen oder erhöhter Speichelfluss (Neukum & Grattenthaler, 2006). Kennedy, Fowlkes und Hettinger (1989) berichteten Benommenheit (bei 26 % aller Versuchspersonen), angestrenzte Augen (bei 25 % der Versuchsteilnehmer) und Übelkeit (10 % der untersuchten Personen) als die am häufigsten aufgetretenen Symptome. Erbrechen und Würgen hingegen waren sehr selten zu verzeichnen (0.2 % aller Versuchsteilnehmer). Kennedy, Hettinger und Lilienthal (1990) konnten als häufigste Symptome Übelkeit, allgemeines Unwohlsein, Apathie und Kopfschmerzen aufzeigen. Eine weitere Untersuchung (Stanney, Kingdon & Kennedy, 2002) ergab, dass 79 % der Probanden okulomotorische Störungen zeigten. 71 % gaben an, Übelkeit zu empfinden und bei 1.1 % der untersuchten Personen kam es zum Erbrechen (Stanney et al., 2002). Erbrechen und Würgen sind bei Simulationsuntersuchungen generell recht selten (Neukum & Grattenthaler, 2006). Die am stärksten in einer Fahrsimulation auftretenden Symptome sind der Symptomgruppe Desorientierung zuzuordnen (Drexler, Kennedy & Compton, 2004).

Neben den beschriebenen akut auftretenden Symptomen gibt es auch Evidenzen, dass Symptomatiken erst einige Zeit nach der Exposition auftreten bzw. über einen längeren Zeitraum nach der Simulationserfahrung anhalten. Stanney et al. (2002) konnten noch 24 Stunden nach der Simulationsexposition Symptome aller Simulator Sickness Symptomgruppen nachweisen. Eine weitere Untersuchung widmete sich nicht explizit der Frage nach der Dauer der Symptome, konnte aber zeigen, dass bei einigen Probanden Simulator Sickness zwei Stunden nach der Simulationserfahrung noch immer stärker als geprägt war als vor der Untersuchung (Hoffman, Molino & Inman, 2003). Neukum und Grattenthaler (2006) untersuchten die anhaltende Wirkung der einzelnen Simulator Sickness Symptome und fanden heraus, dass allgemeines Unwohlsein, welches sie als eines der am häufigsten auftretenden Symptome identifizieren konnten, bis durchschnittlich 2.72 Stunden ($SD = 1.90$) nach der Simulationsexposition andauerte. Übelkeit trat bis zu 2.75 Stunden ($SD = 2.02$) nach der Simulationserfahrung auf (Neukum & Grattenthaler, 2006).

3.2 Theoretische Hintergründe

An dieser Stelle werden zentrale Theorien zur Entstehung von Simulator Sickness vorgestellt: Die sensorische Konflikttheorie und die Poison-Theorie. Keine der Theorien kann Simulator Sickness vollständig erklären, dennoch bieten beide Theorien fundierte Erklärungsansätze (Neukum & Grattenthaler, 2006), welche im Folgenden näher erläutert werden.

3.2.1 Sensorische Konflikttheorie

Die am weitesten verbreitete Theorie zur Erklärung von Simulator Sickness ist die sensorische Konflikttheorie (engl. *Sensory Conflict Theory* oder *Cue Conflict Theory*) nach Reason und Brand (1975). Laut dieser Theorie erleben nur Personen mit einem intakten vestibulären System Simulator Sickness. Die zugrundeliegende Annahme hierbei ist, dass die Orientierung im dreidimensionalen Raum durch sensorische Inputs an das zentrale Nervensystem übertragen wird. Simulator Sickness entsteht dann, wenn die Erwartungen des sensorischen Systems, die auf früheren Erfahrungen basieren, nicht mit dem übereinstimmen, was das sensorische System in der Simulationsumgebung aufnimmt. Durch die Diskrepanz zwischen Erwartung und Simulationsrealität entsteht

ein interner Konflikt, der durch das sensorische System nicht gelöst werden kann, wodurch Simulator Sickness ausgelöst wird. Beispielsweise fehlen bei einem feststehenden Fahrsimulator vestibuläre Reize, welche Beschleunigungen beim Fahren indizieren könnten und welche die Person durch ihre Erfahrung im Realfahrzeug erwartet. Da in Simulationsumgebungen dieser Art ausschließlich visuelle Reize zur Bewegungsindikation vorhanden sind, entsteht ein sensorischer Konflikt zwischen den vorhandenen visuellen Informationen und den fehlenden vestibulären Reizen, welche zusätzlich eine Fahrbewegung vermitteln könnten (Neukum & Grattenthaler, 2006; Stoner et al., 2011). Dieses Missverhältnis kann durch den Körper nicht gelöst werden und führt in Folge dessen zu Simulator Sickness (Duh, Parker, Philips & Furness, 2004). Der Theorie zufolge erleben Personen, die regelmäßige Erfahrung mit Realfahrzeugen haben, Simulator Sickness Symptome stärker als Personen, die diese Erfahrungen nicht so häufig haben (siehe dazu auch *Kapitel 3.4.3*; Stoner, Fisher & Mollenhauer Jr., 2011).

In Fahrsimulatoren mit einer Bewegungsplattform entsteht Simulator Sickness dieser Theorie zufolge, wenn zwar sowohl visuelle als auch vestibuläre Informationen wahrgenommen werden, aber mindestens eine Informationsquelle verglichen mit der realen, zu erwartenden Information verzögert abläuft (Stoner et al., 2011). Prinzipiell unterscheidet diese Theorie zwischen zwei Arten sensorischer Konflikte: intermodale und intramodale. Als intermodal werden Konflikte bezeichnet, die bei der Verarbeitung von Informationen aus zwei verschiedenen sensorischen Quellen entstehen, wohingegen intramodale Konflikte zwischen den Hinweisreizen entstehen, die vom semizirkulären Kanal (Rezeptoren der Dreh- und Querschleunigung im Ohr) und denen, die von den Otolithen (Rezeptoren der linearen Beschleunigung im Ohr) innerhalb des vestibulären Apparats gegeben werden. Dabei kann zwischen drei Ursachen des sensorischen Konflikts unterschieden werden: 1. die sensorischen Informationen werden über zwei Systeme aufgenommen, aber geben widersprüchliche Informationen weiter, 2. die sensorischen Informationen sind von System A abrufbar, nicht aber von System B, und 3. die sensorischen Informationen sind von System B abrufbar, nicht aber von System A (Stoner et al., 2011).

Trotz einiger Erklärungsansätze kann diese Theorie Simulator Sickness nicht vollständig erklären. Auf Basis dieser Theorie ist keine Vorhersage über das Auftreten und die Schwere der Symptome möglich. Darüber hinaus erklärt sie nicht, warum Simulator Sickness verstärkt bei der ersten Exposition in einer Simulationsumgebung

auftritt und bei weiteren Expositionen meist in abgeschwächter Form. Des Weiteren kann die Theorie nicht erklären, warum vorrangig Symptome der Skala Übelkeit auftreten (Mollenhauer, 2004). Künftige Forschung bezüglich der theoretischen Erklärung von Simulator Sickness sollte sich der multisensorischen Integration der Wahrnehmung der Mobilität in der Fahrsimulation widmen (Kemeny & Panerai, 2003).

Trotz dieser Schwächen ist die sensorische Konflikttheorie die an weitesten verbreitete und akzeptierte Theorie zur Erklärung von Simulator Sickness. Experimentelle Daten stützen diese Theorie (Mollenhauer, 2004). In Untersuchungen mit wenig vestibulärem Input (z. B. ohne scharfe Kurven) und mit geringem Input für das visuelle System (z. B. Szenarien mit einer angemessenen Distanz zu Objekten am Straßenrand) werden weniger Simulator Sickness Symptome erlebt (Stoner et al., 2011).

3.2.2 Poison-Theorie

Die Poison-Theorie versucht die Entstehung von Simulator Sickness aus einer evolutionären Perspektive zu erklären. Dieser Perspektive zufolge reagiert der Körper auf Intoxikation mit Erbrechen, um den möglicherweise gefährlichen Mageninhalt abzustößen. Innerhalb dieser Theorie wird hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness davon ausgegangen, dass die Artefakte der sensorischen Stimulation, wie geringe visuelle Auflösung, falsche Bewegungsindikation, verschwommene Sicht, temporäre Instabilität oder Mangel sensorischer Koordination, ähnlich den Symptomen sind, die ein Körper bei Intoxikation erlebt. Folglich reagiert der Körper bei einer Simulationsexposition als wäre er vergiftet und leitet entsprechende Reaktionen ein (Stoner et al., 2011).

Die Kritik an dieser Theorie bezieht sich darauf, dass nicht vorhersehbar ist, wann eine Übelkeitsreaktion einsetzt. Somit kann dieser theoretischen Rahmen keine Empfehlungen zu Minderung von Simulator Sickness geben. Darüber hinaus gibt es keine Erklärungen für die interindividuellen Unterschiede im Erleben. Aus diesen Gründen wird die Poison-Theorie oft nur als Zusatz zur sensorischen Konflikttheorie herangezogen, um Übelkeitssymptome zu erklären (Stoner et al., 2011).

3.3 Verfahren zur Erfassung von Simulator Sickness

Die Erfassung von Simulator Sickness weist einige Schwierigkeiten auf: Zum einen ist Simulator Sickness polysymptomatisch und erfasst multiple Anzeichen. Zum anderen sind nicht alle dieser Symptome direkt beobachtbar, sondern unterliegen der subjektiven Wahrnehmung der Versuchspersonen. Darüber hinaus sind die interindividuellen Unterschiede in Symptomatik, in Symptomkonstellation sowie im Zeitpunkt des Auftretens groß (McCauley & Sharkey, 1992).

Die Verfahren zur Messung von Simulator Sickness unterscheiden sich nach Messmethodik. An dieser Stelle werden physiologische Verfahren und Fragenbogenverfahren erläutert. Physiologische Verfahren werden vergleichsweise selten genutzt, sodass sie an dieser Stelle nur kurz umrissen werden. Der Hauptfokus dieses Unterkapitels wird auf der Beschreibung des Simulator Sickness Questionnaires (SSQ; Kennedy et al., 1993) liegen, welches als das zentrale Verfahren zur Messung von Simulator Sickness gilt (Kennedy et al., 2003; Neukum & Grattenthaler, 2006).

3.3.1 Physiologische Verfahren

Physiologische Messungen werden eher selten zur Erfassung von Simulator Sickness genutzt, da bislang keine klare Beziehung zwischen den beiden Konstrukten nachgewiesen werden konnte (Stoner et al., 2011). Dennoch sollten sie kurz Erwähnung finden, da sie auf ein nicht ausreichend erforschtes Forschungsfeld hinweisen. An dieser Stelle werden exemplarisch zwei Studien beschrieben, in welchen versucht wurde, Simulator Sickness mittels physiologischer Verfahren zu messen. Bertin et al. (2004) erhoben in ihrer Simulationsstudie neben dem Motion Sickness Questionnaire auch elektrodermale Aktivität, Hautwiderstand, Hauttemperatur sowie Herzfrequenz. Die Autoren stellten heraus, dass Hautwiderstand, Hauttemperatur und Herzfrequenz mit stärkerem Erleben von Motion Sickness abnahmen (signifikant negativer Zusammenhang). Für elektrodermale Aktivität konnte keine signifikante Beziehung zum Motion Sickness Questionnaire gefunden werden (Bertin et al., 2004). Die Ergebnisse können nicht vollständig auf die Beziehung zwischen Simulator Sickness und physiologischen Reaktionen übertragen werden, sie geben allerdings einen Hinweis auf die Beziehung, da sich wie in Kapitel 3.3.2 beschrieben, die Simulator Sickness

Questionnaire Subskalen aus dem Motion Sickness Questionnaire entwickelt haben (Kennedy et al., 1993).

Min, Chung, Min und Sakamoto (2004) erfassten in einer Fahrsimulationsaufgabe Elektroenzephalographie (EEG), Elektrokardiographie (EKG), Hauttemperatur und elektrodermale Aktivität (EDA) der Versuchspersonen. Im Anschluss erhoben sie Simulator Sickness mittels des Simulator Sickness Questionnaires. Die Autoren fanden signifikant negative Korrelationen zwischen den Messungen des EEGs und Simulator Sickness, was die Ergebnisse von Bertin et al. (2004) stützt. Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Simulator Sickness und den EKG-, Hauttemperatur- und EDA-Messungen gefunden werden (Min et al., 2004).

Anhand dieser beiden Studien wird das von Stoner et al. (2011) genannte Problem deutlich: Die Ergebnislage für physiologische Reaktionen ist nicht eindeutig. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass es generell schwierig ist, aus physiologischen Messungen aussagekräftige Befunde zu ermitteln. Die Ergebnisse können durch Interferenzen oder Artefakte verfälscht werden. Zudem hängen Validität und Reliabilität der Datenerhebung und -auswertung von der Expertise der Anwender der physiologischen Messgeräte ab (Döring & Bortz, 2016).

3.3.2 Fragebogenverfahren – Der Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)

Zur Erfassung von Simulator Sickness hat sich in der Forschung der Simulator Sickness Questionnaire als Selbstberichtsverfahren etabliert (Kennedy et al., 2003; Neukum & Grattenthaler, 2006; weitere Selbstberichtsverfahren sind unter anderem der Simulator Adaptation Questionnaire (SAQ; Rizzo et al., 2003), das Graybiel Classification System (Kennedy et al., 2003) und die Simulator Sickness Visual Analogue Scale (SS-VAS; Treleaven et al., 2015)). Rebenitsch (2015) geht davon aus, dass in 75 % aller Studien in Simulationskontexten der Simulator Sickness Questionnaire zur Erfassung des Konstrukts verwendet wird. Basis für den Simulator Sickness Questionnaire ist der Motion Sickness Questionnaire (MSQ), der 1965 von Kellogg, Kennedy und Graybiel entwickelt wurde. Die mit dem MSQ erfassten Symptome wurden vor allem zur Messung in bewegungsstarken Umgebungen (z. B. Seefahrt, Luftfahrt) genutzt. Sie konnten nicht vollständig auf den Simulationskontext übertragen werden, da

innerhalb dieses Kontextes nur kleiner Anteil der untersuchten Population Symptome erlebte und diese weniger stark ausgeprägt waren (Kennedy et al., 1993).

Zur Konstruktion des Simulator Sickness Questionnaires reduzierten die Originalautoren zunächst die Länge des Motion Sickness Questionnaires durch den Ausschluss von Items, die in der Eichstichprobe zu weniger als einem Prozent auftraten (z. B. Erbrechen), die sich in Schwere und Prävalenz nicht veränderten und die sich als irrelevant für den Simulationskontext herausstellten (z. B. Langeweile). Insgesamt blieben 16 der 28 Items des Motion Sickness Questionnaires erhalten. Zur näheren Analyse der Symptomgruppen wurde eine explorative Faktorenanalyse mit Hauptachsenanalyse und Varimaxrotation durchgeführt, welche in drei Faktoren resultierte: Übelkeit (engl. *nausea*), Okulomotorik (engl. *oculomotor*) und Desorientierung (engl. *disorientation*). Auf jeder dieser Faktoren laden 7 Items. Die Ergebnisse der Ladungsmatrix sind in Tabelle 1 (sortiert nach der Reihenfolge der Items im Fragebogen) und die aus der Faktorenanalyse extrahierten Skalen sowie die zugehörigen Items sind in Tabelle 2 abgebildet. Die Skalen sind nicht disjunkt. Das bedeutet, dass einige der Items als Ergebnis der Faktorenanalyse auf mehr als einer Skala mit einer Ladung von $\geq .30$ laden (Kennedy et al., 1993).

Tabelle 1

Ladungsmatrix der Faktorenanalyse von Kennedy et al. (1993, S. 208)

Symptom	Übelkeit	Okulomotorik	Desorientierung
Allgemeines Unwohlsein	.65	.40	.18
Müdigkeit	.15	.54	-.04
Kopfschmerzen	.22	.53	.15
Überanstrengung der Augen	.00	.74	.17
Probleme scharf zu sehen	-.01	.61	.43
Erhöhter Speichelfluss	.53	.21	.13
Schwitzen	.31	.24	.08
Übelkeit	.75	.08	.30
Konzentrationsschwierigkeiten	.32	.39	.27
Kopfdruck	.12	.17	.37
Verschwommenes Sehen	.01	.36	.40
Schwindel (Augen auf)	.17	.07	.76
Schwindel (Augen zu)	.17	.09	.65
Gleichgewichtstörung	.18	.08	.37
Magen macht sich bemerkbar	.64	.03	.21
Aufstoßen	.41	.04	.22

Anmerkung. Ladungen > .30 wurden fett markiert. Sortierung entsprechend der Originalautoren.

Jede Subskala besteht aus sieben Items, welche auf einer vierstufigen Likertskala von 0 – „gar nicht“ bis 3 – „stark“ beantwortet werden. Zur Berechnung der jeweiligen Skalenwerte werden die Itemwerte zunächst aufsummiert und anschließend jeweils mit einem Gewichtungsfaktor multipliziert (Kennedy et al., 1993). Die Gewichtungen auf Basis der Eichstichprobe wurden so bestimmt, dass sowohl die Subskalen als auch die Gesamtskala eine Standardabweichung von 15 Skalenpunkten haben und die Streuungen vergleichbar sind. Die Gewichtungsfaktoren sind in Tabelle 2 unter Skalenbildung zu entnehmen. Durch die unterschiedlichen Gewichtungen der Subskalen ergeben sich auch unterschiedliche Skalenranges der drei Subskalen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2

Übersicht über die Subskalen des Simulator Sickness Questionnaires (SSQ)

	Übelkeit (N)	Okulomotorik (O)	Desorientierung (D)
Items	- Allgemeines Unwohlsein - Schwitzen - Erhöhter Speichelfluss - Übelkeit - Konzentrations-schwierigkeiten - Magen macht sich bemerkbar - Aufstoßen	- Allgemeines Unwohlsein - Müdigkeit - Kopfschmerzen - Überanstrengung der Augen - Konzentrations-schwierigkeiten - Probleme scharf zu sehen - Verschwommenes Sehen	- Gleichgewichts-störung -Schwindel (Augen auf) - Schwindel (Augen zu) - Übelkeit - Kopfdruck - Probleme scharf zu sehen - Verschwommenes Sehen
Skalen-bildung	$N = \sum_{\text{Itemscores}} * 9.54$	$O = \sum_{\text{Itemscores}} * 7.58$	$D = \sum_{\text{Itemscores}} * 13.92$
Range der Skala	0 – 200.34	0 – 159.18	0 – 292.32

Zur Bildung der nicht-disjunkten Gesamtskala (engl.: *total score*, TS) des Simulator Sickness Questionnaires werden die Summenscores der Subskalen aufaddiert (somit 21 Items) und mit dem Faktor 3.74 multipliziert (wodurch sich ein Range der Gesamtskala von 0 bis 235.62 ergibt): $TS = (\sum_{\text{Itemscore}_N} + \sum_{\text{Itemscore}_O} + \sum_{\text{Itemscore}_D}) * 3.74$.

Bezüglich der Anwendung sollten die Skalenwerte nur mit Postexpositionsdaten berechnet werden, da die Bildung der Differenz zwischen Prä- und Postmessung oftmals mit niedrigen Reliabilitätswerten einhergeht. Die Berechnung der Gesamtskala dient der globalen Einschätzung des Erlebens von Simulator Sickness (Kennedy et al., 1993).

Die Betrachtung der Werte der Subskalen kann auch auf Defizite verschiedener technischer Teilsysteme hinweisen: Hohe Werte auf der Subskala Übelkeit weisen auf Probleme bezüglich der Bewegungsplattform oder auf Bewegungsverzögerungen hin. Auf problematische Eigenschaften des Sichtsystems (Field of View, Distanz zum Bildschirm oder Verzögerungen im Bild) deuten hohe Okulomotorikwerte hin. Hohe

Werte im Bereich Desorientierung können als Hinweis auf einen zu hohen Anteil vertikaler Inhalte in der Simulation gewertet werden (Drexler et al., 2004), welche unter anderem durch Rotationsbewegungen induziert werden. Desorientierung kann darüber hinaus auch entstehen, wenn die Person visuelle Hinweisreize auf einer Bewegung erhält, dabei aber ohne motorische Reize im Simulator sitzt (Kennedy et al., 2003).

Kritisch an der Verwendung des SSQs ist, dass die Gewichtung der Subskalen auf Grundlage von Flugsimulationsstudien erstellt wurde. Es wurde bislang nicht untersucht, ob diese Gewichtungen auf andere Simulationskontexte übertragbar sind. Kritisch ist dies aus mehreren Gründen zu sehen: Zum einen handelt es sich bei der Eichstichprobe des Simulator Sickness Questionnaires um Piloten, welche eine homogene Stichprobe abbilden (Neukum & Grattenthaler, 2006). Allerdings werden Systeme, in denen Simulator Sickness auftreten kann, eher von Studierenden getestet (Kennedy et al., 2003). Innerhalb einer Simulationsumgebung ist zudem davon auszugehen, dass Selektions- und Trainingseffekte zum Tragen kommen: Personen mit einer hohen Anfälligkeit für Motion Sickness (als Indikator für Simulator Sickness) werden nicht den Beruf des Piloten ergreifen (Selektionseffekt). Darüber hinaus gehören Simulationsexpositionen zur Pilotenausbildung und es setzen Gewöhnungseffekte ein, die das Erleben von Simulator Sickness reduzieren können (Trainingseffekt). Zum anderen unterscheiden sich die Erfahrungen der Flug- von denen einer Fahrsimulation z. B. hinsichtlich der Wahrnehmung der Eigenbewegung (Neukum & Grattenthaler, 2006). Auch die Expositionsdauer unterscheidet sich: Flugsimulationen dauern oftmals mindestens eine Stunde und können bis zu vier Stunden dauern, Fahrsimulationen hingegen sind meist deutlich kürzer als eine Stunde (Kennedy et al., 2003).

Trotz dieser Limitationen merkten Kennedy et al. (2003) an, dass der Simulator Sickness Questionnaire eine gute prädiktive Validität aufweist und reliabler ist als objektive Verfahren, wie z.B. die Erfassung physiologischer Daten, ist.

3.4 Einflussfaktoren

Die Anfälligkeit für Simulator Sickness ist schwer einzuschätzen, da das Erleben von Simulator Sickness durch unterschiedliche individuelle und technologische Faktoren beeinflusst wird (Neukum & Grattenthaler, 2006), deren Vielfältigkeit die Abschätzung des Erlebens von Simulator Sickness erschweren (Jinjakam & Hamamoto, 2013). Im

Folgenden werden Charakteristiken der Simulationsumgebung und der Fahraufgabe sowie Human Factors als Einflussfaktoren beschrieben. Die Differenzierung wurde von Kolasinski (1995) vorgeschlagen. Der Fokus liegt an dieser Stelle auf den Human Factors, welche Grundlage für die Forschungsfrage dieser Arbeit sind. Um einen Überblick über die Einflussfaktoren von Simulator Sickness zu erarbeiten, werden zunächst *Charakteristiken der Simulations-umgebung* (Kapitel 3.4.1) und der *Fahraufgabe* (Kapitel 3.4.2) skizziert. Anschließend werden *Human Factors* erläutert, welche mit dem Erleben von Simulator Sickness verbunden sind (Kapitel 3.4.3).

3.4.1 Charakteristiken der Simulationsumgebung

Technische Eigenschaften der Simulationsumgebung können das Erleben von Simulator Sickness beeinflussen (z. B. Sichtfeld, Flimmern, Verzögerungen in der Darstellung, Bewegungsplattformen), vor allem wegen ihres Einflusses auf visuelle und Bewegungswahrnehmungen (Neukum & Grattenthaler, 2006). Einfluss auf das Erleben von Simulator Sickness hat unter anderem das Sichtfeld (engl. *field of view*), welches durch die horizontalen und vertikalen Winkelmaße der Projektionsfläche definiert ist (Pausch et al., 1992). Dies kann je nach Fahraufgabe variieren. Beim Befahren einer geraden Straße reicht ein kleines Sichtfeld, um Formen wahrzunehmen und die Orientierung zu behalten, beim Befahren von Kreuzungen hingegen werden mehr Informationen aus dem linken und dem rechten Blickfeld benötigt, um nach anderen Verkehrsteilnehmern Ausschau zu halten. Innerhalb dieser Aufgabe erweist sich ein 180° Sichtfeld als ideal (Stoner et al., 2011). Weite Sichtfelder erzeugen allerdings ein stärkeres Gefühl von Eigenbewegungen und begünstigen somit das Erleben von Simulator Sickness Symptomen (DiZio & Lackner, 2000; Ijsselsteijn, Ridder, Freeman, Avons & Bouwhuis, 2001; Kennedy, Lilienthal et al., 1989; Lawson, Graeber, Mead & Muth, 2002). Pausch et al. (1992) gehen davon aus, dass die Beziehung zwischen der Größe des Sichtfelds und dem Erleben von Simulator Sickness von der entsprechenden Aufgabe abhängt. In Fahrsimulationsumgebungen werden meist große Projektionsflächen mit weitem Sichtfeld genutzt, da für eine Vielzahl an Fahrmanövern ein großes Sichtfeld unverzichtbar ist (z. B. Überqueren von Kreuzungen, Fahrten über Landstraßen, die mit dem Absuchen nach Gefahren und engen Kurven einhergeht; Mollenhauer, 2004). Sharples, Cobb, Moody und Wilson (2008) erfassten Simulator Sickness in vier unterschiedlichen VR Displaybedingungen jeweils vor und nach der

Simulationsexposition: Desktop (kleines Field of View), Head-mounted Display (HMD), Projektionsfläche und Reality Theatre (jeweils große Field of Views). Es zeigte sich, dass Übelkeit in der Bedingung HMD nach der Simulationsexposition signifikant stärker ausgeprägt war als vor der Exposition, nicht aber in den anderen Untersuchungsbedingungen. Desorientierung trat in allen Versuchsbedingungen nach der Exposition auf, Okulomotorik in allen außer dem Reality Theatre. Anhand der Ergebnisse konnten keine eindeutigen Schlüsse bezüglich der Wirkung des Sichtfelds auf das Erleben von Simulator Sickness gezogen werden (Sharples et al., 2008). Stoner et al. (2011) merkten bezüglich des Einflusses des Field of Views an, dass es keine Untersuchungen gibt, welche die Beziehung zwischen ansteigendem Sichtfeld und damit verbundener steigender Simulator Sickness quantifizieren.

Ein weites Sichtfeld erhöht allerdings die Wahrscheinlichkeit, dass *Flimmern* wahrgenommen wird, was wiederum die Wahrscheinlichkeit für Simulator Sickness erhöht (Maxwell, 1992). Flimmern wird als ablenkend erlebt, kann Augenprobleme verursachen (Kolasinski, 1995; Pausch et al., 1992) und wird unter anderem durch die *Wiederholungsrate* beeinflusst. Als Wiederholungsrate (engl. *refresh rate*) bezeichnet man die „Frequenz, mit der der Elektronenstrom der Bildröhre die Phosphor-Pixel immer wieder zum Aufleuchten bringt“ (Neukum & Grattenthaler, 2006, S. 23). Bei langsamen Wiederholungsraten kann Flimmern entstehen (Pausch et al., 1992). Die Wiederholungsrate beeinflusst gemeinsam mit anderen Faktoren das Erleben von Simulator Sickness: Zum einen wirkt sie gemeinsam mit der Bildschirmhelligkeit auf die Flimmerverschmelzungsfrequenz, welche die Reizschwelle bezeichnet, ab welcher ein Individuum das Flimmern eines Bildschirms wahrnimmt (Grandjean, 1988). Je dunkler eine Simulationsumgebung, umso stärker muss die Geschwindigkeit der Wiederholungsrate zunehmen, um Simulator Sickness zu vermeiden. In helleren Umgebungen sind die Pupillen der Versuchspersonen verkleinert, sodass die Wahrnehmung der Unterschiede im Aufleuchten der Bildschirmhelligkeit und somit auch die Wahrscheinlichkeit, Flickern wahrzunehmen reduziert ist (Farrell, Casson, Haynie & Benson, 1988). Mollenhauer (2004) geht davon aus, dass in Simulationsumgebungen mit einer normalen Helligkeit die Wiederholungsrate nicht ursächlich für das Erleben von Simulator Sickness ist, sofern die Wiederholungsrate konstant und nicht zu langsam ist. Zum anderen wirkt die Wiederholungsrate auch gemeinsam mit dem Sichtfeld. Auf großen Bildschirmen haben Versuchspersonen ein weiteres Sichtfeld als auf kleinen Bildschirmen und können so Flimmern leichter wahrnehmen. Um Flimmern und somit

das Erleben von Simulator Sickness zu vermeiden, sind bei großen Bildschirmen erhöhte Wiederholungsraten zu empfehlen (Pausch et al., 1992).

Simulator Sickness Symptome werden ebenfalls durch *Verzögerungen* begünstigt, die entstehen, wenn eine Versuchsperson eine Eingabe in der Simulation macht (z. B. Lenken oder Bremsen) und die Reaktion der Simulationsumgebung auf diese Handlung nicht unmittelbar erfolgt. Die Veränderungen im Sicht- und Bewegungsfeld des Simulators sind oft zeitverzögert nach der Eingabe der Versuchsteilnehmer (Pausch et al., 1992), was zu einem Konflikt zwischen den visuellen und vestibulären Sinnesinformationen führen kann. Dies kann entsprechend der sensorischen Konflikttheorie (siehe Kapitel 3.2.1) zu Simulator Sickness führen (Neukum & Grattenthaler, 2006).

Im Zusammenhang mit simulatorbedingten Charakteristiken, die Simulator Sickness beeinflussen, wird zudem oftmals die Bedeutung der *Bewegungsplattform* (siehe Kapitel 2.1) hervorgehoben (Curry et al., 2002; McCauley & Sharkey, 1992). Simulatoren ohne Bewegungsplattform ermöglichen eine Diskrepanz zwischen der Eigenbewegung, welche durch das visuelle System vermittelt werden sollte, und der fehlenden Stimulation des vestibulären Systems (McCauley & Sharkey, 1992). Hinsichtlich der Nutzung von Bewegungsplattformen gibt es unterschiedliche Ergebnisse bezüglich Simulator Sickness. Es gibt Untersuchungen, die weniger Symptome nachweisen konnten, wenn eine Bewegungsplattform genutzt wurde (Curry et al., 2002, Watson, 2000), andere konnten diese Reduktion allerdings nicht nachweisen (McCauley & Sharkey, 1992). Es ist anzumerken, dass durch die Nutzung von Bewegungsplattformen auch das Sichtfeld beeinflusst wird. So fanden Curry et al. (2002) bei einem genutzten Simulator mit fester Basis ein Sichtfeld von 140° und bei einem Simulator mit der Bewegungsplattform ein frontales Sichtfeld von 180° und zusätzlich ein 125° Sichtfeld zum hinteren Teil der Fahrsimulationsumgebung. Da auch das Sichtfeld einen Einfluss auf das Erleben von Simulator Sickness hat, könnte dies eine konfundierende Variable bezüglich des Zusammenhangs zwischen der Verwendung einer Bewegungsplattform und dem Erleben von Simulator Sickness darstellen.

3.4.2 Charakteristiken der Fahraufgabe

Neben Charakteristiken der Simulationsumgebung können auch Aspekte der Fahraufgabe das Erleben von Simulator Sickness beeinflussen. An dieser Stelle werden einige dieser Charakteristiken (Kontrolle über die Aufgabenausführung, Lenkung und Bremsvorgang, Gestaltung und Art von Kurven, Manöverintensität und ungewohnte Manöver sowie Dauer der Exposition) und ihr Einfluss auf Simulator Sickness kurz erläutert. Die Möglichkeit zur *Kontrolle der Aufgabenausführung* kann Simulator Sickness reduzieren. Die Kontrolle über die Fahraufgabe entspricht dabei der Antizipation zukünftiger Bewegungen im Simulator (Neukum & Grattenthaler, 2006; Stanney & Hash, 1998). Diese Form der Antizipation ermöglicht der Versuchsperson, sich auf die Simulationsumgebung einzustellen und bietet Schutz vor dem Erleben inkohärenter sensorischer Informationen (Pausch et al., 1992). Stanney und Hash (1998) gehen davon aus, dass die Kontrolle über die Bewegung zentral für die Adaptation an die sensorischen Unterschiede in der virtuellen Umgebung ist. Die Autoren konnten in ihrer Untersuchung nachweisen, dass bei aktiver Aufgabenkontrolle signifikant weniger Okulomotoriksymptome auftraten als beim passiven Erleben der Simulationsaufgabe. Des Weiteren war auch die Gesamtskala des SSQs bei aktiver Kontrolle signifikant niedriger ausgeprägt als bei passiver Simulationsnutzung. Dieser Effekt konnte nicht für die Subskalen Übelkeit und Desorientierung gezeigt werden (Stanney & Hash, 1998).

Rizzo et al. (2003) untersuchten die Annahme, dass eine größere Lenkvariabilität als auch abrupte *Brems- und Lenkvorgänge* das Erleben von Simulator Sickness verstärken. Dazu wurden Versuchspersonen gebeten, in einer Simulationsumgebung mit einem festen Fahrsimulator auf einer zweispurigen Autobahn mit anderen Verkehrsteilnehmern zu fahren. Während dieser Fahrt wurden unerwartete Ereignisse erlebt, die mit einem erhöhten Unfallrisiko einhergehen und starke Lenk- sowie Bremsvorgänge evozieren können. Die Autoren konnten nicht nachweisen, dass Lenkung und Bremsvorgang einen Einfluss auf das Erleben von Simulator Sickness haben. Allerdings zeigte sich, dass Personen, die das Experiment vorzeitig aufgrund von Simulator Sickness abbrachen, häufiger bremsen als Personen, die das Experiment nicht abbrachen (Rizzo et al., 2003).

Einige Studien konnten nachweisen, dass auch die Gestaltung und die Art einer *Kurve* das Erleben von Simulator Sickness beeinflussen (Chrysler & Williams, 2005; Edwards, Creaser, Caird, Lamsdale & Chisholm, 2003; Mourant, Rengerajan, Cox, Li &

Jaeger, 2007). Generell erleben Versuchspersonen auf geraden Straßen weniger Simulator Sickness als auf Straßen mit Kurven oder Abbiegeaufgaben (Mourant et al., 2007). Kurven mit einem größeren Radius und mit wenigen Objekten am Straßenrand sind mit weniger Symptomen assoziiert als enge Kurven, die zudem viele Objekte am Straßenrand abbilden (Chrysler & William, 2005). Die Nutzung von 90°-Kurven erhöht ebenfalls die Wahrscheinlichkeit, dass eine Versuchsperson Simulator Sickness erlebt. Dabei haben Studien sowohl Links- als auch Rechtskurven untersucht (Edwards et al., 2003; Mourant et al., 2007; Park, Allen, Fiorentino, Rosenthal & Cook, 2006). Stoner et al., (2011) schlagen vor, derartige Kurven in Y-Kreuzungen umzuwandeln, um das Erleben von Übelkeit zu reduzieren und das Verkehrs-geschehen von beiden Seiten in der Simulationsumgebung besser einsehen zu können.

Hinsichtlich der zu absolvierenden Fahrmanöver können die *Manöverintensität* und *ungewohnte Manöver* das Erleben von Simulator Sickness beeinflussen. Die Ausführung intensiver, aggressiver Fahrmanöver, also solcher, die eine hohe Beschleunigung des Fahrzeugs beinhalten, kann Simulator Sickness Symptome begünstigen. McCauley und Sharkey (1992) empfehlen an dieser Stelle auf Fahrmanöver zu verzichten, die lineare oder turnusmäßige Beschleunigungen vorsehen. Die Autoren raten ebenfalls, auf Situationen mit ungewohnten Fahrmanövern (z. B. längere Rückwärtsfahrten; Stanney & Kennedy, 1997) zu verzichten (McCauley & Sharkey, 1992), da diese ungewohnte Kopfbewegungen auslösen können (Frank & Casali, 1986). Zu derartigen Fahraufgaben zählen unter anderem auch langsames Durchfahren langgezogener Kurven und schnelles Durchfahren sehr enger Kurven. Im regulären Straßenverkehr würde man diese Situationen genau invers befahren: langgezogene Kurven können mit höherer Geschwindigkeit befahren werden, wohingegen enge Kurven in der Regel mit langsamer Geschwindigkeit durchquert werden. Situationen, die nicht dem gewohnten Fahrstil bzw. den Fahrerfahrungen der Versuchspersonen entsprechen, können Simulator Sickness verstärken (Frank & Casali, 1986).

Ein weiterer aufgabenbedingter Einflussfaktor auf Simulator Sickness ist die *Dauer der Exposition*. Bezüglich dieser muss unterschieden werden zwischen der Dauer der Exposition in der Simulationsumgebung und der Häufigkeit der Exposition. Hinsichtlich der *Dauer* der Simulationsaufgabe zeigte sich, dass Simulator Sickness mit ansteigender Dauer stärker erlebt wurde (Kennedy & Fowlkes, 1992; Lawson et al., 2002; McCauley & Sharkey, 1992; Min et al., 2004). Min et al. (2004) untersuchten den Effekt

der Simulationsexposition auf das Erleben von Simulator Sickness ebenfalls mit dem Simulator Sickness Questionnaire. In der Untersuchung führen die Versuchspersonen 60 Minuten in einer Fahrsimulation und wurden alle 5 Minuten mündlich mit dem Simulator Sickness Questionnaire befragt. Für alle Subskalen als auch für die Gesamtskala des SSQs zeigten sich signifikant höhere Werte bei jedem Messzeitpunkt verglichen mit dem vorangegangenen Messzeitpunkt. Bezüglich der *Häufigkeit* der Exposition konnte eine Untersuchung in einer Helikoptersimulation von Kennedy et al. (2000) zeigen, dass Simulator Sickness (gemessen mit der Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires) mit steigender Anzahl der Simulationsexpositionen abnahm. Ein ähnlicher Effekt wurde in einer Untersuchung von Hill und Howarth (2000) gefunden. Nachdem sie Versuchspersonen fünf Tage in Folge je 20 Minuten einem Fahrspiel (Wipeout) in einer Simulationsumgebung aussetzten, konnten sie am letzten Untersuchungs-tag deutlich reduzierte Übelkeitssymptome nachweisen. Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass bei ansteigender Dauer einer Simulationsexposition Simulator Sickness verstärkt auftritt, aber bei häufigeren Exposition hingegen verringert wird (Kennedy et al., 2000; Min et al., 2004).

3.4.3 Human Factors

Human Factors definieren sich als Informationen über menschliches Verhalten, Fähigkeiten, Limitationen und andere Charakteristiken (Sanders & McCormick, 1993). Es gibt zahlreiche dieser Faktoren, die mit dem Erleben von Simulator Sickness in Zusammenhang gebracht werden (z. B. Geschlecht, Alter, Erfahrung mit der Realaufgabe, Erfahrung mit Simulationsumgebungen, Gesundheitszustand, Konzentrationsleistung). Laut Rebenitsch und Owen (2014) sollten diese dabei am besten schnell zu untersuchen sein und einen Großteil der individuellen Variation erklären können. An dieser Stelle werden einige zentrale Human Factors (Geschlecht, Alter, Erfahrung mit der Realaufgabe, Erfahrungen mit Simulationsumgebungen, Gesundheitszustand, Konzentration) und deren Zusammenhang mit Simulator Sickness erläutert.

Hinsichtlich der Untersuchung von *Geschlechtseffekten* zeigte sich, dass Frauen mehr Simulator Sickness Symptome (als auch Motion Sickness als Indikator für das Simulator Sickness) erleben als Männer (Dobie et al., 2001; Golding, 2006; Kennedy et al., 1995; Park et al., 2006; Reason & Brand, 1975). Rizzo et al., (2003) konnten ebenfalls

einen Geschlechtseffekt mittels einer generellen Simulator Sickness Skala (Simulator Adaptation Questionnaire, SAQ) nachweisen. In ihrer Fahrsimulationsuntersuchung erlebten Frauen signifikant mehr Simulator Sickness Symptome als Männer und hatten darüber hinaus eine höhere Wahrscheinlichkeit, vorzeitig aus dem Experiment auszuschneiden. Bertin et al. (2004) untersuchten das Auftreten von Simulator Sickness in einer Fahrsimulationsumgebung mittels des Motion Sickness Questionnaires (MSQ). Die Autoren fanden neben dem Haupteffekt des Geschlechts (Frauen erleben signifikant mehr Simulator Sickness als Männer) auch einen Interaktionseffekt von Geschlecht und Alter. Diesen konnten die Autoren allerdings nur für die weiblichen Versuchsteilnehmer nachweisen: Frauen unter 30 Jahren erlebten kaum Simulator Sickness, Frauen über 30 Jahren hingegen schon. Bertin et al. (2004) merkten an, dass aufgrund der geringen Stichprobengröße ($N = 11$ Frauen) weitere Untersuchungen notwendig sind, um diesen Effekt zu bestätigen. Auch Neukum und Grattenthaler (2006) fanden einen Geschlechtseffekt. In jedem Durchlauf ihrer Untersuchungen zu simulierten polizeilichen Einsatzfahrten war ein höherer Anteil des Dropouts weiblich. Frauen wiesen auch in allen Fahrten signifikant höhere Werte auf den SSQ-Subskalen Okulomotorik und Desorientierung auf als Männer. Die Autoren berichten zudem, dass Frauen häufiger von länger anhaltenden Nachwirkungen berichten als Männer. Dieser Effekt zeigte allerdings keine statistische Signifikanz (Neukum & Grattenthaler, 2006). Eine potentielle Erklärung ist, dass Frauen Symptome eher zugeben als Männer (Biocca, 1992; Rebenitsch & Owen, 2014). Eine weitere Erklärung wurde von Harm, Taylor und Bloomberg (2007) bereitgestellt. Die Autoren postulieren, dass Frauen schneller Krankheitssymptome erleben, sich von diesen allerdings auch schneller erholen als Männer. Diese Hypothese wird durch die Ergebnisse anderer Autoren gestützt, die herausfanden, dass der Geschlechtseffekt verschwindet, wenn statt Selbstberichtsdaten physiologische Messungen genutzt werden (Park & Hu, 1999). Hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness gehen Harm et al. (2007) davon aus, dass Frauen diese bei kurzen, häufigen Simulationsexpositionen weniger Symptome erleben, Männer hingegen erleben weniger Simulator Sickness bei einer einmaligen, längeren Exposition.

Untersuchungen hinsichtlich der Auswirkung des *Alters* auf Motion Sickness (an dieser Stelle aufgrund der Konstruktähnlichkeit zu Simulator Sickness (Kennedy et al., 1993) als Indikator für dieses herangezogen) zeigten, dass Personen zwischen 2 und 12 Jahren am anfälligsten für Motion Sickness sind. Anschließend nimmt diese Anfälligkeit im Verlauf der Lebensspanne kontinuierlich ab und ist ab einem Alter von 50 Jahren nur

noch selten nachzuweisen (Reason & Brand, 1975). Aktuellere Studien zeigen widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich der Beziehung zwischen dem Alter von Versuchspersonen und Simulator Sickness. Es gibt Untersuchungen, die herausfanden, dass jüngere Versuchspersonen mehr Simulator Sickness Symptome erleben als ältere, allerdings keine höheren Dropoutraten aufzeigen (Rizzo et al., 2003). Andere Untersuchungen zeigten hingegen, dass ältere Versuchspersonen in einem Simulator mit fester Basis eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, Simulator Sickness zu entwickeln (Brooks et al., 2010, Hein, 1993) und eine Fahrsimulationsstudie eher aufgrund der Symptomschwere abbrechen als jüngere Versuchspersonen (Park et al., 2006). Park et al. (2006) fanden dabei einen Interaktionseffekt zwischen Alter und Geschlecht: In ihrer Untersuchung waren ältere Frauen (zwischen 70 - 90 Jahren) anfälliger für Dropouts aus einer Fahrsimulationsstudie (46.7 %) verglichen mit Männern dieses Alters (29.7 %) sowie Frauen (17.2 %) und Männern (9.0 %) zwischen 21 und 50 Jahren.

Im Rahmen der sensorischen Konflikttheorie können *Erfahrungen mit der Realaufgabe* Erklärungen für das Entstehen von Simulator Sickness geben. Durch frühere Erfahrungen ergeben sich Erwartungen des sensorischen Systems an die Abbildungen in der Simulationsumgebung (Neukum & Grattenthaler, 2006). In einer Untersuchung von Rebenitsch und Owen (2014) wurden Versuchspersonen gebeten, mittels des Motion Sickness Susceptibility Questionnaires (MSSQ; Golding, 1998) Informationen über ihre bisherige Erfahrung mit Motion Sickness in Real- und virtuellen Umgebungen zu beurteilen. Anschließend bearbeiteten die Versuchspersonen Aufgaben in einem virtuellen Museum und füllten den Simulator Sickness Questionnaire aus. Das Erleben von Motion Sickness in realen Umwelten (Flugzeug, Schiff, Auto) zeigte einen signifikant positiven Zusammenhang mit Simulator Sickness. Personen, die auch in Realaufgaben anfällig sind, Motion Sickness zu erleben, erleben auch in Simulationsumgebungen häufiger Simulator Sickness (Rebenitsch & Owen, 2014).

Neben den Erfahrungen mit der Realaufgabe können auch bisherige *Erfahrungen mit Simulationsumgebungen* das Symptomerleben beeinflussen. Der Konsens in der bisherigen Forschung ist, dass vermehrte Exposition zu einer besseren Anpassung (Rebenitsch und Owen (2016) bezeichnen diese Anpassung als Habituation) und somit zu einem geringeren Erleben von Simulator Sickness führt (Kennedy et al., 2003; Uliano, Lambert, Kennedy & Sheppard, 1986). Neukum und Grattenthaler (2006) untersuchten Simulator Sickness in einer Reihe von Studien, in welchen sie die Einstellungen des

Simulators veränderten, um Simulator Sickness zu reduzieren. Zunächst untersuchten an zwei aufeinanderfolgenden Trainingstagen die Ausfallraten aufgrund von Simulator Sickness. Am ersten Tag konnten 48 % der Versuchspersonen die Fahraufgaben wegen der Schwere der Symptome nicht beenden, am zweiten Tag waren es mit 43 % geringfügig weniger Personen. Nach Anpassung der Simulationsumgebung zeigten sich die Ergebnisse der zweiten Untersuchung einen umgekehrten Effekt: Am ersten Trainingstag wurde eine Ausfallrate von knapp 18 % beobachtet, am zweiten Trainingstag stieg diese auf 23 %. Dennoch zeigten die Autoren auf, dass bei Versuchspersonen, welche die Trainingseinheiten vollständig absolvierten, Okulomotorik und Desorientierung am zweiten Tag geringer ausgeprägt waren. In einer dritten Studie untersuchten die Autoren die Verwendung von Bewegungsplattformen (siehe dazu auch Kapitel 3.4.1 *Charakteristiken der Simulationsumgebung*). Hier konnte wiederum ein Rückgang des Dropouts aufgrund von Simulator Sickness zwischen Trainingstag 1 (20 % Dropoutrate) und Trainingstag 2 (17 % Dropoutrate) verzeichnet werden. Laut der Autoren entsteht der Rückgang der Schwere der Simulator Sickness Symptomatik durch Adaptation an den symptomauslösenden Stimuli (Neukum & Grattenthaler, 2006). Auch Rebenitsch und Owen (2014) untersuchten den Zusammenhang zwischen bisheriger Simulationserfahrung und dem aktuellen Erleben von Simulator Sickness. In der bereits zur *Erfahrung mit der Realaufgabe* erwähnten Untersuchung konnten die Autoren aufzeigen, dass bisherige Erfahrung mit virtuellen Realitäten und bisheriges Unwohlsein mit 3D Bildschirmen negative Zusammenhänge zu Simulator Sickness aufweisen (Rebenitsch & Owen, 2014).

Ein weiterer Einflussfaktor kann der *Gesundheitszustand* einer Versuchsperson sein. Kennedy et al. (1993) stellten heraus, dass ein ungewöhnlicher gesundheitlicher Zustand Simulator Sickness begünstigen kann. Demnach sollten Personen, die sich nicht in ihrem normalen Gesundheitszustand befinden, nicht einer Simulationsumgebung ausgesetzt werden (Kennedy et al., 1987). Eine genauere Ausarbeitung des Forschungsstandes zu dieser Thematik erfolgt in Kapitel 4.

Zuletzt werden an dieser Stelle noch kognitive Fähigkeiten als Einflussfaktoren für Simulator Sickness erwähnt. Nach Regan und Price (1993) geht eine erhöhte *Konzentrationsleistung* mit einem geringeren Erleben von Simulator Sickness einher. Eine detailliertere Aufarbeitung des Forschungsstandes zur Beziehung zwischen kognitiven Variablen und Simulator Sickness erfolgt in Kapitel 5.

4 Die Beziehung zwischen physischen und psychischen Beschwerden und Simulator Sickness

Ausgehend von Kennedy et al. (1993), die empfehlen, dass nur Personen mit einem unauffälligen Gesundheitszustand einer Simulationsumgebung ausgesetzt werden sollten, widmet sich dieses Kapitel einer Studie zur Beziehung zwischen aktuellen physischen sowie psychischen Beschwerden und Simulator Sickness. Zunächst werden *physische und psychische Beschwerden* definiert (Kapitel 4.1) und von Krankheitssymptomen abgegrenzt, anschließend wird der *Forschungsstand* aufgearbeitet (Kapitel 4.2), aus welchem sich die *Forschungshypothesen* ableiten (Kapitel 4.3). Darauf aufbauend wird die *Methode* dieser Untersuchung beschrieben (Kapitel 4.4) und die *Ergebnisse* werden dargestellt (Kapitel 4.5). In der anschließenden *Diskussion* werden die Ergebnisse interpretiert und Limitationen sowie Stärken der Studie kritisch beurteilt (Kapitel 4.6).

4.1 Physische und psychische Beschwerden

Physische und psychische Beschwerden (auch *Befindlichkeitsstörungen* oder *subjektiv erlebte Beeinträchtigungen* nach Baumann und Stieglitz, 1980) werden “als Merkmale charakterisiert, die belastend erlebt werden [und] die Lebensbewältigung beeinträchtigen” (Hänsgen, 1991, S. 8). Sie entsprechen dabei dem Erleben von Dysregulationsvorgängen und können bei klinisch gesunden Personen unter Stress oder Belastung auftreten (Hänsgen, 1991). Die Erfassung von Beschwerden ist vor allem eine Aufgabe der klinisch-psychologischen Diagnostik. Man unterscheidet dabei zwischen objektiven Symptomen, die psychometrisch ermittelt werden, und subjektiven Symptomen, welche die individuell erlebten *Beschwerden* einer Person umfassen. Objektive sowie subjektive Symptome korrelieren nur gering miteinander (Brähler, Hinz & Scheer, 2008) und können sowohl klinischer als auch subklinischer Art sein (Krampen, 1995; Von Zerssen & Petermann, 2011). Die subklinischen Beschwerden, die für diese Arbeit erfasst wurden, unterscheiden sich von klinischen Beschwerden anhand von Häufigkeits-, Intensitäts- und Belastungsaspekten. Sie sind eher von kurzer Dauer und weniger stark ausgeprägt als klinische Beschwerden. Zudem werden sie nicht als so stark belastend wahrgenommen wie klinische Beschwerden (Hänsgen, 1991, Von Zerssen & Petermann, 2011).

Physische und psychische Beschwerden können Effekte von Trainingsmaßnahmen verzerren und das Verhalten und Erleben einer Versuchsperson beeinflussen. Dadurch wirken sie als potentielle Störvariable in der Forschung (Baumann & Stieglitz, 1980). Kennedy et al. (1993) merkten an, dass der Gesundheitszustand der Versuchspersonen vor der Simulationsexposition abgefragt werden sollte. Sie schlugen vor, dass man die Versuchspersonen vor der Simulationsexposition fragt, ob sie sich krank fühlen oder in sich in einem ungewöhnlichen Gesundheitszustand befinden (S. 206). Da in der nachfolgenden Untersuchung mögliche Prädiktoren für Simulator Sickness aufgedeckt werden sollen, sind die von Kennedy et al. (1993) vorgeschlagenen Fragen an die Versuchspersonen zu unspezifisch. Daher werden in der folgenden Studie physische und psychische Beschwerden differenziert als mögliche Prädiktoren für Simulator Sickness untersucht.

4.2 Forschungsstand

Es liegen bislang keine Forschungsergebnisse über die Beziehung physischer und psychischer Beschwerden zu Simulator Sickness vor. Allerdings gab es bereits Forschungsbemühungen zum Zusammenhang zwischen Simulator Sickness und Krankheit sowie physischer und psychischer Beeinträchtigungen und Störungen, die jeweils als Indikatoren für physische und psychische Beschwerden dienen und an dieser Stelle vorgestellt werden.

4.2.1 Forschungsstand physische Beschwerden

Wie eingangs erwähnt, bezieht sich der Forschungsstand zu physischen Beschwerden auf Krankheiten und ungewöhnliche körperliche Zustände, welche die Anfälligkeit für Simulator Sickness erhöhen können (Kennedy et al., 1993, Kolasinski, 1995; Pausch et al., 1992). Pausch et al. (1992) empfahlen beispielsweise, dass Versuchspersonen mit Ohren-entzündungen, Gleichgewichtsstörungen und Schnupfen nicht an einer Untersuchung in einer Simulationsumgebung teilnehmen sollten. Um die Relevanz der vorliegenden Studie zu unterstreichen, werden im Folgenden die Zusammenhänge zwischen neurologischen Störungen sowie Gleichgewichtsstörungen und Simulator Sickness aufgezeigt.

Ein Vergleich zwischen Personen ohne neurologische Störungen, Schlaganfallpatienten und Personen mit neurologischen Störungen zeigte, dass Versuchspersonen mit neurologischen Störungen (28 %) und Schlaganfallpatienten (25 %) höhere Wahrscheinlichkeiten haben, ein Simulationsexperiment abzubrechen, als Personen ohne neurologische Störungen (17 %). Diese Effekte waren allerdings nicht signifikant. Die Autoren kontrollierten die Effekte für Geschlecht und Alter. Nach dieser Kontrolle zeigte sich, dass Versuchspersonen mit neurologischen Störungen und Schlaganfallpatienten signifikant höhere Wahrscheinlichkeiten hatten, ein Simulationsexperiment aufgrund von Simulator Sickness Symptomen vorzeitig abzubrechen. Die Autoren berichteten einen Odds Ratio von 2.41 für diesen Effekt, was einem η^2 von .06 und somit einem kleinen Effekt entspricht. Als möglichen Grund für die zunächst nicht gefundenen Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen führten die Autoren neben sozialer Erwünschtheit an, dass Personen mit neurologischen Störungen möglicherweise versuchen, Symptome der Simulator Sickness zu verbergen und trotz des Erlebens dieser die Simulationsfahrt beenden (Rizzo et al., 2003).

Einige Studien untersuchten das Erleben von Simulator Sickness bei Personen mit Gleichgewichtsstörungen. Tyrell, Sarig-Bahat, Williams, Williams und Treleaven (2017) untersuchten Patienten mit chronischen Nackenschmerzen, Patienten mit pathologischen Gleichgewichtsstörungen und eine Kontrollgruppe in einer virtuellen Umgebung mit Aufgaben, welche Nackenbewegungen auslösen sollten (Steuerung eines Piloten). Die Autoren argumentierten, dass durch die Einschränkungen der Beweglichkeit des Nackens und der Defizite des vestibulären Systems sensorische Konflikte verstärkt werden und somit auch Simulator Sickness stärker ausgeprägt ist als bei Personen der Kontrollgruppe. Die Ergebnisse zeigten, dass Personen mit pathologischen Gleichgewichtsstörungen höhere Werte auf der Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires als auch auf der Subskala Desorientierung aufwiesen als Personen der Kontrollgruppe. Des Weiteren zeigten diese Personen, wie auch Personen mit chronischen Nackenschmerzen, signifikant höhere Werte auf der Okulomotorikskala verglichen mit Personen der Kontrollgruppe. Es konnten zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Subskala Übelkeit verzeichnet werden (keine Angabe von Effektgrößen; Tyrell et al., 2017).

Whitney et al. (2006) untersuchten, wie sich Personen mit und ohne Gleichgewichtsstörungen in einem virtuellen Supermarkt orientierten. Dazu wurden die

Versuchspersonen ($N = 5$) gebeten, in sechs aufeinanderfolgenden Simulationsexpositionen verschiedene Aufgaben zu bearbeiten (z. B. durch den Gang eines Supermarkts laufen oder nach dem Zielprodukt suchen). Nach jeder Aufgabe wurde Simulator Sickness erfasst. Es zeigte sich bei einer der beiden Versuchspersonen mit Gleichgewichtsstörung ein Anstieg der Schwindel- und Kopfschmerzsymptome im Verlauf der Simulationsexpositionen. Die Versuchsperson gab nach der letzten Simulationsaufgabe an, leichte Schwindelgefühle und mittelstarke Kopfschmerzen zu erleben. Die Ergebnisse dieser Untersuchung lassen sich aufgrund der kleinen Stichprobengröße nicht generalisieren, da nur zwei Personen mit Gleichgewichtsstörungen und drei Personen ohne Auffälligkeiten an der Untersuchung teilgenommen haben (Whitney et al., 2006). Die Berichte der Versuchspersonen hinsichtlich des Anstiegs der Simulator Sickness über verschiedene Expositionen können allerdings einen Hinweis darauf geben, dass man vorhandene physische Beschwerden als potentielle Prädiktoren von Simulator Sickness untersuchen sollte.

Auch Migräne kann das Erleben von Simulator Sickness beeinflussen. Personen, die unter Migräne leiden, sind besonders bewegungssensitiv und zudem auch empfindlich gegenüber Licht und Geräuschen. Es ist wichtig, negative Effekte einer Simulationsexposition zu vermeiden, da Versuchspersonen mit Migräne Simulationsumgebungen nach einer schlechten Erfahrung meiden könnten (Viirre & Bush, 2002). Die Autoren gehen davon aus, dass Migräne das Erleben negativer Seiteneffekte der Simulationsexposition (wie z. B. Simulator Sickness) verstärken kann. Sie legen allerdings keine empirischen Belege für ihre Annahme vor (Viirre & Bush, 2002).

4.2.2 Forschungsstand zur psychischen Beschwerden

An dieser Stelle werden die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zur Beziehung zwischen Verfolgungswahn, Demenz sowie posttraumatischen Belastungsstörungen (als Indikatoren für psychische Beschwerden) und Simulator Sickness betrachtet. Fornells-Ambrojo et al. (2008) widmeten sich in ihrer Untersuchung der Fragestellung, ob es aus Sicherheits- und Akzeptanzgründen realisierbar ist, Personen, die aktuell unter Verfolgungswahn leiden, einer Untersuchung in einer virtuellen Realität auszusetzen. Die Versuchspersonen wurden gebeten, eine U-Bahn zu erkunden und zu beschreiben, was sie von den virtuellen Personen denken und was diese über die Versuchsperson denken könnten. Unter anderem verglichen die Autoren dabei

die Stichprobe von Personen mit Verfolgungswahn mit einer nichtklinischen Stichprobe ohne Symptome des Verfolgungswahns hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness. Dabei zeigte sich, dass Personen mit Verfolgungswahn signifikant mehr Okulomotorik erleben als die Personen der nichtklinischen Vergleichsgruppe (ohne Bericht der Effektgröße). Hinsichtlich Übelkeit und Desorientierung ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Fornells-Ambrojo et al., 2008).

Freeman, Pugh, Vorotsova und Antley (2010) untersuchten ein theoretisches Modell zum Verfolgungswahn. Dazu verglichen sie die Reaktionen von Versuchspersonen, die unter Verfolgungswahn leiden, und Versuchspersonen, die keine klinische Diagnose hinsichtlich Verfolgungswahn erhalten haben, auf Alltagssituationen in einer virtuellen U-Bahn (z. B. wird die Versuchsperson von einer virtuellen Figur angelächelt). Im Anschluss an die Exposition wurde Simulator Sickness erfasst. Es zeigte sich, dass Personen mit Verfolgungswahn höhere Simulator Sickness Werte als Personen ohne Verfolgungswahn berichteten (ohne Angabe einer entsprechenden Effektgröße). Die klinisch auffällige Untersuchungsgruppe gab mehr Beschwerden hinsichtlich Kopfschmerzen, Übelkeit und Schwindelgefühlen an. Die Autoren erklärten dies damit, dass Personen mit Verfolgungswahn generell mehr affektive Störungen berichten und dass diese Symptome auch ein Nebeneffekt der Psychopharmaka sein können (Freeman et al., 2010).

In einer anderen Untersuchung (Flynn et al., 2003) wurden Versuchspersonen ($N = 6$) mit Demenz gebeten, nach einer Simulationsexposition zu bewerten, ob sie mittels Joystick durch die Umgebung navigieren konnten, ob sie die dargestellten Objekte als realistisch betrachteten und ob sie denken, dass sie die Kontrolle über die Handlungen in der Simulationsumgebung hatten. In einer zweiten Sitzung wurden die Versuchspersonen gebeten, einfache Aufgaben (z. B. ein Telefonat führen oder einen Ort zum Sitzen und Ausruhen finden) in einem virtuellen Park zu lösen. Die Deskriptivergebnisse bezüglich des Erlebens von Simulator Sickness zeigten dabei keine eindeutigen Tendenzen: Bei zwei Versuchspersonen wurde nach der ersten Simulationsexposition ein höherer Okulomotorikwert festgestellt als vor der ersten Exposition, bei zwei weiteren Versuchspersonen wurden im Vergleich zur Baseline vor der ersten Simulationserfahrung nach dieser ein niedrigerer Okulomotorikwert verzeichnet. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Übelkeits-, Okulomotorik- und Desorientierungsskalen vor und nach der ersten Simulationsaufgabe

verzeichnet werden. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Ergebnisse wegen der geringen Stichprobengröße vorsichtig interpretieren werden sollten. Es zeigte sich auch vor und nach der zweiten Simulationsaufgabe kein signifikanter Unterschied auf den genannten Simulator Sickness Subskalen, allerdings zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Okulomotorikwerte in der zweiten Simulationsexposition verglichen mit der ersten Simulationserfahrung in der Untersuchung. Dennoch sollte auch dieses Ergebnis aufgrund der geringen Stichprobengröße und den fehlenden Angaben zu Effektgrößen nur vorsichtig interpretiert und nicht generalisiert werden (Flynn et al., 2003).

Andere Untersuchungen widmeten sich der Untersuchung von Simulator Sickness bei virtuellen Konfrontationstherapien (engl. *Virtual Reality Exposure Therapy*; VERT). Beck, Playo, Winer, Schwagler und Ang (2007) untersuchten bei Personen, die kürzlich einen Verkehrsunfall erlebt haben, ob eine virtuelle Konfrontationstherapie bei der Behandlung von Posttraumatischer Belastungsstörung (PTBS) nach einem schweren Verkehrsunfall genutzt werden kann. In dieser Therapieform werden Versuchspersonen virtuell mit einem Reiz konfrontiert, welcher ähnlich dem ist, der als Auslöser für die PTBS betrachtet wird. In dieser Untersuchung führen die Versuchspersonen in einer Fahrsimulation verschiedene Fahrszenarien ab. Dabei erfassten die Autoren auch die Simulator Sickness Werte der $N = 8$ teilnehmenden Personen und verglichen diese mit den von Kennedy et al. (1993) ermittelten Normwerten. Es zeigte sich, dass in dieser Stichprobe signifikant höhere Werte für Desorientierung verglichen mit den Normwerten zu verzeichnen waren (ohne Angabe von Effektgrößen). Für Übelkeit und Okulomotorik konnte dieser Effekt nicht gezeigt werden. Die Autoren führten dies zum einen auf die geringe Reliabilität des SSQs aufgrund des geringen Stichprobenumfangs, zum anderen aber auch auf die Verwendung von stereoskopischen Brillen zurück (Beck et al., 2007).

Bei einer weiteren Untersuchung einer virtuellen Konfrontationstherapie wurden phobische und nichtphobische Versuchspersonen hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness untersucht (Robillard, Bouchard, Fournier & Renaud, 2003). Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchspersonengruppen auf den Skalen des SSQs (η^2 lag zwischen .02 und .10, was geringen Effekten entspricht; Robillard et al., 2003). Eine andere Studie phobischer Patienten in einer virtuellen Konfrontationstherapie zeigte, dass Simulator Sickness mit steigender Expositionsdauer stärker erlebt wurde (Bouchard, St.-Jacques, Renaud & Wiederhold, 2009). Dabei wurden die Versuchspersonen alle 5 Minuten mit dem Item „Wie stark erleben sie Simulator Sickness

gerade?“ (engl. *To what extent do you feel cybersickness right now?*) befragt. Die Autoren nutzten zusätzlich den Simulator Sickness Questionnaire und konnten zeigen, dass in der untersuchten Stichprobe Desorientierung am stärksten ausgeprägt war, gefolgt von Okulomotorik und Übelkeit. Darüber hinaus befragten sie die Testpersonen 24 Stunden nach der Simulationsexposition erneut mit dem Simulator Sickness Questionnaire. Sie konnten nachweisen, dass die Versuchspersonen auch nach diesem Zeitraum noch leichte Symptome auf den Subskalen Übelkeit und Okulomotorik, nicht aber auf der Subskala Desorientierung berichteten (jeweils ohne Angabe von Effektstärken; Bouchard et al., 2009).

Zusammenfassend kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass es noch keine klaren Ergebnisse hinsichtlich psychischer Störungen (als Indikatoren für psychische Beschwerden) und deren Beziehung zu Simulator Sickness gibt, was unter anderem auf geringe Stichprobengrößen zurückzuführen ist (siehe z. B. Beck et al., 2007). Dennoch zeigten die bisherigen Untersuchungen Tendenzen, die auf ein stärkeres Erleben von Simulator Sickness verglichen mit psychisch gesunden Personen hinweisen (z. B. Beck et al., 2007; Freeman et al., 2010). Dies unterstreicht die Relevanz der nachfolgenden Studie, die sich neben der Untersuchung aktueller physischer Beschwerden auch mit aktuellen psychischen Beschwerden und der Beziehung zu Simulator Sickness befasst.

4.3 Forschungshypothesen und Forschungsfrage

Basierend auf den Erkenntnissen vorangegangener Forschung ergeben sich zwei Forschungshypothesen:

H1: Je mehr physische Beschwerden eine Person berichtet, umso stärker ist Simulator Sickness in einer Fahrsimulationsumgebung ausgeprägt.

H2: Je mehr psychische Beschwerden eine Person berichtet, umso stärker ist Simulator Sickness in einer Fahrsimulationsumgebung ausgeprägt.

Einige Untersuchungen fanden einen Unterschied zwischen Männern und Frauen hinsichtlich der Ausprägung von Simulator Sickness mit dem Konsens, dass Frauen Simulator Sickness stärker erleben als Männer (z. B. Golding, 2006; Liu et al., 1999; Rizzo et al., 2003;). Diese werden darauf zurückgeführt, dass Frauen generell eher Symptome zugeben (Biocca, 1992; Rebenitsch & Owen, 2014) und dass Frauen ein weiteres Field of View haben, durch welches ein Flickern eher wahrgenommen werden

kann als bei einem engeren Field of View (LaViola Jr., 2000). Da es bisher noch keine Theorie und keine Untersuchungen zum Geschlechtereffekt der Beziehung der untersuchten Variablen gibt, soll an dieser Stelle explorativ geprüft werden, ob Geschlechtsunterschiede auch hinsichtlich der Beziehung zwischen physischen und psychischen Beschwerden und Simulator Sickness bestehen. Zu diesem Zweck wurde die folgende Forschungsfrage erstellt:

FFI: Gibt es Geschlechtstunterschiede in der Beziehung zwischen physischen sowie psychischen Beschwerden und Simulator Sickness?

4.4 Methode

Zur Darstellung der Methodik erfolgt zunächst eine Stichprobenbeschreibung (Kapitel 4.4.1), anschließend wird das Design der Untersuchung benannt (Kapitel 4.4.2). Darauf aufbauend werden die Messmethoden (Kapitel 4.4.3), die Simulationsumgebung (Kapitel 4.4.4) das Vorgehen während der Untersuchung (Kapitel 4.4.5) sowie die statistische Datenanalyse (Kapitel 4.4.6) beschrieben.

4.4.1 Stichprobe

$N = 94$ Versuchspersonen wurden über den Mailverteiler der Technischen Universität Ilmenau sowie über persönliche Kontakte in eine Selbstselektionsstichprobe rekrutiert. Aufgrund fehlender Werte wurden $n = 3$ Personen aus der Analyse ausgeschlossen, sodass die finale Stichprobe aus $N = 91$ ($M_{\text{Alter}} = 24.84$ Jahre; $SD_{\text{Alter}} = 4.79$ Jahre, 26 % Frauen) Personen bestand. Tabelle 3 gibt einen detaillierten Überblick über die soziodemographischen Charakteristiken der Stichprobe. Wie in dieser Tabelle ersichtlich, besteht die Stichprobe zu einem großen Anteil aus männlichen (74 %) Teilnehmern. Zudem sind die Versuchspersonen jung (89 % sind zwischen 18 und 29 Jahren alt) und haben einen hohen Bildungsgrad (alle Versuchspersonen haben das Abitur oder einen Hochschulabschluss).

4.4.2 Design

Bei dieser Studie handelte es sich um eine korrelative Querschnittsuntersuchung im Labor ohne Messwiederholung.

4.4.3 Messmethoden

In dieser Untersuchung wurden zwei Verfahren verwendet: Der *Test zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsbeschreibung* (TVP; Spicher & Hänsgen, 2000; Kapitel 4.4.3.1) zur Erfassung physischer und psychischer Beschwerden und der *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ; Kennedy et al., 1993; Kapitel 4.4.3.2) zur Erfassung von Simulator Sickness. Diese werden nachfolgend kurz beschrieben.

Tabelle 3

Soziodemographische Charakteristiken der Stichprobe (N = 91)

Charakteristik	N	%
Geschlecht		
Weiblich	24	26
Männlich	67	74
Alter		
18-29	81	89
30-39	9	10
40-49	0	0
50-59	1	1
60-69	0	0
Beziehungsstatus		
Alleinstehend	89	98
Verheiratet	2	2
Geschieden/Verwitwet	0	0
Bildung		
Hauptschulabschluss	0	0
Realschul-/Regelschulabschluss	0	0
Abitur	48	53
Bachelor	26	29
Master	10	11
Diplom/Staatsexamen	5	5
Promotion	2	2

Anmerkung. Alle Prozentangaben sind gerundet.

4.4.3.1 Test zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsbeschreibung

Physische und psychische Beschwerden wurden anhand der Subskalen zum Beschwerdeerleben des Tests zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale (TVP; Spicher & Hänsgen, 2000) gemessen. Die Subskalen des Tests bestehen aus 10 (physische Beschwerden), respektive 9 (psychische Beschwerden) Items, welche auf einer vierstufigen Likertskala von 1 – „trifft nicht/ nie zu“ bis 4 – „trifft genau/ immer zu“ abgebildet werden. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Reliabilitätswerte der beiden Skalen.

Inhaltlich erfasst die Subskala zu physischen Beschwerden Probleme des kardiovaskulären Systems, der Atmung, der motorischen Funktionen sowie die allgemeine physische Sensitivität und Probleme bei der Verdauung. Ein Item dieser Subskala ist zu Beispiel: „Auch ohne größere Anstrengung komme ich sehr schnell außer Atem“ (Item 139; Testheft S. 14; Spicher & Hänsgen, 2000). Auf der Subskala der psychischen Beschwerden werden Ängste, Zwangsgedanken und -handlungen sowie Dysfunktionen in sozialen Interaktionen abgebildet. Ein Beispielitem dieser Subskala ist: „Der kleinste Anlass genügt, dass ich Angst bekomme, es könnte etwas Schreckliches passieren“ (Item 162; Testheft S. 15; Spicher & Hänsgen, 2000).

Tabelle 4

Itemanzahl, Range der Itemantworten und Reliabilitätswerte (Cronbachs α) der Subskalen des TVPs und des SSQs

Skala	Anzahl der Items	Range Itemantworten	Cronbachs α
TVP			
Physische Beschwerden	10	1 – 4	.770
Psychische Beschwerden	9	1 – 4	.819
SSQ			
Übelkeit	7	0 – 3	.754
Okulomotorik	7	0 – 3	.836
Desorientierung	7	0 – 3	.754
Gesamtskala	21	0 – 3	.913

4.4.3.2 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)

Simulator Sickness wurde anhand des Simulator Sickness Questionnaires (SSQ; Kennedy et al., 1993) erfasst. Der Fragebogen umfasst 16 Items, die auf einer vierstufigen Likertskala von 0 – „gar nicht“ bis 3 – „stark“ gemessen wurden. Das Verfahren bildet eine Gesamtskala und drei nicht-disjunkte Subskalen der Simulator Sickness ab: Übelkeit, Okulomotorik und Desorientierung, die entsprechend der Instruktionen der Fragebogen-konstrukteure gewichtet wurden (Kennedy et al., 1993, siehe Tabelle 2 unter Kapitel 3.3.2). Somit ergeben sich unterschiedliche Ranges für die Subskalen: Für Übelkeit von 0 bis 200.34, für Okulomotorik von 0 bis 159.18, für Desorientierung von 0 bis 292.32 und für die Gesamtskala von 0 bis 235.62. Tabelle 4 bildet Informationen über Itemanzahl, Range der Itemantworten sowie Reliabilitätswerte der Subskalen ab. Die Reliabilitätswerte sind ähnlich denen aus vorangegangenen Untersuchungen. So fand Yoo (1999) einen Wert von $r = .78$ für die SSQ-Gesamtskala, welcher so hoch wie der gefundene Reliabilitätskoeffizient von Kennedy et al. (1999) war ($r = .78$). Die verwendete Fragebogenversion ist unter Anhang 1 zu finden.

4.4.4 Simulationsumgebung

Im Folgenden werden der verwendete Fahrsimulator (Kapitel 4.4.4.1) und die verwendete Fahraufgabe (Kapitel 4.4.4.2) beschrieben.

4.4.4.1 Fahrsimulator

In dieser Untersuchung wurde eine Sitzkiste mit fester Basis genutzt. Die Sitzkiste bestand aus einem VW T5 Sitz, einem Lenkrad (Thrustmaster TX Racing Wheel Leather Edition), Pedalen und einer manuellen Gangschaltung (Trust-master TH8A shifter). Die Simulation wurde über einen Intel Xeon E5-2670 – PC (64GB 2133Hz DDR4 RAM, Nvidia Quadro M6000 12GB) implementiert und über 2 Barco F 50 – Projektoren (120Hz-active-stereo) wiedergegeben. Der Multifunktionsanzeige eines realen Fahrzeugs nachempfunden, zeigte ein Projektor in der Sitzkiste die Geschwindigkeit sowie den Gang, in welchem die Versuchsperson fährt, an. Der zweite Projektor projizierte die Simulationsaufgabe auf eine 3.60m × 2.25m Leinwand (Weidner & Broll, 2017). Abbildung 1 zeigt einen Querschnitt des gebauten Simulators und Abbildung 2 zeigt den Simulator in der Fahrsimulationsumgebung.

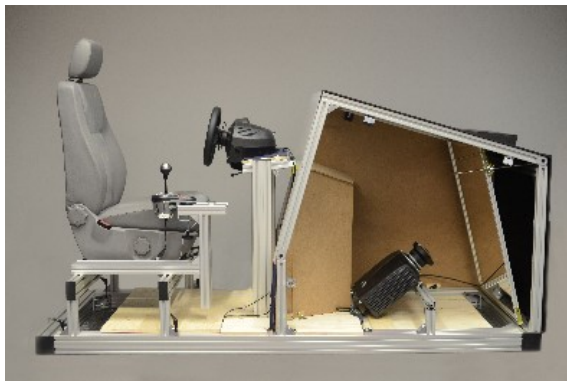


Abb. 1. Querschnitt der Sitzkiste, mit freundlicher Genehmigung von F. Weidner.



Abb. 2. Sitzkiste in der Fahrsimulationsumgebung, eigene Abbildung.

4.4.4.2 Fahraufgabe

Der Lane Change Task (LCT) wurde als Methode zur Messung der Ablenkung eines Fahrers entwickelt (Mattes, 2003) und wird als eine „sehr einfache Fahrsimulation“ (Vollrath & Krems, 2011, S. 182) wahrgenommen. Die Einfachheit der Simulationsaufgabe war eines der Ziele bei der Entwicklung des Lane Change Tasks. Darüber hinaus sollte diese Aufgabe von geringen Kosten sein, klassische Reaktionszeitmessungen mit Simulationstechniken verbinden und den Gütekriterien der Testentwicklung (Reliabilität, Validität und Objektivität) entsprechen (Mattes, 2003; Mattes & Hallén, 2009). Die Testung wird als einfach bezeichnet, weil der Versuchsaufbau leicht ist, die Testungen kurz und standardisiert sind. Die Kosten zur Nutzung des Lane Change Tasks sind gering, da er auch mit einem Gaminglenkrad an einem PC mit Monitor durchführbar ist (Mattes, 2003). Die Reliabilität der Messung wird laut Mattes (2003) durch die Reproduzierbarkeit der Bedingungen und Kontrolle über diese gewährleistet. Durch standardisierte Durchführung und Auswertung wird die Objektivität gesichert. Validität soll durch die Eigenschaften der primären Fahraufgabe gegeben sein (Mattes, 2003). Die primäre Aufgabe des Fahrers besteht darin, Spurwechselmanöver auf einer dreispurigen Fahrbahn durchzuführen. Die Spurwechsel werden über Schilder angezeigt, die links und rechts neben der Fahrbahn platziert sind. Es existiert kein weiterer Verkehr (Vollrath & Krems, 2011). Die Darstellung des (von Florian Weidner erstellten) verwendeten Lane Change Tasks ist in Abbildung 3 zu sehen.

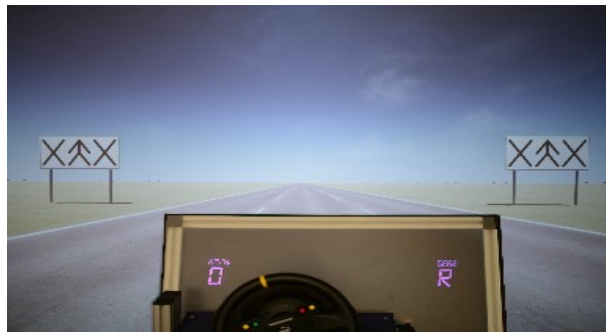


Abb. 3. Verwendeter Lane Change Task aus Versuchspersonensicht, mit freundlicher Genehmigung von F. Weidner.

Abbildung 4 zeigt den Kurs des Lane Change Tasks. Auf insgesamt 10 Geraden werden den Versuchspersonen jeweils 10 Schilder (insgesamt 100 Schilder) präsentiert. In den Kurven werden dabei keine Spurwechsel verlangt. Die ersten beiden Geraden dienten als Trainingsstrecken, um den Versuchspersonen die Möglichkeit zu geben, sich an die Simulationsumgebung zu gewöhnen. Die Versuchspersonen verbrachten ca. 20 Minuten mit der Bewältigung des Lane Change Tasks.

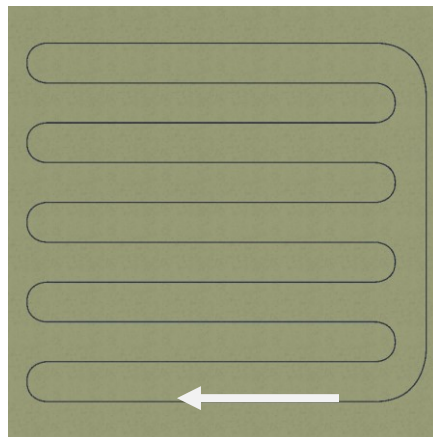


Abb. 4. Kurs des Lane Change Tasks, mit freundlicher Genehmigung von F. Weidner.

4.4.5 Vorgehen

Alle Versuchspersonen wurden zu Beginn ihrer Teilnahme an der Untersuchung schriftlich über die Inhalte der Studie und ihre Rechte (Anhang 2) informiert. Die Versuchspersoneninformation wurde entsprechend der Empfehlungen zu ethisch vertretbarer Forschung in Fahrsimulationsumgebungen von Caird und Horrey (2011)

gestaltet. So wurden die Versuchspersonen über das Vorgehen der Untersuchung und eventuell auftretende Nebeneffekte (Simulator Sickness) aufgeklärt (Caird & Horrey, 2011). Im Anschluss wurden sie gebeten, einen demographischen Fragebogen (Anhang 3) sowie die Subskalen zu physischen und psychischen Beschwerden des Tests zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale (TVP, Spicher & Hänsgen, 2000) zu bearbeiten, bevor sie in der Fahrsimulation den Lane Change Task (Mattes, 2003) inklusive einer 5 bis 10-minütigen Gewöhnungszeit (abhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit) an die Simulations-umgebung absolvierten. Nach der Fahrt in der Simulationsumgebung wurden die Versuchspersonen gebeten, den Simulator Sickness Questionnaire (SSQ, Kennedy et al., 1993) auszufüllen. Sie wurden für ihre Teilnahme mit einem USB-Stick vergütet und über die Ziele sowie die Ergebnisse der Untersuchung informiert. Der vollständige Ablaufplan dieser Studie ist unter Anhang 4 zu finden.

4.4.6 Statistische Datenanalyse

Die statistische Datenanalyse wurde mittels vier schrittweiser, multipler Regressionsanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse der Prüfung der Voraussetzungen zur Berechnung der Regressionsanalysen sind unter Anhang 5 zu finden. Für die Analysen wurden physische und psychische Beschwerden als Prädiktoren genutzt. Für jede der vier Regressionsanalysen war je eine Subskala des Simulator Sickness Questionnaires (Übelkeit, Okulomotorik, Desorientierung) bzw. die Gesamtskala des Fragebogens das Kriterium. Die Analysen wurden zunächst für die Gesamtstichprobe, anschließend getrennt nach Geschlecht durchgeführt. Alle Analysen wurden mit einem Alphaniveau von 5 % durchgeführt.

4.5 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse dieser Untersuchung erfolgt in mehreren Schritten: Zunächst erfolgt eine deskriptivstatistische Auswertung der einzelnen Symptome des Simulator Sickness Questionnaires (Kapitel 4.5.1) sowie eine deskriptive und korrelative Auswertung der verwendeten Subskalen des TVPs und des SSQs (Kapitel 4.5.2). Darauf aufbauend werden die Ergebnisse der multiplen Regressionsanalysen zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen physischen und psychischen Beschwerden (Prädiktorvariablen) und Simulator Sickness (Kriteriumsvariablen) dargestellt (Kapitel

4.5.3). Abschließend werden die Ergebnisse der genannten Analysen getrennt nach Geschlecht beschrieben (Kapitel 4.5.4).

4.5.1 Deskriptivstatistiken der einzelnen Simulator Sickness Symptome

In Tabelle 5 werden die Mittelwerte, Konfidenzintervalle und Standardabweichungen der erhobenen Simulator Sickness Symptome berichtet.

Tabelle 5

Mittelwerte, Konfidenzintervalle und Standardabweichungen der Simulator Sickness Symptome

Symptom	<i>M</i>	95 % KI	<i>SD</i>
Müdigkeit	0.87	[0.67; 1.07]	0.99
Überanstrengung der Augen	0.84	[0.63; 1.04]	0.99
Konzentrationschwierigkeiten	0.73	[0.55; 0.92]	0.92
Probleme scharf zu sehen	0.59	[0.42; 0.78]	0.92
Allgemeines Unwohlsein	0.59	[0.42; 0.77]	0.91
Verschwommenes Sehen	0.56	[0.37; 0.75]	0.90
Schwitzen	0.55	[0.38; 0.73]	0.79
Kopfdruck	0.55	[0.37; 0.75]	0.92
Gleichgewichtstörung	0.53	[0.05; 0.20]	0.36
Schwindel (Augen auf)	0.49	[0.30; 0.71]	0.99
Übelkeit	0.48	[0.30; 0.68]	0.92
Schwindel (Augen zu)	0.45	[0.34; 0.76]	1.00
Erhöhter Speichelfluss	0.40	[0.22; 0.57]	0.86
Kopfschmerzen	0.38	[0.23; 0.56]	0.81
Magen macht sich bemerkbar	0.33	[0.18; 0.51]	0.82
Aufstoßen	0.18	[0.07; 0.31]	0.61

Anmerkung. KI = Konfidenzintervall. Range: 0 – 3. Sortierung absteigend nach der Höhe der Mittelwerte.

Es zeigte sich, dass Müdigkeit ($M = 0.87$; $SD = 0.99$), Überanstrengung der Augen ($M = 0.84$; $SD = 0.99$) und Konzentrationsschwierigkeiten ($M = 0.73$; $SD = 0.92$) die am stärksten ausgeprägten Symptome waren. Dies entspricht den Ergebnissen von Neukum und Grattenthaler (2006), welche als am stärksten ausgeprägte Symptome Müdigkeit, Überanstrengung der Augen, allgemeines Unwohlsein und Konzentrationsschwierigkeiten identifizieren konnten. Alle genannten Items lassen sich der Subskala Okulomotorik zuordnen (siehe Kapitel 3.3.2 sowie Kennedy et al., 1993). Am schwächsten ausgeprägt waren Kopfschmerzen ($M = 0.38$; $SD = 0.81$), Magen macht sich bemerkbar ($M = 0.33$; $SD = 0.82$) sowie Aufstoßen ($M = 0.18$; $SD = 0.61$). Die letzteren beiden Symptome lassen sich der Subskala Übelkeit zuordnen, Kopfschmerzen hingegen gehören zur Subskala Okulomotorik (siehe Kapitel 3.3.2 sowie Kennedy et al., 1993).

4.5.2 Deskriptivstatistiken und Korrelationen physischer und psychischer Beschwerden sowie der Simulator Sickness Skalen

Physische Beschwerden sind im Mittel weniger stark ausgeprägt als psychische Beschwerden. Ein Einstichproben- t -Test konnte zeigen, dass dieser Unterschied signifikant ist ($t(90) = -8.87$, $p < .001$, $d = .93$; $1 - \beta = .99$). Dieser Unterschied zeigte einen großen Effekt. Der t -Test zeigte zudem eine hohe Power. Die beiden Prädiktorvariablen korrelieren dennoch hoch miteinander ($r = .700$, $p < .001$; $1 - \beta = .99$; siehe Tabelle 6), was bedeutet, dass sie positiv zusammenhängen (eine Person mit hohen Werten im Bereich physischer Beschwerden hat meist auch hohe Werte im Bereich psychischer Beschwerden), aber dennoch unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Die Korrelation ging ebenfalls mit einer hohen Teststärke einher. Tabelle 6 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen von Prädiktor- und Kriteriumsvariablen.

Tabelle 6

Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen der Prädiktor- und Kriteriumsvariablen

Variable	<i>M</i>	95% KI	<i>SD</i>	1	2	3	4	5	6
Prädiktoren									
1. Physische Beschwerden	1.40	[1.32, 1.48]	0.39	—	.700*	.496*	.528*	.618*	.599*
2. Psychische Beschwerden	1.75	[1.65, 1.86]	0.53		—	.588*	.695*	.725*	.735*
Kriteriumsvariablen									
3. Übelkeit	31.03	[24.01, 39.21]	35.63			—	.682*	.773*	.882*
4. Okulomotorik	34.57	[27.49, 41.98]	34.76				—	.812*	.920*
5. Desorientierung	50.94	[39.32, 62.72]	57.96					—	.942*
6. Gesamtskala SSQ	42.91	[34.28, 51.74]	42.76						—

Anmerkung. * $p < .05$; KI = Konfidenzintervall, Range physische und psychische Beschwerden: 1 – 4; Range Übelkeit: 0 – 200.34; Range Okulomotorik: 0 – 159.18; Range Desorientierung: 0 – 292.32, Range Gesamtskala SSQ: 0 – 235.62.

Die Mittelwerte für Übelkeit, Okulomotorik und Desorientierung als auch die Mittelwerte der Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires liegen im unteren Viertel der jeweiligen Gesamtskalen und sind somit niedrig ausgeprägt (siehe Tabelle 6). In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Stanney und Kennedy (1997) ist auch in dieser Untersuchung Desorientierung die am stärksten ausgeprägte Subskala. Es zeigte sich, dass Okulomotorik leicht stärker ausgeprägt ist als Übelkeit. Dies wurde von Stanney und Kennedy (1997) in umgekehrter Reihenfolge postuliert. Physische sowie psychische Beschwerden weisen mittlere bis große, signifikante Korrelationen zu allen Kriteriumsvariablen auf. Die Kriteriumsvariablen korrelieren untereinander stark, was dadurch begründet werden kann, dass die Skalen nicht disjunkt sind und teilweise mit

gleichen Items gemessen werden (zur Erklärung siehe Tab. 2, Kapitel 3.3.2). Für alle Korrelationen konnte eine hohe Teststärke ($1 - \beta > .90$) ermittelt werden

4.5.3 Beziehung zwischen physischen und psychischen Beschwerden und Simulator Sickness

Die schrittweisen multiplen Regressionsanalysen zeigten keine Beziehung zwischen physischen Beschwerden und Übelkeit, Okulomotorik sowie der Gesamtskala des SSQs auf. Physische Beschwerden wurden daher aus diesen Regressionsmodellen ausgeschlossen. Für psychische Beschwerden hingegen konnte für jede der genannten Kriteriumsvariablen eine Beziehung großer Effektstärke gefunden werden. Für die Subskala Desorientierung zeigte die schrittweise multiple Regressionsanalyse, dass sowohl physische als auch psychische Beschwerden als Prädiktoren betrachtet werden können. Physische Beschwerden zeigten eine mittlere Effektgröße ($r_{sp} = .22$), psychische Beschwerden hingegen eine große Effektgröße ($r_{sp} = .52$).

Die Tabellen 7 – 13 zeigen die Ergebnisse der schrittweisen multiplen Regressionsanalysen sowie die Übersicht über die ausgeschlossenen Variablen. In der nachfolgenden Darstellungen (Tabelle 7 und 8) ist zu erkennen, dass psychische Beschwerden als signifikanter Prädiktor mit einer großen Effektgröße ($\beta = .59$; $t(89) = 6.85$; $p < .001$; $r_{sp} = .59$) für Übelkeit in das Regressionsmodell einging, physische Beschwerden konnten nicht als signifikanter Prädiktor identifiziert werden konnte. Die entsprechenden Koeffizienten der ausgeschlossenen Variable sind in Tabelle 8 zu finden. Es konnte zudem festgestellt werden, dass für das signifikante Regressionsmodell eine große Teststärke zu verzeichnen ist ($1 - \beta > .99$).

Tabelle 7

Regressionsanalyse mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Übelkeit

Variable	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Psychische Beschwerden	39.68	[28.17, 51.19]	0.59	6.85	<.001	0.59

Anmerkung. $R^2 = .345$ ($N = 91$, $p < .001$); $VIF = 1.00$; $1 - \beta > .99$; KI = Konfidenzintervall.

Tabelle 8

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Übelkeit als Kriteriumsvariable

Variable	β	t	p	r_{sp}	VIF
Physische Beschwerden	0.17	1.40	.165	0.15	2.00

Auch für die Skala Okulomotorik wurden ebenfalls psychische Beschwerden als signifikanter Prädiktor mit hoher Effektgröße ($\beta = .70$, $t(89) = 9.13$, $p < .001$; $r_{sp} = .70$) in das Regressionsmodell aufgenommen (Tabelle 9). Das Modell zeigte ebenfalls eine hohe Teststärke ($1 - \beta > .99$). Physische Beschwerden wurden wegen fehlender Signifikanz aus dem Modell ausgeschlossen (Tabelle 10).

Tabelle 9

Multiple Regressionsanalyse mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Okulomotorik

Variable	B	95 % KI	β	t	p	r_{sp}
Psychische Beschwerden	45.81	[35.84, 55.79]	0.70	9.13	<.001	0.70

Anmerkung. $R^2 = .483$ ($N = 91$, $p < .001$); $VIF = 1.00$; $1 - \beta > .99$; KI = Konfidenzintervall.

Tabelle 10

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Okulomotorik als Kriteriumsvariable

Variable	β	t	p	r_{sp}	VIF
Physische Beschwerden	0.08	0.77	.444	0.08	2.00

Für die Subskala Desorientierung zeigte sich ein anderes Muster. Sowohl physische ($\beta = .22$; $t(89) = 2.16$; $p = .034$; $r_{sp} = .22$, Effekt mittlerer Stärke) als auch psychische Beschwerden mit ($\beta = .57$; $t(89) = 5.74$; $p < .001$; $r_{sp} = .52$; Effekt großer Stärke) konnten als signifikante Prädiktoren in das Regressionsmodell aufgenommen werden (Tabelle 11).

Tabelle 11

Regressionsanalyse mit physischen und psychischen Beschwerden als Prädiktoren für Desorientierung

Variablen	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Physische Beschwerden	31.74	[2.51, 60.97]	0.22	2.16	.034	0.22
Psychische Beschwerden	63.09	[41.24, 84.95]	0.57	5.74	<.001	0.52

Anmerkung. $R^2 = .550$ ($N = 91$, $p = .034$); $VIF = 1.96$; $1 - \beta > .99$; KI = Konfidenzintervall.

Für das Regressionsmodell mit physischen und psychischen Beschwerden als Prädiktoren für Desorientierung konnte ebenfalls eine hohe Teststärke verzeichnet werden ($1 - \beta > .99$).

Für die Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires zeigte sich, wie auch bei den Subskalen Übelkeit und Okulomotorik, dass psychische Beschwerden mit einem Effekt großer Stärke als signifikanter Prädiktor in das Regressionsmodell einging ($\beta = .74$; $t(89) = 10.22$; $p < .001$; $r_{sp} = .74$, Tabelle 12), physische Beschwerden allerdings nicht (Tabelle 13). Auch dieses Modell zeigte eine hohe Teststärke ($1 - \beta > .99$).

Tabelle 12

Regressionsanalyse mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQ

Variable	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Psychische Beschwerden	59.52	[47.99, 71.15]	0.74	10.22	<.001	0.74

Anmerkung. $R^2 = .540$ ($N = 91$, $p < .001$); $VIF = 1.00$; $1 - \beta > .99$; KI = Konfidenzintervall.

Tabelle 13

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit der Gesamtskala des SSQs als Kriteriumsvariable

Variable	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>	VIF
Physische Beschwerden	0.17	1.67	.099	0.18	2.00

4.5.4 Deskriptivstatistiken sowie Beziehung zwischen physischen und psychischen Beschwerden und Simulator Sickness getrennt nach Geschlecht

Wie in Kapitel 4.3 angeführt, wurden alle Analysen auch getrennt nach Geschlecht durchgeführt, um herauszufinden, ob es Unterschiede in der Beziehung der untersuchten Konstrukte zwischen den Geschlechtern gibt. An dieser Stelle wird nur zwischen männlichen und weiblichen Versuchspersonen differenziert, da kein_e Untersuchungsteilnehmer_in angab, einem anderen Geschlecht anzugehören. Wie auch in den Analysen der Gesamtstichprobe werden an dieser Stelle zunächst die Reliabilitäten der verwendeten Skalen und die deskriptivstatistischen Befunde der Prädiktor- und Kriteriumsvariablen für die Geschlechter sowie die *t*-Test-Ergebnisse der Vergleiche zwischen den Geschlechtern berichtet. Im Anschluss werden die Regressionsanalysen mit physischen und psychischen Beschwerden als Prädiktoren und den Simulator Sickness Subskalen sowie der Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires als Kriteriumsvariablen getrennt für Männer und Frauen dargestellt.

Wie in Tabelle 14 zu erkennen ist, sind die Reliabilitätskoeffizienten für alle Skalen sowohl für Männer als auch Frauen ausreichend hoch, um die Skalen in weitere Berechnungen zu inkludieren. Die Reliabilitätskoeffizienten in der weiblichen Substichprobe sind leicht höher als die der männlichen Substichprobe.

Tabelle 14

Reliabilitätswerte (Cronbachs α) der verwendeten Skalen getrennt nach Geschlecht

Skala	Männer (n = 67)	Frauen (n = 24)
TVP		
Physische Beschwerden	.695	.832
Psychische Beschwerden	.751	.875
SSQ		
Übelkeit	.722	.790
Okulomotorik	.821	.847
Desorientierung	.717	.780
Gesamtskala SSQ	.898	.926

Tabelle 15 zeigt die Mittelwerte, die dazugehörigen Konfidenzintervalle sowie die Standardabweichungen der Simulator Sickness Symptome, der Subskalen und der Gesamtskala des SSQ sowie der physischen und psychischen Beschwerden getrennt nach Geschlechtern. Es zeigt sich, dass Frauen bis auf „Aufstoßen“ generell höhere Werte für die einzelnen Symptome berichten als Männer. Wie in der Gesamtstichprobe ist auch hier zu erkennen, dass für beide Geschlechter Desorientierung die am stärksten ausgeprägte Subskala des Simulator Sickness Questionnaires ist. Anders als in Stanney und Kennedy (1997) postuliert, ist Okulomotorik in der männlichen Teilstichprobe stärker ausgeprägt als Übelkeit.

Tabelle 15

Mittelwerte, Konfidenzintervalle und Standardabweichungen der einzelnen Simulator Sickness Symptome, der Simulator Sickness Subskalen sowie der Gesamtskala und physischer sowie psychischer Beschwerden getrennt nach Geschlecht

	Männer (n = 67)			Frauen (n = 24)		
	<i>M</i>	95 % KI	<i>SD</i>	<i>M</i>	95 % KI	<i>SD</i>
Überanstrengung der Augen	0.78	[0.57; 1.00]	0.94	1.00	[0.58; 1.46]	1.14
Müdigkeit	0.73	[0.54; 0.96]	0.88	1.25	[0.79; 1.75]	1.19
Konzentrations- schwierigkeiten	0.63	[0.43; 0.85]	0.83	1.00	[0.54; 1.46]	1.14
Probleme scharf zu sehen	0.58	[0.37; 0.84]	0.89	0.63	[0.25; 1.04]	1.01
Verschwommen es Sehen	0.52	[0.33; 0.75]	0.84	0.67	[0.25; 1.12]	1.05
Allgemeines Unwohlsein	0.51	[0.31; 0.72]	0.82	0.83	[0.46; 1.29]	1.09
Gleichgewichtss- törungen	0.48	[0.27; 0.73]	0.98	0.67	[0.29; 1.13]	1.09
Schwitzen	0.45	[0.30; 0.61]	0.70	0.83	[0.46; 1.21]	0.96
Übelkeit	0.45	[0.25; 0.67]	0.88	0.58	[0.21; 1.00]	1.06
Kopfdruck	0.40	[0.24; 0.63]	0.78	0.96	[0.50; 1.42]	1.16
Erhöhter Speichelfluss	0.33	[0.16; 0.54]	0.79	0.58	[0.21; 1.04]	1.02
Kopfschmerzen	0.30	[0.15; 0.49]	0.72	0.63	[0.25; 1.08]	1.01
Schwindel (Augen zu)	0.30	[0.13; 0.49]	0.74	0.87	[0.46; 1.33]	1.12

Schwindel (Augen auf)	0.30	[0.12; 0.51]	0.76	1.04	[0.50; 1.63]	1.33
Magen macht sich bemerkbar	0.24	[0.09; 0.43]	0.74	0.58	[0.25; 1.00]	0.97
Aufstoßen	0.22	[0.07; 0.43]	0.69	0.04	[0.00; 0.13]	0.20
Subskala Des- orientierung	42.18	[30.75; 54.23]	49.89	75.40	[48.14; 104.97]	71.80
Gesamtskala SSQ	37.01	[28.08; 45.88]	37.13	59.37	[38.35; 81.50]	53.04
Subskala Okulo- motorik	30.66	[23.76; 38.58]	31.27	45.48	[29.70; 62.54]	41.88
Subskala Übel- keit	26.91	[19.51; 34.74]	31.94	42.53	[25.45; 60.02]	43.03
Psychische Beschwerden	1.66	[1.56; 1.77]	0.44	2.00	[1.74; 2.26]	0.67
Physische Beschwerden	1.34	[1.27; 1.42]	0.33	1.58	[1.39; 1.77]	0.50

Anmerkung. KI = Konfidenzintervall. Range der einzelnen Simulator Sickness Symptome: 0 – 3; Range Übelkeit: 0 – 200.34; Range Okulomotorik: 0 – 159.18; Range Desorientierung: 0 – 292.32; Range Gesamtskala SSQ: 0 – 235.62; Range physische und psychische Beschwerden: 1 – 4. Sortierung der einzelnen Symptome, der Skalen des Simulator Sickness Questionnaire und der psychischen und physischen Beschwerden, jeweils absteigend nach der Höhe der Mittelwerte der männlichen Teilstichprobe.

Um zu untersuchen, ob sich die gefundenen Mittelwertsunterschiede signifikant zwischen den Geschlechtern unterscheiden, wurden t-Tests gerechnet. Tabelle 16 zeigt die Ergebnisse dieser t-Tests für den Geschlechtsvergleich der einzelnen Simulator Sickness Symptome, der Subskalen und der Gesamtskala des SSQ sowie physischer und psychischer Beschwerden.

Tabelle 16

Geschlechterunterschiede der einzelnen Simulator Sickness Symptome, der Subskalen und der Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires sowie der Skalen zu physischen und psychischen Beschwerden

	<i>t</i> (89)	<i>p</i>	Cohens <i>d</i>
Überanstrengung der Augen	0.95	.346	.22
Müdigkeit	1.95	.059	.54
Konzentrationsschwierigkeiten	1.71	.092	.51
Probleme scharf zu sehen	0.20	.846	.05
Verschwommenes Sehen	0.67	.502	.17
Allgemeines Unwohlsein	1.33	.191	.35
Gleichgewichtsstörungen	0.79	.432	.19
Schwitzen	2.08	.040*	.49
Übelkeit	0.56	.578	.14
Kopfdruck	2.18	.037*	.63
Erhöhter Speichelfluss	1.11	.273	.29
Kopfschmerzen	1.45	.156	.41
Magen macht sich bemerkbar	1.58	.124	.42
Schwindel (Augen auf)	2.58	.015*	.79
Schwindel (Augen zu)	2.35	.025*	.68
Aufstoßen	-1.93	.057	.30
Subskala Desorientierung	2.09	.045*	.59
Gesamtskala SSQ	1.91	.066	.54
Subskala Okulomotorik	1.53	.123	.43
Subskala Übelkeit	1.63	.114	.44
Psychische Beschwerden	2.26	.031*	.65
Physische Beschwerden	2.15	.040*	.63

Anmerkung. *kumuliertes $p < .045$ (Bonferronikorrektur). Signifikante Ergebnisse wurden fett markiert. Sortierung entsprechend Tabelle 15, jeweils nach der Höhe der Mittelwerte der männlichen Teilstichprobe.

Es zeigte sich, dass Frauen signifikant mehr Schwitzen ($t(89) = 2.08; p < .045; d = .49; 1 - \beta = .66$), Kopfdruck ($t(89) = 2.18; p < .045; d = .63; 1 - \beta = .84$) und Schwindel bei geschlossenen Augen ($t(89) = 2.35; p < .045; d = .68; 1 - \beta = .88$) sowie geöffneten Augen ($t(89) = 2.58; p < .045; d = .79; 1 - \beta = .95$) erleben. Diese Unterschiede zeigten jeweils einen mittleren Effekt bei einer geringen (lediglich für das Item Schwitzen) bis hohen Teststärke. Bis auf das Item Schwitzen laden die genannten Items auf der SSQ-Subskala Desorientierung, welche ebenfalls einen mittleren signifikanten Effekt des Geschlechtsunterschieds zeigt ($t(89) = 2.09; p < .045; d = .59; 1 - \beta = .79$; Teststärke ausreichend). Frauen zeigten auf dieser Subskala signifikant höhere Werte als Männer. Des Weiteren erleben Frauen signifikant mehr physische ($t(89) = 2.15; p < .045; d = .63; 1 - \beta = .84$) und psychische Beschwerden ($t(89) = 2.26; p < .045; d = .65; 1 - \beta = .86$). Auch für diese Variablen zeigten sich hohe Effektstärken und eine ausreichende Teststärke.

In Tabelle 17 sind die Korrelationen der Prädiktor- und der Kriteriumsvariablen getrennt nach Geschlecht abgebildet. Es ist zu erkennen, dass alle Korrelationen der weiblichen Stichprobe höher sind als die in der männlichen Stichprobe. Wie in der Gesamtstichprobe auch korrelieren in beiden Substichproben die Prädiktor- und die Kriteriumsvariablen untereinander hoch. In der männlichen Stichprobe korrelieren physische und psychische Beschwerden mit einer mittleren bis großen Effektgröße signifikant mit allen Simulator Sickness Subskalen. In der weiblichen Stichprobe sind alle Korrelationen zwischen Prädiktor- und Kriteriumsvariablen hoch ausgeprägt. Alle Korrelationen weisen in beiden Teilstichproben hohe Teststärken auf ($1 - \beta > .90$).

Die Tabellen 18 – 25 bilden die Ergebnisse der schrittweisen multiplen Regressionsanalysen mit physischen sowie psychischen Beschwerden als Prädiktoren und den Simulator Sickness Skalen als Kriteriumsvariablen für die männlichen Versuchspersonen ab. Es zeigte sich, dass nur psychische Beschwerden einen Prädiktor für die Skalen des Simulator Sickness Questionnaires darstellen. Diese Effekte zeigten mittlere bis große Effektstärken. Physische Beschwerden wurden in jeder schrittweise multiplen Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer aus der Regression ausgeschlossen.

Wie in der Gesamtstichprobe auch, ist in Tabelle 18 zu erkennen, dass psychische Beschwerden als Prädiktor für Übelkeit ($\beta = .49; t(65) = 4.49; p < .001$) mit einer hohen Effektstärke ($r_{sp} = .49$) in das Regressionsmodell der männlichen Teilstichprobe

eingingen, nicht aber physische Beschwerden (Tabelle 19). Für das Modell konnte eine hohe Teststärke ($1 - \beta = .98$) gezeigt werden.

Tabelle 17

Korrelationen der Prädiktor- und der Kriteriumsvariablen getrennt nach Geschlecht

Variable	1	2	3	4	5	6
Männer (n = 67)						
1. Physische Beschwerden	—	.644*	.425*	.352*	.555*	.490*
2. Psychische Beschwerden		—	.487*	.602*	.683*	.661*
3. Übelkeit			—	.631*	.748*	.870*
4. Okulomotorik				—	.748*	.898*
5. Desorientierung					—	.924*
6. Gesamtskala						—
SSQ						
Frauen (n = 24)						
1. Physische Beschwerden	—	.715*	.535*	.721*	.636*	.682*
2. Psychische Beschwerden		—	.680*	.796*	.733*	.793*
3. Übelkeit			—	.731*	.786*	.889*
4. Okulomotorik				—	.890*	.946*
5. Desorientierung					—	.960*
6. Gesamtskala						—
SSQ						

Anmerkung. * $p < .05$

Tabelle 18

Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Übelkeit

Variable	<i>B</i>	95% KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Psychische Beschwerden	35.29	[19.61; 50.98]	0.49	4.49	<.001	0.49

Anmerkung. $R^2 = .237$ ($N = 67$, $p < .001$); $VIF = 1.00$; $1 - \beta = .98$; KI = Konfidenzintervall.

Tabelle 19

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Übelkeit als Kriteriumsvariable für die männlichen Versuchsteilnehmer

Variable	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>	VIF
Physische Beschwerden	0.19	1.36	.179	0.17	1.71

Dieses Muster zeigt sich erneut bei der Subskala Okulomotorik: Auch hier zeigten sich psychische Beschwerden als signifikanter Prädiktor mit einer hohen Effektstärke ($\beta = .60$; $t(65) = 6.08$; $p < .001$; $r_{sp} = .60$; Tabelle 20), physische Beschwerden hingegen nicht (Tabelle 21). Das Regressionsmodell konnte auch an dieser Stelle eine hohe Teststärke aufweisen ($1 - \beta > .99$).

Tabelle 20

Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Okulomotorik

Variable	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Psychische Beschwerden	42.73	[28.70; 56.76]	0.60	6.08	<.001	0.60

Anmerkung. $R^2 = .363$ ($N = 67$; $p < .001$); $VIF = 1.00$; $1 - \beta > .99$; KI = Konfidenzintervall.

Tabelle 21

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Okulomotorik als Kriteriumsvariable für die männlichen Versuchsteilnehmer

Variable	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>	VIF
Physische Beschwerden	-0.06	-0.46	.646	-0.06	1.71

Anders als in der Gesamtstichprobe konnte für die männliche Stichprobe nicht gezeigt werden, dass für die Skala Desorientierung beide Beschwerdearten als Prädiktoren in das Modell eingebracht werden konnten. Auch für diese Subskala konnten psychische Beschwerden als signifikanter Prädiktor mit hoher Effektstärke identifiziert werden ($\beta = .68$; $t(65) = 7.55$; $p < .001$; $r_{sp} = .68$; Tabelle 22), physische Beschwerden hingegen nicht (Tabelle 23). Das Regressionsmodell zeigte eine hohe Teststärke ($1 - \beta > .99$).

Tabelle 22

Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Desorientierung

Variable	<i>B</i>	95% KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Psychische Beschwerden	77.38	[14.84; 56.85]	0.68	7.55	<.001	0.68

Anmerkung. $R^2 = .467$ ($N = 67$, $p < .001$); $VIF = 1.00$; $1 - \beta > .99$; KI = Konfidenzintervall.

Wie in allen Subskalen für die männlichen Versuchsteilnehmer, zeigte sich dieses Muster auch für die Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires: Psychische Beschwerden waren für diese ein signifikanter Prädiktor ($\beta = .66$; $t(65) = 7.10$; $p < .001$; Tabelle 24), für physische Beschwerden konnte dies nicht nachgewiesen werden (Tabelle 25). Für den signifikanten Prädiktor zeigte sich wie auch in den Modellen der Subskalen ein großer Effekt ($r_{sp} = .66$). Es wurde zudem ebenfalls eine hohe Teststärke ermittelt ($1 - \beta > .99$).

Tabelle 23

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Desorientierung als Kriteriumsvariable für die männlichen Versuchsteilnehmer

Variable	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>	VIF
Physische Beschwerden	0.20	1.68	.097	0.21	1.71

Tabelle 24

Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQ

Variable	<i>B</i>	95% KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Psychische Beschwerden	55.71	[40.04; 71.37]	0.66	7.10	<.001	0.66

Anmerkung. $R^2 = .437$ ($N = 67$, $p < .001$); $VIF = 1.71$; $1 - \beta > .99$; KI = Konfidenzintervall.

Tabelle 25

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit der Gesamtskala des SSQs als Kriteriumsvariable für die männlichen Versuchsteilnehmer

Variable	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>	VIF
Physische Beschwerden	0.11	0.91	.368	0.11	1.71

In den nachfolgenden Tabellen 26 – 33 werden die Ergebnisse der Regressionsanalysen für die weiblichen Versuchsteilnehmer dargestellt. Die Ergebnisse entsprechen denen der männlichen Teilstichprobe: In allen Regressionsmodellen zeigte sich, dass psychische Beschwerden mit einer mittleren bis großen Effektgröße ein Prädiktor für die jeweilige Simulator Sickness (Sub-)Skala ist, nicht aber physische Beschwerden.

In Tabelle 26 sind die Ergebnisse für psychische Beschwerden als signifikanter Prädiktor für Übelkeit in der weiblichen Substichprobe zu finden ($\beta = .68$; $t(22) = 4.35$; $p < .001$; $r_{sp} = .41$; mittlerer Effekt). Physische Beschwerden konnten nicht als signifikanter Prädiktor identifiziert werden (Tabelle 27). Das Regressionsmodell zeigte eine hohe Teststärke ($1 - \beta > .97$).

Tabelle 26

Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Übelkeit

Variable	<i>B</i>	95% KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Psychische Beschwerden	43.75	[22.89, 64.62]	0.68	4.35	< .001	0.41

Anmerkung. $R^2 = .462$ ($N = 24$, $p < .001$); $VIF = 1.00$; $1 - \beta = .97$; KI = Konfidenzintervall.

Tabelle 27

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Übelkeit als Kriteriumsvariable für die weiblichen Versuchsteilnehmer

Variable	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>	VIF
Physische Beschwerden	0.10	0.43	.665	0.10	2.01

Dieses Muster zeigte sich auch für die Subskala Okulomotorik: Als signifikanter Prädiktor gingen psychische Beschwerden mit einer hohen Effektstärke in das Modell ein ($\beta = .80$; $t(22) = 6.18$; $p < .001$; $r_{sp} = .80$; Tabelle 28), physische Beschwerden allerdings nicht (Tabelle 29). Auch dieses Regressionsmodell zeigte eine hohe Teststärke ($1 - \beta > .99$).

Tabelle 28

Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Okulomotorik

Variable	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Psychische Beschwerden	49.88	[33.13, 66.24]	0.80	6.18	< .001	0.80

Anmerkung. $R^2 = .634$ ($N = 24$; $p < .001$); $VIF = 1.00$; $1 - \beta > .99$; KI = Konfidenzintervall.

Tabelle 29

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Okulomotorik als Kriteriumsvariable für die weiblichen Versuchsteilnehmer

Variable	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>	VIF
Physische Beschwerden	0.31	1.77	.092	0.36	2.01

Für Desorientierung konnte, wie bei den männlichen Versuchsteilnehmern auch, bei den weiblichen Versuchsteilnehmern nicht das Regressionsmodell der Gesamtstichprobe gefunden werden. Für diese Subskala konnten erneut psychische Beschwerden als signifikanter Prädiktor mit einer hohen Effektstärke identifiziert werden ($\beta = .73$; $t(22) = 5.06$; $p < .001$; $r_{sp} = .73$; Tabelle 30), nicht aber physische Beschwerden (Tabelle 31). Für dieses Modell konnte eine hohe Teststärke identifiziert werden ($1 - \beta > .99$).

Tabelle 30

Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für Desorientierung

Variable	<i>B</i>	95% KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Psychische Beschwerden	78.72	[46.44, 111.01]	0.73	5.06	< .001	0.73

Anmerkung. $R^2 = .538$ ($N = 24$, $p < .001$); $VIF = 1.00$; $1 - \beta > .99$; KI = Konfidenzintervall.

Tabelle 31

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit Desorientierung als Kriteriumsvariable für die weiblichen Versuchsteilnehmer

Variable	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>	VIF
Physische Beschwerden	0.23	1.11	.278	0.24	2.01

Das Regressionsmodell der weiblichen Teilstichprobe mit der Gesamtskala des SSQs als Kriteriumsvariable bildet das bisher gefundene Muster der weiblichen Stichprobe ebenfalls ab: Psychische Beschwerden konnten als signifikanter Prädiktor in das Modell aufgenommen werden ($\beta = .79$; $t(22) = 6.11$; $p < .001$; $r_{sp} = .79$; Tabelle 32), physische Beschwerden allerdings nicht (Tabelle 33). Auch für dieses Regressionsmodell konnte eine hohe Teststärke ermittelt werden ($1 - \beta > .99$).

Tabelle 32

Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit psychischen Beschwerden als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQ

Variable	<i>B</i>	95% KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>
Psychische Beschwerden	62.91	[41.55, 84.28]	0.79	6.11	< .001	0.79

Anmerkung. $R^2 = .629$ ($N = 24$, $p < .001$); $VIF = 1.00$; $1 - \beta > .99$; KI = Konfidenzintervall.

Tabelle 33

Übersicht der ausgeschlossenen Variable aus der Regressionsanalyse mit der Gesamtskala des SSQs als Kriteriumsvariable für die weiblichen Versuchsteilnehmer

Variable	β	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>r_{sp}</i>	VIF
Physische Beschwerden	0.24	1.30	.211	0.27	2.01

4.6 Diskussion

An dieser Stelle sollen die Befunde dieser Untersuchung diskutiert werden. Zu diesem Zweck erfolgt zunächst eine Zusammenfassung der Studie (Kapitel 4.6.1), anschließend werden die gefundenen Ergebnisse interpretiert (Kapitel 4.6.2), um abschließend auf Limitationen (Kapitel 4.6.3), Stärken (Kapitel 4.6.4) und Implikationen (Kapitel 4.6.5) der Untersuchung einzugehen.

4.6.1 Zusammenfassung der Untersuchung

Diese Studie untersuchte die Beziehung zwischen aktuellen physischen und psychischen Beschwerden und dem Erleben von Simulator Sickness. Vorhergesagt wurde, dass sowohl physische (*H1*) als auch psychische Beschwerden (*H2*) einen positiven Zusammenhang mit Simulator Sickness aufweisen. Zudem wurde geprüft, ob es einen Unterschied dieser Beziehung zwischen Männern und Frauen gibt (*FFI*). Zur

Prüfung dieser Beziehung wurden $N = 91$ Versuchspersonen gebeten, Selbstberichtsskalen zu physischen und psychischen Beschwerden (Hänsgen & Spicher, 2000) zu beantworten. Anschließend bearbeiteten sie den Lane Change Task (Mattes, 2003) in einer Fahrsimulationsumgebung und darauffolgend den Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy et al., 1993). Mittels vier multipler Korrelations- und Regressionsanalysen mit physischen und psychischen Beschwerden als Prädiktoren und Übelkeit, Okulomotorik, Desorientierung und der Gesamtskala des SSQs als Kriteriumsvariablen wurde herausgefunden, dass physische Beschwerden keine Beziehung zu Simulator Sickness aufweisen (die $H1$ wird an dieser Stelle verworfen), psychische Beschwerden allerdings schon (die $H2$ wird an dieser Stelle angenommen). Für beide Geschlechter zeigten sich gleiche Muster des Zusammenhangs der untersuchten Variablen: Psychische Beschwerden konnten in jedes Regressionsmodell als signifikanter Prädiktor für die jeweilige (Sub-)Skala des Simulator Sickness Questionnaires eingehen, physische Beschwerden nicht.

4.6.2 Ergebnisinterpretation

Psychische Beschwerden weisen eine positive Beziehung zu Übelkeit, Okulomotorik, Desorientierung und der Gesamtskala des SSQs auf. Daher können psychische Beschwerden als Prädiktor für Simulator Sickness in einer Fahrsimulationsumgebung gesehen werden. Physische Beschwerden hingegen konnten nicht als signifikanter Prädiktor für Simulator Sickness identifiziert werden. Dass psychische, nicht aber physische Beschwerden eine signifikant positive Beziehung zu Simulator Sickness aufweisen, kann unter anderem durch die signifikant stärkere Ausprägung der psychischen Beschwerden verglichen mit den physischen Beschwerden begründet werden. Die Stichprobe bestand zu großen Teilen aus jungen Studierenden, bei denen physische Probleme nicht so präsent sind wie bei anderen Personengruppen (Hänsgen, 1991). Andererseits erleben Studierende psychische Probleme wie Stress stärker als andere Personengruppen (Herbst, Müller, Voeth, Eidhoff & Stief, 2009). Ein Einstichproben- t -Test zeigte, dass psychische Beschwerden in der untersuchten Stichprobe signifikant stärker ausgeprägt waren als physische Beschwerden. Dieses Ergebnis stützt den Gedanken, dass die untersuchte Stichprobe mehr psychische als physische Belastungen erlebt. Es zeigte sich, dass physische und psychische Beschwerden hoch miteinander korrelieren ($r = .708, p < .05$). Personen mit einer hohen

Ausprägung physischer Beschwerden geben auch an, stärker an psychischen Beschwerden zu leiden.

Hinsichtlich der Geschlechtsunterschiede zeigte sich, dass Frauen signifikant mehr Desorientierung erleben als Männer. Dieser Effekt konnte weder für Übelkeit noch für Okulomotorik noch für die Gesamtskala des SSQs gezeigt werden. Das Ergebnis ist übereinstimmend mit anderen Forschungsergebnissen (z. B. Neukum & Grattenthaler, 2006), die ebenfalls höhere Desorientierungswerte für Frauen finden konnten. Als Erklärung wird dabei oftmals ein Selbstberichtseffekt herangezogen, nach welchem Frauen eher bereit sind, zuzugeben, Simulator Sickness Symptome zu erleben (Biocca, 1992). Der Selbstberichts-effekt erklärt allerdings nicht, warum dieser Effekt nur bei Desorientierung, nicht aber bei den anderen (Sub-)Skalen der Simulator Sickness auftrat. Nach Berechnung der Regressionsanalysen mit physischen und psychischen Beschwerden als Prädiktoren und den (Sub-)Skalen der Simulator Sickness als Kriteriumsvariablen getrennt nach Geschlecht zeigte sich, abgesehen von der Subskala Desorientierung, ein ähnliches Muster wie das der Gesamtstichprobe: Physische Beschwerden zeigten sich in beiden Teilstichproben nicht als signifikanter Prädiktor für Simulator Sickness, psychische Beschwerden hingegen schon. Je mehr psychische Beschwerden Personen aktuell erleben, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie während und nach einer Simulationsexposition Simulator Sickness erleben.

Darüber hinaus könnten auch weitere Variablen die Beziehung zwischen physischen sowie psychischen Variablen und Simulator Sickness beeinflussen und als konfundierende Variablen dieser Beziehung in Betracht gezogen werden. Subjektiv wahrgenommener Stress kann das Erleben *physischer* Beschwerden erhöhen (Gallo et al., 2015), wohingegen Selbstbewusstsein und der sozioökonomische Status einer Person das Erleben von *psychischen* Beschwerden beeinflussen kann (Bolognini, Plancherel, Bettschart & Halfon, 1996; WHO International Consortium In psychiatric epidemiology, 2000).

4.6.3 Limitationen der Untersuchung

Diese Studie hat Limitationen. Eine Limitation ist die Stichprobenszusammensetzung. Durch die Charakteristiken einer technischen Universität bestand die Stichprobe zu überwiegender Teil aus jungen, männlichen Studierenden. Die

Ergebnisse können nicht auf andere Geschlechts- oder Altersverteilungen generalisiert werden. Künftige Forschung sollte mit einem ausgewogenen Geschlechter- und Altersverhältnis arbeiten, da Studien bereits zeigen konnten, dass Simulator Sickness stärker bei Frauen und älteren Menschen ausgeprägt ist (Park et al., 2006). Zudem variiert auch die Stärke der physischen und psychischen Beschwerden zwischen verschiedenen Altersgruppen (Hänsgen, 1991).

Eine weitere Limitation liegt in der Simulationsumgebung begründet. Der Lane Change Task ist eine nicht-komplexe Fahrsimulationsaufgabe (Mattes, 2003). Andere Untersuchungen ergaben, dass Simulator Sickness mit der Komplexität der Fahrsimulationsumgebung steigt. So haben beispielsweise Kurven und Abbiegemanöver einen Einfluss auf das Erleben von Simulator Sickness (Mourant et al., 2007).

Darüber hinaus erlauben korrelative Studiendesigns keine Kausalaussagen. Um dies zu ermöglichen, müssten experimentelle oder quasi-experimentelle Designs angewandt oder Längsschnittstudien konzipiert werden (siehe u.a. Döring & Bortz, 2016).

4.6.4 Stärken der Untersuchung

Eine Stärke dieser Studie besteht darin, dass sie eine der ersten Untersuchungen ist, die sowohl aktuelle physische als auch aktuelle psychische Beschwerden mit dem Erleben von Simulator Sickness in Verbindung brachte. Bisherige Untersuchungen haben sich meist auf eine spezifisch physische bzw. psychische Erkrankung oder Störung fokussiert (z. B. Schlaganfallpatienten in Rizzo et al., 2009; Personen mit Gleichgewichtsstörungen in Whitney et al., 2006; Demenz in Flynn et al., 2003), obwohl zwischen physischer und psychischer Gesundheit bzw. psychischem Wohlbefinden (als Indikatoren für fehlende physische und psychische Beschwerden) ein starker Zusammenhang besteht (Cho, Martin, Margrett, MacDonald & Poon, 2011; Ohrnberger, Fichera & Sutton, 2017).

Darüber hinaus haben Untersuchungen mit Versuchspersonen mit psychischen Krankheiten und Störungen häufig sehr kleine Stichprobengrößen (z. B. $N = 6$ bei Flynn et al., 2003 bzw. $N = 5$ bei Whitney et al., 2006) und konnten keine Effekte auf Simulator Sickness nachweisen. In der vorliegenden Studie konnten $N = 91$ Versuchspersonen mit subklinischen Beschwerden untersucht werden. Dabei wurden mittlere Effekte der

Beziehung zwischen psychischen Beschwerden und Subskalen der Simulator Sickness gefunden. Dieses Ergebnis zeigt die Relevanz weiterer Untersuchungen mit Personen mit subklinischen sowie klinischen psychischen Beschwerden zur Überprüfung der Generalisierbarkeit dieser Ergebnisse.

4.6.5 Implikationen für Forschung und Praxis

Direkte Forschungsimplicationen ergeben sich aus den Limitationen dieser Untersuchung. Untersuchungen mit altersheterogenen Stichproben ausgewogener Geschlechtsverteilung können tiefere Einblicke in die Beziehung zwischen physischen und psychischen Beschwerden und Simulator Sickness geben.

Darüber hinaus wäre eine Untersuchung mit komplexen Fahrscenarien und einem motion-based Fahrsimulator interessant, da das Erleben von Simulator Sickness mit steigender Komplexität der Simulationsumgebung und durch die Verwendung einer beweglichen Plattform verstärkt wird (z. B. McCauley & Sharkey, 1992).

Des Weiteren sollten experimentelle Studiendesigns oder Messwiederholungsdesigns implementiert werden, um Kausalaussagen über die Beziehung zwischen physischen und psychischen Beschwerden und Simulator Sickness zuzulassen (Döring & Bortz, 2016).

Für die praktische Anwendung bedeuten die Ergebnisse, dass Personen mit aktuellen psychischen Beschwerden nicht einer Simulationsumgebung ausgesetzt werden sollte, da dies das Erleben von Simulator Sickness verstärken könnte. Die Erhebung von Daten zur Erfassung psychischer Beschwerden ist allerdings mit weiteren ethischen Problemen verknüpft. Durch die Erfassung dieser sensiblen Gesundheitsdaten können Verlaufsdaten erstellt und spezifische Diagnosen gestellt werden. Es ist an dieser Stelle stark abzuwägen, ob es aus diesem Grund zu einem Ausschluss von Untersuchungen in Simulationen kommen sollte.

5 Die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness

Der Fahrprozess ist eine primär visuelle Aufgabe (Allen et al., 2011; Ball, Owsley, Sloane, Roenker & Bruni, 1993), sowohl im Realfahrzeug als auch in der Simulationsumgebung (Vollrath & Krems, 2011). Die Relevanz der visuellen Hinweisreize zeigt sich auch in den sich ständig verbessernden Displaytechnologien zur Darstellung von Fahraufgaben in Simulationsumgebungen (z. B. hinsichtlich Helligkeit, Kontrasten, Auflösung, Field of View; Allen et al., 2011). Diese Verbesserungen sind notwendig, um den komplexen Fahrprozess, bei welchem aktiv Informationen gesucht und transformiert werden, in der Simulationsumgebung realistisch zu gestalten (Castro, 2009). Dabei ist zudem zu beachten, dass die Fahrumwelt viele dynamische und sich schnell verändernde Reize beinhaltet, deren korrekte Erkennung, Identifikation und Bewertung zentral für sicheres Fahrverhalten sind (Wickens & Horrey, 2009). Visuelle Hinweisreize sind dabei essentiell, da etwa 90 % aller Fahrinformationen visuell aufgenommen werden (Vollrath & Krems, 2011). Die menschlichen Kapazitäten zur Verarbeitung sensorischer Informationen sind allerdings begrenzt, was dazu führen kann, dass bestimmte Ereignisse oder Reize verpasst werden (Castro, 2009; Wickens & Horrey, 2009). Die Unaufmerksamkeit von Fahrern wird als eine der Hauptunfallursachen gesehen (Castro, 2009). Wickens und Horrey (2009) argumentieren, dass 10 – 50 % aller Fahrunfälle auf Unaufmerksamkeit oder Ablenkung des Fahrers zurückzuführen sind.

Für den Fahrprozess und somit auch für die Fahrsimulationsforschung ist *visuelle Aufmerksamkeit* ein Kernkonzept (Vollrath & Krems, 2011). Wie bereits erwähnt, werden die Informationen, die für eine Fahraufgabe relevant sind (wie zum Beispiel Informationen über die Beschaffenheit und die Begrenzung einer Straße; Onimaru & Kitazaki, 2010) hauptsächlich über visuelle Reize wahrgenommen (Hills, 1980). Werden die gegebenen visuellen Hinweisreize falsch wahrgenommen oder verarbeitet, stellt dies einen potentiellen Risikofaktor für menschliche Fahrfehler dar. Daher ist vor allem die individuelle Fähigkeit, Aufmerksamkeit auf die wichtigsten Hinweisreize (z. B. Verkehrsschilder) zu lenken von zentraler Bedeutung für den Fahrprozess (Vollrath & Krems, 2011). Durch zahlreiche Ablenkungsquellen rückt auch die Untersuchung der Aufmerksamkeit für die Fahraufgabe in den Fokus der Forschung (Eichinger, 2011). Eine mögliche Quelle zur Ablenkung von der Fahraufgabe in Simulationsumgebungen kann möglicherweise Simulator Sickness sein (Stoner et al., 2011). Das Erleben von Simulator Sickness unterliegt intermodalen Konflikten, welche bei der Wahrnehmung visueller

Reize und deren Interferenzen mit vestibulären Reizen entstehen (Sensorische Konflikttheorie, Reason & Brand, 1975). In Fahrsimulationsumgebungen werden Konflikte dieser Art ausgelöst, wenn die visuellen Reize eine Bewegung induzieren, die vestibulären Reize für diese Bewegung nicht vorliegen (Neukum & Grattenthaler, 2006).

Da sowohl für den Fahrprozess in der Simulationsumgebung als auch für das Erleben von Simulator Sickness visuelle Hinweisreize von besonderer Bedeutung sind (Neukum & Grattenthaler, 2006; Vollrath & Krems, 2011), widmet sich dieses Kapitel einer Studie zur Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness. Zunächst wird *visuelle Aufmerksamkeit* definiert (Kapitel 5.1), anschließend wird der *Forschungsstand* zur Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness aufgearbeitet (Kapitel 5.2), aus welchem sich die *Forschungsfrage* (Kapitel 5.3) ableiten. Darauf aufbauend wird die *Methode* der Untersuchung (Kapitel 5.4) beschrieben und die *Ergebnisse* (Kapitel 5.5) werden dargestellt. In der abschließenden *Diskussion* (Kapitel 5.6) werden die Ergebnisse interpretiert und Limitationen sowie Stärken der Studie kritisch beurteilt.

5.1 Visuelle Aufmerksamkeit

Um das Konstrukt der visuellen Aufmerksamkeit näher zu beleuchten, sollte zunächst erläutert werden, was unter Aufmerksamkeit verstanden wird (Kapitel 5.1.1). Aufbauend auf diesem grundlegenden Verständnis wird das Konstrukt der visuellen Aufmerksamkeit beschrieben (Kapitel 5.1.2).

5.1.1 Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeit ist ein „komplexes System von zum Teil hochspezifischen, zum Teil umfassenden Teilleistungen“ (Sturm & Zimmermann, 2000, S. 352), welches „die Fähigkeit, Informationen zu selektieren und andere zu ignorieren“ (Krummenacher, 2014, S. 208) beschreibt. Laut Brickenkamp, Schmidt-Atzert und Liepmann (2010) hat Aufmerksamkeit viele Definitionen, welche auf die klassische Definition von James (1890) zurückgehen:

Es ist die Inbesitznahme eines von anscheinend mehreren simultan möglichen Gegenständen oder Gedankensträngen durch den Geist in klarer und lebendiger Form. Die Fokusbildung, die Konzentration des Bewusstseins sind ihr Wesen. Sie setzt Rückzug von einigen Dingen voraus, um effektiv mit anderen umgehen zu können. (James, 1890, S. 403f, zitiert nach Solso, 2005, S. 79).

Die dieser Definition zentralen Punkte sind die Reizselektion internaler und externaler Reize und die Ausblendung irrelevanter Reize. Diese Merkmale sind auch relevant für aktuelle Definitionen von Aufmerksamkeit, welche meist zwei Aspekte gemeinsam haben: Erstens muss sich um ein wahrnehmungsbezogenes Phänomen handeln und zweitens muss eine Reizselektion stattfinden. Brickenkamp et al. (2010) empfehlen, der Definition von Schmidt-Atzert, Krumm und Bühner (2008) zu folgen, welche Aufmerksamkeit als „Selektion von unmittelbar wahrgenommenen, relevanten externen Reizen/Ereignissen“ (S. 60) definieren. Aufmerksamkeit dient dazu, Reize willentlich (goal-oriented) oder unwillentlich (stimulus-driven) auszuwählen und relevante Reize von irrelevanten zu unterscheiden (Prieler, 2011b). Die vorgeschlagene Definition von Schmidt-Atzert et al. (2008) beinhaltet zudem einen Wahrnehmungsbezug, durch welchen die Autoren interne Reize ausschließen, da diese schwer zu operationalisieren sind.

Es kann zwischen verschiedenen Formen von Aufmerksamkeit unterschieden werden: selektive (auch geteilte) Aufmerksamkeit, Daueraufmerksamkeit und Vigilanz (Brickenkamp et al., 2010). Im Kontext der folgenden Untersuchung sind vor allem selektive und Daueraufmerksamkeit relevant. *Selektive Aufmerksamkeit* bezieht sich auf die Fähigkeit, in komplexen Umwelten selektiv visuelle oder auditive Reize wahrzunehmen und darauf zu reagieren (Le Callet & Niebur, 2013; Moosbrugger & Goldhammer, 2006). Die Erfassung selektiver Aufmerksamkeit wird anhand des Diskriminationsprinzips operationalisiert. Dabei müssen bestimmte Zielreize, die eine Reizantwort erfordern, von Diskriminatoren, die keine derartige Reizantwort erfordern, differenziert werden (Prieler, 2011b). Für den Fahrprozess ist diese Form der Aufmerksamkeit relevant, wenn der Fahrer beispielsweise ein Abfahrmanöver von der Autobahn plant und aufgrund dessen die Verkehrsschilder entsprechend auf die gewünschte Ausfahrt prüft oder auch den nachfolgenden Verkehr im Rückspiegel beobachtet, um die eigene Fahrhandlung zu planen (Groeger, 2001). Hinsichtlich

Daueraufmerksamkeit postuliertem Schmidt-Atzert et al. (2008), dass es Überschneidungsbereiche der Konstrukte Aufmerksamkeit und Konzentration gibt, und diese der „konzentrierten Aufmerksamkeit“ zuzuordnen sind. Aufgaben, die sowohl Aufmerksamkeit als auch Konzentration erfordern, bestehen aus der sukzessiven und schnellen Bearbeitung von Selektionsaufgaben. Diese weisen damit einen Arbeitscharakter auf und können Daueraufmerksamkeitsleistungen fordern (Prieler, 2011a). *Vigilanz* ist Fähigkeit zur Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit bei Vorgabe von (seltenen) Zielreizen innerhalb einer gleichzeitig dargebotenen Menge von irrelevanten Reizen (Prieler, 2011c). Im Fahrprozess ist Vigilanz von Bedeutung, wenn der Fahrer über einen längeren Zeitraum die Aufmerksamkeit hinsichtlich bestimmter Reize aufrechterhalten muss, um auf ein Ereignis zu reagieren, welches nur gelegentlich auftritt. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn ein Fahrer über einen längeren Zeitraum auf einer Autobahn fährt, um von einer bestimmten Abfahrt der Autobahn abzufahren (Groeger, 2001).

5.1.2 Visuelle Aufmerksamkeit

Laut Solso (2005) unterliegen alle sensorischen Erfahrungen, egal ob visuell, akustisch, olfaktorisch, taktil oder gustatorisch, den Prinzipien der Aufmerksamkeit. Da für den Fahrprozess die visuelle Aufmerksamkeit von besonderer Bedeutung ist (Hills, 1980), widmet sich dieses Kapitel ebendieser. Visuelle Aufmerksamkeit kann durch externale Umweltstimuli (exogene Mechanismen der visuellen Aufmerksamkeitsorientierung nach Müller, Krummenacher und Schubert, 2015) als auch durch internale Ziele oder Pläne (endogene Mechanismen der visuellen Aufmerksamkeitsorientierung nach Müller et al., 2015) gesteuert werden (Amso, 2016). Die Autorin bezieht sich dabei auf zwei einfache Beispiele: Werden einer Person zwei Landschaftsbilder gezeigt, eines schwarz-weiß und das andere Bild mit den entsprechenden Farben, wird sich die Aufmerksamkeit zunächst dem farblichen Bild zuwenden (externale Stimuli). Visuelle Aufmerksamkeit wird aber auch durch internale Pläne gesteuert. Zum Beispiel, wenn man in einer Menschenmenge nach bestimmten Personen wie z. B. den Eltern sucht (Amso, 2016). Laut Müller et al. (2015) unterscheiden sich diese beiden Mechanismen hinsichtlich Orientierung, Latenz und Funktionsweise. Während der exogene Mechanismus eine reflexive Aufmerksamkeits-orientierung auf periphere Hinweisreize ist, eine kurze Latenz (≈ 50 ms) hat und eine automatische

Funktionsweise aufweist, ist der endogene Mechanismus gekennzeichnet durch eine intentionale Orientierung auf zentrale Hinweisreize, eine relative lange Latenz (> 200 ms) und eine kontrollierte Funktionsweise (Müller et al., 2015).

Müller et al. (2015) beschreiben unterschiedliche Selektionsmechanismen der visuellen Aufmerksamkeit: ortsbasiert, objektbezogen und dimensionsbasiert. Die Selektion von Informationen eines bestimmten Bereiches der visuellen Szene wird als ortsbasierte Aufmerksamkeit bezeichnet. Mittels dieser Form der Aufmerksamkeit kann untersucht werden, wie Personen auf Reize im zentralen und im peripheren Sichtfeld reagieren. Bei objektbezogener Aufmerksamkeit handelt es sich um eine Selektion bestimmter Reize bei gleichzeitiger Deselektion anderer Reize. Die Aufmerksamkeit wird dabei nicht auf einen bestimmten zentralen oder peripheren Ort, sondern auf Objekte (wie z. B. Schilder) gerichtet. Bei der dimensionsbasierten Aufmerksamkeit erfolgt die Reizdiskriminierung nicht nach Ort oder Objekt, sondern anhand verschiedener Stimulusattribute wie Farbe, Größe oder Bewegung von Objekten (Müller et al., 2015).

5.2 Forschungsstand

Das Forschungsfeld der Beziehung zwischen Aufmerksamkeit bzw. verwandten Konstrukten und Simulator Sickness ist noch recht klein. So konnten Milleville-Pennel und Charron (2015) bis dato keine Untersuchungen zur Beziehung zwischen kognitiver Belastung und Simulator Sickness finden. Aus diesem Grund wurden in Aufarbeitung des Forschungsstandes auch Untersuchungen mit Blickbewegungsmessungen mittels Eyetracker (als Indikator für visuelle Aufmerksamkeit) und Untersuchungen, deren Kernkonstrukt Motion Sickness war (als Indikator für Simulator Sickness), einbezogen.

Sowohl Bahit, Wibirama, Nugroho, Wijayanto und Winadi (2016) als auch Wibirama, Wijayanto, Nugroho, Bahit und Winadi (2015) untersuchten die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness in Fahrsimulationstudien. Bahit et al. (2016) untersuchten in einer Fahrsimulationsumgebung den Einfluss visueller Aufmerksamkeit auf das Erleben von Simulator Sickness unter verschiedenen Bedingungen: nachts (22-24 Uhr), morgens (6-8 Uhr) nach ausreichend Nachtschlaf und morgens (6-8 Uhr) nach einer Schlafdeprivation. Mittels eines Eyetrackers konnten die Blickbewegungen der Versuchspersonen aufgezeichnet werden. Die Autoren konnten zeigen, dass je stärker die Versuchspersonen nach Schlafdeprivation Simulator Sickness

erlebten, umso mehr verloren sie den Fokus der visuellen Aufmerksamkeit (keine Angabe der entsprechenden Effektgröße). Wibirama et al. (2015) konnten mit dem gleichen Versuchsaufbau keine signifikante Korrelation zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness nachweisen. In beiden Studien wurden jedoch nur kleine Stichproben untersucht ($N=10$ Versuchspersonen bei Bahit et al. (2016) und $N=12$ Versuchspersonen bei Wibirama et al. (2015)), sodass die gefundenen Ergebnisse dieser Studien nicht generalisiert werden können.

In einer Untersuchung zum Zusammenhang von Blickbewegungen und Simulator Sickness wurden Personen gebeten, in einer Fahrsimulation Abbiegeaufgaben zu absolvieren. Dabei trugen sie einen Eyetracker, welcher die Anzahl der Fixationspunkte, die Dauer der Fixation und die Weite der Blickbewegungen gemessen hat. Keine dieser Messungen konnte eine signifikante Beziehung zum Erleben von Simulator Sickness aufweisen (Barajas, 2014).

Auch Fujita (2004) untersuchte die Beziehung zwischen den Blickbewegungen, die mittels eines Eyetrackers gemessen wurden, und Simulator Sickness. Dazu wurde den Versuchspersonen ein Video auf einer Leinwand präsentiert, bei welchem ein Flug durch einen schwarzen Weltraum mit weißen Punkten simuliert wurde. Die vor der Leinwand stehenden Personen wurden gebeten, verschiedene Aufgaben zu absolvieren (z. B. auf die Mitte der Leinwand schauen oder die Blickbewegung nach der Bewegungsrichtung des Flugs richten). Einige Aufgaben enthielten Zweitaufgaben, wie das Merken von Ziffern. Es zeigte sich, dass diese zusätzliche Aufgabe das Erleben einer Eigenbewegung erhöhte, aber nicht mit einem verstärkten Erleben von Motion Sickness (als Indikator für Simulator Sickness) einherging. Die Fixierung des Blickes auf einen festen Punkt hingegen führt zu einem stärkeren Erleben von Motion Sickness (ohne Angabe von Effektgrößen; Fujita, 2004).

Der Versuchsaufbau von Wei, Zheng und So (2018) ähnelte dem von Fujita (2004). In ihrer Untersuchung wurden die Versuchspersonen dazu aufgefordert, einen Bildschirm mit verschiedenen angeordneten Punkten zu betrachten. In der Mitte des Bildschirms tauchten im Laufe der Untersuchung Zielreize und Distraktorreize im zentralen und im peripheren Sichtfeld der Versuchspersonen auf. Auf die Zielreize sollten die Versuchspersonen reagieren, die Distraktoren sollten ignoriert werden (dies entspricht dem Diskriminationsprinzip laut Prieler, 2011b). Während der Aufgaben wurden die Blickbewegungen der Versuchspersonen mittels Eyetracker erfasst. Als Indikator für

visuelle Aufmerksamkeit diente die Reaktionszeit auf die Zielreize. Motion Sickness wurde mittels des Motion Sickness Susceptibility Questionnaires erfasst. Die Autoren fanden eine signifikant negative Korrelation zwischen der Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf das periphere Sichtfeld zu richten (als Indikator für visuelle Aufmerksamkeit) und dem Erleben von Motion Sickness. Die Autoren fanden dabei mittlere ($r = -.468$) bis große Effekte ($r = -.688$). Es kann argumentiert werden, dass eine hohe Aufmerksamkeit mit dem niedrigen Erleben von Motion Sickness einhergeht bzw. dass umgekehrt bei hoher Motion Sickness eine niedrige Aufmerksamkeitsleistung gezeigt wurde (Wei et al., 2018). Die Arbeiten von Fujita (2004) und Wei et al. (2018) weisen auf zwei mögliche Richtungen der Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness hin, welche im folgenden Kapitel beschrieben werden. Beide Arbeiten fanden außerhalb des Kontextes Fahrsimulation statt. Dies und der generell sehr geringe Forschungsstand zur Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und dem Erleben von Simulator Sickness unterstreichen die Relevanz der folgenden Untersuchung.

5.3 Forschungsfragen

Wie im Forschungsstand erörtert, gibt es kaum Forschungsergebnisse zur Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness, obwohl einige Autoren anmerken, dass eine solche Beziehung existieren kann (Neukum & Grattenthaler, 2006; Stoner et al., 2011). Durch den unklaren Forschungsstand sind zwei Richtungen des Zusammenhangs möglich: Zum einen kann die fokussierte visuelle Aufmerksamkeit auf eine Fahraufgabe mit einem geringeren Erleben von Simulator Sickness einhergehen. Umgekehrt würde dies bedeuten, dass je weniger Simulator Sickness eine Person erlebt, umso aufmerksamer kann die Versuchsperson eine Fahraufgabe bearbeiten (Neukum und Grattenthaler, 2006; Wei et al., 2018). Die Erklärung für diesen möglichen Effekt findet sich in der sensorischen Konflikttheorie (Reason & Brand, 1975): Visuelle Aufmerksamkeit richtet sich vor allem auf visuelle Inputs. Wird diese Form der sensorischen Information bewusst gelenkt, verlieren die vestibulären Informationen an Bedeutung. Dadurch wird der sensorische Konflikt und somit auch das Erleben von Simulator Sickness abgeschwächt (Wei et al., 2018).

Zum anderen ist es möglich, dass den Versuchspersonen bei einer stärker fokussierten Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe die Abweichungen der Simulationsumgebung von der realen Fahrumgebung stärker bewusst werden. Dadurch

erleben sie mehr Simulator Sickness (z. B. Fujita, 2004). Auch dieser Effekt würde sich anhand der sensorischen Konflikttheorie (Reason & Brand, 1975) begründen lassen: Die Fokussierung auf die visuellen Stimuli verstärkt den Konflikt zwischen der Erwartung an die Fahrumgebung und der wahrgenommenen Fahrumgebung in der Simulation. Aufgrund der wenig vorhandenen Forschung und der Möglichkeit des Auftretens von zwei verschiedenen Richtungen der Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness (positive vs. Negative Beziehung), wird an dieser Stelle folgende ungerichtete Forschungsfrage (FF) gestellt, um die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness zu untersuchen:

FF1: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der visuellen Aufmerksamkeit in einer Fahrsimulationsaufgabe und dem Erleben von Simulator Sickness?

Wie in der ersten Untersuchung beschrieben, existieren Forschungsergebnisse, die belegen, dass Frauen mehr Simulator Sickness Symptome erleben (z. B. Golding, 2006; Liu et al., 1999; Rizzo et al., 2003) und welche somit eine differenzierte Betrachtung des Zusammenhangs zwischen visueller Aufmerksamkeitsleistung und Simulator Sickness basierend auf dem Geschlecht der Versuchspersonen nahelegen. Aus diesem Grund wird auch in dieser Untersuchung untersucht, ob sie Männer und Frauen hinsichtlich der Beziehung zwischen den untersuchten Variablen unterscheiden:

FF2: Gibt es Geschlechtsunterschiede in der Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeitsleistung und Simulator Sickness?

5.4 Methode

Wie bereits in der ersten Studie werden auch an dieser Stelle zunächst die Stichprobencharakteristiken (Kapitel 5.4.1) und das Design der Untersuchung (Kapitel 5.4.2) beschrieben. Anschließend werden die Messmethoden (Kapitel 5.4.3) und die Simulationsumgebung (5.4.4) erläutert. Abschließend wird näher auf das Vorgehen der Untersuchung (Kapitel 5.4.5) sowie die statistische Datenanalyse Bezug genommen (Kapitel 5.4.6).

5.4.1 Stichprobe

$N = 36$ Versuchspersonen ($M_{\text{Alter}} = 24.69$ Jahre; $SD_{\text{Alter}} = 3.03$ Jahre; 47 % Frauen) wurden über den Mailverteiler der Technischen Universität Ilmenau sowie über Gruppen in sozialen Medien in eine Selbstselektionsstichprobe rekrutiert. In Tabelle 34 ist ein detaillierter Überblick über die soziodemographischen Charakteristiken der Stichprobe zu finden. Wie dort ersichtlich ist, sind ähnlich viele Männer wie Frauen in der Stichprobe. Zudem sind die Versuchspersonen jung (92 % sind zwischen 18 und 29 Jahren alt) und gebildet (alle Versuchspersonen haben das Abitur oder einen Hochschulabschluss).

Tabelle 34

Soziodemographische Charakteristiken der Stichprobe ($N = 36$)

Charakteristik	N	%
Geschlecht		
Weiblich	17	47
Männlich	19	53
Alter		
18-29	33	92
30-39	3	8
40-49	0	0
50-59	0	0
60-69	0	0
Bildung		
Abitur	18	50
Hochschulabschluss	18	50

Anmerkung. Alle Prozentangaben sind gerundet.

5.4.2 Design

Bei dieser Studie handelte es sich um eine korrelative Querschnitts- und Laboruntersuchung ohne Messwiederholung.

5.4.3 Messmethoden

In dieser Untersuchung wurden zwei Methoden verwendet: Zum einen wurde ein Verfahren zur Erfassung der visuellen Aufmerksamkeit genutzt, welches visuelle Aufmerksamkeit während der Durchführung der Fahraufgabe misst (Walter, 2017), zum anderen wurde der Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy et al., 1993) nach der Simulationsexposition genutzt, um das Erleben von Simulator Sickness zu erfassen.

5.4.3.1 Verfahren zur Erfassung der visuellen Aufmerksamkeit

Üblicherweise wird visuelle Aufmerksamkeit mittels EEG (z. B. in He, Liu, Wan & Hu, 2014; Wang, Jung & Lin, 2015), Eyetracker (z. B. in Konstantopoulos, Chapman & Crundall, 2010) oder Kameras im Fahrzeug (z. B. in Simons-Morton, Guo, Klauer, Ehsani & Pradhan, 2014) erfasst. Diese Methoden sind kostenintensiv und können das Fahrverhalten der Versuchsperson in der Fahrsimulation stören (O'Brien, 2014). Um diese Probleme zu vermeiden, wurde in folgenden Untersuchung visuelle Aufmerksamkeit mit einer neuen Methode erfasst, welche nach dem Diskriminationsprinzip (Prieler, 2011b) konstruiert wurde: Versuchspersonen sollten durch das Drücken eines Knopfes auf dem Lenkrad des Fahrsimulators auf bestimmte Zielreize reagieren. Der Vorteil dieser Methode ist, dass keine zusätzlichen Geräte wie ein EEG oder ein Eyetracker benötigt werden. Diese Methode ähnelt dem Peripheral Detection Task (Martens & Van Wisum, 2001), einem Verfahren, welches sich zur Messung des mental Workloads in der Literatur etabliert hat. Dieses Verfahren arbeitet mit peripheren Lichtreizen, um den mentalen Workload des Fahrers zu messen. Ziel der Konstruktion war es, dass die Aufgabe keine bewusste Aufmerksamkeit beansprucht. Der Fahrer muss sich so nicht vom Straßenverkehr abwenden, um zum Stimulus (rotes Viereck) zu blicken (Martens & Van Wisum, 2001). Im Folgenden wird eine Methode verwendet, welche keine zusätzlichen, nicht-fahrbezogenen Reize verwendet, sondern Verkehrsschilder, welche im Fahrkontext jederzeit auftreten können (Walter, 2017).

Um visuelle Aufmerksamkeit in einer Fahrsimulation zu messen, wurde eine an Fahrsimulationen angepasste Adaption des d2R-Aufmerksamkeits- und Konzentrationstests genutzt (Walter, 2017). Der d2R- Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest ist ein validierter psychometrischer Paper and Pencil-Test zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit. In der Originalversion des Testverfahrens

werden Versuchspersonen gebeten, alle „d“s mit 2 Strichen (Zielreiz) durchzustreichen. Die Striche können sowohl unter dem Buchstaben liegen, als auch darüber beziehungsweise jeweils ein Strich darüber und darunter. Diese Zielreize unterscheiden sich von zwei weiteren Stimuliarten: Zum einen gibt es in diesem Testverfahren „d“s mit mehr oder weniger als einem Strich (Distraktor 1) und „p“s mit Strichen (Distraktor 2). Die Aufgabe der Versuchspersonen in diesem Test ist es, innerhalb der vorgegebenen Zeit von 4:40 Minuten alle Zielreize durchzustreichen und alle Distraktoren nicht durchzustreichen (Brickenkamp et al., 2010). Abbildung 5 zeigt einen exemplarischen Auszug aus dem d2R-Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest.

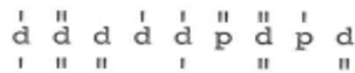


Abb. 5. Beispielitem des d2R-Aufmerksamkeits- und Konzentrationstests, entnommen aus Brickenkamp et al. (2010).

Dieses Testverfahren wurde auf den Fahrsimulationskontext angepasst (Walter, 2017). Innerhalb des angepassten Verfahrens wurden Versuchspersonen gebeten, beim Auftreten von Zielreizen einen gelben Knopf am Lenkrad zu drücken und beim Auftreten von Distraktoren den Knopf nicht zu drücken. Dieser Knopf ist so platziert, dass die Versuchspersonen ihren Blick nicht von der Straße wenden müssen (Walter, 2017). Abbildung 6 zeigt die Position des Knopfes am verwendeten Lenkrad.



Abb. 6: Verwendetes Lenkrad inklusive Stimulusreaktion (gelber Knopf), eigene Abbildung.

Abbildung 7 zeigt den Zielreiz und die beiden Distraktoren. Wie im d2R-Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest gibt es bei dieser Aufgabe einen Zielreiz und zwei Distraktoren, die in dieser Aufgabe als Verkehrsschilder abgebildet sind. Der Zielreiz wird durch das „Verbot des Wendens“-Schild dargestellt. Distraktor 1, das Verkehrsschild, welches ein Überholverbot für Kraftfahrzeuge über 3,5t zeigt, ist dem Zielreiz bis auf kleine Änderungen sehr ähnlich und ist äquivalent zu den d's mit mehr oder weniger als zwei Strichen. In diesem Fall handelt es sich ebenfalls um ein rundes Verkehrszeichen mit einer roten Umrandung und schwarzen sowie roten Füllformen auf weißem Hintergrund. Distraktor 2 („Ende der vorgeschriebenen Mindestgeschwindigkeit“: Äquivalent zu den p's aus dem d2R-Test) unterscheidet sich stärker vom Zielreiz als Distraktor 1. Der Hintergrund ist blau statt weiß und das Schild hat keinen roten Rahmen. Allerdings ist es wie der Zielreiz mit einer roten Linie durchgestrichen (Walter, 2017).



Abb. 7. Zielreiz und Distraktoren, entnommen aus Walter (2017).

Wie im Manual des d2R-Aufmerksamkeits- und Konzentrationstests vermerkt, handelt es sich damit um eine Aufmerksamkeitsaufgabe, da relevante Reize selektiert werden müssen (Brickenkamp et al., 2010).

Ebenfalls an den d2R-Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest adaptiert wurden die beiden möglichen Fehlerarten: Auslassungs- und Verwechslungsfehler. Als Auslassungsfehler (AF) wird das fehlende Drücken des Knopfes bei einem Zielreiz bezeichnet. Wenn eine Versuchsperson den Knopf bei einem Distraktor drückt, ist dies ein Verwechslungsfehler (VF). Basierend auf den Fehlerwerten kann die visuelle Aufmerksamkeitsleistung (VAL) berechnet werden:

$$VAL = \text{Anzahl korrekter Reaktionen auf Zielreize} - AF - VF$$

Die Anzahl der bearbeiteten Verkehrsschilder variierte zwischen den Versuchspersonen. Da die Verkehrsschilder im gleichen Abstand voneinander entfernt platziert wurden, konnten den Versuchspersonen mehr Verkehrsschilder (Zielreize und Distraktoren) angezeigt werden, je schneller diese Personen in der Fahrsimulation fuhren (Walter, 2017). Auch dies ist ähnlich dem d2R-Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest, der auch die Bearbeitungsgeschwindigkeit der Versuchspersonen erfasst (Brickenkamp et al., 2010). In der nachfolgenden Studie haben die Versuchspersonen $M = 133.56$ ($SD = 22.82$; Range: 103 – 192) Verkehrsschilder bearbeitet, davon waren $M = 67.33$ ($SD = 8.44$; Range: 52 – 90) Zielreize.

Die Aufgabe in der Fahrsimulation hatte wie der d2R-Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest eine Dauer von 4:40 Minuten und zusätzlich eine einminütige Eingewöhnungszeit, um den Versuchspersonen die Möglichkeit zu geben, sich an die Simulationsumgebung zu gewöhnen (Gesamtdauer: 5:40 Minuten; Walter, 2017).

5.4.3.2 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)

In dieser Untersuchung wurde ebenfalls der Simulator Sickness Questionnaire von Kennedy et al. (1993) genutzt. Wie in Kapitel 4.4.3.2 beschrieben, besteht dieser Fragebogen aus 16 Items, die auf einer vierstufigen Likertskala von 0 – „gar nicht“ bis 3 – „stark“ gemessen werden. Das Verfahren bildet Simulator Sickness auf den drei nicht-disjunkten Subskalen Übelkeit (7 Items, Cronbachs $\alpha = .360$), Okulomotorik (7 Items, Cronbachs $\alpha = .700$) und Desorientierung (7 Items, Cronbachs $\alpha = .678$) sowie einer Gesamtskala (21 Items, Cronbachs $\alpha = .842$) ab. Diese Skalen wurden entsprechend der Instruktionen der Originalautoren gewichtet, sodass sich unterschiedliche Ranges ergeben (Übelkeit: 0 bis 200.34, Okulomotorik: 0 bis 159.18, Desorientierung 0 bis 292.32, Gesamtskala: 0 bis 235.62; Kennedy et al., 1993). Die verwendete Fragebogenversion ist unter Anhang 1 zu finden.

5.4.4 Simulationsumgebung

Zur Beschreibung der Simulationsumgebung wird zunächst der Fahrsimulator beschrieben (Kapitel 5.4.4.1) und anschließend die Fahraufgabe in der Simulationsumgebung (Kapitel 5.4.4.2).

5.4.4.1 Fahrsimulator

In dieser Untersuchung wurde ebenfalls der Fahrsimulator (Weidner & Broll, 2017) genutzt, der in Kapitel 4.4.4.1 verwendet wurde.

5.4.4.2 Fahraufgabe

Nach Vollrath und Krems (2011) kann der Fahrprozess in verschiedene Fahraufgaben unterteilt werden: Die primäre und die sekundäre Fahraufgabe. Die primäre Fahraufgabe besteht aus Tätigkeiten, die dazu dienen, ein Fahrzeug zu führen (z. B. lenken, schalten, bremsen). Sekundäre Fahraufgaben sind Tätigkeiten, die nicht direkt notwendig sind, um das Fahrzeug auf der Straße zu halten, wie beispielsweise die Einrichtung des Navigationssystems oder das Lesen von Straßenschildern (Vollrath & Krems, 2011).

In der von Walter (2017) konstruierten Fahrsimulationsumgebung wird ebenfalls zwischen diesen beiden Fahraufgaben differenziert. In der primären Fahraufgabe müssen die Versuchspersonen das Fahrzeug auf der Straße halten (lenken, bremsen, anfahren, schalten). Die sekundäre Fahraufgabe besteht darin, bestimmte Verkehrsschilder als Zielreize und andere Verkehrsschilder als Distraktoren zu identifizieren und entsprechend der definierten Aufgabe einen Knopf am Lenkrad beim Erscheinen von Zielreizen zu drücken (siehe Kapitel 5.4.3.1 für eine detaillierte Beschreibung der Aufgabe).

Die Fahraufgabe wurde mit der Unreal Engine 4 (version 4.16) erstellt. Die Versuchspersonen fahren auf einer zweispurigen Straße ohne andere Verkehrsteilnehmer und mit deutschen Verkehrsschildern auf der rechten Straßenseite (siehe Abbildung 8).



Abb. 8. Fahraufgabe aus Versuchspersonensicht, entnommen aus Walter (2017).

5.4.5 Vorgehen

Die Versuchspersonen wurden über das Vorgehen der Untersuchung aufgeklärt und unterzeichneten anschließend eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Untersuchung und zur Verwendung der Daten für wissenschaftliche Zwecke (Anhang 6). Im Anschluss wurden die Versuchspersonen gebeten, einen demographischen Fragebogen auszufüllen (Anhang 7) und die Instruktionen zum Fahren im Fahrsimulator sowie die Instruktionen zur Aufgabe zur Erfassung der visuellen Aufmerksamkeit zu lesen. Nach diesen Erklärungen und einer Eingewöhnungszeit (eine Minute) an die Simulationsumgebung wurden die Versuchspersonen gebeten, die Aufgabe in der Fahrsimulation zu bearbeiten (Zeit dafür: 4:40 Minuten). Im Anschluss an die Simulationsexposition füllten die Versuchspersonen den Simulator Sickness Questionnaire aus und wurden mündlich über die Ziele der Untersuchung informiert. Das vollständige Vorgehen ist dieser Untersuchung ist unter Anhang 8 zu finden.

5.4.6 Statistische Datenanalyse

Da die Simulator Sickness Questionnaire Subskala Übelkeit nur unzureichende Reliabilitätswerte (Cronbachs $\alpha = .360$) aufwies, wurde sie aus den nachfolgenden Analysen ausgeschlossen. Für die Analysen wurden zunächst Pearson Korrelationsanalysen mit der visuellen Aufmerksamkeitsleistung, Okulomotorik, Desorientierung und der Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires berechnet. Anschließend wurde die statistische Datenanalyse mittels drei linearer Regressionsanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse der Prüfung der Voraussetzungen zur Berechnung von Regressionsanalysen sind unter Anhang 9 zu finden. Für die Analysen wurde die visuelle Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor genutzt. Für jede der Regressionsanalysen war je eine Subskala des Simulator Sickness Questionnaires (Okulomotorik, Desorientierung) bzw. die Gesamtskala das Kriterium. Nach der Analyse der Daten für die Gesamtstichprobe wurden alle Analysen getrennt nach Geschlecht (an dieser Stelle wurde nur zwischen Männern und Frauen differenziert, da keine Versuchsperson angab, einem anderen Geschlecht anzugehören) durchgeführt. Alle Analysen wurden mit einem Alphaniveau von 5 % durchgeführt.

5.5 Ergebnisse

Auch in dieser Untersuchung erfolgt die statistische Auswertung in mehreren Schritten: Zunächst werden die deskriptivstatistischen Ergebnisse der einzelnen Simulator Sickness Symptome sowie der Fehlerarten der Aufgabe zur Erfassung der visuellen Aufmerksamkeitsleistung dargestellt (Kapitel 5.5.1), anschließend werden die Ergebnisse der deskriptivstatistischen und der korrelativen Analyse von visueller Aufmerksamkeit und den Subskalen des Simulator Sickness Questionnaires beschrieben (Kapitel 5.5.2). Anschließend erfolgt die Darstellung der linearen Regressionsanalysen zur Erörterung des Zusammenhangs zwischen visueller Aufmerksamkeit als Prädiktor für die einzelnen Simulator Sickness Subskalen (Kapitel 5.5.3). Abschließend werden alle Analysen getrennt nach Geschlecht dargestellt (Kapitel 5.5.4).

5.5.1 Deskriptivstatistiken der einzelnen Simulator Sickness Symptome und Fehlerarten der Aufgabe der visuellen Aufmerksamkeitsleistung

In Tabelle 35 werden die Mittelwerte, Konfidenzintervalle und Standardabweichungen der erhobenen Simulator Sickness Symptome sowie der Fehlerarten der Aufgabe zur Erfassung der visuellen Aufmerksamkeitsleistung berichtet. Es zeigte sich, dass alle Symptome schwach ausgeprägt waren (Range: 0 – 3). Überanstrengung der Augen ($M = 0.94$; $SD = 0.75$), Müdigkeit ($M = 0.81$; $SD = 0.77$) und verschwommenes Sehen ($M = 0.50$; $SD = 0.70$) waren die am stärksten ausgeprägten Symptome. Am schwächsten ausgeprägt waren erhöhter Speichelfluss ($M = 0.06$; $SD = 0.23$), Gleichgewichtsstörungen ($M = 0.03$; $SD = 0.17$) sowie Aufstoßen ($M = 0.03$; $SD = 0.17$). Hinsichtlich der Fahrfehler zeigte sich, dass Versuchspersonen signifikant mehr Verwechslungsfehler ($M = 4.28$; $SD = 2.66$) als Auslassungsfehler ($M = 1.42$; $SD = 0.97$) begingen ($t(35) = -5.88$; $p < .001$). Dieser Unterschied zeigte einen großen Effekt ($d = .98$). Der verwendete t-Test zeigte zudem eine hohe Teststärke ($1 - \beta = .99$).

Tabelle 35

Mittelwerte, Konfidenzintervalle und Standardabweichungen der Simulator Sickness Symptome und der Fehlerarten der visuellen Aufmerksamkeitsleistung

Variable	<i>M</i>	95 % KI	<i>SD</i>
Überanstrengung der Augen	0.94	[0.72; 1.19]	0.75
Müdigkeit	0.81	[0.56; 1.06]	0.77
Verschwommenes Sehen	0.50	[0.48; 0.92]	0.70
Kopfdruck	0.43	[0.44; 0.73]	0.60
Kopfschmerzen	0.42	[0.44; 0.73]	0.60
Konzentrationschwierigkeiten	0.39	[0.42; 0.66]	0.55
Probleme scharf zu sehen	0.39	[0.40; 0.88]	0.65
Schwindel (Augen zu)	0.31	[0.38; 0.65]	0.53
Schwitzen	0.31	[0.35; 0.88]	0.62
Schwindel (Augen auf)	0.25	[0.32; 0.65]	0.50
Allgemeines Unwohlsein	0.22	[0.28; 0.65]	0.49
Übelkeit	0.14	[0.17; 0.62]	0.42
Magen macht sich bemerkbar	0.14	[0.17; 0.62]	0.42
Erhöhter Speichelfluss	0.06	[0.00; 0.35]	0.23
Gleichgewichtstörung	0.03	[0.00; 0.28]	0.17
Aufstoßen	0.03	[0.00; 0.28]	0.17
Verwechslungsfehler	4.28	[2.21; 3.00]	2.66
Auslassungsfehler	1.42	[1.14; 1.72]	0.97

Anmerkung. Range Simulator Sickness Symptome: 0 – 3. Range Auslassungsfehler: 0 – 3. Range Verwechslungsfehler: 0 – 8. KI = Konfidenzintervall. Sortierung nach absteigender Höhe der Mittelwerte, zunächst für die einzelnen Symptome, anschließend für die Fehlerarten.

5.5.2 Deskriptivstatistiken und Korrelationen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness

Die Mittelwerte für Okulomotorik, Desorientierung und die Gesamtskala des SSQs liegen im unteren Viertel der jeweiligen Skalen und sind somit niedrig ausgeprägt.

Die Kriteriumsvariablen korrelieren hoch miteinander ($r = .818 - r = .935; p < .05$), was unter anderem darauf zurückgeführt werden kann, dass die Skalen nicht disjunkt sind (siehe Tabelle 2, Kapitel 3.3.2). Es zeigten sich keine signifikanten Korrelationen der Prädiktorvariable (visuelle Aufmerksamkeitsleistung, VAL) mit den Kriteriumsvariablen Okulomotorik ($r = -.146; p = .926; 1 - \beta = .22$), Desorientierung ($r = -.029; p = .525; 1 - \beta = .07$) und der Gesamtskala des SSQs ($r = -.088; p = .828; 1 - \beta = .13$). Die nicht signifikanten Korrelationskoeffizienten waren niedrig ausgeprägt und deuteten auf eine mögliche negative Zusammenhangsrichtung hin. Die Teststärken der Korrelationen zwischen Prädiktor und den Kriteriumsvariablen waren gering. Die Teststärken für die Korrelationen der SSQ-Subskalen zeigten hohe Teststärken ($1 - \beta > .99$). Tabelle 36 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen von Prädiktor- und Kriteriumsvariablen.

Tabelle 36

Mittelwerte, Konfidenzintervalle, Standardabweichungen und Korrelationen der Prädiktor- und Kriteriumsvariablen

Variable	<i>M</i>	95 % KI	<i>SD</i>	1	2	3	4
Prädiktorvariable							
1. VAL	61.64	[59.42, 63.75]	6.66	—			
Kriteriumsvariablen							
2. Okulomotorik	26.32	[20.21, 32.85]	20.01	-.146	—		
3. Desorientierung	28.23	[19.72, 37.89]	30.40	-.029	.818*	—	
4. Gesamtskala	25.35	[19.32; 31.89]	20.85	-.088	.935*	.934*	—
SSQ							

Anmerkung. $N = 36$; $*p < .05$; Range visuelle Aufmerksamkeitsleistung: 48.00 – 80.00; Range Okulomotorik: 0 – 159.18; Desorientierung: 0 – 292.32, Range Gesamtskala SSQ: 0 – 235.62; KI = Konfidenzintervall.

5.5.3 Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness

Die linearen Regressionsanalysen zeigten keine signifikante Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeitsleistung und einer der Kriteriumsvariablen auf. Die Tabellen

37 – 39 zeigen die Ergebnisse der Regressionsanalysen. Für die Regressionsanalyse mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Okulomotorik zeigte sich ein nicht signifikantes Ergebnis mit einem schwachen bis mittleren Effekt ($\beta = -.15$; $t(35) = -.86$; $p = .396$; $f = .15$; Tabelle 37). Es zeigte sich eine geringe Teststärke ($1 - \beta = .21$).

Tabelle 37

Regressionsanalyse mit visueller Aufmerksamkeitsleistung (VAL) als Prädiktor für Okulomotorik

Variable	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>
VAL	-.44	[-1.72; 0.60]	-.15	-.86	.396

Anmerkung. $R^2 = .021$ ($N = 36$); $f^2 = .02$; $1 - \beta = .21$; KI = Konfidenzintervall.

Für die Regressionsanalyse mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Desorientierung zeigte sich ein nicht signifikantes Ergebnis mit einem schwachen Effekt ($\beta = -.13$; $t(35) = -.17$; $p = .868$; $f = .03$). Es zeigte sich ebenfalls eine geringe Teststärke ($1 - \beta = .15$).

Tabelle 38

Regressionsanalyse mit visueller Aufmerksamkeitsleistung (VAL) als Prädiktor für Desorientierung

Variable	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>
VAL	-.13	[-1.58; 1.35]	-.03	-.17	.868

Anmerkung. $R^2 = .001$ ($N = 36$); $f^2 = .01$; $1 - \beta = .15$; KI = Konfidenzintervall.

Die Regressionsanalyse mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQs ergab ebenfalls ein nicht signifikantes Ergebnis mit einem schwachen Effekt ($\beta = -.28$; $t(35) = -.09$; $p = .608$; $f = .09$). Es zeigte sich auch für diese Analyse eine geringe Teststärke ($1 - \beta = .15$).

Tabelle 39

Regressionsanalyse mit visueller Aufmerksamkeitsleistung (VAL) als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQs

Variable	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>
VAL	-.28	[-1.50, 0.85]	-.09	-.52	.608

Anmerkung. $R^2 = .008$ ($N = 36$); $f^2 = .01$; $1 - \beta = .15$; KI = Konfidenzintervall.

Obwohl keine signifikanten Beziehungen zwischen visueller Aufmerksamkeit und den Subskalen des Simulator Sickness Questionnaires aufgezeigt werden konnten, deuteten alle Regressionen eine negative Beziehung zwischen den untersuchten Variablen an. Man könnte vermuten, dass Simulator Sickness mit steigender visueller Aufmerksamkeit sinkt und vice versa. Die geringen Teststärken der einzelnen Regressionsrechnungen können ein Hinweis auf eine unzureichende Stichprobengröße sein.

5.5.4 Deskriptivstatistiken sowie die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness getrennt nach Geschlecht

Im folgenden Kapitel soll geprüft werden, ob es Geschlechtsunterschiede hinsichtlich der Symptomausprägung von Simulator Sickness gibt und ob sich die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness zwischen den beiden Geschlechtern unterscheidet. An dieser Stelle wird nur zwischen männlichen und weiblichen Versuchspersonen differenziert, da wie in der vorangegangenen Studie kein_e Untersuchungsteilnehmer_in angab, einem anderen Geschlecht anzugehören.

Zunächst werden die deskriptivstatistischen Befunde der Prädiktor- und Kriteriumsvariablen getrennt nach Geschlecht sowie die t-Test-Ergebnisse der Vergleiche zwischen den Geschlechtern berichtet. Im Anschluss werden die Regressionsanalysen mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor und den Simulator Sickness Subskalen sowie der Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires als Kriteriumsvariablen getrennt für Männer und Frauen dargestellt. In der Reliabilitätsanalyse konnte festgestellt werden, dass wie in der Gesamtstichprobe Okulomotorik (Männer: Cronbachs $\alpha = .657$; Frauen: Cronbachs $\alpha = .722$), Desorientierung (Männer: Cronbachs $\alpha = .587$; Frauen:

Cronbachs $\alpha = .681$) und die Gesamtskala des SSQs (Männer: Cronbachs $\alpha = .795$; Frauen: Cronbachs $\alpha = .846$) als ausreichend reliable Skalen identifiziert wurden, Übelkeit hingegen nicht (Männer: Cronbachs $\alpha = .280$; Frauen: Cronbachs $\alpha = .332$). Tabelle 40 zeigt die Mittelwerte, die dazugehörigen Konfidenzintervalle sowie die Standardabweichungen der Simulator Sickness Symptome und der entsprechenden Skalen sowie der Fehlerarten und der visuellen Aufmerksamkeitsleistung getrennt nach Geschlechtern.

Tabelle 40

Mittelwerte, Konfidenzintervalle und Standardabweichungen der einzelnen Simulator Sickness Symptome, der Simulator Sickness Subskalen, Fehlerarten der visuellen Aufmerksamkeitsleistung und visueller Aufmerksamkeitsleistung getrennt nach Männern und Frauen

	Männer (n = 19)			Frauen (n = 17)		
	<i>M</i>	95% KI	<i>SD</i>	<i>M</i>	95% KI	<i>SD</i>
Überanstrengung der Augen	0.74	[0.42; 1.05]	0.65	1.18	[0.82; 1.59]	0.81
Müdigkeit	0.74	[0.42; 1.05]	0.73	0.88	[0.53; 1.29]	0.86
Verschwommenes Sehen	0.47	[0.21; 0.74]	0.61	0.53	[0.18; 0.94]	0.80
Konzentrations- schwierigkeiten	0.37	[0.16; 0.58]	0.50	0.41	[0.18; 0.71]	0.62
Probleme scharf zu sehen	0.32	[0.11; 0.53]	0.48	0.47	[0.18; 0.88]	0.80
Schwitzen	0.32	[0.11; 0.53]	0.48	0.29	[0.00; 0.71]	0.77
Kopfschmerzen	0.26	[0.11; 0.47]	0.45	0.18	[0.00; 0.41]	0.39
Kopfdruck	0.21	[0.05; 0.42]	0.42	0.65	[0.35; 1.00]	0.70
Schwindel (Augen zu)	0.21	[0.05; 0.42]	0.42	0.41	[0.12; 0.71]	0.62

Allgemeines Unwohlsein	0.16	[0.00; 0.32]	0.38	0.29	[0.06; 0.59]	0.59
Schwindel (Augen auf)	0.11	[0.00; 0.26]	0.32	0.41	[0.18; 0.71]	0.62
Aufstoßen	0.05	[0.00; 0.16]	0.23	0.00	[0.00; 0.00]	0.00
Übelkeit	0.00	[0.00; 0.00]	0.00	0.29	[0.13; 0.96]	0.59
Magen macht sich bemerkbar	0.00	[0.00; 0.00]	0.00	0.29	[0.06; 0.59]	0.59
Erhöhter Speichelfluss	0.00	[0.00; 0.00]	0.00	0.12	[0.00; 0.29]	0.33
Gleichgewichtsstörungen	0.00	[0.00; 0.00]	0.00	0.06	[0.00; 0.18]	0.24
Subskala Okulomotorik	23.14	[15.96; 31.12]	16.85	29.87	[20.07; 41.91]	23.13
Gesamtskala SSQ	19.68	[13.58; 26.77]	14.95	31.68	[20.91; 44.34]	24.88
Subskala Desorientierung	18.32	[10.26; 28.55]	20.25	39.30	[22.95; 56.50]	36.24
Verwechslungsfehler	4.95	[3.79; 5.89]	2.48	3.53	[2.24; 4.71]	2.72
Auslassungsfehler	1.53	[1.11; 1.95]	0.96	1.29	[0.82; 1.71]	0.99
Visuelle Aufmerksamkeitsleistung	62.47	[3.81; 9.15]	7.17	60.71	[3.81; 7.42]	6.11

Anmerkung. Range der einzelnen Simulator Sickness Symptome: 0 – 3; Range Okulomotorik: 0 – 159.18; Range Desorientierung: 0 – 292.32; Range Gesamtskala SSQ: 0 – 235.62; Range Auslassungsfehler: 0 – 3; Range Verwechslungsfehler: 0 – 8; Range visuelle Aufmerksamkeitsleistung: 48.00 – 80.00; KI = Konfidenzintervall. Sortierung der einzelnen Symptome, Skalen des SSQ und Fehlerarten der visuellen Aufmerksamkeitsleistung jeweils absteigend nach Höhe der Mittelwerte der männlichen Teilstichprobe.

Es zeigt sich, dass Frauen generell höhere Werte für die einzelnen Symptome berichten als Männer, außer für die Symptome Schwitzen, Kopfschmerzen und Aufstoßen. Frauen zeigten zudem höhere Werte auf allen untersuchten Skalen des Simulator Sickness Questionnaires auf als Männer: Sie zeigten allerdings weniger Fehler (sowohl Auslassungs- als auch Verwechslungsfehler) und eine geringere visuelle Aufmerksamkeitsleistung als Männer.

Tabelle 41 zeigt die Ergebnisse der t -Tests für den Geschlechtsvergleich der einzelnen Simulator Sickness Symptome, der Subskalen sowie der Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires, der Fehlerarten der visuellen Aufmerksamkeitsleistung und der visuellen Aufmerksamkeitsleistung. Es zeigt sich, dass Frauen signifikant mehr Kopfdruck ($t(34) = -2.23$; $p < .045$; $d = .76$; $1 - \beta = .72$) erlebten. Frauen hatten auch eine höhere Ausprägung auf der Subskala Desorientierung als Männer ($t(34) = -0.21$; $p < .045$; $d = .73$; $1 - \beta = .69$). Beide Unterschiede zeigten einen mittleren Effekt. Für beide Analysen zeigte sich zudem eine nicht ausreichende Teststärke.

Tabelle 41

Geschlechterunterschiede der einzelnen Simulator Sickness Symptome, der Subskalen des Simulator Sickness Questionnaires, der Fehlerarten der visuellen Aufmerksamkeitsleistung sowie der visuellen Aufmerksamkeitsleistung

	<i>t</i> (85)	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
Überanstrengung der Augen	-1.78	.085	.60
Müdigkeit	-0.55	.587	.18
Verschwommenes Sehen	-0.24	.815	.08
Konzentrations- schwierigkeiten	-0.23	.817	.67
Probleme scharf zu sehen	-0.71	.480	.23
Schwitzen	0.10	.919	.05
Kopfschmerzen	0.61	.546	.19
Kopfdruck	-2.23	.035*	.76
Schwindel (Augen zu)	-1.13	.268	.38
Allgemeines Unwohlsein	-0.82	.420	.27
Schwindel (Augen auf)	-1.84	.078	.77
Aufstoßen	1.00	.331	.30
Übelkeit	-2.06	.056	.72
Magen macht sich bemerkbar	-2.06	.056	.72
Erhöhter Speichelfluss	-1.46	.163	.55
Gleichgewichtsstörungen	-1.00	.332	.34
Subskala Okulomotorik	-0.99	.331	.34
Gesamtskala SSQ	-1.78	.085	.59
Subskala Desorientierung	-0.21	.045*	.73
Auslassungsfehler	1.64	.113	.55
Verwechslungsfehler	0.71	.480	.25
Visuelle Aufmerksamkeits- leistung	0.79	.434	.26

Anmerkung. *kumuliertes $p < .045$ (Bonferronikorrektur); signifikante Ergebnisse wurden fett markiert. Sortierung entsprechend Tabelle 40, jeweils nach der Höhe der Mittelwerte der männlichen Teilstichprobe.

Die nachfolgenden Tabellen (42 – 44) bilden die Ergebnisse der Regressionen mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor und den Simulator Sickness Skalen als Kriteriumsvariablen für die männlichen Versuchspersonen ab. Es zeigte sich, wie auch in den Regressionsmodellen der Gesamtstichprobe, keine signifikante Beziehung zwischen der Prädiktorvariable und den Kriteriumsvariablen. Der Regressionskoeffizient B weist in allen Analysen der männlichen Teilstichprobe eine positive, an allen Analysen der weiblichen Teilstichprobe hingegen eine negative Richtung auf. Letzteres ist konform mit den Ergebnissen der Gesamtstichprobe ist.

Die Regressionsanalyse der männlichen Teilstichprobe mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Okulomotorik ergab ein nicht signifikantes Ergebnis mit einem schwachen Effekt ($\beta = .23$; $t(18) = .09$; $p = .926$; $f = .03$; Tabelle 42). Es zeigte sich für diese Analyse eine geringe Teststärke ($1 - \beta = .11$).

Tabelle 42

Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Okulomotorik

Variable	B	95 % KI	β	t	p
Visuelle Aufmerksamkeitsleistung	0.05	[-0.80; 1.46]	0.23	0.09	.926

Anmerkung. $R^2 = .001$ ($N = 19$); $f^2 = .01$; $1 - \beta = .11$; KI = Konfidenzintervall.

Die Regressionsanalyse der männlichen Teilstichprobe mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Desorientierung ergab ebenfalls ein nicht signifikantes Ergebnis mit einem schwachen Effekt ($\beta = .16$; $t(18) = .65$; $p = .525$; $f = .16$; Tabelle 43). Es zeigte sich auch für diese Analyse eine geringe Teststärke ($1 - \beta = .15$).

Tabelle 43

Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Desorientierung

Variable	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>
Visuelle Aufmerksamkeitsleistung	0.44	[-0.21; 2.43]	0.16	0.65	.525

Anmerkung. $R^2 = .024$ ($N = 19$); $f^2 = .02$; $1 - \beta = .15$; KI = Konfidenzintervall.

Die Regressionsanalyse der männlichen Teilstichprobe mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQs ergab auch ein nicht signifikantes Ergebnis mit einem schwachen Effekt ($\beta = .05$; $t(18) = .22$; $p = .828$; $f = .05$; Tabelle 44). Es zeigte sich auch für diese Analyse eine geringe Teststärke ($1 - \beta = .15$).

Tabelle 44

Regressionsanalyse der männlichen Versuchsteilnehmer für visuelle Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQ

Variable	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>
Visuelle Aufmerksamkeitsleistung	0.11	[-0.57; 1.52]	0.05	0.22	.828

Anmerkung. $R^2 = .003$ ($N = 19$); $f^2 = .11$; $1 - \beta = .15$; KI = Konfidenzintervall.

In den Tabellen 45 – 47 werden die Ergebnisse der Regressionsanalysen für die weiblichen Versuchsteilnehmer dargestellt. Die Ergebnisse entsprechen denen der Gesamtstichprobe: Die Regressionsmodelle sind für jede der SSQ-Skalen nicht signifikant. Wie auch in den Analysen der Gesamtstichprobe zeigte sich, dass der Regressionskoeffizient *B* eine negative Richtung des Zusammenhangs impliziert. Die Regressionsanalyse der weiblichen Teilstichprobe mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Okulomotorik ergab ein nicht signifikantes

Ergebnis mit einem schwachen Effekt ($\beta = -.28$; $t(16) = -1.12$; $p = .284$; $f = .29$; Tabelle 45). Es zeigte sich eine geringe Teststärke ($1 - \beta = .41$).

Tabelle 45

Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung (VAL) als Prädiktor für Okulomotorik

Variable	B	95 % KI	β	t	p
Visuelle Aufmerksamkeitsleistung	-1.04	[-3.96; 0.78]	-0.28	-1.12	.284

Anmerkung. $R^2 = .076$ ($N = 17$); $f^2 = .13$; $1 - \beta = .41$; KI = Konfidenzintervall.

Die Regressionsanalyse der weiblichen Teilstichprobe mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für Desorientierung ergab ebenfalls ein nicht signifikantes Ergebnis mit einem schwachen Effekt ($\beta = -.08$; $t(16) = -.30$; $p = .766$; $f = .08$; Tabelle 46). Es zeigte sich auch für diese Analyse eine geringe Teststärke ($1 - \beta = .20$).

Tabelle 46

Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung (VAL) als Prädiktor für Desorientierung

Variable	B	95 % KI	β	t	p
Visuelle Aufmerksamkeitsleistung	-0.46	[-4.10; 2.59]	-0.08	-0.30	.766

Anmerkung. $R^2 = .006$ ($N = 17$); $f^2 = .04$; $1 - \beta = .20$; KI = Konfidenzintervall.

Die Regressionsanalyse der weiblichen Teilstichprobe mit visueller Aufmerksamkeitsleistung als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQs zeigte ein nicht signifikantes Ergebnis mit einem schwachen Effekt ($\beta = -.14$; $t(16) = -.55$; $p = .590$;

$f = .14$; Tabelle 47). Es zeigte sich auch für diese Analyse eine geringe Teststärke ($1 - \beta = .25$).

Tabelle 47

Regressionsanalyse der weiblichen Versuchsteilnehmer mit visueller Aufmerksamkeitsleistung (VAL) als Prädiktor für die Gesamtskala des SSQ

Variable	<i>B</i>	95 % KI	β	<i>t</i>	<i>p</i>
Visuelle Aufmerksamkeitsleistung	-0.57	[-3.59; 1.53]	-0.14	-0.55	.590

Anmerkung. $R^2 = .020$ ($N = 17$); $f^2 = .06$; $1 - \beta = .25$; KI = Konfidenzintervall.

5.6 Diskussion

Die Diskussion der Untersuchung erfolgt in mehreren Schritten: Die Untersuchung wird zunächst zusammengefasst (Kapitel 5.6.1). Anschließend werden die gefundenen Ergebnisse interpretiert (Kapitel 5.6.2), um abschließend auf die Limitationen (Kapitel 5.6.3) und Stärken der Untersuchungen (Kapitel 5.6.4) sowie auf Implikationen für Forschung und Praxis einzugehen (Kapitel 5.6.5).

5.6.1 Zusammenfassung der Untersuchung

Diese explorative Studie überprüfte, ob ein Zusammenhang zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness in einer Fahrsimulationsumgebung aufgezeigt werden kann und ob sich die Beziehung zwischen den untersuchten Variablen zwischen Männern und Frauen unterscheidet. Zu diesem Zweck wurden Versuchspersonen gebeten, eine Aufgabe zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit (Walter, 2017) in einem Fahrsimulator mit fester Basis zu absolvieren und im Anschluss den Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy et al., 1993) auszufüllen. Es zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen visueller Aufmerksamkeit und den Skalen des Simulator Sickness Questionnaires.

5.6.2 Ergebnisinterpretation

Es ist möglich, dass weitere Variablen, die an dieser Stelle nicht berücksichtigt wurden (beispielsweise Alter und Aufgabenschwierigkeit) sowohl einen Einfluss auf das Erleben von Simulator Sickness (McCauley & Sharkey, 1992) als auch auf die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeitsleistung und Simulator Sickness haben. In dieser Studie wurde eine altershomogene Gruppe ($M_{\text{Alter}} = 24.69$ Jahre; $SD_{\text{Alter}} = 3.03$ Jahre) untersucht und die Schwierigkeit der Aufgabe zur Messung visueller Aufmerksamkeitsleistung wurde nicht variiert. Es ist möglich, dass die Aufgabe zu einfach gestaltet war für die Versuchspersonen, da diese an deutsche Verkehrsschilder gewöhnt sind. Zudem wurde in dieser Studie nur die visuelle Aufmerksamkeit hinsichtlich der sekundären Fahraufgabe (Erkennen von Verkehrs-schildern und Reaktion auf diese) gemessen, nicht aber hinsichtlich der primären Fahr-aufgabe. Würde man die visuelle Aufmerksamkeitsleistung auf beide Fahraufgaben messen, würde dies die Varianz der Korrelations- und Regressionsanalysen verringern und die Ergebnisse hinsichtlich der Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeitsleistung und Simulator Sickness präzisieren.

Dennoch geben die Ergebnisse einen ersten Eindruck über die Richtung des Zusammenhangs zwischen Aufmerksamkeitsleistung und Simulator Sickness. Die Ergebnisse der Gesamtstichprobe sowie die Ergebnisse der weiblichen Teilstichprobe zeigten, dass Aufmerksamkeitsleistung mit allen Kriteriumsvariablen eine nichtsignifikante, aber negative Beziehung aufweist. Es ist möglich, dass hohe visuelle Aufmerksamkeitsleistung gegenüber einer Aufgabe in einer Fahrsimulation das Erleben von Simulator Sickness reduzieren kann. Da kein experimentelles Studiendesign angelegt wurde, kann diese Beziehung auch umgekehrt interpretiert werden: Je weniger Simulator Sickness Versuchspersonen erleben, umso stärker kann die visuelle Aufmerksamkeit auf die entsprechende Aufgabe fokussiert werden. Dies erklärten Wei et al. (2018) anhand der sensorischen Konflikttheorie: Durch die Fokussierung der Aufmerksamkeit auf visuelle Stimuli wird die Aufmerksamkeit auf vestibuläre Reize reduziert, sodass kein intermodaler sensorischer Konflikt entsteht. Aus diesem Grund wird kaum Simulator Sickness von den Versuchspersonen erlebt (Wei et al., 2018).

Für die männliche Teilstichprobe zeigte sich die umgekehrte (nicht signifikante, aber positive) Richtung der Beziehung zwischen den untersuchten Variablen. Eine signifikante, positive Beziehung zwischen den Variablen würde bedeuten, dass mit

steigender visueller Aufmerksamkeitsleistung ein stärkeres Erleben von Simulator Sickness einhergeht oder vice versa. Auch hier kann eine Erklärung anhand der sensorischen Konflikttheorie gefunden werden: Die Theorie geht davon aus, dass verschiedene sensorische Reize in der Simulationsumgebung nicht mit den Erfahrungen übereinstimmen, welche die Person aufgrund früherer Erlebnisse aus der realen Umwelt erwartet (Reason & Brand, 1975; Stoner et al., 2011). Es könnte also anzunehmen sein, dass die wahrgenommenen Differenzen zwischen Simulations- und realer Umwelt durch höhere Aufmerksamkeitsleistung hinsichtlich der Fahraufgabe präsenter sind.

Möglicherweise liegt der Grund für die fehlende Signifikanz der gefundenen Resultate in der Division der Aufgaben zur Erfassung der Aufmerksamkeitsleistung. Es wurde nur die Aufmerksamkeitsleistung bezüglich der sekundären Fahraufgabe gemessen, nicht aber hinsichtlich der primären Fahraufgabe. Problematisch an dieser Stelle könnte sein, dass geteilte Aufmerksamkeit nicht erfasst wurde. Zudem erfolgte keine Unterscheidung zwischen Aufmerksamkeit und anderen kognitiven Fähigkeiten wie beispielsweise Konzentration, da diese Differenzierung recht schwierig ist (Prieler, 2011a).

Eine weitere mögliche Erklärung ist, dass die verwendete Fahraufgabe den sogenannten „Taskworkload“ gemessen hat. De Waard (1996) postulierte eine Unterscheidung zwischen dem mental Workload, der durch die Aufgabe (Task) erzeugt wird und dem Workload, welcher durch die individuelle Charakteristik der Person beeinflusst wird. Der Aufwand, der betrieben werden muss, um eine bestimmte Aufgabe in einer vordefinierten Zeit zu absolvieren, ist interindividuell verschieden (De Waard, 1996). Schmidt-Atzert et al. (2008) postulieren ebenfalls, dass die Leistung einer Aufgabe zur Erfassung der Aufmerksamkeit nie allein von der Fähigkeit abhängt, die man messen möchte (in diesem Fall visuelle Aufmerksamkeit), sondern dass immer Kombinationen von Konstrukten gemessen werden. Als Beispiele führten die Autoren die Diskriminierbarkeit von Reizen, welche auch Teil dieser Studie waren (Diskrimination von Ziel- und Distraktorreizen) als auch die Merkfähigkeit für die Zielreize auf (Schmidt-Atzert et al., 2008). Ein Hinweis auf diese Überlegung wären die Ausprägungen der Fehlerarten: Die Versuchspersonen haben signifikant mehr Verwechslungsfehler (Indikator für die Merkfähigkeit hinsichtlich Ziel- und Distraktorreiz) als Auslassungsfehler gemacht. Dies könnte ein Hinweis auf die exekutive Kontrolle des Arbeitsgedächtnisses sein, welches als „die Fähigkeit verstanden [wird], aktiv

Aufmerksamkeit auf innere Prozesse zu richten“ (Schmidt-Atzert et al., 2008, S. 61) definiert ist. Hierbei dient Aufmerksamkeit dazu, Material zu behalten, an welches sich erinnert werden soll (in dieser Untersuchung: Zielreize in Form von Verkehrsschildern), wenn parallel eine weitere Aufgabe bearbeitet werden soll (in der Untersuchung: Unterdrückung der Reaktion auf Distraktoren). An dieser Stelle ist Aufmerksamkeit als Selektion relevanter Reize aus einem bereits vorhandenen Informationsspektrum verantwortlich (Schmidt-Atzert et al., 2008).

Durch die Schwierigkeiten der Abgrenzung zu anderen Konstrukten wie z. B. Konzentration wird die Ergebnisinterpretation zusätzlich beeinflusst. Konzentration wird nach Schmidt-Atzert et al. (2008) als der vollständige Informationsverarbeitungsprozess definiert. Neben der Reizselektion beinhaltet Konzentration auch die willentliche Anstrengung, die Aufmerksamkeit aufrecht zu erhalten (Schmidt-Atzer et al., 2008). Möglich ist, dass die Versuchspersonen hohe Konzentration bei der Bearbeitung der Aufgabe zeigten, allerdings nicht hohe visuelle Aufmerksamkeit, sodass z. B. die Unterschiede zwischen Simulations- und Realumgebung nicht wahrgenommen wurden.

Eine weitere Erklärung der fehlenden Signifikanz kann in den generell niedrigen Werten der Simulator Sickness begründet liegen. Keiner der Mittelwerte lag über dem unteren Viertel der jeweiligen Skala. Studien zeigten, dass Simulator Sickness mit steigender Dauer der Simulationsexposition ansteigt (z. B. Kennedy, Stanney & Dunlap, 2000; Min et al, 2004). Die in dieser Studie verwendete Aufgabe zur Messung visueller Aufmerksamkeitsleistung wurde auf Grundlage des d2R Aufmerksamkeits- und Konzentrationstests (Brickenkamp et al., 2010) entworfen. Die Konstruktion beinhaltete auch die präzisen Zeiteinteilungen des d2R-Testverfahrens, sodass die Gesamtzeit der Simulationsexposition bei 5:40 Minuten lag. Laut Untersuchungen von Hoffmann und Buld (2006) sowie von Dorn und Barker (2005) benötigen die meisten Versuchspersonen 5 bis 10 Minuten, um sich an die Simulationsumgebung zu gewöhnen. Möglicherweise bietet die Gewöhnungsphase eine Reihe von ablenkenden Reizen, sodass Simulator Sickness Symptome erst verzögert auftreten.

Die niedrigen Simulator Sickness Werte können auch aus einem weiteren Grund durch den Messzeitpunkt verzerrt sein. Ergebnisse einer Untersuchung zeigten, dass Simulator Sickness Symptome erst einige Zeit nach der Simulationserfahrung auftreten können (Übelkeit und Desorientierung: 10 Minuten nach der Exposition, Okulomotorik: 15 Minuten nach der Exposition; Min et al., 2004). In der durchgeführten Studie

bearbeiteten die Versuchspersonen den Simulator Sickness Questionnaire direkt nach der Fahrt in der Simulationsumgebung (also nach 5:40 Minuten), was möglicherweise dazu führte, dass verzögert auftretende Symptome nicht mehr erfasst werden konnten.

Neben den bisherigen Erklärungen sollten auch die geringen Teststärken der einzelnen Korrelations- und Resgressionsanalysen (sowohl in der Gesamtstichprobe als auch in den Teilstichproben) betrachtet werden. Diese können durch die geringe Stichprobengröße begründet werden. Für Replikationen empfehlen sich größere Stichproben, um mögliche Effekte aufzudecken.

5.6.3 Limitationen der Untersuchung

Diese Untersuchung weist Limitationen auf. Zum einen sind größere Stichproben notwendig, um kleine Effekte zu untersuchen. Die Stichprobe in dieser Untersuchung hingegen war relativ klein ($N = 36$).

Zum anderen wurde visuelle Aufmerksamkeit nur mit einer Simulationsaufgabe gemessen. Um die Ergebnisse der Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness zu generalisieren, sollten weitere Aufgaben als auch variierende Schwierigkeitsgrade der Aufgaben implementiert werden. Die Art des Stimulis könnte ebenfalls bedeutsam für die Ergebnisse sein. So sind Fahrer vertraut mit Verkehrsschildern und dies könnte die kognitive Leistung hinsichtlich des Erinnerns an den Zielstimuli beeinflussen (Fisher, 1992).

Eine weitere Limitation ist in der Stichprobenzusammensetzung begründet. Engström et al. (2013) gehen davon aus, dass erfahrene Fahrer nur wenig bewusste Anstrengung benötigen, um zu wissen, auf welche Fahraspekte sie sich konzentrieren müssen (Aufmerksamkeitsallokation). Novizenfahrer hingegen sind hinsichtlich dieser Aufmerksamkeitsallokation noch nicht so routiniert wie erfahrenere Fahrer Engström et al., 2013). Das Alter der Stichprobe ($M = 24.69$; $SD = 3.03$) lässt vermuten, dass noch recht wenig Fahrerfahrung vorhanden ist und somit viel bewusste Anstrengung benötigt wurde, um die Aufmerksamkeit auf die relevanten Fahraspekte zu lenken..

Darüber hinaus konnte keine kausale Beziehung zwischen den Variablen festgestellt werden. Um dies zu leisten, sind experimentelle Studien notwendig (Döring & Bortz, 2016).

5.6.4 Stärken der Untersuchung

Die Stärken der Untersuchung sollten nicht vernachlässigt werden. Diese Studie ist eine der ersten, die sich der Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness widmete. Es konnte dabei ein erster Hinweis auf einen möglichen negativen Zusammenhang zwischen den Variablen gegeben werden.

Eine weitere Stärke dieser Studie ist die Erhebungsmethodik. Durch die Erfassung der visuellen Aufmerksamkeitsleistung während der Fahrsimulationaufgabe werden keine zusätzlichen Geräte benötigt, welche kostenintensiv sind und die Leistung der Versuchspersonen beeinflussen könnten.

5.6.5 Implikationen für Forschung und Praxis

Künftige Forschung sollte weitere Aufgaben mit unterschiedlichen Schwierigkeits-graden implementieren, um den Einfluss der Aufgabenschwierigkeit auf die Beziehung zwischen den Variablen zu untersuchen. Unterschiedliche Schwierigkeiten könnten dabei mittels den Versuchspersonen fremden Verkehrsschildern oder komplexeren Kombinationen von Verkehrsschildern operationalisiert werden. Auch eine Differenzierung in drei statt zwei Fahraufgaben wäre möglich. So differenzieren Abendroth und Bruder (2009), in Anlehnung an die Definition von Donges (1992), die Fahraufgabe hierarchisch in drei Ebenen: Die primäre Fahraufgabe besteht in der Durchführung der Fahrt (z. B. lenken, bremsen, Spur halten) und wird vor allem durch andere Verkehrsteilnehmer und die Fahrumgebung beeinflusst. Die sekundäre Fahraufgabe besteht aus Fahrhandlungen, die mit der primären Fahraufgabe verbunden sind, aber den eigentlichen Fahrprozess nicht betreffen wie beispielsweise Blinken, Hupen oder Bedienung von Scheibenwischern. Darüber hinaus definieren die Autoren noch die tertiäre Fahraufgaben, welche den Fahrkomfort und das Informationsbedürfnis betreffen (z. B. Heizungsregulierung, Bedienen von Informationstechnologien; Abendroth & Bruder, 2009). Diese Differenzierung wurde in durchgeführten Studie nicht vollzogen und könnte in künftigen Forschungsarbeiten aufgegriffen werden, um visuelle Aufmerksamkeitsleistung zu erfassen.

Darüber hinaus sollten experimentelle Studien durchgeführt werden, um die Kausalität der Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Simulator Sickness zu erforschen. Beispielsweise könnten Kontrollgruppen in der Simulationsumgebung

fahren, welche keine Aufgaben zur visuellen Aufmerksamkeit bearbeiten müssen und anschließend die Gruppen hinsichtlich ihres Erlebens von Simulator Sickness vergleichen.

In der Praxis ist visuelle Aufmerksamkeit nicht nur für Fahrsimulationen, sondern auch für zahlreiche weitere Anwendungen in der Virtual und der Augmented Reality zentral (Le Callet & Niebur, 2013). Eine kurze Simulationsexposition mit einer wenig komplexen Aufgabe zur Erfassung der visuellen Aufmerksamkeit wird dabei nur wenig starke Simulator Sickness Symptome auslösen. Allerdings können die Symptome auch einige Zeit nach der Simulationserfahrung auftreten, sodass die Leistung nachfolgender Tätigkeiten, wie beispielsweise das Führen eines Kraftfahrzeugs, beeinträchtigt werden kann (Neukum & Grattenthaler, 2006). Aus diesem Grund sollte 10 bis 30 Minuten nach der Simulationsexposition erneut ein Symptomcheck erfolgen, um auszuschließen, dass verzögerte Symptome auftreten.

6 Die Beziehung zwischen Fahrertypen und Simulator Sickness

Betrachtet man Analysen von Verkehrsunfällen, so sind diese meist mit zwei Faktoren verbunden: Human Factors und Faktoren der Verkehrsumwelt und des Fahrzeugs (Chliaoutakis et al., 2002). Vor allem die Human Factors sind bedeutsam, denn schätzungsweise 90 % aller Verkehrsunfälle gehen auf menschliche Faktoren zurück (Vollrath & Krems, 2011). Unterschiedliche Perspektiven der Psychologie (kognitive, Persönlichkeits- und Sozialpsychologie) versuchten bereits, individuelle Unterschiede in der Risikobereitschaft während des Fahrens und der damit verbundenen Unfallbeteiligung zu erklären. Bisher existiert allerdings nur wenig Forschung zur Integration dieser Ansätze (Ulleberg & Rundmo, 2003). Auch Taubman-Ben-Ari und Yehiel (2012) unterstreichen die Relevanz eines multidimensionalen und holistischen Ansatzes hinsichtlich der Beschreibung von Fahrern. Um diese Forschungslücke zu schließen, kombiniert die nachfolgende Studie Fahrertypen auf Basis der Untersuchung von kognitiven Variablen, Persönlichkeitsvariablen und Variablen zur Erfassung des Fahrverhaltens.

Ähnlich wie die bisher auf einzelnen Konstrukten basierte Analyse von Fahrern, ist auch das Konstrukt Simulator Sickness bisher oftmals nur in Verbindung mit einzelnen individuellen (z. B. Alter in Park et al., 2006 oder bei Personen mit Gleichgewichtsstörungen in Tyrell et al., 2017) Faktoren untersucht worden, nicht aber mit einer Kombination an Human Factors.

Die nachfolgende Studie wird daher in zwei Untersuchungsparts geteilt: Die Erstellung der Fahrertypen und der Zusammenhang der Fahrertypen mit dem Erleben von Simulator Sickness. Zu diesem Zweck werden zunächst *Fahrverhalten und die entsprechenden Prädiktoren* erläutert (Kapitel 6.1). Der darauf aufbauende Forschungsstand ist zweigeteilt: Zum einen wird der *Forschungsstand* des Zusammenhangs der einzelnen Fahrverhaltensprädiktoren mit dem Fahrverhalten beschrieben (Kapitel 6.2.1 – 6.2.3), zum anderen werden diese Konstrukte auch mit Simulator Sickness in Verbindung gebracht (Kapitel 6.2.4). Auf Grundlage des Forschungsstands werden die *Forschungsfragen* (Kapitel 6.3) postuliert und darauf aufbauend wird die *Methodik der Untersuchung* (Kapitel 6.4) erläutert. Die Beschreibung der *Ergebnisse* (Kapitel 6.5) erfolgt ebenfalls geteilt: Zunächst werden die Ergebnisse der Clusteranalyse über die Fahrertypen beschrieben, anschließend werden die Ergebnisse des Zusammenhangs der verschiedenen Fahrertypen mit dem Erleben von Simulator

Sickness zusammengefasst. Die abschließende *Diskussion* (Kapitel 6.6) reflektiert die Ergebnisse, benennt Stärken und Limitationen der Untersuchung und gibt einen Ausblick für Forschung und Praxis.

6.1 Fahrverhalten und seine Prädiktoren

Im Folgenden werden die zentralen Begrifflichkeiten der nachfolgenden Studie erläutert. Diese bestehen im Fahrverhalten und potentiellen Prädiktoren für Fahrverhalten, welche sich der Literatur finden lassen: Persönlichkeit (z. B. Lajunen, 2000; Oltedal & Rundmo, 2005; Taubman-Ben-Ari & Yehiel, 2012), Sensation Seeking (z. B. Dahlen, Martin, Ragan & Kuhlman, 2005; Jonah, Thiessen & Au-Yeung, 2001) und auch kognitive Variablen (z. B. Ball et al., 1993; Werneke & Vollrath, 2012). Um ein Grundverständnis für die Konstrukte zu schaffen, welche Basis des darauffolgenden Forschungsstandes sowie der darauf aufbauenden Fahrertypen sind, werden diese im Folgenden kurz erläutert.

6.1.1 Fahrverhalten

Taubman-Ben-Ari und Yehiel (2012) postulieren zwei Arten von Human Factors im Fahrprozess: Fahrerfahrung sowie Fahrstil. Die Fahrerfahrung hat einen wichtigen Einfluss auf das Unfallrisiko von Fahrern. Zum einen wächst die Anzahl der verschiedenen erlebten Fahrsituationen, sodass Fahrerroutinen etabliert werden, zum anderen verbessert sich auch die Fähigkeit der Risikoeinschätzung (Abendroth & Bruder, 2015). Der Fahrstil, welcher auf der Fahrerfahrung und der Persönlichkeit des Fahrers basiert (Abendroth & Bruder, 2015), bezieht sich darauf, wie eine Person üblicherweise ein Kraftfahrzeug führt. Dies beinhaltet Variablen wie Geschwindigkeit, Abstand zu anderen Verkehrsteilnehmern, Aufmerksamkeit und Durchsetzungsvermögen im Straßenverkehr. Beeinflusst wird der Fahrstil sowohl durch Vorstellungen vom und Einstellungen zum Fahrprozess, als auch durch allgemeine Bedürfnisse und Werte (Taubman-Ben-Ari & Yehiel, 2012).

Bei der Konstruktion eines Verfahrens zur Erfassung verschiedenen Fahrstile (multidimensional driving style inventory; Taubman-Ben-Ari, Mikulincer & Gillath, 2004) konnten die Autoren vier Fahrstile kategorisieren: a) rücksichtsloser und leichtsinniger Stil, b) ängstlicher Stil, c) wütender und feindseliger Stil sowie d)

geduldiger und vorsichtiger Stil. Die Fahrstile sind durch unterschiedliche Fahrverhaltensweisen gekennzeichnet: Der rücksichtslose Stil ist gekennzeichnet durch das Verletzen von Normen des sicheren Fahrens wie z. B. hohe Geschwindigkeit oder nicht erlaubte Überholmanöver. Der ängstliche Stil ist verbunden mit Gefühlen der Wachsamkeit und Anspannung, wohingegen der feindselige Stil eher mit Ausdrücken der Wut assoziiert wird (Fluchen, Lichthupe geben). Der vorsichtige Stil ist ein adaptiver Fahrstil, bei welchem der Fahrer vorausschauend plant, die Aufmerksamkeit auf der Straße hat und Gelassenheit und Geduld während des Fahrens zeigt (Taubman-Ben-Ari et al., 2004; Taubman-Ben-Ari & Yehiel, 2012).

Mather (2009) legte besonderen Augenmerk auf die Untersuchung von aggressivem Fahrverhalten. Aggressives Verhalten beinhaltet vor allem die Intention, seinem Gegenüber zu schaden und die Erwartung, dass das gezeigte Verhalten dem Gegenüber auch wirklich schadet. Der Autor postuliert, dass aggressives Verhalten existieren wird, solange Fahrer um Ressourcen wie Platz konkurrieren müssen. Dabei kann Aggressionen schwache Formen (z. B. Hupen, Fluchen) und starke Formen (z. B. physische Auseinandersetzungen) annehmen. Galovski, Malta und Blanchard (2006) unterschieden vier Formen von Aggressionen: verbale Aggressionen (z. B. Fluchen) und aggressive Gestiken (z. B. obszöne Gesten), welche beide relativ häufig auftreten, wohingegen vehikuläre (z. B. sehr nahes Auffahren, andere Fahrer ausbremsen) und physische Aggressionen (z. B. Dinge werfen) eher selten auftreten (Galovski et al., 2006). Fahrer, die mehr Ärger während der Fahrt empfinden, berichten von mehr riskanten Fahrweisen, einem häufigeren Konzentrationsverlust und mehr Verkehrsverstößen als Personen mit wenig empfundenem Fahrärger (Mather, 2009). Für die Forschung zu Fahrverhalten sind vor allem aggressive und riskante Fahrverhaltensweisen von Bedeutung. Diese interferieren mit verschiedenen Indikatoren der Fahrleistung wie z. B. Urteilen, Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Informationsverarbeitung und motorischer Koordination (Dahlen, Edwards, Tubré, Zyphur & Warren, 2012). Jovanovic, Lipovac, Stanojevic und Stanojevic (2011) unterstreichen diese Relevanz durch die Analyse von Verkehrstoten aufgrund von riskantem Fahrverhalten. Zwei Drittel aller Unfälle in den USA im Jahr 1996 gingen auf riskante Fahrmanöver zurück. In Großbritannien berichteten 90 % aller Befragten von selbsterlebten Vorfällen im Straßenverkehr aufgrund von Aggressionen (Jovanovic et al., 2011).

Es lässt sich zusammenfassend festhalten, dass das Fahrverhalten nicht unabhängig vom Fahrstil ist (Taubman-Ben-Ari et al., 2004), welcher wiederum durch zahlreiche Human Factors beeinflusst wird. Diese können unter anderem Sensation Seeking, Persönlichkeit und kognitive Variablen sein, welche im Folgenden erläutert werden (Constantinou et al., 2011; Dahlen & White, 2006; Taubman-Ben-Ari & Yehiel, 2012; Ulleberg & Rundmo, 2002).

6.1.2 Sensation Seeking

Das Konstrukt Sensation Seeking wurde bei der Erforschung interindividueller Reaktionsunterschiede auf sensorische Deprivation entwickelt. Basis für dieses Konstrukt ist die Annahme, dass Personen verschiedene Bedürfnisse nach Stimulation erleben und aufgrund dessen unterschiedlich stark nach diesen Stimulationen suchen (Stemmler et al., 2011). Sensation Seeking wird definiert als die Suche nach variierenden, neuen, komplexen und intensiven Erfahrungen, die mit physischen, sozialen, legalen und finanziellen Risiken verbunden sind (Zuckerman, 1994). Personen mit hohen und niedrigen Ausprägungen im Bereich Sensation Seeking unterscheiden sich in verschiedenen Bereichen. Personen mit einer hohen Ausprägung von Sensation Seeking schätzen Risiken geringer ein, haben weniger Angst vor unbekanntem Erlebnissen, neigen eher zu riskanten Sportarten, bevorzugen eher Berufe mit Abwechslung und Herausforderungen, suchen mehr Sozialkontakte, bevorzugen eher spannungsreiche Musik und Kunst, rauchen eher und haben einen höheren Alkohol- und Drogenkonsum als Personen mit einer geringen Sensation Seeking Ausprägung (Stemmler et al., 2011). Sensation Seeking hat eine geschlechts- und eine altersbedingte Komponente: Es ist bei Männern stärker ausgeprägt als bei Frauen und generell am stärksten zwischen 16 und 20 Jahren ausgeprägt (Holte, 2012).

Sensation Seeking wird häufig anhand mehrerer Subskalen gemessen. Diese sind unter anderem *Gefahren- und Abenteuersuche* (engl. Thrill and Adventure Seeking), was die Tendenz beschreibt, Aktivitäten mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für Gefahren und Geschwindigkeiten aufzusuchen, *Erfahrungssuche* (engl. Experience Seeking, welches nonkonformistische Lebensstile beschreibt), soziale und sexuelle *Enthemmung* (engl. Disinhibition) und *Empfänglichkeit für Langeweile* (engl. Boredom Susceptibility), was die Abneigung gegen Wiederholungen und Routinen beschreibt (Beauducel & Brocke, 2003).

6.1.3 Persönlichkeit

Das am meisten verwendete Konstrukt zur Erfassung von Persönlichkeitstraits ist das Big Five-Modell (Taubman-Ben-Ari & Yehiel, 2012). Die Ursprünge dieses Modells liegen in den Arbeiten von Allport, der mittels einer psycholexikalischen Studie Eigenschaftsworte aus einem Wörterbuch extrahierte und insgesamt 171 Begriffe in Form von Gegensatzpaaren herausfand, die der Beschreibung von Eigenschaften dienen. Basierend auf den Daten von Allport reduzierte Cattell diese Eigenschaftswörter zu 12 Faktoren, welche allerdings bei Replikationen nicht validiert werden konnten. Eysenck führte den Ansatz weiter zu einem faktorenanalytischen Ansatz, aus welchem sich das PEN-Modell (Psychotizismus, Extraversion, Neurotizismus) ergab. In diesem Modell wurden den gefundenen Faktoren Eigenschaftswörter zugeschrieben. Zu Beginn der 1990er Jahre verstärkten sich die Forschungserkenntnisse auf ein Modell mit fünf breiten Persönlichkeitsfaktoren, welche vor allem auf die Forscher Costa und McCrae zurückgehen (Stemmler, Hagemann, Amelang & Bartussek, 2011). Das Big Five-Modell von Costa und McCrae (1992) postuliert fünf Dimensionen, die jeweils spezifische Facetten umfassen: Neurotizismus (Ängstlichkeit, Reizbarkeit, Verletzlichkeit, Impulsivität, soziale Befangenheit, Depression), Extraversion (positive Emotionen, Erlebnissuche, Herzlichkeit, Durchsetzungsfähigkeit, Geselligkeit, Aktivität), Offenheit für neue Erfahrungen (für Gefühle, Fantasien, Ideen, Handlungen, Werte- und Normsysteme, Ästhetik), Verträglichkeit (Bescheidenheit, Vertrauen, Entgegenkommen, Altruismus, Freimütigkeit, Gutherzigkeit) und Gewissenhaftigkeit (Besonnenheit, Selbstdisziplin, Kompetenz, Pflichtbewusstsein, Ordnungsliebe, Leistungsstreben; Costa & McCrae, 1992).

6.1.4 Kognitive Variablen

Kognitive Variablen umfassen alle Merkmale der geistigen Leistungsfähigkeit. Zentral sind dabei die Wahrnehmung, das Behalten, die Weiterverarbeitung und auch das Erlernen von Informationen. Dabei sind sowohl die jeweils relevanten Inhalte als auch die Leistungsfähigkeiten interindividuell verschieden. Kognitive Variablen lassen sich vielseitig differenzieren, unter anderem in Intelligenz, Kreativität oder Arbeitsstile (Westhoff & Kluck, 2008). Für diese Arbeit zentral sind allerdings Aufmerksamkeit und Konzentration. Die Definitionen der Konstrukte und deren Relevanz für den Fahrkontext wurden bereits in den Kapiteln 5 sowie 5.1 aufgearbeitet.

6.2 Forschungsstand

Die Aufarbeitung des Forschungsstands der nachfolgenden Studie erfolgt in zwei Schritten: Zunächst wird erläutert, wie die einzelnen Fahrverhaltensprädiktoren mit ebendiesem zusammenhängen (Kapitel 6.2.1 – 6.2.3) im Anschluss wird aufgearbeitet, welche Zusammenhänge zwischen den einzelnen Variablen und Simulator Sickness in der Forschung gefunden wurden (Kapitel 6.2.4).

6.2.1 Zusammenhang zwischen Sensation Seeking und Fahrverhalten

Sensation Seeking ist einer der stärksten Prädiktoren für rücksichtsloses Fahren und Verkehrsunfälle. Das Konstrukt wird oft in Verbindung gebracht mit dem Übertreten von Geschwindigkeitsbegrenzungen, Fahren unter Alkoholeinfluss und anderen Verkehrsverstößen (Taubman-Ben-Ari et al., 2004). Hinsichtlich der Erfassung von Sensation Seeking zeigte sich in den zumeist korrelativen Untersuchungen ein breites Spektrum verwendeter Verfahren wie zum Beispiel der NEO-PI-R (Costa & McCrae, 1992), die Sensation Seeking Scale-V (SSS-V; Zuckerman, 1994), das Arnett Inventory of Sensation Seeking (Arnett, 1994) und der Zuckerman Sensation Seeking Questionnaire (Zuckerman, 1971). An dieser Stelle werden die Erkenntnisse der Forschung zu Sensation Seeking und Fahrverhalten chronologisch aufgearbeitet.

Bereits 1993 untersuchten Furnham und Saipe Persönlichkeitskorrelate von Fahrern, die wegen Verkehrsvergehen verurteilt wurden. Sie inkludierten unter anderem Sensation Seeking, welches sie mittels des Zuckerman Sensation Seeking Questionnaires (Zuckerman, 1971) erhoben. Die Autoren fanden heraus, dass Personen, die wegen Verkehrsvergehen verurteilt wurden, höhere Werte im Bereich Abenteuersuche und Vermeidung von Langeweile aufweisen. Es zeigte sich zudem ein signifikant positiver Zusammenhang dieser Skalen mit der Anzahl der berichteten Verkehrsunfälle. Dabei zeigten sich kleine Effekte zwischen $r = .16$ und $r = .22$ (Furnham & Saipe, 1993).

Arnett (1996) als auch Arnett, Offer und Fine (1997) erforschten den Zusammenhang zwischen Sensation Seeking, welches sie mittels des Arnett Inventory of Sensation Seeking (Arnett, 1994) erfassten, und verschiedenen Variablen des rücksichtslosen Fahrens. Die Autoren beider Studien fanden signifikante Korrelationen zwischen Sensation Seeking und schnellem Fahren, Übertreten der Geschwindigkeitsbegrenzungen, Rennen mit einem anderen Fahrer beginnen, Überholen

in einem Überholverbotszone und Fahren unter Alkoholeinfluss (beide Studien zeigten kleine bis mittlere Effektgrößen von $r = .23$ bis $r = .36$; Arnett, 1996; Arnett et al., 1997).

Jonah, Thiessen und Au-Yeung (2001) untersuchten den Unterschied zwischen Personen mit niedrigen und hohen Ausprägungen im Bereich Sensation Seeking und riskantem (Nichtbenutzung von Sitzgurten, Geschwindigkeitsübertretungen, Unfälle, Verkehrsverstöße) sowie aggressivem (andere Fahrer beschimpfen, aus Spaß schnell fahren, Andere gern überholen, Anderen nah auffahren) Fahrverhalten. Die Resultate zeigten, dass Personen mit hohen Sensation Seeking Werten mehr riskante und aggressive Fahrverhaltens-weisen berichten als Personen mit einer niedrigen Sensation Seeking Ausprägung (kleine bis mittlere Effekte: $r = .19$ bis $r = .37$; Jonah et al., 2001).

Iversen und Rundmo (2002) entwickelten eine Kurzsкала, um Sensation Seeking zu erfassen und mit der Driving Anger Scale (DAS; Deffenbacher, Deffenbacher, Lynch & Richards, 2003), welche Ärgererleben während des Fahrens erfasst, zu korrelieren. In den Ergebnissen zeigte sich eine positive Korrelation kleiner Effektgröße ($r = .17$) zwischen den Variablen. In einem Strukturgleichungsmodell konnten die Autoren zudem zeigen, dass sowohl riskantes Fahren als auch die Beteiligung an Unfällen von Sensation Seeking beeinflusst werden (Iversen & Rundmo, 2002).

Risikantes Fahrverhalten und die Einstellung zu Verkehrssicherheit waren Teil einer weiteren Untersuchung von Ulleberg und Rundmo (2003). Die Autoren untersuchten die Beziehung zwischen Sensation Seeking, Einstellungen zur Verkehrssicherheit, Risiko-wahrnehmung und riskantem Fahrverhalten. Sie fanden signifikant negative Korrelationen kleiner bis mittlerer Größe ($r = -.12$ bis $r = -.38$) zwischen Sensation Seeking und Risikowahrnehmung sowie zwischen Sensation Seeking und der Einstellung zur Verkehrssicherheit. Personen mit hohen Werten im Bereich Sensation Seeking wiesen den Ergebnissen zufolge eine geringere Wahrnehmung von Risiken auf als Personen mit einer geringen Ausprägung von Sensation Seeking. Zudem neigen sie zu einer geringeren Befolgung von Verkehrsregeln, zum Übertreten von Geschwindigkeits-begrenzungen und zum Fahren aus Spaß. Risikoverhalten im Straßenverkehr und Sensation Seeking wiesen einen positiven Zusammenhang auf (Ulleberg & Rundmo, 2003).

Taubman-Ben-Ari et al. (2004) untersuchten, inwieweit verschiedene Fahrstile mit Sensation Seeking zusammenhängen. Sie konnten zwischen Sensation Seeking und dem riskanten Fahrstil einen positiven Zusammenhang (Effekt mittlerer Größe: $r = .40$)

und zwischen Sensation Seeking und dem vorsichtigen Fahrstil einen negativen Zusammenhang (Effekt mittlerer Größe $r = -.31$) ermitteln.

Dahlen et al. (2005) untersuchten den Zusammenhang zwischen Ärger während des Fahrens, dessen Expression und Sensation Seeking. Sie konnten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Ärger während des Fahrens und Sensation Seeking finden. Letzteres zeigt allerdings signifikant positive Zusammenhänge mit den verschiedenen Arten des Ärgerausdrucks während der Fahrt (verbale und physische Aggression sowie die Nutzung des Fahrzeugs, um dem Ärger Ausdruck zu verleihen). Personen mit einer hohen Sensation Seeking Ausprägung neigen zu stärkerem Ausdruck ihres bei der Fahrt empfundenen Ärgers (mittlere Effekte von $r = .23$ bis $r = .25$). Darüber hinaus berichten sie von mehr aggressiven und riskanten Fahrverhaltensweisen als Personen mit einer niedrigen Ausprägung im Bereich Sensation Seeking (Dahlen et al., 2005).

Dahlen und White (2006) konnten die Ergebnisse von Dahlen et al. (2005) unterstreichen. Die Autoren untersuchten den Zusammenhang zwischen Sensation Seeking (gemessen mit der SSS-V von Zuckerman, 1994) und verschiedenen fahrrelevanten Variablen (aggressives und riskantes Fahrverhalten, Ärger während des Fahrens). Eine hohe Ausprägung der generellen Sensation Seeking Skala ging dabei mit mehr Verkehrsverstößen, Unfällen, riskanten Fahrverhaltensweisen und einem erhöhten Konzentrationsverlust während der Fahrt einher (kleine Effektgrößen von $r = .15$ bis $r = .26$). Thrill and Adventure Seeking zeigte eine negative Beziehung zu Fahrärger und Disinhibition wies positive Zusammenhänge mit aggressivem und riskantem Fahren auf (Dahlen & White, 2006).

Oltedal und Rundmo (2006) untersuchten den Zusammenhang zwischen Sensation Seeking und Fahrverhalten, welche mittels Fragebögen erfasst wurden. Zum einen erfassten sie die aktive Suche nach Stimulation (gemessen anhand einer Facette des NEO-PI-R, Costa & McCrae, 1992), zum anderen wurden Ärger (Driving Anger Scale; Deffenbacher et al., 2003) und Risikobereitschaft während des Fahrens erhoben. Es zeigte sich, dass die Suche nach Stimulation sowohl mit Aggression (als Indikator des Ärgers während der Fahrt) als auch mit riskantem Fahrverhalten signifikant positiv korrelierte, allerdings nur mit kleinen Effektgrößen ($r = .07$ respektive $r = .19$).

Sowohl Schwebel, Severson, Ball und Rizzo (2006) als auch Constantinou, Panayiotou, Konstantinou, Loutsiou-Ladd und Kapardis (2011) untersuchten den Zusammenhang zwischen Fahrverhalten (gemessen mit dem Manchester Driver

Behaviour Questionnaire (DBQ); Reason et al., 1990) und Sensation Seeking (gemessen anhand der Sensation Seeking Scale-V (SSS-V); Zuckerman, 1994) in einer Fragebogenuntersuchung. Die SSS-V misst Sensation Seeking auf vier Subskalen: Thrill and Adventure Seeking, (Suche nach Aufregung und Abenteuern), Disinhibition (Enthemmung), Experience Seeking (Suche nach Erfahrungen) und Boredom Susceptibility (Anfälligkeit für Langeweile). Letztere beide Skalen wurden von Constantinou et al. (2011) aufgrund niedriger Reliabilität entfernt. Schwebel et al. (2006) nutzten nur die Subskalen Disinhibition und Boredom Susceptibility, weil diese ihrer Auffassung nach am stärksten mit riskantem Fahren verbunden ist. Beide Autorengruppen konnten aufzeigen, dass Disinhibition signifikant positiv mit unbeabsichtigten Verkehrsverstößen, absichtlichen Verkehrsverstößen und Fahrfehlern korrelierte. Thrill and Adventure Seeking korrelierte ebenfalls signifikant positiv mit unbeabsichtigten Verkehrsverstößen, nicht aber mit anderen Arten fahrbezogener Fehlleistungen, die mittels des DBQs erfasst wurden (Constantinou et al., 2011). Boredom Susceptibility korreliert ebenfalls mit allen Subskalen des Driver Behaviour Questionnaires. Bei den Korrelationen zeigten sich mittlere bis große Effektgrößen von $r = .26$ bis $r = .54$ (Schwebel et al., 2006).

Cestac, Paran und Delhomme (2011) identifizierten Geschwindigkeitsüberschreitungen als einer der zentralen riskanten Fahrverhaltensweisen junger Fahrer (15 – 24 Jahre). In ihrer Studie untersuchten die Autoren den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeitsübertretungen (gemessen an Szenarien zur Erfassung behavioraler Intentionen, bei welchen die Versuchspersonen ihre potentielle Reaktion angeben sollten), bisherigen Geschwindigkeitsübertretungen und Sensation Seeking. Es zeigte sich, dass je stärker Sensation Seeking ausgeprägt war, umso höher war die Intention der Personen, die Geschwindigkeit zu übertreten, umso öfter berichteten sie von Geschwindigkeits-übertretungen und umso höher war die Anzahl geschwindigkeitsbedingter Verkehrsverstößen im vergangenen Jahr (kleine bis mittlere Effektgrößen: $r = .19$ - $r = .39$; Cestac et al., 2011).

In einer weiteren Untersuchung wurde untersucht, wie Sensation Seeking und Fahrverhalten in einer Simulationsumgebung zusammenhängen (Marengo, Settanni & Vidotto, 2012). Das konkrete Fahrverhalten wurde mittels zwei Variablen erfasst: der Unfallbeteiligung während der simulierten Fahrt und einem Index für sicheres Fahren. Zusätzlich erhoben die Autoren mittels Selbstberichtsverfahren die bisherige Erfahrung

der Versuchs-personen mit gefährlichem Fahren (Fahren unter Einfluss von Substanzen, Geschwindigkeits-übertretungen u.ä.). Es zeigte sich, dass je stärker Sensation Seeking ausgeprägt war, umso höher war die Unfallbeteiligung in der Simulationsumgebung, umso mehr Fahrten unter Substanzeinfluss sowie Verkehrsverstöße wurden berichtet und umso geringer fiel der Sicherheitsindex des Fahrens in der Simulationsumgebung aus (kleine bis mittlere Effekt: $r = .11$ bis $r = .34$; Marengo et al., 2012).

Sensation Seeking wurde zudem ein Forschungsfeld in der Untersuchung von riskantem Fahrverhalten von Motorsportlern (Yildirim-Yenier, Vingilis, Wiesenthal, Mann & Seeley, 2016). Yildirim-Yenier et al. (2016) untersuchten den Zusammenhang zwischen Thrill Seeking, der Einstellung zur Erhöhung von Tempolimits, kompetitiven Fahr-einstellungen und Verkehrsverstößen wegen Geschwindigkeitsübertretungen. Thrill Seeking korrelierte signifikant positiv mit allen fahrbezogenen Skalen. Personen mit hohen Werten im Bereich Thrill Seeking sprachen sich für eine Erhöhung von Tempolimits aus, hatten eine stärkere kompetitive Einstellung zum Fahren und berichteten von mehr geschwindigkeits-bezogenen Fahrverstößen. In einem Strukturgleichungsmodell konnten die Autoren einen direkten Effekt von Thrill Seeking auf geschwindigkeitsbezogene Verkehrsverstöße finden. Sie konnten allerdings auch indirekte Effekte dieses Zusammenhangs nachweisen, welche durch die kompetitive Fahreinstellung und die Einstellung zur Erhöhung von Geschwindigkeitsbegrenzungen mediiert wurde (ohne Angabe entsprechender Effektgrößen; Yildirim-Yenier et al., 2016).

6.2.2 Zusammenhang zwischen dem Big Five-Persönlichkeitsmodell und Fahrverhalten

Untersuchungen zum Zusammenhang von Persönlichkeitsfaktoren und Fahrverhalten zeigten, dass vor allem aggressives und riskantes Fahrverhalten von besonderer Bedeutung für die Forschung ist. Dieses Verhalten führt zu Verkehrsunfällen, die eine der Haupt-todesursachen bei Menschen zwischen einem und 44 Jahren sind (Dahlen et al., 2012).

Anitei, Charif, Burtaverde and Mihaila (2014) untersuchten den Zusammenhang zwischen dem Big Five-Persönlichkeitsmodell (erfasst mittels des International Personality Item Pools; Goldberg, 1992) und aggressivem Fahrverhalten. Die Autoren

konnten zeigen, dass emotionale Stabilität und Verträglichkeit mit verschiedenen Skalen aggressiven Fahrverhaltens (instrumentelle Aggression, Ärger, Freude an Gewalt, Ausleben von Gewalt, Gesamtskala aggressiven Verhaltens) negativ korrelierten. Abgesehen vom Ausleben von Gewalt ist dieses Muster auch auf Gewissenhaftigkeit zutreffend. Hinsichtlich des Faktors Offenheit konnten ebenfalls negative Korrelationen mit der Freude an Gewalt und der Gesamtskala aggressiven Verhaltens gefunden werden. Es zeigten sich kleine bis große Effekte ($r = -.19$ - $r = -.58$). Es konnte keine signifikante Beziehung zwischen Extraversion und einer der Skalen des aggressiven Fahrverhalten gefunden werden (Anitei et al., 2014).

Auch die Beziehung zwischen Persönlichkeit, Fahrärger, dessen Ausdruck, und aggressivem Verhalten, welches durch die Anzahl bisheriger Unfälle und Verkehrsverstöße operationalisiert wurde, wurde untersucht (Dahlen, Edwards, Tubré, Zyphur & Warren, 2012). Dabei fand ebenfalls das International Personality Item Pool zur Erfassung der Big Five (statt Neurotizismus wurde emotionale Stabilität erfasst; Goldberg, 1992) Anwendung. Aggressives Fahrverhalten und Verkehrsverstöße zeigten einen signifikant negativen Zusammenhang zu allen Faktoren des Big Five Modells auf. Für Verkehrsunfälle konnte dieses Muster nicht repliziert werden: eine hohe Ausprägung auf den Faktoren emotionale Stabilität, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit ging mit einer niedrigeren Anzahl selbstberichteter Unfälle einher, hohe Ausprägungen auf den Faktoren Extraversion und Offenheit hingegen mit einer höheren Anzahl selbstberichteter Unfälle. Für die gefundenen Korrelationen wurden kleine bis mittlere Effekte identifiziert (Dahlen et al., 2012).

Jovanovic et al. (2011) gingen in ihrer Untersuchung der Frage nach, welche Dimensionen des Big Five-Modells mit aggressivem Fahren (Ärger und Ärgerausdruck während des Fahrens) zusammenhängen. Neurotizismus zeigte einen positiven Zusammenhang mit Ärger während des Fahrens und Ärgerausdruck (verbale und physische Aggressionen, Nutzung des Autos zum Ausdruck des Ärgers). Hohe Ausprägungen auf den Faktoren Extraversion, Verträglichkeit und Offenheit gehen mit geringen Ausprägungen der verschiedenen Formen des Ausdrucks von Ärger während der Fahrt einher. Es konnten keine signifikanten Beziehungen zwischen aggressivem fahren und Offenheit identifiziert werden. Auch in dieser Untersuchung konnten kleine bis mittlere Effekte gefunden werden ($r = .13$ - $r = .41$; Jovanovic et al., 2011).

Arthur und Doverspike (2001) untersuchten die Beziehung zwischen Gewissenhaftigkeit, emotionaler Stabilität, dem Verkehrswissen der Versuchspersonen (Items wurden entsprechend der theoretischen Fahrprüfung konstruiert) und der Anzahl der bisherigen Verkehrsunfälle. Es zeigte sich, dass je höher die Ausprägung von Gewissenhaftigkeit war, umso geringer war die Anzahl der selbst- und fremdverschuldeten Verkehrsunfälle ($r = -.39$ - $r = -.40$; mittlere Effektgrößen). Es konnten keine signifikanten Beziehungen zwischen emotionaler Stabilität und den fahrbezogenen Variablen gefunden werden (Arthur & Doverspike, 2001).

Paunonen (2003) untersuchte den Zusammenhang verschiedener Persönlichkeitsinventare und diverser Alltagssituationen (z. B. Datinghäufigkeit, Diätverhalten, Sportbeteiligung, Geldausgaben für Lottoscheine), welche auch zwei fahrrelevante Items enthielten (Anzahl der Verkehrsverstöße und schnelles Fahren). Es zeigte sich dabei, dass Verträglichkeit signifikant negativ und mit kleinen Effektgrößen mit schnellem Fahren ($r = -.15$) und Verkehrsverstößen ($r = -.20$) korrelierte.

In einer weiteren Untersuchung von Sümer, Lajunen und Özkan (2005) wurden die verschiedenen Dimensionen des Driver Behaviour Questionnaires (Reason et al., 1990) mit den Ausprägungen der Big Five korreliert. Die Autoren fanden heraus, dass hohe Ausprägungen auf den Skalen Extraversion und Offenheit mit einer geringen Ausprägung unbeabsichtigter Fahrfehler und Fahrversehen (für eine nähere Erläuterung siehe Kapitel 6.4.3.1) einhergingen, eine hohe Ausprägung von Extraversion zudem auch mit einer höheren Anzahl an Strafzetteln. Hohe Ausprägungen auf den Skalen Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit zeigten negative Zusammenhänge mit unbeabsichtigten Fahrfehlern, Fahrversehen, Verkehrsverstößen, Strafzetteln und Unfallbeteiligung, Neurotizismus hingegen wies auf allen Skalen einen positiven Zusammenhang auf. Je höher die Skala Neurotizismus ausgeprägt war, umso mehr unterschiedliche Fahrfehler beging eine Person und umso mehr Verkehrsverstöße, Strafzettel und Unfälle konnten verzeichnet werden. Die Autoren konnten kleine bis mittlere Effektgrößen finden ($r = -.07$ - $r = -.38$; Sümer et al., 2005)

Dahlen und White (2006) untersuchten ebenfalls den Zusammenhang zwischen Persönlichkeit und fahrbezogenen Variablen (Ärger während der Fahrt, aggressives Fahren und riskantes Fahren). Es zeigten sich keine Zusammenhänge zwischen den Skalen Extra-version und Offenheit und einer der gemessenen Fahrvariablen. Verträglichkeit korrelierte negative mit aggressivem und riskantem Fahrverhalten.

Gewissenhaftigkeit zeigte negative Zusammenhänge mit dem Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug und riskantem Fahren. Emotionale Stabilität (als Skalengegenpol zu Neurotizismus) wies negative Korrelationen mit dem nahen Auffahren auf andere Fahrzeuge und aggressivem Fahren auf. In dieser Untersuchung konnten ausschließlich kleine Effekte gefunden werden (max. $r = -.12$).

Die Forschergruppe um Taubman-Ben-Ari et al. (2004, 2012) erforschte die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Fahrstilen und Persönlichkeit. In einer ihrer ersten Analysen zu Fahrstilen konnten die Autoren aufzeigen, dass Extraversion negativ und Neurotizismus positiv mit dem dissoziativen (gekennzeichnet durch kognitive Versehen wie z. B. Fehltritte hinsichtlich verfügbarem Platz oder Geschwindigkeit) und dem ängstlichen Fahrstil zusammenhing. Extraversion ging mit einer geringen Tendenz einher, dissoziative Fahrstile anzuwenden oder sich während der Fahrt ängstlich zu fühlen. Hinsichtlich Extraversion wird dies durch die Tendenz hoch extravertierter Personen begründet, das Leben leicht zu nehmen und während einer Fahrt wenig Sorgen zu empfinden. Durch dies steigt die Tendenz kognitiver Versehen. Die Autoren konnten zudem eine negative Beziehung zwischen Neurotizismus und dem vorsichtigen Fahrstil finden. Das bedeutet, je stärker Neurotizismus ausgeprägt ist, umso weniger wahrscheinlich ist ein vorsichtiger Fahrstil (Taubman-Ben-Ari et al., 2004). Taubman-Ben-Ari und Yehiel (2012) untersuchten ebenfalls den Zusammenhang zwischen dem Big Five-Modell und unterschiedlichen Fahrstilen (siehe Kapitel 6.1.1). Sie fanden positive Korrelationen zwischen Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit und Offenheit mit dem vorsichtigen Fahrstil. Verträglichkeit und Offenheit zeigten zudem negative Korrelationen mit dem rücksichtslosen und dem feindseligen Fahrstil. Gewissenhaftigkeit zeigte darüber hinaus eine negative Korrelation mit dem ängstlichen Fahrstil, zu welchem Neurotizismus einen positiven Zusammenhang aufwies. Es wurden keine signifikanten Beziehungen zwischen Extraversion und einem der genannten Fahrstile gefunden (Taubman-Ben-Ari & Yehiel, 2012). In beiden Untersuchungen konnten kleine bis mittlere Effektgröße für die signifikanten Korrelationen gefunden werden ($r = .23$ - $r = .40$; Taubman-Ben-Ari et al., 2004; Taubman-Ben-Ari & Yehiel, 2012).

6.2.3 Zusammenhang zwischen kognitiven Variablen und Fahrverhalten

Die Beziehung zwischen kognitiven Variablen und Fahrverhalten erscheint in einigen Aspekten paradox. Constantinou, et al. (2011) gehen davon aus, dass junge

Menschen ihren physischen und kognitiven Höhepunkt haben. Darüber hinaus sind die jüngeren Generationen besser gebildet als die älteren Generationen und sollten dadurch Risiken während des Fahrens besser antizipieren können. Auf der anderen Seite entwickelt sich der präfrontale Kortex (verantwortlich für Inhibition, Schlussfolgerungen und Entscheidungen) noch bis zum 25. Lebensjahr, sodass davon auszugehen ist, dass junge Fahrer möglicherweise nicht in der Lage sind, das Risiko komplexer Aufgabe wie dem Fahren vollständig zu erfassen (Constaninou et al., 2011).

Die Untersuchung zur Beziehung zwischen kognitiven Variablen und Fahrverhalten bezieht sich meist auf die Konstrukte Aufmerksamkeit und Konzentration. Hinsichtlich Aufmerksamkeit steht vor allem visuelle Aufmerksamkeit im Fokus der Untersuchung des Fahrverhaltens, insbesondere hinsichtlich der Ablenkung vom Straßenverkehr (Young, Salmon & Cornelissen, 2013). Ablenkung wird dabei verstanden als die Abweichung der Aufmerksamkeit von Handlungen, die für sicheres Fahren notwendig sind, hin zu konkurrierenden Handlungen. Die konkurrierenden Handlungen betreffen zumeist sekundäre Aufgaben neben dem Fahren wie den Umgang mit technischen Geräten, die persönlichen Hygiene, Essen und Trinken sowie der Suche nach Objekten im Fahrzeug. Diese Aufgaben lenken den Blick vom aktuellen Verkehrsgeschehen ab (Harbluk, Noy, Trbovich & Eizenman, 2007). Zudem werden diese Tätigkeiten als erhöhend für das Unfallrisiko gesehen, da die visuelle Scanleistung reduziert (Recarte & Nunes, 2003) und der cognitive load des Fahrers erhöht wird (Lee, Caven, Haake & Brown, 2001).

Stutts, Stewart und Martell (1998) untersuchten, wie die Unfallbeteiligung der letzten drei Jahre mit den aktuellen kognitiven Leistungen von Personen zusammenhängt. Sie konnten herausfinden, dass Personen, deren Leistung zu den unteren 10 % der getesteten Personen auf den durchgeführten Leistungstests (Konzentrationstest, Reaktionstest und Rekognitionstest von Verkehrsschildern) gehörte, eine 1.5 mal höhere Wahrscheinlichkeit aufwiesen, in einen Unfall involviert zu sein, als die 10 % mit der höchsten Leistung in diesen Verfahren (keine Angabe von Effektgrößen; Stutts et al., 1998).

Wie bereits in Studie 2 (Kapitel 5) erwähnt, sind kognitive Variablen zur visuellen Informationsverarbeitung von besonderer Bedeutung für den Fahrprozess, da die meisten fahrrelevanten Informationen visuell aufgenommen werden (Hills, 1980). Daher ist die Untersuchung von kognitiven Variablen zur Erfassung von Fahrertypen unabdingbar.

6.2.4 Zusammenhang zwischen den verwendeten Konstrukten und Simulator Sickness

Hinsichtlich der Beziehung zwischen *Fahrverhalten* und dem Erleben von Simulator Sickness konnte eine Studie identifiziert werden, die sich mit dieser Thematik auseinandersetzte (Mullen, Waever, Riendeau, Morrison & Bédard, 2010). Die Autoren verglichen fahrrelevante Variablen von Personen, die eine Fahrsimulationen aufgrund der Schwere von Simulator Sickness Symptomen nicht beenden konnten, und Personen, die eine Fahrsimulationsaufgabe abschließen konnten. Es zeigte sich, dass Personen, die wegen des Erlebens von Simulator Sickness die Fahraufgabe vorzeitig beendeten, signifikant weniger Fahrfehler beim Starten und Bremsen aufwiesen als Personen (großer Effekt, $d = 1.13$), welche die Simulation nicht vorzeitig abbrachen. Es konnten keine signifikanten Unter-schiede des vorzeitigen Abbruchs aufgrund von Simulator Sickness wegen Verkehrs-verstößen an Lichtsignalanlagen, Verkehrsverstößen wegen Unaufmerksamkeit und Fehlern beim Überholen, der Geschwindigkeit oder beim Wenden gefunden werden (kleine bis große Effekte: $d = .23 - d = .86$; Mullen et al., 2010). Neben dieser Studie konnte keine weitere Untersuchung zum Zusammenhang von Fahrverhalten und Simulator Sickness identifiziert werden. Der Mangel an Forschung hinsichtlich dieser Variablen könnte ein Hinweis darauf sein, dass der Forschungsfokus mehr auf den dem Fahrverhalten zugrunde-liegenden Variablen liegt.

Ein ähnlicher Mangel an Forschung zeigte sich ebenfalls hinsichtlich des Zusammen-hangs von Sensation Seeking und Simulator Sickness. Es konnte keine Studie identifiziert werden, welche sich explizit mit dem Zusammenhang dieser Variablen auseinandersetzte. In einer Studie untersuchten Jerome und Witmer (2004) den Zusammenhang zwischen immersiven Tendenzen in einer virtuellen Umgebung und negativen Nebeneffekten (Simulator Sickness). Immersive Tendenzen erfassten die Autoren mittels eines Fragebogens, welcher auch zwei Items zu Sensation Seeking beinhaltete. Zwischen Simulator Sickness und den gemessenen immersiven Tendenzen zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge (kleine Effektgröße von $r = .10$; Jerome & Witmer, 2004).

Auch die Beziehung zwischen Persönlichkeit und Simulator Sickness wurde bisher fast nicht untersucht, obwohl Kolasinski (1995) bereits anmerkte, dass sowohl Neurotizismus als auch Introversion mit der Anfälligkeit für Simulator Sickness zusammenhängen. Einen Hinweis auf einen potentiellen Zusammenhang gibt eine Arbeit

aus den frühen 1970er Jahren zu Motion Sickness (Wilding & Meddis, 1972). Die Autoren untersuchten die Beziehung zwischen Motion Sickness und dem Eysenck Personality Inventory. Die Ergebnisse zeigten einen nicht-signifikanten positiven Zusammenhang zwischen Motion Sickness und Extraversion und einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen Motion Sickness und Neurotizismus (keine Angabe von Effektgrößen; Wilding & Meddis, 1972). Es ist dennoch unklar, inwieweit diese Ergebnisse auf den Simulationskontext übertragbar sind.

Der Forschungsstand zum Zusammenhang zwischen *kognitiven Variablen* und dem Erleben von Simulator Sickness wurde bereits in der zweiten Untersuchung (Kapitel 5.2) aufgearbeitet und soll an dieser Stelle nur kurz zusammengefasst werden. Die Untersuchungen lieferten keine einheitlichen Resultate: der Fokus der visuellen Aufmerksamkeit war schlechter, je stärker die Versuchspersonen Simulator Sickness erlebten (Bahit et al., 2016; Wibirama et al., 2015). Dennoch ist die Kausalität der Beziehung zwischen den Variablen unklar, da kaum entsprechende Untersuchungen durchgeführt wurden.

Der aufgearbeitete Forschungsstand zum Zusammenhang verschiedener Human Factors und dem Erleben von Simulator Sickness stützt die Aussage von Milleville-Pennel und Charron (2015), die postulieren, dass individuelle Faktoren in der Erforschung von Simulator Sickness noch immer stark unterrepräsentiert sind.

6.3 Forschungsfragen

Durch den geringen Forschungsstand zur Kombination von Human Factors zu Fahrerprofilen und den ebenfalls geringen Forschungsstand zur Beziehung derartiger Merkmalskombinationen und dem Erleben von Simulator Sickness, weist diese Untersuchung einen explorativen Charakter auf. In dieser Studie sollen zwei Forschungsfragen (FF) untersucht werden:

FF 1: Welche Fahrertypen können aufbauend auf Fahrverhalten, Sensation Seeking, Persönlichkeit und kognitiven Variablen gebildet werden?

FF 2: Unterscheiden sich die Fahrertypen hinsichtlich ihres Erlebens von Simulator Sickness?

6.4 Methode

Zur Erläuterung der Methode erfolgt zunächst die Stichprobenbeschreibung (Kapitel 6.4.1). Im Anschluss werden Design (Kapitel 6.4.2), Messmethoden (Kapitel 6.4.3) und die Simulationsumgebung (Kapitel 6.4.4) beschrieben. Abschließend werden das Vorgehen der Untersuchung (Kapitel 6.4.5) und die statistische Datenanalyse (Kapitel 6.4.6) erläutert.

6.4.1 Stichprobe

$N = 94$ Versuchspersonen konnten über den Mailverteiler der Technischen Universität Ilmenau, soziale Medien und persönliche Kontakte rekrutiert werden. Davon mussten $n = 7$ Personen aufgrund fehlender Daten von der statistischen Datenanalyse ausgeschlossen werden. Eine weitere Person konnte nicht in die Analyse einbezogen werden, da sie hinsichtlich des Alters als Ausreißer identifiziert wurde. Das entsprechende Boxplot zur Darstellung der Ausreißeranalyse ist unter Anhang 10 zu finden. Die finale Stichprobe setzte sich aus $N = 86$ Versuchspersonen (Alter: $M = 24.40$; $SD = 3.89$, 23 % Frauen) zusammen. Es ist in Tabelle 48 zu erkennen, dass die Stichprobe zu einem großen Teil aus jungen Personen besteht, welche zum großen Teil männlich sind (73 %) und einen hohen Bildungsgrad haben (jede Versuchsperson hat mindestens Abitur). Tabelle 48 zeigt die soziodemographischen Charakteristiken der Stichprobe.

Tabelle 48

Soziodemographische Charakteristiken der Stichprobe (N = 86)

Charakteristik	N	%
Geschlecht		
Weiblich	23	27
Männlich	63	73
Alter		
18-29	79	92
30-39	7	8
40-49	0	0
50-59	0	0
60-69	0	0
Beziehungsstatus		
Alleinstehend	84	98
Verheiratet	2	2
Geschieden/Verwitwet	0	0
Bildung		
Hauptschule	0	0
Realschule/Regelschule	0	0
Abitur	48	56
Bachelor	23	27
Master	10	11
Diplom/Staatsexamen	4	5
Promotion	1	1

Anmerkung. Alle Prozentangaben sind gerundet.

6.4.2 Design

Bei dieser Studie handelt es sich um eine explorative Querschnittsuntersuchung im Labor ohne Messwiederholung.

6.4.3 Messmethoden

Um Fahrertypen zu identifizieren, wurden verschiedene Verfahren verwendet: Der Manchester Driver Behaviour Questionnaire (Reason et al., 1990), das Need Inventory of Sensation Seeking (Roth et al., 2014), die Persönlichkeitsdimensionen des Tests zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale (Spicher & Hänsgen,

2000) sowie der CompACT-Sr (Prieler, 2011a) und der CompACT-Co (Prieler, 2011b), zwei Verfahren zur Erfassung kognitiver Leistungen. Simulator Sickness wurde im Anschluss an die Simulationsexposition mit dem Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy et al., 1993) erfasst. Im Folgenden werden die genannten Verfahren kurz erläutert.

6.4.3.1 Manchester Driver Behaviour Questionnaire (DBQ)

Der Manchester Driver Behaviour Questionnaire (Reason et al., 1990) erfasst zum einen demographische Daten und allgemeine Fahrinformationen (jährliche Fahrleistung, Anzahl der Fahrzeuge etc.) und misst zum anderen Fahrverhalten auf vier Subskalen: Fahrfehler, Verkehrsverstöße. Versehen und unbeabsichtigte Verkehrsverstöße. Die Versuchspersonen werden gebeten, auf einer Skala von 1 – „nie“ bis 5 – „fast immer“ anzugeben, wie häufig ihnen bestimmte Fahrsituationen im vergangenen Jahr passiert sind. Fahrfehler (engl. *slips*) werden beschrieben als Fahrhandlungen, die nicht intendiert waren (z. B. „Man will die Scheibenwischer anstellen, erwischt aber die Scheinwerfer oder umgekehrt“; Reason et al., 1990). Versehen reflektieren die Leistungsbegrenzungen von Fahrern basierend auf Fähigkeiten der Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und Informationsverarbeitung (de Winter & Dodou, 2010; engl. *mistakes*, z. B. „Fehlbeurteilen der Geschwindigkeit des entgegenkommenden Verkehrs beim Überholen“; Reason et al., 1990). Verkehrsverstöße (engl. *violations*) sind absichtliche Abweichungen von Handlungen, die notwendig sind um in gefährlichen Situationen sicher zu agieren. Diese Handlungen werden oft verbunden mit der Absicht, Schaden anzurichten (Reason et al., 1990). Sie repräsentieren den Fahrstil und die Fahrgewohnheiten, die sich über viele Jahre etabliert haben (de Winter & Dodou, 2010). Ein Beispielitem aus dem Fragebogen zu dieser Skala lautet. „Ungeduldig mit einem langsamen Fahrer auf der linken Spur werden und auf der mittleren Spur überholen“ (Reason et al., 1990). Unbeabsichtigte Verkehrsverstöße (engl. *unintentional violations*) werden auch als eine Form des Regel- oder Normübertritts definiert, allerdings ohne das Ziel, zu schaden oder zu verletzen (z. B. „Tachometer prüfen und feststellen, dass man ungewollt schneller fährt als erlaubt“; Reason et al., 1990). Tabelle 49 zeigt die Anzahl der Items je Skala und die entsprechenden Reliabilitätswerte. Aufgrund des unzureichenden Reliabilitätswerts (Cronbachs $\alpha = .165$) wird die Subskala „unbeabsichtigte Verkehrsverstöße“ von weiteren Analysen ausgeschlossen.

Tabelle 49

Itemanzahl und Reliabilitätswerte (Cronbachs α) der Subskalen des DBQs

Skala	Anzahl der Items	Cronbachs α
Fahrfehler	21	.804
Verkehrsverstöße	17	.798
Versehen	9	.628
Unbeabsichtigte Verkehrsverstöße	3	.165

6.4.3.2 Need Inventory of Sensation Seeking (NISS)

Das Need Inventory of Sensation Seeking (Roth et al., 2014) bildet Sensation Seeking auf zwei Subskalen ab: Bedürfnis nach Stimulation und Vermeidung von Ruhe. Die Versuchspersonen werden gebeten, auf einer fünfstufigen Likertskala (1 – „fast nie“ bis 5 – „fast immer“) anzugeben, wie häufig sie sich in den letzten sechs Monaten entsprechend der im Item verankerten Aussage gefühlt haben (z. B. „Ich mag es, wenn ich die Grenzen meines Körpers austeste.“, Roth et al., 2014, S. 13). Die Subskala „Bedürfnis nach Stimulation“ beinhaltet dabei Items, welche als Ziel eine Stimulation beinhalten (z. B. „Ich mag es, wenn ich die Grenzen meines Körpers austeste.“; Roth et al., 2014, S. 13), wohingegen die Subskala „Vermeidung von Ruhe“ Vermeidungsziele beinhalten, wie beispielsweise „Ich kenne das Gefühl, dass ich zu viele Eindrücke von außen bekomme und mich zurückziehen möchte.“ (Roth et al., 2014, S. 13). Alle Items der letztgenannten Skala sind negativ gepolt und müssen für die Datenanalyse invertiert werden (Roth et al., 2014). Tabelle 50 zeigt die Anzahl der Items je Skala und die entsprechenden Reliabilitätswerte der verwendeten Skalen.

Tabelle 50

Itemanzahl und Reliabilitätswerte (Cronbachs α) der Subskalen des NISS

Skala	Anzahl der Items	Cronbachs α
Bedürfnis nach Stimulation	11	.881
Vermeidung von Ruhe	6	.781

6.4.3.3 Test zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale (TVP)

Der Test zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale misst das Fünf-Faktoren-Modell (Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrung, Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit; zur Beschreibung der Faktoren siehe Kapitel 6.1.3) sowohl mit situationsübergreifenden, als auch mit verkehrsspezifischen Items. Zusätzlich bietet das Verfahren die Möglichkeit, Antworttendenzen, Trinkverhalten und aktuelle physischen sowie psychische Beschwerden zu erfassen. Diese Skalen sind für die nachfolgende Studie nicht relevant und werden daher an dieser Stelle nicht weiter erörtert (für weitere Informationen dazu siehe Spicher & Hänsgen, 2000, S.15). Die Skalen zur Erfassung des Fünf-Faktoren-Modells umfassen insgesamt 100 Items (davon 55 situationsübergreifende und 45 verkehrsspezifische Items), welche auf einer Likertskala von 1 – „trifft nicht/nie zu“ bis 4 – „trifft genau/immer zu“ gemessen werden (Spicher & Hänsgen, 2000).

Um die Anzahl der zu verwendenden Skalen der Clusteranalyse zu reduzieren, wurden die situationsübergreifenden und die verkehrsspezifischen Skalen zusammengefügt. Bis auf die Skala „Extraversion“ konnten die Reliabilitäten der einzelnen Skalen durch die Zusammenführung der Subskalen verbessert werden. Für Extraversion zeigte sich nur eine Verbesserung des Reliabilitätswerts verglichen mit der situationsübergreifenden Subskala. Tabelle 51 zeigt die Reliabilitätswerte der situationsübergreifenden, der verkehrsspezifischen und der zusammengeführten Skalen (unter „Gesamt“).

Tabelle 51

Itemanzahl und Reliabilitätswerte (Cronbachs α) der Subskalen des TVPs

Skala	Anzahl der Items	Cronbachs α
Extraversion		
Situationsübergreifend	11	.751
Verkehrsspezifisch	11	.853
Gesamt	22	.804
Emotionale Labilität		
Situationsübergreifend	12	.840
Verkehrsspezifisch	10	.816
Gesamt	22	.882
Gewissenhaftigkeit		
Situationsübergreifend	12	.719
Verkehrsspezifisch	9	.585
Gesamt	21	.734
Offenheit für neue Erfahrungen		
Situationsübergreifend	10	.714
Verkehrsspezifisch	8	.798
Gesamt	18	.799
Verträglichkeit		
Situationsübergreifend	10	.610
Verkehrsspezifisch	7	.634
Gesamt	17	.647

6.4.3.4 Computerized Attention and Concentration Tests (CompACT)

Die CompACT-Verfahren (Prieler, 2011a, b) bieten die Möglichkeit, PC-gestützt optische und akustische Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistungen zu messen (Prieler, 2011a). Für diese Studie wurden zwei Testverfahren ausgewählt: Zum einen wurde aus dem CompACT-Simple Reaction (Sr) ein Subtest zur Messung der Reaktion auf optische Stimuli gewählt. Da circa 90 % aller Fahrinformationen über visuelle Stimuli aufgenommen werden (Vollrath & Krems, 2011), ist die Reaktion auf optische Stimuli im Fahr- und Fahrsimulationskontext relevanter als beispielsweise die Reaktion auf akustische Stimuli, welche ebenfalls mittels des CompACT-Sr erfasst werden könnten.

Im Subtest zur Reaktion auf optische Stimuli haben die Versuchspersonen die Aufgabe, so schnell wie möglich auf optische Signale (rotes Licht) zu reagieren, wenn diese auf dem Bildschirm erscheinen. Nach einer Testphase wurden den Versuchspersonen insgesamt 40 Signale zur Bearbeitung dargeboten. Die maximale Bearbeitungszeit des Tests lag bei 3:40 Minuten (Prieler, 2011a). Prieler (2011a, S.19) stellte die guten Reliabilitätswerte des Verfahrens heraus (Cronbachs $\alpha = .858 - .982$).

Zum anderen wurde der CompACT-Concentration (Co) verwendet. In der Testform „Test zur Feststellung der quantitativen/qualitativen Konzentrationsleistung“ werden Probanden aufgefordert, Kreise und Vierecke hinsichtlich ihrer Anzahl zu vergleichen und per entsprechender Taste anzugeben, welche Form in der Überzahl vertreten ist. In der gewählten Testform wird ein Item erst eingeblendet, wenn ein vorangegangenes Items bearbeitet wurde. Der Test wird nach exakt 6 Minuten systembedingt abgebrochen. Damit ist es möglich, Quantität (Gesamtzahl der bearbeiteten Items) und Qualität (Anzahl der korrekt gelösten Items) zu betrachten. Die Reliabilität (Cronbachs α) der gewählten Testform liegt zwischen .802 und .975 (Prieler, 2011b).

6.4.3.5 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)

Zur Erfassung des Erlebens von Simulator Sickness wurde auch in dieser Studie der Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy et al., 1993) verwendet. Dieser besteht aus 16 Items, die jeweils auf einer vierstufigen Likertskala (0 – „gar nicht“ bis 3 – „stark“) gemessen werden. Der Simulator Sickness Questionnaire bietet die Möglichkeit, eine Gesamtskala (21 Items, da einige Items aufgrund der fehlenden Disjunktheit der Subskalen doppelt in die Gesamtskala einfließen [Kennedy et al., 1993, S. 212]; Cronbachs $\alpha = .914$), sowie drei nicht disjunkte Subskalen zu bilden: Übelkeit (7 Items, Cronbachs $\alpha = .751$), Okulomotorik (7 Items, Cronbachs $\alpha = .838$) und Desorientierung (7 Items, Cronbachs $\alpha = .754$). Die Skalen werden entsprechend der Empfehlungen von Kennedy et al. (1993) gewichtet, sodass sie unterschiedliche Ranges aufweisen: Gesamtskala: 0 bis 235.62, Übelkeit: 0 bis 200.34, Okulomotorik: 0 bis 159.18, und Desorientierung: 0 bis 292.32 (Kennedy et al., 1993). Die verwendete Fragebogenversion ist unter Anhang 1 zu finden.

6.4.4 Simulationsumgebung

6.4.4.1 Fahrsimulator

In dieser Untersuchung wurde ebenfalls der Fahrsimulator verwendet, der in Kapitel 4.4.4.1 (siehe dieses Kapitel für eine detaillierte Beschreibung) beschrieben wurde. Dabei handelt es sich um eine Sitzkiste bestehend aus einem Sitz, einem Lenkrad, Pedalen und einer manuellen Gangschaltung (Weidner & Broll, 2017). Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen die Sitzkiste und die Simulationsumgebung.

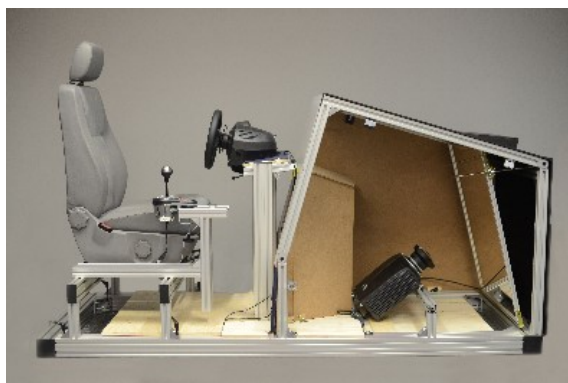


Abb. 9. Querschnitt der Sitzkiste, mit freundlicher Genehmigung von F. Weidner.



Abb. 10. Sitzkiste in der Fahrsimulationsumgebung, eigene Abbildung.

6.4.4.2 Fahraufgabe

In dieser Untersuchung wurde ebenfalls der Lane Change Task (Abbildung 11) genutzt, welcher in Kapitel 4.4.4.2 detailliert beschrieben wurde. Das Szenario ist auf einer dreispurigen Fahrbahn ohne andere Verkehrsteilnehmer lokalisiert. Die primäre Fahraufgabe besteht darin, anhand der Informationen von Schildern, die an beiden Straßenrändern platziert sind, Spurwechselmanöver entsprechend der Beschilderung durchzuführen (Mattes, 2003).



Abb. 11. Verwendeter Lane Change Task, mit freundlicher Genehmigung von F. Weidner.

Auf dem Lane Change Task fahren die Versuchspersonen 10 Geraden ab. Dabei wurden ihnen jeweils 10 Schilder (insgesamt 100 Schilder) präsentiert, die anzeigten, auf welche Spur die Versuchspersonen wechseln sollen. Die ersten beiden Geraden dienten dem Trainings- und Gewöhnungszweck. Abbildung 12 zeigt den Kurs des Lane Change Tasks.

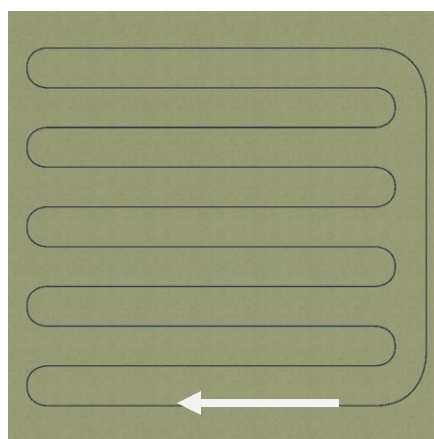


Abb. 12. Kurs des Lane Change Tasks, mit freundlicher Genehmigung von F. Weidner.

6.4.5 Vorgehen

Zu Beginn der Untersuchung wurden alle Versuchspersonen über die Studieninhalte sowie die Versuchspersonenrechte informiert (Anhang 2). Im Anschluss wurden sie gebeten, einen demographischen Fragebogen (Anhang 3), den Manchester Driver Behaviour Questionnaire (DBQ; Reason et al., 1990), das Need Inventory of Sensation Seeking (NISS; Roth et al., 2014) sowie den Test zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsbeschreibung (TVP; Spicher & Hänsgen, 2000) auszufüllen und am PC den CompACT-Sr (Prieler, 2011a) sowie den CompACT-Co

(Prieler, 2011b) zu bearbeiten. Danach absolvierten die Versuchspersonen nach einer kurzen Eingewöhnungszeit (5 – 10 Minuten, je nach gefahrener Geschwindigkeit) den Lane Change Task (Mattes, 2003). Nach dieser Fahrt wurden sie gebeten, den Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy et al., 1993) zu bearbeiten. Die Versuchspersonen wurden abschließend mit einem USB-Stick sowie ihrem personalisierten Persönlichkeitsprofil des TVPs vergütet und über Ziele sowie Ergebnisse der Untersuchung informiert. Der vollständige Ablaufplan dieser Studie ist unter Anhang 11 zu finden.

6.4.6 Statistische Datenanalyse

Die statistische Datenanalyse erfolgte in zwei Schritten: Zunächst wurden anhand der Skalen des Manchester Driver Behaviour Questionnaires (DBQ), des Need Inventory of Sensation Seeking (NISS), des Tests zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale (TVP) sowie des CompACT-Sr und des CompACT-Co Cluster von Fahrertypen gebildet. Als Basis für die Clusteranalyse wurden die verwendeten Skalen z-transformiert. Durch die Standardisierung wird verhindert, dass ungleiche Wertebereiche der einzelnen Skalen Einfluss auf die Distanzmaße haben (Hair Jr. & Black, 2002). Bei der Durchführung der Clusteranalyse wurden zunächst mittels der Ward-Methode die Anzahl der Cluster ermittelt, um darauf aufbauend mittels des K-Means-Verfahrens die Clusterzugehörigkeiten anhand der optimalen Homogenität zu den Gruppierungen festzulegen und die entsprechenden Clusterbeschreibungen zu ermitteln (Wiedenbeck & Züll, 2001). Mit der Ward-Methode wurde eine Form der hierarchischen Clusteranalyse gewählt, weil anhand dieser die Bearbeitung von metrischen Variablen mit kleinen Fallzahlen ($N < 250$) möglich ist. Zudem muss keine Clusterzahl vorgegeben werden, was bei einer explorativen Fragestellung wie in der vorliegenden Untersuchung relevant ist. Des Weiteren sind die verwendeten Skalen intervallskaliert und das Ziel der statistischen Analyse war es, möglichst überlappungsfreie Clusterstrukturen zu identifizieren. Diese Gründe sprechen ebenfalls für die Verwendung der Ward-Methode (Schendera, 2010).

Anschließend wurde mittels Mehrfaktorieller Varianzanalyse (MANOVA) geprüft, ob sich die gefundenen Fahrertypen hinsichtlich ihres Erlebens von Simulator Sickness unterscheiden. Die Ergebnisse der Prüfungen der Voraussetzungen für die Verwendung einer Clusteranalyse sowie einer MANOVA sind unter Anhang 12 bzw.

Anhang 13 zu finden. Alle Analysen wurden mit einem Alphaniveau von 5 % durchgeführt.

6.5 Ergebnisse

Zur Darstellung der Ergebnisse werden zunächst die deskriptiven Statistiken der für die Clusteranalyse verwendeten Skalen aufgezeigt (Kapitel 6.5.1), anschließend erfolgt die Aufarbeitung der Resultate der Clusteranalyse zur Abbildung der gefundenen Fahrertypen (Kapitel 6.5.2). Abschließend werden die Ergebnisse der MANOVA zur Prüfung des unterschiedlichen Erlebens von Simulator Sickness zwischen den Fahrertypen dargelegt (Kapitel 6.5.3).

6.5.1 Deskriptivstatistiken der verwendeten Skalen

In Tabelle 52 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der verwendeten Skalen abgebildet. Es zeigte sich, dass die Subskalen des DBQs ähnliche Mittelwerte aufweisen. Dieses Muster zeigte sich ebenfalls bei den Subskalen des NISS. Emotionale Labilität ist die am niedrigsten ausgeprägte Skala des TVPs, Verträglichkeit die am stärksten ausgeprägte. Dies entspricht den Ergebnissen einer Untersuchung von Busato, Prins, Elshout und Hamaker (2000), welche die Beziehung von Persönlichkeitsvariablen und akademischen Erfolg von Studierenden untersuchten. In der genannten Studie konnte ebenfalls Verträglichkeit als der am stärksten und Neurotizismus die am schwächsten ausgeprägte Persönlichkeitsfaktor identifiziert werden (Busato et al., 2000).

Tabelle 52

Mittelwerte und Standardabweichungen der für die Clusteranalyse verwendeten Skalen

Skala	<i>M</i>	95 % KI	<i>SD</i>
DBQ			
Vorsehen	1.78	[1.70; 1.86]	0.39
Fahrfehler	1.77	[1.69; 1.84]	0.35
Verkehrsverstöße	1.70	[1.61; 1.79]	0.41
NISS			
Bedürfnis nach Stimulation	2.94	[2.79; 3.07]	0.68
Vermeidung von Ruhe	2.81	[2.66; 2.94]	0.67
TVP			
Verträglichkeit	2.82	[2.76; 2.90]	0.33
Gewissenhaftigkeit	2.81	[2.74; 2.88]	0.33
Offenheit	2.80	[2.71; 2.89]	0.41
Extraversion	2.35	[2.27; 2.43]	0.39
Emotionale Labilität	1.95	[1.87; 2.04]	0.43
CompACT			
Concentration (Co)	283.83	[274.87; 293.12]	43.11
Simple reaction (Sr)	39.33	[39.09; 39.56]	1.13

Anmerkung. Range Subskalen DBQ: 1 – 5; Range Subskalen NISS: 1 – 5; Subskalen TVP: 1 – 4. Sortierung der Subskalen der Verfahren jeweils absteigend nach der Höhe der Mittelwerte.

Zunächst wurden zur Prüfung einer möglichen Reduktion der für die Clusteranalyse verwendeten Skalen Pearsons Korrelationskoeffizienten berechnet. Die Ergebnisse der Analyse sind in Anhang 14 zu finden. Es ist zu erkennen, dass die Skalen Bedürfnis nach Stimulation (NISS) und Extraversion (TVP) hoch miteinander korrelieren ($r = .579$; $p < .001$). Dennoch ist vom Ausschluss einer der Variablen aus 2 Gründen abzusehen: Erstens misst die Skala Bedürfnis nach Stimulation eine grundlegende Tendenz, besonders stimulierende Situationen aufzusuchen (Roth et al., 2014), wohingegen die Skala Extraversion durch verschiedene Eigenschaftswörter gekennzeichnet ist: gesprächig, offen, gesellig. Auch „abenteuerlustig“ ist eine Beschreibung für Personen mit einer hohen Ausprägung auf dieser Skala (Spicher &

Hänsgen, 2000). Dennoch ist die Überschneidung der Konstrukte nicht deckungsgleich. Zweitens sind die Skalen nicht so hoch miteinander korreliert, dass von einer Redundanz auszugehen ist. Frieling, Bernard, Bigalk und Müller (2006) empfehlen, erst bei einer Korrelation ab $r = .90$ von Redundanz zu sprechen und Skalen auszuschließen. Bei niedrigeren Korrelationen sehen die Autoren die Variabilität der Skalen als einen eigenständigen Aspekt an (Frieling et al., 2006, S. 124). Neben der genannten Korrelation interkorrelieren auch die Skalen der Manchester Driver Behaviour Questionnaires (DBQ) mit einem mittleren bis starken Reliabilitätskoeffizienten. Auch an dieser Stelle wird die Argumentation von Frieling et al. (2006) aufgegriffen, da keine Korrelation über der von den Autoren empfohlenen Grenze zum Ausschluss von Skalen liegt. Zudem messen die einzelnen Subskalen verschiedene Arten von Fahrfehlern, welche möglicherweise in den verschiedenen Fahrertypen unterschiedlich manifest sind.

6.5.2 Fahrertypen

Die Ergebnisse der Ward-Methode zur Ermittlung der Anzahl von Clustern sieht eine 4-Cluster-Lösung vor (das entsprechende Dendrogramm ist unter Anhang 15 zu finden). Tabelle 53 zeigt die Clusterzentren der vier Fahrertypen für die z-standardisierten Skalen. Die Fahrertypen können anhand der entsprechenden Clusterzentren wie folgt benannt werden: ängstlich, leichtsinnig, vorsichtig und aggressiv. Wie in Tabelle 53 zu erkennen ist, ist der *ängstliche* Fahrertyp gekennzeichnet durch eine unterdurchschnittliche Zahl an Fahrfehlern, Verkehrsverstößen und Fahrversehen. Personen dieses Fahrertyps haben ein hohes Bedürfnis nach Stimulation und eine gering ausgeprägte Vermeidung von Ruhe. Hinsichtlich der Persönlichkeitsdimensionen weist dieser Fahrertyp höhere Werte auf den Skalen Extraversion und Emotionale Labilität auf und einen leicht erhöhten Wert auf der Skala Gewissenhaftigkeit. Offenheit und Verträglichkeit sind gering ausgeprägt. Hinsichtlich der kognitiven Variablen zeigten sich bei diesem Fahrertyp eine geringe Ausprägung der Reaktion auf optische Stimuli und ein überdurchschnittlicher Konzentrationswert.

Der *leichtsinnige* Fahrertyp weist erhöhte Werte auf allen Skalen des Manchester Driver Behaviour Questionnaires auf. Auch das Bedürfnis nach Stimulation und die Vermeidung von Ruhe sind leicht erhöht, ebenso wie die Persönlichkeitsdimensionen Extraversion und Emotionale Labilität. Die Skalen Offenheit, Gewissenhaftigkeit und

Verträglichkeit hingegen sind unterdurchschnittlich ausgeprägt. Die gemessenen kognitiven Variablen weisen beide einen leicht positiven Wert auf.

Der *vorsichtige* Fahrertyp zeigt ähnlich wie der ängstliche Fahrertyp unterdurchschnittliche Ausprägungen bei Fahrfehlern, Verkehrsverstößen und Fahrversehen auf. Auch die Skalen Bedürfnis nach Stimulation, Vermeidung von Ruhe (jeweils NISS), Extraversion und Emotionale Labilität (jeweils TVP) sind gering ausgeprägt. Offenheit und Gewissenhaftigkeit sind leicht erhöht ausgeprägt, Verträglichkeit ist hoch ausgeprägt. Hinsichtlich der kognitiven Leistungen lässt sich erkennen, dass dieser Fahrertyp sehr nah am Durchschnitt liegt.

Als letzter Fahrertyp ließ sich der *aggressive* Fahrertyp identifizieren, der durch eine sehr hohe Ausprägung von Verkehrsverstößen und Fahrversehen gekennzeichnet ist. Fahrfehler sind durchschnittlich ausgeprägt. Stark erhöht sind ebenfalls Bedürfnis nach Stimulation, Vermeidung von Ruhe, Extraversion, Emotionale Labilität sowie Offenheit. Die Skalen Gewissenhaftigkeit, Verträglichkeit und Konzentration sind bei diesem Fahrertyp niedrig ausgeprägt. Die Reaktion auf optische Stimuli ist stark unterdurchschnittlich.

Tabelle 53

Clusterzentren der Fahrertypen.

	Ängstlich (n = 9)	Leichtsinnig (n = 24)	Vorsichtig (n = 49)	Aggressiv (n = 4)
DBQ				
Versehen	-1.00	0.81	-0.29	1.00
Fahrfehler	-0.49	0.89	-0.35	0.01
Verkehrsverstöße	-0.22	0.59	-0.44	1.98
NISS				
Bedürfnis nach Stimulation	1.21	0.31	-0.46	1.28
Vermeidung von Ruhe	-1.05	0.50	-0.15	1.17
TVP				
Verträglichkeit	-0.81	-0.67	0.55	-0.83
Gewissenhaftigkeit	0.12	-0.24	0.16	-0.12
Offenheit	-0.40	-0.20	0.17	1.92
Extraversion	0.99	0.27	-0.47	1.98
Emotionale Labilität	0.53	0.23	-0.18	1.00
CompACT				
Concentration	0.84	0.11	-0.15	-0.23
Simple Reaction	-0.39	0.30	0.09	-2.07

Anmerkung. Sortierung entsprechend Tabelle 52 nach der Höhe der Mittelwerte.

Zur genaueren Analyse werden in Tabelle 54 die Gruppenunterschiede der Fahrertypen auf den verwendeten Skalen dargestellt (Sortierung per Verfahren absteigend nach den Mittelwerten der jeweiligen Subskalen des ängstlichen Fahrertyps).

Es zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Fahrertypen auf allen Skalen des DBQs: Verkehrsverstöße ($F(3, 85) = 18.67$; $p < .001$; $\eta^2 = .41$), Fahrfehler ($F(3, 85) = 12.71$; $p < .001$; $\eta^2 = .32$) und Fahrversehen ($F(3, 85) = 6.74$; $p < .001$; $\eta^2 = .38$). Auch die Subskalen des NISS (Bedürfnis nach Stimulation: $F(3, 85) = 16.86$; $p < .001$; $\eta^2 = .38$) und Vermeidung von Ruhe: $F(3, 85) = 9.75$; $p < .001$; $\eta^2 = .26$)

konnten signifikante Unterschiede zwischen den Fahrertypen aufzeigen. Bezüglich der Skalen des TVP zeigten sich nur auf den Skalen Extraversion ($F(3, 85) = 19.80; p < .001; \eta^2 = .42$) und Verträglichkeit ($F(3, 85) = 17.83; p < .001; \eta^2 = .40$) signifikante Unterschiede zwischen den Fahrertypen. Die gefundenen Fahrertypen unterschieden sich sowohl in den Ergebnissen des CompACT-Sr ($F(3, 85) = 8.86; p < .001; \eta^2 = .25$) als auch in den Ergebnissen des CompACT-Co ($F(3, 85) = 2.91; p < .001; \eta^2 = .10$). Für alle signifikanten Unterschiede konnten kleine Effektstärken ($\eta^2 < .06$) ermittelt werden. Abgesehen von der Analyse des CompACT-Co, welche eine geringe Teststärke aufwies ($1 - \beta = .71$), konnte für alle Analysen eine hohe Teststärke ($1 - \beta > .71$) gefunden werden.

Hinsichtlich der TVP Skalen Emotionale Labilität ($F(3, 85) = 1.87; p = .141; \eta^2 = .06; 1 - \beta = .45$), Offenheit ($F(3, 85) = 1.29; p = .282; \eta^2 = .05; 1 - \beta = .39$) und Gewissenhaftigkeit ($F(3, 85) = 1.91; p = .135; \eta^2 = .07; 1 - \beta = .52$) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fahrertypen gefunden werden. Auf diesen Skalen zeigten sich sowohl niedrige Effektgrößen als auch niedrige Teststärken.

Um die signifikanten Unterschiede auf den verwendeten Skalen zwischen den Fahrertypen detaillierter darzustellen, bildet Tabelle 55 die Bonferroni Post-hoc Vergleiche ab. Obwohl sich der ängstliche und der vorsichtige Fahrertyp auf den ersten Blick auf vielen Skalen ähnlich sind, unterscheiden sie sich dennoch in einigen Aspekten signifikant voneinander: Ängstliche Fahrer zeigen signifikant höhere Werte auf den Skalen Bedürfnis nach Stimulation, Extraversion und Konzentration. Vorsichtige Fahrer hingegen haben signifikant höhere Ausprägungen in den Bereichen Vermeidung von Ruhe und Verträglichkeit. Auch die Fahrertypen leichtsinnig und aggressiv sind sich recht ähnlich, doch sie unterscheiden sich auf drei Skalen signifikant: Aggressive Fahrer berichten signifikant mehr Verkehrsverstöße und haben eine signifikant höhere Ausprägung auf der Persönlichkeitsdimension Extraversion als leichtsinnige Fahrer. Der leichtsinnige Fahrertyp zeigte signifikant mehr Reaktionen auf optische Stimuli als der aggressive Fahrertyp.

Tabelle 54

Gruppenunterschiede der Fahrertypen hinsichtlich der verwendeten Skalen

Variable	Ängstlich		Leichtsinnig		Vorsichtig		Aggressiv		F(3, 85)	p	η^2
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD			
DBQ											
Verkehrsverstöße	1.61	0.26	1.95	0.35	1.53	0.30	2.51	0.51	18.67	<.001	.41
Fahrfehler	1.60	0.25	2.08	0.38	1.65	0.25	1.77	0.25	12.71	<.001	.32
Versehen	1.40	0.29	2.10	0.36	1.67	0.29	2.17	0.37	16.74	<.001	.38
NISS											
Stimulation	3.75	0.40	3.14	0.53	2.62	0.57	3.80	0.56	16.86	<.001	.38
Vermeidung Ruhe	2.11	0.78	3.14	0.44	2.71	0.61	3.58	0.48	9.75	<.001	.26
TVP											
Gewissenhaftigkeit	2.85	0.45	2.70	0.47	2.86	0.36	2.46	0.33	1.91	.135	.07
Extraversion	2.73	0.32	2.46	0.37	2.17	0.26	3.09	0.24	19.80	<.001	.42
Offenheit	2.68	0.37	2.75	0.31	2.87	0.33	2.77	0.20	1.29	.282	.05
Verträglichkeit	2.56	0.36	2.60	0.27	3.01	0.24	2.56	0.26	17.83	<.001	.40
Labilität	2.18	0.41	2.05	0.46	1.87	0.41	1.90	0.18	1.87	.141	.06
CompACT											
Concentration	319.89	28.20	287.42	48.78	276.37	40.47	272.50	31.89	2.91	.039	.10
Simple Reaction	38.89	1.45	39.67	0.76	39.43	1.00	37.00	1.16	8.86	<.001	.25

Tabelle 55

Post-hoc Vergleiche der verwendeten Skalen zwischen den Fahrertypen

Variable	Bonferroni post-hoc Vergleich
DBQ	
Verkehrsverstöße	Leichtsinnig > Vorsichtig* Aggressiv > Ängstlich* Aggressiv > Leichtsinig* Aggressiv > Vorsichtig*
Fahrfehler	Leichtsinnig > Ängstlich* Leichtsinnig > Vorsichtig*
Versehen	Leichtsinnig > Ängstlich* Leichtsinnig > Vorsichtig* Aggressiv > Ängstlich* Aggressiv > Vorsichtig*
NISS	
Bedürfnis nach Stimulation	Ängstlich > Leichtsinig* Ängstlich > Vorsichtig* Leichtsinnig > Vorsichtig* Aggressiv > Vorsichtig*
Vermeidung von Ruhe	Leichtsinnig > Ängstlich* Leichtsinnig > Vorsichtig* Vorsichtig > Ängstlich* Aggressiv > Ängstlich* Aggressiv > Vorsichtig*
TVP	
Extraversion	Ängstlich > Vorsichtig* Leichtsinnig > Vorsichtig* Aggressiv > Leichtsinig* Aggressiv > Vorsichtig*
Verträglichkeit	Vorsichtig > Ängstlich* Vorsichtig > Leichtsinig* Vorsichtig > Aggressiv*
CompACT	
Concentration	Ängstlich > Vorsichtig*
Simple Reaction	Ängstlich > Aggressiv* Leichtsinnig > Aggressiv* Vorsichtig > Aggressiv*

Anmerkung. * $p < .05$. Sortierung entsprechend Tabelle 54, per Verfahren absteigend nach den Mittelwerten der jeweiligen Subskalen des ängstlichen Fahrertyps.

6.5.3 Unterschiede der Fahrertypen hinsichtlich Simulator Sickness

Die zweite Fragestellung dieser Untersuchung ist, ob sich die Fahrertypen hinsichtlich ihres Erlebens von Simulator Sickness unterscheiden. Um diese Fragestellung statistisch zu beantworten, werden zunächst in Tabelle 56 die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Simulator Sickness Symptome sowie der entsprechenden Skalen getrennt nach den vier extrahierten Fahrertypen berichtet. Es ist zu erkennen, dass Müdigkeit in allen Fahrergruppen eines der am stärksten ausgeprägten Symptome ist. Die Ausprägung der Symptome ist zwischen den Fahrertypen unterschiedlich. Abgesehen von Müdigkeit lässt sich kein eindeutiges Muster bezüglich eines einheitlich recht stark bzw. recht schwachen Symptoms erkennen. Dies lässt sich auch auf die (Sub-) Skalen des Simulator Sickness Questionnaires übertragen. Auch hier ist kein einheitliches Muster in der Stärke der Ausprägung zu erkennen. Unter Anhang 16 ist die vollständige ANOVA zur Überprüfung der Unterschiede zwischen den Fahrertypen hinsichtlich der einzelnen Simulator Sickness Symptome zu finden. Es konnten signifikante Unterschiede bei zwei Symptomen gefunden werden: *Gleichgewichtsstörungen* ($F(2, 85) = 4.81; p = .004; \eta^2 = .15$) und *Magen macht sich bemerkbar* ($F(2, 85) = 3.15; p = .029; \eta^2 = .10$). Beide Unterschiede zeigten kleine Effekte. Die Analyse des Symptoms zeigte eine hohe Teststärke ($1 - \beta = .91$), die Analyse des Symptoms „Magen macht sich bemerkbar“ hingegen nicht ($1 - \beta = .71$). Nach Bonferroni post-hoc Tests zeigte sich hinsichtlich Gleichgewichtsstörungen ein signifikanter Unterschied zwischen ängstlichen und dem vorsichtigen Fahrertyp ($p = .011$) und hinsichtlich des Symptoms „Magen macht sich bemerkbar“ zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen dem ängstlichen und dem leichtsinnigen Fahrertyp ($p = .046$) sowie zwischen dem ängstlichen und dem vorsichtigen Fahrertyp ($p = .036$).

Tabelle 56

Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Simulator Sickness Symptome und der Simulator Sickness Questionnaire-Skalen getrennt nach Fahrerarten

Symptom	Ängstlich		Leichtsinnig		Vorsichtig		Aggressiv	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Gleichgewichts- störungen	1.44	1.42	0.63	1.06	0.33	0.80	1.50	1.00
Müdigkeit	1.33	1.23	0.67	0.87	0.84	0.94	1.75	1.26
Konzentrations- schwierigkeiten	1.33	1.23	0.67	0.87	0.71	0.94	0.75	0.96
Allgemeines Unwohlsein	1.11	1.23	0.67	0.92	0.49	0.85	0.25	0.50
Magen macht sich bemerkbar	1.11	1.36	0.25	0.74	0.29	0.74	0.00	0.00
Überanstrengung der Augen	1.00	1.12	0.83	1.09	0.78	0.92	1.50	1.00
Schwitzen	0.89	0.78	0.50	0.72	0.59	0.81	0.75	1.50
Probleme scharf zu sehen	0.89	1.05	0.42	0.78	0.59	0.96	1.00	1.41
Übelkeit	0.78	1.20	0.75	1.03	0.35	0.83	0.50	1.00
Schwindel (Augen auf)	0.56	1.13	0.67	1.13	0.35	0.81	1.25	1.50
Verschwommenes Sehen	0.44	0.73	0.67	0.87	0.51	0.89	1.75	1.26
Kopfdruck	0.44	1.01	0.71	1.12	0.49	0.85	0.75	0.50
Erhöhter Speichelfluss	0.22	0.44	0.63	1.10	0.41	0.86	0.00	0.00
Schwindel (Augen zu)	0.22	0.67	0.54	0.93	0.51	0.96	0.50	1.00
Kopfschmerzen	0.11	0.33	0.25	0.74	0.41	0.84	1.00	1.16
Aufstoßen	0.11	0.33	0.42	0.93	0.14	0.50	0.00	0.00
Gesamtskala SSQ	39.90	27.86	29.76	31.49	32.06	35.20	37.40	27.14
Okulomotorik	36.22	22.35	25.27	23.41	30.32	29.88	43.59	32.97
Übelkeit	34.98	35.70	21.07	24.05	22.78	29.00	14.31	12.32

Desorientierung	30.93	28.51	33.64	48.38	30.40	42.59	38.28	26.35
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Anmerkung. Range SSQ Symptome 0 – 3. Range Übelkeit: 0 – 200.34; Range Okulomotorik: 0 – 159.18; Range Desorientierung: 0 – 292.32; Range Gesamtskala SSQ: 0 – 235.62. Sortierung der einzelnen Symptome und der Skalen des SSQs jeweils absteigend nach der Höhe der Mittelwerte des ängstlichen Fahrtyps.

Tabelle 57 zeigte die Ergebnisse der mehrfaktoriellen Varianzanalyse. Es ist zu erkennen, dass sich die Fahrertypen weder hinsichtlich Übelkeit ($F(3,82) = .72, p = .546, \eta^2 = .03; 1 - \beta = .25$), noch hinsichtlich Okulomotorik ($F(3,82) = .71, p = .549, \eta^2 = .03; 1 - \beta = .25$), Desorientierung ($F(3,82) = .06, p = .979, \eta^2 = .01; 1 - \beta = .10$) oder der Gesamtskala des Simulator Sickness Questionnaires ($F(3,82) = .23, p = .872, \eta^2 = .01; 1 - \beta = .10$) unterscheiden. Es zeigten sich in der Analyse sowohl kleine Effektgrößen als auch geringe Teststärken.

Tabelle 57

Multivariate und univariate Varianzanalyse der Simulator Sickness Subskalen für die Fahrertypen

Variable	MANOVA $F(3, 82)$	ANOVA $F(3,82)$			Gesamtskala SSQ
		Übelkeit	Okulomotorik	Desorientierung	
Fahrer- typen	1.62	0.72	0.71	0.06	0.23

6.6 Diskussion

Um diese Untersuchung und ihre zentralen Ergebnisse wiederzugeben, wird zunächst die Studie kurz zusammengefasst (Kapitel 6.6.1), um anschließend die gefundenen Ergebnisse zu interpretieren (Kapitel 6.6.2). Es werden Limitationen (Kapitel 6.6.3) und Stärken (Kapitel 6.6.4) dieser Untersuchung diskutiert und abschließend werden Implikationen für Forschung und Praxis angeführt (Kapitel 6.6.5).

6.6.1 Zusammenfassung der Untersuchung

Diese Untersuchung hatte zwei Ziele: Zum einen wurde untersucht, welche verschiedenen Fahrertypen aus Daten zu Fahrverhalten, Persönlichkeit, Sensation Seeking und aus Daten zu kognitiven Fähigkeiten extrahiert werden können (*FF 1*). Zum anderen wurde getestet, ob sich die Fahrertypen hinsichtlich ihres Erlebens von Simulator Sickness unterscheiden (*FF 2*). Zur Exploration dieser Forschungsfragen wurden $N = 86$ Versuchspersonen gebeten, den Manchester Driver Behaviour Questionnaire (Reason et al., 1990), das Need Inventory of Sensation Seeking (Roth et al., 2014) sowie den Test zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsbeschreibung (Spicher & Hänsgen, 2000) zu beantworten und am PC die Testverfahren CompACT-Sr (Prieler, 2011a) und CompACT-Co (Prieler, 2011b) zu bearbeiten. Im Anschluss führen sie den Lane Change Task (Mattes, 2003) in einer Fahrsimulationsumgebung. Abschließend beantworteten die Versuchspersonen den Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy et al., 1993). Die Datenauswertung erfolgte in zwei Schritten: Zunächst wurden mittels einer hierarchischen Clusteranalyse (Ward-Methode, K-Means) relevante Fahrertypen identifiziert, anschließend wurde anhand einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse geprüft, ob sich diese Fahrertypen hinsichtlich ihres Erlebens von Simulator Sickness unterscheiden. Es konnte vier Fahrertypen identifiziert werden, welche sich hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness nicht unterschieden.

6.6.2 Ergebnisinterpretation

Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt an dieser Stelle in zwei Schritten: Zunächst werden die Fahrertypen, welche die Ergebnisse der Clusteranalyse zur ersten Forschungsfrage sind, diskutiert. Darauf aufbauend folgt die Interpretation der Ergebnisse der zweiten Forschungsfrage zu Unterschieden im Erleben von Simulator Sickness zwischen den gefundenen Fahrertypen.

6.6.2.1 Fahrertypen

Durch die Clusteranalyse konnten vier Fahrertypen extrahiert werden, welche in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Taubman-Ben-Ari et al. (2004) als ängstlicher, leichtsinniger, vorsichtiger und aggressiver Fahrertyp bezeichnet werden können. Der *vorsichtige* Fahrertyp ist gekennzeichnet durch eine geringe Ausprägung in

den Bereichen der verschiedenen Fahrfehleistungen (Fahrfehler, Verkehrsverstöße, Fahrversehen). Es zeigte sich ein erhöhtes Bedürfnis nach Stimulation, allerdings eine geringe Vermeidung von Ruhe. Da letztere Skala invertiert in die Analyse einging, bedeutet das, dass Versuchspersonen mit geringen Werten auf der Skala Vermeidung von Ruhe ein höheres Bedürfnis haben, sich aus Situationen mit vielen Eindrücken zurückzuziehen. Hinsichtlich der Persönlichkeitsdimensionen zeigt der ängstliche Fahrertyp eine erhöhte Ausprägung auf den Faktoren Extraversion, emotionale Labilität und Gewissenhaftigkeit. Offenheit und Verträglichkeit sind niedrig ausgeprägt. Hinsichtlich der kognitiven Variablen konnte eine niedrige Aufmerksamkeitsleistung hinsichtlich der Reaktion auf visuelle Stimuli festgestellt werden. Es konnte aber eine hohe Konzentrationsleistung identifiziert werden. Letzteres Ergebnis stimmt mit der Beschreibung von Taubman-Ben-Ari et al. (2004) überein, welche dem ängstlichen Fahrstil erhöhte Wachsamkeit zuschreiben.

Der *leichtsinnige* Fahrertyp hingegen zeichnet sich durch eine hohe Ausprägung in den Bereichen der Fahrfehleistungen (was ebenfalls den Ergebnissen von Taubman-Ben-Ari et al., 2004 entspricht) sowie im Bereich Sensation Seeking aus. Dies entspricht dem Forschungsstand, der aufzeigte, dass eine hohe Ausprägung im Bereich Sensation Seeking mit mehr Verkehrsverstößen, Unfällen und der Risikobereitschaft während des Fahrens einhergeht (Dahlen & White, 2006; Oltedal & Rundmo, 2006). Bezüglich der Persönlichkeitsfaktoren zeigten sich hohe Ausprägungen in den Bereichen Extraversion und Neurotizismus und niedrige Ausprägungen in den Bereichen Offenheit, Gewissenhaftigkeit und Verträglichkeit. Personen dieses Fahrertyps hatten hohe Ausprägungen auf den gemessenen kognitiven Variablen.

Ähnlich wie der ängstliche Fahrertyp sind die Fahrfehleistungen des *vorsichtigen* Fahrertyps gering ausgeprägt. Der vorsichtige Fahrertyp zeichnet sich allerdings durch geringe Werte im Bereich Sensation Seeking aus. Extraversion und emotionale Labilität sind bei diesem Fahrertyp niedrig ausgeprägt, Offenheit, Gewissenhaftigkeit und Verträglichkeit allerdings hoch. Die Ausprägung der Persönlichkeitsfaktoren spricht für adaptive Fahrverhaltensweisen, die Taubman-Ben-Ari et al. (2004) ebenfalls für den vorsichtigen Fahrstil postulierten. Bei der Analyse der kognitiven Variablen zeigte sich eine leicht erhöhte Ausprägung der Aufmerksamkeitsleistung, die Konzentrationsleistung war hingegen niedrig ausgeprägt.

Der *aggressive* Fahrertyp ist vor allem durch hohe Werte in den Bereich Verkehrsverstöße, Fahrversehen und Sensation Seeking gekennzeichnet. Es konnte bereits in anderen Studien gezeigt werden, dass eine hohe Ausprägung im Bereich Sensation Seeking mit aggressiven Fahrverhaltensweisen einhergeht (Dahlen et al., 2005; Oltedal & Rundmo, 2006). Bezüglich der Persönlichkeitsfaktoren konnten hohe Ausprägungen für Extraversion, emotionale Labilität und Offenheit festgestellt werden. Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit waren niedrig ausgeprägt, ebenso wie die erfassten kognitiven Variablen. Dieser Fahrstil ist geprägt durch aggressive Fahrverhaltensweisen, welche Handlungen wie Geschwindigkeitsüberschreitungen; schnelles Fahren, um eine grüne Ampelphase zu schaffen; andere Verkehrsteilnehmer beschimpfen oder auch Straßenrennen beinhaltet (Vanlaar, Simpson, Mayhew & Robertson, 2008). Vor allem aggressive Fahrverhaltensweisen sind häufig im Fokus der Forschung zu Fahrverhaltensweisen. Etwa zwei Drittel der Verkehrsunfälle in den USA gehen auf aggressives Fahren zurück. In Großbritannien gaben 90 % der befragten Versuchspersonen an, schon einmal Störungen im Straßenverkehr aufgrund aggressiver Verhaltensweisen erlebt zu haben (Jovanovic et al., 2011). Die Autoren postulieren, dass aggressives Fahren ein Katalysator für die generell empfundene Aggression einer Person dienen kann (Jovanovic et al., 2011). Dies unterstreicht die Relevanz der Untersuchungen dieser Fahrverhaltensweisen und der zugrundeliegenden Ursachen.

Es ist möglich, dass weitere Variablen die Bildung von Fahrertypen beeinflussen. So postulierte Holte (2012) eine Taxonomie verkehrssicherheitsrelevanter Merkmale, welches das Verhalten junger Fahrer_innen erklären sollte. Das postulierte Modell differenzierte individuelle und situative Merkmale, die jeweils stabil und variabel sein können. Die für diese Untersuchung genutzten Variablen können den individuellen stabilen Merkmalen (Persönlichkeit, kognitive Fähigkeiten) zugeordnet werden. Weitere Variablen in diesem Bereich sind soziodemographische und mobilitätsbedingte Merkmale sowie Erfahrungen, Motive, Einstellungen und Erwartungen. Individuelle, variable Merkmale sind beispielsweise Fahrtüchtigkeit, Erkrankungen, Emotionen, subjektive Sicherheit sowie subjektive Aufgabenschwierigkeit. Diese wurden, wie situativ stabile Merkmale (z. B. Fahrausbildung, Gesetze, Verkehrserziehung, Fahrzeugmerkmale) und situativ variable Merkmale (z. B. Fahrsicherheitskampagnen, Merkmale der Verkehrsumgebung), in dieser Untersuchung nicht erfasst (Deffenbacher, Lynch, Oetting & Yingling, 2001; Holte, 2012). Auch Jovanovic et al. (2011) unterstrichen die Bedeutung der Analyse von situativen sowie individuellen Faktoren bei

der Untersuchung konkreter Fahrverhaltensweisen. Dabei bezogen sich die Autoren vor allem auf aggressive Fahrweisen. Als situative Faktoren, die aggressive Fahrverhaltensweisen fördern, identifizierten sie Fahrsituationen, welche die Frustration des Fahrers erhöhen: uneinsichtiger Verkehr, Konfrontation mit alltäglichen Problemen (arbeitsbezogene oder finanzielle Bedenken, welche das Stressniveau erhöhen), Lärm, Hitze und die Anonymität gegenüber den anderen Verkehrsteilnehmern (Jovanovic et al., 2011). Durch die Variation verschiedener situativer und individueller Faktoren, welche einen Einfluss auf das Fahrverhalten von Personen haben können, ist es denkbar, dass mehr als vier Fahrertypen existieren. So fanden Taubman-Ben-Ari et al. (2004) zunächst acht verschiedene Fahrstile, welche sie erst anschließend auf vier reduzierten.

Zudem konnten in der bisherigen Forschung weitere Einflussfaktoren hinsichtlich aggressiven Fahrverhaltens identifiziert werden. So verhalten sich jüngere Fahrer aggressiver und riskanter als ältere Fahrer, was sich auch in der Fahrerfahrung widerspiegelt. Gemessen an der gefahrenen Kilometerleistung neigen erfahrene Fahrer zu weniger aggressiven Handlungen als unerfahrene Fahrer (Evans & Wasielewski, 1982; Jovanovic et al., 2011). Auch zeigten sich in der Forschung häufig Geschlechtseffekte: Frauen neigen zu weniger riskanten, aber zu mehr vorsichtigen Fahrmanövern (Evans & Wasielewski, 1982) und sind seltener in schwere Unfälle verwickelt als Männer (Massie, Green & Campbell, 1997). Männer hingegen fahren inner- und außerorts mit höheren Geschwindigkeiten (Harré, Field & Kirkwood, 1996) und haben stärkere Intentionen, riskante Fahrverhaltensweisen zu zeigen als Frauen (Endriulaitienė, Seibokaitė & Marksaitytė, 2011).

6.6.2.2 Unterschiede der Fahrertypen hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness

Auf Symptomebene des Simulator Sickness Questionnaires konnte ein signifikant höherer Wert des ängstlichen Fahrertyps auf den Items „Magen macht sich bemerkbar“ (verglichen mit dem vorsichtigen sowie dem leichtsinnigen Fahrertyp) und „Gleichgewichtsstörungen“ (verglichen mit dem vorsichtigen Fahrertyp) identifiziert werden. Auf Skalenebene konnten keine systematischen Unterschiede der Fahrertypen hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness nachgewiesen werden. Dies kann auf verschiedene Gründe zurückgeführt werden.

Zum einen sind, wie bereits in den vorangegangenen beiden Untersuchungen, die Skalen des Simulator Sickness Questionnaires recht gering ausgeprägt. Für jeden Fahrertyp lagen die Mittelwerte der Simulator Sickness (Sub-)Skalen im unteren Viertel der entsprechenden Skala. Entsprechend der sensorischen Konflikttheorie (Reason & Brand, 1975) ist anhand der geringen Ausprägung von Simulator Sickness davon auszugehen, dass eventuell sensorische Konflikte erlebt wurden, diese jedoch nicht besonders stark ausgeprägt waren. Die Erwartungen an den Fahrprozess und die Fahrrealität in der Simulationsumgebung haben keinen großen internen Konflikt bei den Versuchspersonen ausgelöst (Neukum & Grattenthaler, 2006). Ein Grund hierfür kann sein, dass keine Bewegungsplattform verwendet wurde (Charakteristik der Simulationsumgebung), welche neben möglichen visuellen Verzögerungen möglicherweise zu verzögerten vestibulären Informationen geführt hätte (Stoner et al., 2011).

Zum anderen könnte dies darin begründet sein, dass eine Fahraufgabe ohne weitere Verkehrsteilnehmer in einer reizarmen Umwelt in der Fahrrealität eher unwahrscheinlich ist, sodass die Versuchsteilnehmer keine Erwartungen an eine realitätsgetreue Abbildung hinsichtlich der Fahraufgabe hatten. Die geringe Ausprägung der Simulator Sickness Symptome kann darüber hinaus auf die Einfachheit der Fahraufgabe zurückgeführt werden (Charakteristik der Fahraufgabe). Der Lane Change Task ist gekennzeichnet durch lange Geraden und weite Kurven ohne Objekte am Straßenrand, abgesehen von den Schildern, welche den Spurwechsel angeben (Mattes, 2003). Das Erleben von Simulator Sickness kann allerdings durch Straßen mit vielen Kurven und Abbiegemanövern sowie engen Kurven mit zahlreichen Objekten am Straßenrand verstärkt werden (Chrysler & William, 2005; Mourant et al., 2007). Des Weiteren können auch Human Factors, welche bei der Erstellung der Fahrerprofile nicht bedacht wurden, einen Einfluss auf diese und deren Beziehung zu Simulator Sickness haben. So hat unter anderem das Alter einen Einfluss auf Fahrverhalten (z. B. Jovanovic et al., 2011), Persönlichkeit (z. B. Roberts & DelVecchio, 2000), Sensation Seeking (z. B. Steinberg et al., 2008) und kognitive Variablen (z. B. Salthouse, 2009). Ebenso scheint das Geschlecht mit den genannten Variablen zusammenzuhängen (Fahrverhalten: z. B. Endriulaitiené et al., 2011; Persönlichkeit: z. B. Feingold, 1994; Sensation Seeking: z. B. Cross, Cyrenne & Brown, 2013; kognitive Variablen: z. B. Naglieri & Rojahn, 2001).

Zum anderen ist es möglich, dass nur einzelne Variablen das Erleben von Simulator Sickness beeinflussen, wie z. B. das Alter oder die Ausprägung von Sensation Seeking, eine Kombination verschiedener Variablen allerdings keinen zusätzlichen Erklärwert hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness bietet.

Eine weitere Erklärung für die fehlende Signifikanz der Unterschiede der Fahrertypen hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness kann in der niedrigen Teststärke begründet werden. Es ist wahrscheinlich, dass die Stichprobengröße nicht ausreichend groß war, um mögliche Effekte aufzudecken.

6.6.3 Limitationen der Untersuchung

Die Studie hat Limitationen, welche an dieser Stelle beschrieben werden sollen. Zum einen ist die Stichprobe homogen. Sie bestand aus jungen, größtenteils männlichen Studierenden. Es ist davon auszugehen, dass diese Stichprobe andere Eigenschaften aufweist als andere Stichprobensamensetzungen. Studien zeigten, dass vor allem junge, männliche Fahrer ein erhöhtes Risiko für riskantes Fahrverhalten zeigen, weil Traits wie Aggression, Impulsivität und Sensation Seeking in dieser Altersgruppe am höchsten ausgeprägt sind. Erst im Laufe des Alters nimmt die Ausprägung dieser Traits ab. Auf der anderen Seite nimmt die Ausprägung von z. B. Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit zu (Constantinou et al., 2011). Auch Geschlechtseffekte konnten nicht untersucht werden. Diese können auch einen Effekt auf die Bestimmung der Fahrertypen haben. Verglichen mit Männern haben Frauen eine geringere Ausprägung im Bereich Sensation Seeking, vor allem im jüngeren Alter. Zudem berichten Männer von mehr Unfällen und Verkehrsverstößen als Frauen (Constantinou et al., 2011). Frauen weisen höhere Werte im Bereich ängstlicher und vorsichtiger Fahrstil auf als Männer, wohingegen Männer eher zu einem rücksichtslosen und feindseligen Fahrstil neigen (Taubman-Ben-Ari et al., 2004; Taubman-Ben-Ari & Yehiel, 2012).

Zudem lässt das Studiendesign keine Kausalaussagen zu. Für diesen Zweck würden sich Designs mit Messwiederholungen oder experimentelle Untersuchungen eignen (Döring & Bortz, 2016).

Eine weitere Limitation besteht im Transfer der gefundenen Ergebnisse in reale Kontexte. Es müsste untersucht werden, ob sich die gefundenen Fahrertypen in der realen Fahrumwelt validieren lassen. Da auch situative Faktoren einen Einfluss auf konkrete

Verhaltensweisen im Verkehr haben (Holte, 2012), sollte eine Überprüfung der Fahrertypen in Situationen mit geringen (z. B. ungehinderte Fahrt auf einer Straße bei Sonne) und hohen Provokationswahrscheinlichkeiten (z. B. Rush Hour, von anderen Fahrern angeschrien werden) erfolgen (Deffenbacher et al., 2001).

6.6.4 Stärken der Untersuchung

Trotz der Limitationen dieser Untersuchung sollten auch die Stärken hervorgehoben werden. Diese Studie ist eine der ersten, die systematisch Fahrertypen aufgrund psychologischer Merkmale untersucht hat. Dies kann eine Grundlage für weitere Forschung zur Typenbildung im verkehrspsychologischen Bereich sein.

Zum anderen war diese Studie auch eine der ersten, die sich mit der Beziehung zwischen Merkmalskombinationen relativ stabiler individueller Faktoren und dem Erleben von Simulator Sickness auseinandergesetzt hat.

Eine weitere Stärke kann aus einer Limitation dieser Untersuchung entnommen werden: Der junge Altersdurchschnitt der Stichprobe. Obwohl die Zusammensetzung der Stichprobe keine Generalisierung zulässt, ist die untersuchte Gruppe eine vulnerable Gruppe von Verkehrsteilnehmern. Junge Fahrer, insbesondere männliche zwischen 16 und 24 Jahren haben ein erhöhtes Unfallrisiko (Constantinou et al., 2011; Jonah, 1986), da sie wenig Fahrerfahrung haben und die eigenen Fahrfähigkeiten überschätzen bei gleichzeitiger Unterschätzung von Risiken (Constantinou et al., 2011). Somit ist es wichtig, die verschiedenen Fahrertypen in dieser Altersgruppe zu untersuchen und basierend darauf spezifische Präventionen zu erstellen, da Verkehrsunfälle eine der Hauptursachen für Tod und Behinderung in dieser Altersgruppe sind. Untersuchungen zu den Gründen dieser Vulnerabilität können dazu beitragen, die sozialen und ökonomischen Folgen von Verkehrsunfällen zu verringern (Constantinou et al., 2011).

6.6.5 Implikationen für Forschung und Praxis

Hinsichtlich der Fahrertypen sollten zunächst auch altersheterogene Stichproben untersucht werden. Andere Studien zeigten, dass vor allem junge männliche Fahrer zu aggressiven und riskanten Fahrverhaltensweisen neigen. Aggressive Fahrweisen können vor allem bei Männern festgestellt werden. So berichten doppelt so viele Männer von aggressiven Fahrverhaltensweisen wie Frauen (Vanlaar et al., 2008). Außerdem geben

Männer mehr gefährliche Verkehrsverstöße zu als Frauen (Lajunen & Parker, 2001). Zudem sind jüngere Fahrer (16 – 44 Jahre) anfälliger für aggressives Fahren als ältere Fahrer (ab 45 Jahren; Vanlaar et al., 2008). Künftige Forschung sollte daher den Einfluss soziodemographischer Faktoren bei der Typisierung von Fahrern beachten und untersuchen, ob die in dieser Untersuchung gefundenen Fahrertypen auch auf andere Altersgruppen und Geschlechtsverteilungen übertragbar ist.

Durch die Vielzahl situativer und individueller Merkmale, welche den Fahrstil von Personen beeinflussen (Holte, 2012), ist es möglich, dass diese Variablen ebenfalls einen Einfluss auf das Erleben von Simulator Sickness haben können. Zukünftige Forschung sollte daher stets prüfen, ob Versuchspersonen Simulator Sickness in der Fahrsimulationsumgebung erleben und welche Merkmalskombinationen dieses Erleben verstärken.

Diese Untersuchung weist zudem einige praktische Implikationen, welche sich vor allem auf Interventionskampagnen aggressiven und riskanten Fahrens beziehen, auf. Interventionen weisen bisher eher einen unimodalen Charakter auf. Diese Interventionen sind aber nicht für alle Fahrertypen gleich wirksam, da hinsichtlich sicheren Fahrens unterschiedliche Bedürfnisse und Persönlichkeitstraits beachtet werden sollten, um effektivere Interventionsstrategien zu erreichen (Ulleberg, 2002).

So wurden beispielsweise Persönlichkeitsvariablen, wie die, welche in den gefundenen Fahrertypen enthalten sind, selten in den Fokus von Interventionskampagnen gerückt. Allerdings haben diese einen Einfluss auf motivationale Faktoren des Fahrverhaltens. Oftmals gehen Kampagnen auf Strafen ein, die Fahrweisen mit sich bringen. Diese Präventionen sind nicht wirksam bei Hochrisikogruppen, da diese oftmals wenig sensibel gegenüber Bestrafungen sind. Daher sollten Kampagnen auf verschiedene Fahrertypen abzielen (Constantinou et al., 2011; Ulleberg & Rundmo, 2003).

Vor allem Interventionen hinsichtlich aggressiven Fahrens müssen weiter ausdifferenziert werden, bevor sich das problematische Verhalten etabliert (z. B. über Verkehrserziehung in Schulen, durch Medienkampagnen, restriktive Fahrerlaubnisregelungen oder Verträge zwischen Eltern und Kindern zum sicheren Fahren; Harré, Brandt & Dawe, 2000). Zu diesem Zweck ist eine Typisierung aufgrund von Human Factors, wie es in dieser Studie erfolgte, schon im Jugendalter relevant. Jugendliche können anhand dieser Fahrertypen bereits kategorisiert werden und gezielt durch Kampagnen zur Verhütung riskanter und aggressiver Verhaltensweise sowie zur

Förderung vorsichtiger und adaptiver Verhaltensweisen im Straßenverkehr geschult und trainiert werden.

7 Diskussion

Die abschließende Diskussion dieser Arbeit gliedert sich in eine Zusammenfassung der Arbeit (Kapitel 7.1), eine generelle Diskussion der Ziele und Resultate dieser Arbeit (Kapitel 7.2), die Reflexion von Limitationen und Stärken der Arbeit (Kapitel 7.3) und Ausführungen zu praktischen und Forschungsimplicationen (Kapitel 7.4).

7.1 Zusammenfassung der Arbeit

Diese Dissertation widmete sich der Fragestellung, welche Human Factors mit dem Erleben von Simulator Sickness in Fahrsimulationsumgebungen zusammenhängen. Dies wurde anhand von drei Studien untersucht, in welchen Simulator Sickness jeweils mittels des Simulator Sickness Questionnaires (Kennedy et al., 1993) erfasst wurde. In der ersten Studie wurde die Beziehung zwischen physischen sowie psychischen Beschwerden und Simulator Sickness untersucht. Es zeigte sich ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen psychischen Beschwerden und den verschiedenen Skalen des Simulator Sickness Questionnaires (Übelkeit, Okulomotorik, Desorientierung und der Gesamtskala). Für physische Beschwerden konnte keine signifikante Relation zum Erleben von Simulator Sickness nachgewiesen werden. In der zweiten Untersuchung wurde die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeitsleistung und Simulator Sickness untersucht. Es konnte keine signifikante Verbindung zwischen den Variablen gefunden werden, allerdings wurde für alle verwendeten Subskalen des Simulator Sickness Questionnaires eine negative Beziehung zur visuellen Aufmerksamkeitsleistung gefunden. Die letzte Studie verfolgte zwei Ziele: Zum einen sollte untersucht werden, welche Fahrertypen anhand verschiedener individueller Variablen (Sensation Seeking, Big Five, kognitive Variablen, fahrbezogene Variablen) identifiziert werden können. Zum anderen sollte untersucht werden, ob sich die gefundenen Fahrertypen hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness unterscheiden. Es konnten insgesamt vier Fahrertypen identifiziert werden: der ängstliche, der leichtsinnig, der vorsichtige sowie der aggressive Fahrertyp. Diese unterschieden sich nicht hinsichtlich der Ausprägung von Simulator Sickness.

7.2 Generelle Ergebnisdiskussion

Die Gründe für die Untersuchung von Simulator Sickness in Fahrsimulationsumgebungen bezogen sich vor allem auf die ethische Bedenklichkeit des Auftretens von Simulator Sickness (Brucks & Watters, 2009) sowie der forschungsökonomischen Konsequenzen des Erlebens der entsprechenden Symptome (Ausfallraten, Ergebnisverzerrung; Biernacki & Dziuda, 2014, siehe auch Kapitel 1.2). In allen Untersuchungen dieser Arbeit erlebten die Versuchspersonen Simulator Sickness. Allerdings waren die Werte stets niedrig, sodass davon auszugehen ist, dass die Untersuchungen ethisch vertretbar sind und Simulator Sickness einen geringen Einfluss auf die Ergebnisse hat. Aus forschungs-ökonomischer Sicht konnte in den Untersuchungen festgehalten werden, dass keine der teilnehmenden Personen wegen der Stärke erlebter Simulator Sickness Symptome die Untersuchung abbrechen musste. Dennoch sind diese Ergebnisse vorsichtig zu interpretieren. Der Simulator Sickness Questionnaire wurde entwickelt, um Simulator Sickness in luftfahrtrelevanten Kontexten zu erfassen (Kennedy et al., 1993). Es gibt Kritiken, die eine veränderte Gewichtung der Subskalen des Fragebogens für den Fahrsimulationskontext fordern (z. B. Neukum & Grattenthaler, 2006).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, herauszufinden, welche Beziehung zwischen Human Factors und Simulator Sickness besteht. Es konnte dabei gezeigt werden, dass Simulator Sickness einen positiven Zusammenhang mit aktuell erlebten psychischen Beschwerden von Versuchspersonen, nicht aber mit aktuellen physischen Beschwerden, hat. Es konnte auch keine Beziehung zwischen dem Erleben von Simulator Sickness und visueller Aufmerksamkeitsleistung gezeigt werden. Dennoch wurde eine negative Zusammenhangsrichtung angedeutet, welche darauf hindeutet, dass mit stärkerem Erleben von Simulator Sickness die visuelle Aufmerksamkeitsleistung sinkt bzw. dass bei einer hohen visuellen Aufmerksamkeit weniger Simulator Sickness erlebt wird. Zudem wurde geprüft, ob sich Fahrertypen, welche aus verschiedenen Human Factors über eine hierarchische Cluster-analyse gefunden wurde, hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness unterscheiden. Hier konnten lediglich zwei Unterschiede auf Symptomebene gefunden werden. Auf Skalen-ebene des Simulator Sickness Questionnaires unterscheiden sich die Fahrertypen nicht.

Die Gründe für fehlende Signifikanz der Ergebnisse sind dabei breit gestreut und können in den Charakteristiken der Simulationsumgebung, den Charakteristiken der Fahraufgabe und weiteren Human Factors (für eine weitere Erläuterung dieser siehe

Kapitel 3.4) begründet sein. Zu den Charakteristiken der Simulationsumgebung, welche das Erleben von Simulator Sickness beeinflussen, gehört unter anderem die Verwendung einer Bewegungsplattform. Eine Nutzung dieser kann das Erleben von Simulator Sickness verstärken, da entsprechend der sensorischen Konflikttheorie (Reason & Brand, 1975) Konflikte zwischen dem, was eine Person visuell wahrnimmt, und dem, was die Bewegungsplattform an vestibulären Reizen weitergibt, entstehen (McCauley & Sharkey, 1992). In den durchgeführten Studien wurde keine Bewegungsplattform genutzt, welche das Erleben von Simulator Sickness verstärken könnte. Dies könnte ein Grund für die niedrigen Ausprägungen von Simulator Sickness sein.

In den Untersuchungen wurden zudem Charakteristiken der Fahraufgabe diskutiert, welche einen Zusammenhang zum Erleben von Simulator Sickness aufweisen. Bisherige Forschung geht davon aus, dass abrupte Brems- und Lenkvorgänge (Rizzo et al., 2003), enge Kurven mit vielen Objekten am Straßenrand (Chrysler & William, 2005) und ungewohnte Manöver Simulator Sickness verstärken (McCauley & Sharkey, 1992). Diese Faktoren wurden in den durchgeführten Untersuchungen ebenfalls berücksichtigt. In keiner der Studien wurden starke Brems- und Lenkmanöver verlangt, die Umwelt war stets reizarm und es die Versuchspersonen mussten keine ungewohnten Manöver fahren. Zudem wurde in bisherigen Forschungsarbeiten häufig die Dauer der Exposition als wichtiger Einflussfaktor für Simulator Sickness diskutiert. Die Richtung der Ergebnisse dabei recht eindeutig: Je länger sich eine Versuchsperson in einer Simulationsumgebung befindet, umso stärker erlebt die Person Simulator Sickness (Kennedy & Fowlkes, 1992; Lawson et al., 2002; McCauley & Sharkey, 1992; Min et al., 2004). In den durchgeführten Studien konnten stets niedrige Ausprägungen von Simulator Sickness gefunden werden, obwohl sich die Dauer der Simulationsexposition um ca. 25 Minuten unterschied.

Neben den genannten Charakteristiken können auch noch weitere Human Factors das Erleben von Simulator Sickness verstärken. So erleben Frauen nach bisherigem Forschungsstand mehr Simulator Sickness als Männer (z. B. Dobie et al., 2001; Golding, 2006). In der ersten sowie in der zweiten Untersuchung dieser Arbeit wurden ebenfalls Geschlechtseffekte erfasst. Diese konnten in beiden Untersuchungen zeigen, dass Frauen signifikant höhere Werte auf der Subskala Desorientierung haben als Männer. Für die anderen Skalen des Simulator Sickness Questionnaires konnten keine signifikanten Geschlechtsunterschiede gefunden werden. Weitere beeinflussende Faktoren sind zudem Alter (Brooks et al., 2010; Park et al., 2006), Erfahrung mit der Realaufgabe (Neukum &

Grattenthaler, 2006) sowie bisherige Erfahrung mit Simulationsumgebungen (Rebenitsch & Owen, 2015), welche in den vorliegenden Untersuchungen nicht inkludiert wurden, welche aber potentiell einen Einfluss auf das Erleben von Simulator Sickness haben können. Zusammenfassend kann an dieser Stelle angemerkt werden, dass nie ein einzelner Faktor Simulator Sickness erzeugt, vielmehr ist es die einzigartige Kombination aus Human Factors und situativen Faktoren wie z. B. unpassende Stimulation durch die verwendete Hardware (Pausch et al., 1992).

Neben den genannten Gründen der fehlenden Signifikanz einiger Ergebnisse, sollten auch die geringen Teststärken beachtet werden, welche vor allem in der zweiten und dritten Studie auftraten. Anhand dieser kann vermutet werden, dass die Stichprobengrößen nicht ausreichend waren, um mögliche Effekte aufzudecken.

Auch mit den vorliegenden Untersuchungen sind die Ursachen von Simulator Sickness sind noch nicht vollständig erforscht. Die Gründe liegen unter anderem auch in der Verschiedenheit der Simulationsumgebungen, welche in der Forschung genutzt werden, und an den Schwierigkeiten einzelner Messmethoden wie z. B. den Simulator Sickness Questionnaire. Obwohl der Simulator Sickness Questionnaire ein weit verbreitetes Instrument zur Messung der Konstrukts ist, unterliegt er den Schwierigkeiten der Subjektivität. Darüber hinaus ist er nichtlinear und beansprucht Zeitressourcen zur Durchführung und zur Auswertung. Trotz dieser Schwächen ist er das aktuell beste Verfahren zur Erfassung von Simulator Sickness (Rebenitsch, 2015).

7.3 Limitationen und Stärken

Die Studien dieser Arbeit zeigen ein paar Limitationen. Eine Limitation ist, dass nur eine Fahrsimulationsumgebung in den Untersuchungen verwendet wurde. Es fehlt eine Validierung der gefundenen Ergebnisse in anderen Simulationsumgebungen, z. B. unter der Verwendung einer Bewegungsplattform oder mit Methoden der Virtual und Augmented Reality.

Eine weitere Limitation besteht darin, dass jeweils nur eine Simulationsaufgabe per Studie genutzt wurde. Es fehlen Vergleiche der Ergebnisse mit Aufgaben unterschiedlicher Schwierigkeit und Komplexität.

Darüber hinaus wurde nicht erfasst, wie sich die Symptome des Simulator Sickness Questionnaires im Laufe der Simulationsexposition verändern. Simulator

Sickness wurde lediglich im Anschluss an die Fahrsimulationsexposition erhoben. Dies entspricht den Empfehlungen der Originalautoren des Verfahrens, welche nahelegen, nur Postexpositions-daten als Grundlage für die statistische Datenanalyse zu verwenden (Kennedy et al., 1993).

Eine weitere Limitation betrifft die Komplexität der Fahrumwelt. Papelis und Ahmad (2001) gehen davon aus, dass Verkehr eine der Hauptkomponenten in einer Fahrsimulations-umgebung ist, da die Erfahrungen der Fahrer hauptsächlich auf Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern beruhen. In den Untersuchungen dieser Arbeit wurden ausschließlich Simulationsaufgaben ohne weitere Verkehrsteilnehmer genutzt, was zu relativ reizarmen Verkehrsumwelten führte.

Trotz der genannten Limitationen sind die Stärken der Untersuchungen zu beachten. Zum einen wurden in den Studien Konstrukte mit dem Erleben von Simulator Sickness in Beziehung gesetzt, welche bisher in der Forschung kaum beachtet wurden. Es zeigte sich dabei, dass weitere Untersuchungen dieser notwendig sind, um die gefundenen Ergebnisse zu generalisieren.

Eine weitere Stärke der Untersuchungen besteht darin, dass Fahrer Typen gebildet wurden. Der bestehende Forschungsstand hat vor allem einzelne Variablen und deren Beziehung zu fahrrelevanten Variablen (z. B. Persönlichkeit: Dahlen & White, 2006) sowie Simulator Sickness (z. B. Erfahrung mit Simulationsumgebungen: Neukum & Grattenthaler, 2006) untersucht. Die dritte Untersuchung dieser Arbeit hat als eine der ersten Studien Konstrukte miteinander kombiniert, um Fahrer Typen zu clustern und zu prüfen, ob sich diese hinsichtlich des Erlebens von Simulator Sickness unterscheiden.

Zudem konnten in diesen Untersuchungen mittels wenig komplexer Fahraufgaben signifikante Effekte und potentielle Richtungen von Beziehungen gefunden werden. Durch die Einfachheit der Fahraufgaben wurden die ethische Vertretbarkeit und der Schutz der Versuchspersonen vor potentiellen Schädigungen gewährleistet.

7.4 Praktische und Forschungsimplicationen

Aus den Untersuchungen ergeben sich einige Forschungs- sowie praktische Implikationen. Forschungsimplicationen ergeben sich dabei direkt aus den Limitationen der Untersuchungen. Zum einen sollten die Ergebnisse durch Variationen der

Charakteristiken der Simulationsumgebung sowie der Fahraufgabe und unter Beachtung weiterer Human Factors generalisiert werden.

Bezüglich der Charakteristiken der Simulationsumgebung sollte geprüft werden, ob die gefundenen Ergebnisse auch übertragbar sind auf Umgebungen mit Bewegungsplattformen oder Umgebungen, welche auf Virtual Reality und Augmented Reality Technologien basieren. Hinsichtlich der Fahraufgabe sollte künftige Forschung mit einer Variation an Aufgabenschwierigkeiten arbeiten.

Auch der Bereich der Human Factors ergibt weitere Forschungsmöglichkeiten: So sollten künftige Untersuchungen weitere Altersgruppen einbeziehen. Es ist zudem denkbar, Frauen während unterschiedlicher Phasen ihres Menstruationszykluses bezüglich ihres Erlebens von Simulator Sickness zu untersuchen. Erste empirische Evidenzen zeigen, dass auch der Menstruationszyklus einer Frau das Erleben von Simulator Sickness verstärken kann (Clemens & Howarth, 2005; Golding, Kadzere & Gresty, 2005; Matchcock, Levine, Gianaros & Stern, 2009). Eine weitere wichtige Forschungsimplication ergibt sich aus dem Fortschritt der Entwicklung automatisierter Kraftfahrzeuge. In Untersuchungen zu diesen steht nicht nur der Fahrer im Fokus, sondern auch die Beifahrer (Elbanhawi, Simic & Jazar, 2015), welche verschiedenen Altersklassen angehören. Aufgabe der Simulationsforschung sollte an dieser Stelle die Untersuchung potentieller Nebeneffekt vulnerabler Gruppen wie beispielsweise Kindern sein.

Neben den möglichen Implikationen für die Forschung, können aus den durchgeführten Untersuchungen auch praktische Implikationen abgeleitet werden. Generell wird empfohlen, dass immer, wenn Versuchspersonen einer Simulationsumgebung ausgesetzt werden, die negativen Nebeneffekte der Exposition der Exposition gemessen und berichtet werden sollten (Bouchard et al., 2009). Dies ist nicht nur für Forschungszwecke (z. B. als Überprüfung potenzieller Ergebnisverzerrung; Biernacki & Dziuda, 2014) notwendig, sondern auch hat auch eine Monitoringfunktion: Versuchspersonen mit einer starken Ausprägung erlebter Simulator Sickness Symptome sollten direkt im Anschluss an die Simulationserfahrung kein Kraftfahrzeug führen (Pausch et al., 1992). Diese Argumentation wurde auch von Stanney und Kennedy (1997) aufgegriffen. Sie gehen davon aus, dass wenn sich Personen an die virtuelle Umwelt gewöhnt haben, sie weniger Simulator Sickness erleben. Nach der Simulationsexposition sind die Personen allerdings noch an diese Simulationsumgebung gewöhnt und müssen

sich an die Realumgebung readaptieren. Es sollten objektive Messungen der Effekte erfolgen, welche auch nach der Simulations-exposition stattfinden und im Zusammenhang mit dem Erleben von Simulator Sickness stehen (z. B. Haltungsstabilität, Hand-Auge-Koordination, visuelle Funktionen; Stanney & Kennedy, 1997).

Generell empfehlen die Stanney und Kennedy (1997), dass die Expositionszeit begrenzt werden sollte und ausreichend Zeit zwischen den Expositionen liegen sollte. Ihrer Empfehlung nach sollten zwischen mehreren Simulationssitzungen zwei bis fünf Tage liegen. Darüber hinaus raten Stanney und Kennedy (1997), dass Simulationsaufgaben mit ungewöhnlichen Fahrmanövern erst durchgeführt werden sollten, wenn eine Person vollständig an die Simulationsumgebung gewöhnt ist (Stanney & Kennedy, 1997).

Abschließend lässt sich anmerken, dass die Zukunft von Fahrsimulationen durch technologische Verbesserungen beeinflusst wird und dazu beiträgt, ein besseres Verständnis über das Fahrverhalten zu erlangen. Es wird prognostiziert, dass künftige Fahrsimulationen einen stärkeren praktischen Nutzen hinsichtlich Trainings und Fahrevaluationen haben werden (Allen et al., 2011). Hinsichtlich der Reduktion von Simulator Sickness Symptomen speziell in Fahrsimulationsumgebungen empfiehlt Rebenitsch (2015) eine Einschränkung des Field of Views, langsame Geschwindigkeiten und die Möglichkeit zur Bewegungskontrolle in der Simulationsumgebung. Die Autorin geht davon aus, dass Simulator Sickness weniger stark ausgeprägt ist bei natürlichen und vorhersehbaren Bewegungen.

8 Literaturverzeichnis

- Abendroth, B. & Bruder, R. (2015). Die Leistungsfähigkeit des Menschen für die Fahrzeugführung. In H. Winner, S. Hakuli, F. Lot & C. Singer (Hrsg.), *Handbuch Fahrassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort* (S. 3-15). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Abendroth, B. & Bruder, R. (2009). Die Leistungsfähigkeit des Menschen für die Fahrzeugführung. In H. Winner, S. Hakuli & G. Wolf (Hrsg.), *Handbuch Fahrassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort* (S. 4-14). Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Allen, R. W., Rosenthal, T. J., & Cook, M. L. (2011). A Short History of Driving Simulation. In D. L. Fisher, M. Rizzo, J. K. Caird, & J. D. Lee (Hrsg.), *Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine, and Psychology* (S. 2-1 – 2.16). Boca Raton, FL: CRC Press.
- American Psychological Association (2002). Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct. *American Psychologist*, 57, 1060–1073.
- Amso, D. (2016). Visual attention: Its role in memory and development. Abgerufen von der Website der American Psychological Association: <http://www.apa.org/science/about/psa/2016/01/visual-attention.aspx>
- Anitei, M., Chraif, M., Burtaverde, V., & Mihaila, T. (2014). The Big Five personality factors in the prediction of aggressive driving behaviour among Romanian youngsters. *International Journal of Traffic and Transportation Psychology*, 2 (1), 7-20.
- Arnett, J. J. (1994). Sensation Seeking: A new conceptualization and a new scale. *Personality and Individual Differences*, 16, 289-296. doi: 10.1016/0191-8869(94)90165-1
- Arnett, J. J. (1996). Sensation Seeking, Aggressiveness, and Adolescent Reckless Behavior. *Personality and Individual Differences*, 20 (6), 693-702. doi: 10.1016/0191-8869(96)00027-X
- Arnett, J. J., Offer, D., & Fine, M. A. (1997). Reckless Driving in adolescence: ‘State’ and ‘Trait’ factors. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (1), 57-63. doi: 10.1016/S0001-4575(97)87007-8

- Arthur, W. Jr. & Doverspike, D. (2001). Predicting motor vehicle crash involvement from a personality measure and a driving knowledge test. *The Journal of Prevention and Intervention in the Community*, 22, 35–42. doi: 10.1300/J005v22n01_04
- Arthur, A. Jr. & Graziano, W. G. (1996). The Five-Factor Model, Conscientiousness, and Driving Accident Involvement. *Journal of Personality*, 64 (3), 593-618. doi: 10.1111/j.1467-6494.1996.tb00523.x
- Bahit, M., Wibirama, S., Nugroho, H. A., Wijayanto, T., & Winadi, M. N. (2016, Oktober). *Investigation of Visual Attention in Day-Night Driving Simulator during Cybersickness Occurrence*. Paper präsentiert auf der 8th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), Yogyakarta, Indonesien. doi: 10.1109/ICITEED.2016.7863260
- Ball, K., Owsley, C., Sloane, M. E., Roenker, D. L., Bruni, J. R. (1993). Visual Attention Problems as a Predictor of Vehicle Crashes in Older Drivers. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 34 (11), 3110-3123.
- Barajas, K. G. (2014). *Do Individual Differences in Eye Movement Scanning Predict Simulator Sickness?* (Unveröffentlichte Undergraduate Studies Honor Thesis). Florida State University: Tallahassee.
- Barjonet, P. E. & Tortosa, F. (2000). Transport Psychology in Europe: A Historical and General Overview. In P. E. Barjonet (Hrsg.), *Traffic Psychology Today* (S. 13-29). Amsterdam: Elsevier.
- Baumann, U. & Stieglitz, R. D. (1980). Ein Vergleich von vier Beschwerdelisten. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 229, 145-163.
- Beauducel, A. & Brocke, B. (2003). Sensation Seeking Scale – Form V: Merkmale des Verfahrens und Bemerkungen zu deutschsprachigen Adaptation. In M. Roth & P. Hammelstein (Hrsg.), *Sensation Seeking – Konzeption, Diagnostik und Anwendung* (S. 77-99). Göttingen: Hogrefe.
- Beck, J. G., Palyo, S. A., Winer, E. H., Schwagler, B. E., & Ang, E. J. (2007). Virtual Reality Exposure Therapy for PTSD Symptoms After a Road Accident: An Uncontrolled Case Series. *Behavior Therapy*, 38, 39-48. doi: 10.1016/j.beth.2006.04.001

- Benfield, J. A., Szlemko, W. J., & Bell, P. A. (2007). Driver personality and anthropomorphic attributions of vehicle personality relate to reported aggressive driving tendencies. *Personality and Individual Differences*, 42, 247-258. doi: 10.1016/j.paid.2006.06.016
- Bertin, R. J. V., Guillot, A., Collet, C., Vienne, F., Espié, S., & Graf, W. (2004, Oktober). *Objective measurement of simulator sickness and the role of visual-vestibular conflict situations: a study with vestibular-loss (a-reflexive) subjects*. Paper präsentiert auf dem Society for Neurosciences 34th Annual Meeting. San Diego, CA, USA.
- Biernacki, M. & Dziuda, L. (2014). Mood and simulator sickness after truck simulator exposure. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 27 (2), 278-292. doi: 10.2478/s13382-014-0251-2
- Biocca, F. (1992). Will simulator sickness slow down the diffusion of virtual environment technology? *Presence*, 1 (3), 334-343. doi: 10.1162/pres.1992.1.3.334
- Bolognini, M., Plancherel, B., Bettschart, B., & Halfon, O. (1996). Self-esteem and mental health in early adolescence: development and gender differences. *Journal of Adolescence*, 19(3), 233 – 245. doi: 10.1006/jado.1996.0022
- Bouchard, S., Robillard, G., Renaud, P., & Bernier, F. (2011). Exploring new dimensions in the assessment of virtual reality induced side effects. *Journal of Computing and Information Technology*, 1 (3), 20–32.
- Bouchard, S., St.-Jacques, J., Renaud, P., & Wiederhold, B. K. (2009). Side Effects of Immersions in Virtual Reality for People Suffering From Anxiety Disorders. *Journal of CyberTherapy and Rehabilitation*, 2 (2), 127-137. doi: 10.22365/jpsych.2016.274.276
- Brähler, E., Hinz, A., & Scheer, J. W. (2008). *Gießener Beschwerdebogen (GBB-24)*. Göttingen: Hogrefe.
- Brickenkamp, R., Schmidt-Atzert, L., & Liepmann, D. (2010). *d2R Test d2 - Revision*, Göttingen: Hogrefe.
- Brooks, J. O., Goodenough, R. R., Crisler, M. C., Klein, N. D., Alley, R. L., Koon, B. L., Logan Jr., W. C., Ogle, J. H., Tyrrell, R. A., & Wills, R. F. (2010). Simulator

sickness during driving simulation studies. *Accident Analysis and Prevention*, 42 (3), 788-796. doi: 10.1016/j.aap.2009.04.013

- Bruck, S. & Watters, P. A. (2009, August). *Estimating Cybersickness of Simulated Motion Using the Simulator Sickness Questionnaire (SSQ): A Controlled Study*. Paper präsentiert auf der 6th International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization (CGIV), Tianjin, China. doi: 10.1109/CGIV.2009.83
- Busato, V. V., Prins, F. J., Elshout, J. J., & Hamaker, C. (2000). Intellectual ability, learning style, personality, achievement motivation and academic success of psychology students in higher education. *Personality and Individual Differences*, 29, 1057-1068. doi: 10.1016/S0191-8869(99)00253-6
- Caird, J. K. & Horrey, W. J. (2011). Twelve Practical and Useful Questions About Driving Simulation. In D. L. Fisher, M. Rizzo, J. K. Caird, & J. D. Lee (Hrsg.), *Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine, and Psychology* (S. 5-1 – 5-18). Boca Raton, Fl.: CRC Press.
- Castro, C. (2009). Visual Demands and Driving. In C. Castro (Hrsg.), *Human factors of visual and cognitive performance in driving* (S. 1-27). Boca Raton, Fl: CRC Press.
- Cestac, J., Paran, F., & Delhomme, P. (2011). Young Drivers' Sensation Seeking, Subjective Norms, and Perceived Behavioral Control and their Roles in predicting Speeding Intention: How Risk-Taking Motivations Evolves with Gender and Driving Experience. *Safety Science*, 29, 424-432. doi: 10.1016/j.ssci.2010.10.007
- Chan, E., Pradhan, A. K., Pollatsek, A., Knodler, M. A., & Fisher, D. L. (2010). Are driving simulators effective tools for evaluating novice drivers' hazard anticipation, speed management, and attention maintenance skills? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 13 (5), 343-353. doi: 10.1016/j.trf.2010.04.001
- Chliaoutakis, J. E., Demakakos, P., Tzamalouka, G., Bakou, V., Koumaki, M., & Darviri, C. (2002). Aggressive behavior while driving as predictor of self-reported car crashes. *Journal of Safety Research*, 33 (4), 431-443. doi: 10.1016/S0022-4375(02)00053-1
- Cho, J., Martin, P., Margrett, J., MacDonald, M., & Poon, L. W. (2011). The Relationship between Physical Health and Psychological Well-Being among Oldest-Old Adults. *Journal of Aging Research*, 1-8. doi: 10.4061/2011/605041

- Chrysler, S. T., & Williams, A. A. (2005, Juni). *Driving performance in a simulator as a function of pavement and shoulder width, edge line presence, and oncoming traffic*. Proceedings of the 3rd international driving symposium on human factors in driver assessment, training and vehicle design, 370–375. Rockport, ME. Abgerufen von http://drivingassessment.uiowa.edu/DA2005/PDF/54_SusanChryslerformat.pdf
- Clemens, S. A. & Howarth, P. A. (2005). The menstrual cycle and susceptibility to virtual simulation sickness. *Journal of Biological Rhythms*, 20 (1), 71-82. doi: 10.1177/0748730404272567
- Constantinou, E., Panayiotou, G., Konstantinou, N., Loutsiou-Ladd, A., & Kapardis, A. (2011). Risky and aggressive driving in young adults: Personality matters. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 1323-1331. doi: 10.1016/j.aap.2011.02.002
- Costa, P. T. & McCrae, R. R. (1992). *Revised NEO Personality Inventory (NEO-PI-R) and NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI) professional manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Cross, C. P., Cyrenne, D-L. M., & Brown, G. R. (2013). Sex differences in sensation-seeking: a meta-analysis. *Science Reports*, 3, 1-5. doi: 10.1038/srep02486
- Curry, R., Artz, B., Cathey, L., Grant, P., & Greenberg, J. (2002, January). *Kennedy SSQ results: Fixed vs. motion-base ford simulators*. Proceedings of the driving simulation conference Europe 2002, Paris, Frankreich, 289–300.
- Dahlen, E. R., Edwards, B. D., Tubré, T., Zyphur, M. J., & Warren, C. R. (2012). Taking a look behind the wheel: An investigation into the personality predictors of aggressive driving. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 1-9. doi: 10.1016/j.aap.2011.11.012
- Dahlen, E. R., Martin, R. C., Ragan, K., & Kuhlmann, M. M. (2005). Driving anger, sensation seeking, impulsiveness, and boredom proneness in the prediction of unsafe driving. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 341-348. doi: 10.1016/j.aap.2004.10.006
- Dahlen, E. R. & White, R. P. (2006). The Big Five factors, sensation seeking, and driving anger in the prediction of unsafe driving. *Personality and Individual Differences*, 41, 903-915. doi: 10.1016/j.paid.2006.03.016

- De Waard, D. (1996). *The Measurement of Drivers' Mental Workload* (Unveröffentlichte Diplomarbeit). Universität Groningen: Groningen, Niederlande.
- De Winter, J. C. F. & Dodou, D. (2010). The Driver Behaviour Questionnaire as a predictor of accidents: A meta-analysis. *Journal of Safety Research*, 41, 463-470. doi: 10.1016/j.jsr.2010.10.007
- De Winter, J. C. F., Van Leeuwen, P. M., & Happee, R. (2012, August). *Advantages and Disadvantages of Driving Simulators: A Discussion*. Proceedings of Measuring Behavior, International Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research: Utrecht, Niederlande, 47-50.
- Deutsche Gesellschaft für Psychologie e.V. (2016). *Berufsethische Richtlinien*. Abgerufen von der Website der Deutschen Gesellschaft für Psychologie e.V. (DGPs): <https://www.dgps.de/index.php?id=85>
- Deffenbacher, J. L., Deffenbacher, D. M., Lynch, R. S., & Richards T. L. (2003). Anger, aggression, and risky behavior: a comparison of high and low anger drivers. *Behaviour Research and Therapy*, 41 (6), 701-718. doi: 10.1016/S0005-7967(02)00046-3
- Deffenbacher, J. L., Lynch, R. S., Oetting, E. R., & Yingling, D. A. (2001). Driving anger: correlates and a test of state-trait theory. *Personality and Individual Differences*, 31, 1321-1331. doi: 10.1016/S0191-8869(00)00226-9
- DiZio, P. & Lackner, J. R. (1997). Circumventing side effects of immersive virtual environments. In M. Smith & R. Salvendy (Hrsg.), *Design of computing system: Social and ergonomic considerations* (S. 893- 896). Amsterdam: Elsevier.
- Dobie, T., McBride, D., Dobie Jr., T., & May, J. (2001). The effects of age and sex on susceptibility to motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 72, 13–20.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Donges, E. (1992). The principle foreseeableness as interpretation concept as measures for active security measures. *Man-machine the system in Traffic*, 948. VDI report.

- Drexler, J. M. (2006). *Identification of System Design Features that Affect Sickness in Virtual Environments* (Doktorarbeit). University of Central Florida: Orlando, Florida.
- Drexler, J. M., Kennedy, R. S. & Compton, D. E. (2004, September). *Comparison of sickness profiles from simulator and virtual environment devices: Implications of engineering features*. Paper präsentiert auf der Driving Simulation Conference (DSC) Europe, Paris, Frankreich.
- Duh, B., Parker, D., & Furness, T. (2001). An “independent visual background” reduced balance disturbance evoked by visual scene motion: implication for alleviating simulator sickness. *Proceedings of CHI 2001 conference on human factors in computing systems*, 85–89. doi: 10.1145/365024.365051
- Duh, H. B. L., Parker, D. E., Philips, J. O., & Furness, T. A. (2004). “Conflicting” Motion Cues to the Visual and Vestibular Self-Motion Systems Around 0.06 Hz Evoke Simulator Sickness. *Human Factors*, 46(1), 142-153. doi: 10.1518/hfes.46.1.142.30384
- Dziuda, Ł., Biernacki, M. P., Baran, P. M., & Truszczyński, O. E. (2014). The effects of simulated fog and motion on simulator sickness in a driving simulator and the duration of after effects, *Applied Ergonomics*, 45(3), 406-412. doi: 10.1016/j.apergo.2013.05.003
- Edwards, C. J., Creaser, J. I., Caird, J. K., Lamsdale, A. M., & Chisholm, S. L. (2003, Juli). *Older and younger driver performance at complex intersections: Implications for using perception-response time and driving simulation*. Proceedings of the second international driving symposium on human factors in driver assessment, training and vehicle design, 33–38. Iowa City: University of Iowa.
- Eichinger, A. (2011). *Untersuchungskonzepte für die Evaluation von Systemen zur Erkennung des Fahrerzustands* (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft F80). Bremerhaven: Verlag für neue Wissenschaft GmbH.
- Elbanhawi, M., Simic, M., & Jazar, R. (2015). In the Passenger Seat: Investigating Ride Comfort Measures in Autonomous Cars. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 7 (3), 4-17. doi: 10.1109/MITS.2015.2405571

- Endriulaitienė, A., Seibokaitė, L., & Marksaitytė, R. (2011). Adolescents' intentions of risky driving: The importance of psychosocial factors in Lithuanian sample. *International Journal of Psychology: A Biopsychological Approach*, 9, 43-65.
- Engström, J., Monk, C. A., Hanowski, R. J., Horrey, W. J., Lee, D. J., McGehee, D. V., Regan, M., Stevens, A., Traube, E., Tuukkanen, M., Victor, T., & Yang, C. Y. D. (2013). *A conceptual framework and taxonomy for understanding and categorizing driver inattention*. European Commission. Abgerufen von der Website der Road Safety Observatory: <http://www.roadsafetyobservatory.com/Evidence/Details/11406>
- Farrell, J. E., Casson, E. J., Haynie, C. R., & Benson, B. L. (1988). Designing flicker-free video display terminals. *Displays*, 9 (7), 115-122.
- Feingold, A. (1994). Gender Differences in Personality: A Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, 116 (3), 429-456.
- Filtness, A., Tones, M., Bates, L., Watson, B., & Williamson, A. (2013). *How would changing driver training in the Queensland licensing system affect road safety?* Deliverable 2: Simulators for skill acquisition training and assessment, and their impact on road safety, 1-81. Abgerufen von der Website der Regierung von Queensland – Department of Transport and Main Roads: <https://www.tmr.qld.gov.au/-/media/Safety/roadsafety/Road-safety-research-reports/report-1-trends.pdf?la=en>.
- Fisher, D. L., Caird, J. K., Rizzo, M., & Lee, J. D. (2011). Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine, and Psychology: An Overview. In D. L. Fisher, M. Rizzo, J. K. Caird, & J. D. Lee (Hrsg.), *Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine, and Psychology* (S. 1-1 – 1-16). Boca Raton, Fl.: CRC Press.
- Fisher, J. (1992). Testing the Effect of Road Traffic Signs' Informational Value on Driver Behavior. *Human Factors*, 34 (2), 231-237.
- Flynn, D., Van Schaik, P., Blackman, T., Fencott, C., Hobbs, B., & Calderon, C. (2003). Developing a Virtual Reality-Based Methodology for People with Dementia: A Feasibility Study, *CyberPsychology and Behavior*, 6, 591-611. doi: 10.1089/109493103322725379

- Fornells-Ambrojo, M., Barker, C., Swapp, D., Slater, M., Antley, A., & Freeman, D. (2008). Virtual reality and persecutory delusions: Safety and feasibility. *Schizophrenia Research, 104*, 228-236. doi: 10.1016/j.schres.2008.05.013
- Frank, L. H. & Casali, J. G. (1986). *Simulator sickness: A review of its costs, countermeasures and prediction* (No. Technical paper 861782). Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers.
- Freeman, D., Pugh, K., Vorontsova, N., & Antley, A. (2010). Testing the Continuum of Delusional Beliefs: An Experimental Study Using Virtual Reality, *Journal of Abnormal Psychology, 119*, 83-92. doi: 10.1037/a0017514
- Frieling, E., Bernard, H., Bigalk, D., & Müller, R. F. (2006). *Lernen durch Arbeit: Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Lernmöglichkeiten am Arbeitsplatz*. Münster: Waxmann.
- Fujita, K. (2004). Influence of attention and predictive visual cue on motion perception and sickness in immersive virtual environment. *Proceedings of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 4*, 2415-2416. doi: 10.1109/IEMBS.2004.1403698
- Furnham, A. & Saipe, J. (1993). Personality correlates of convicted drivers. *Personality and Individual Differences, 14* (2), 329-336.
- Gallo, L. C., Roesch, S. C., Fortmann, A. L., Carnethon, M. R., Penedo, F. J., Perreira, K., ... Isasi, C. R. (2014). Associations of chronic stress burden, perceived stress, and traumatic stress with cardiovascular disease prevalence and risk factors in the HCHS/SOL Sociocultural Ancillary Study. *Psychosomatic Medicine, 76* (6), 468-475. doi: 10.1097/PSY.000000000000069
- Galovski, T. E., Malta, L. S., & Blanchard, E. B. (2006). *Road Rage: Assessment and treatment of the angry, aggressive driver*. Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Goldberg, L. R. (1992). The development of markers for the Big-Five factor structure. *Psychological Assessment, 4*, 24-42.
- Golding, J. F. (1998). Motion Sickness Susceptibility Questionnaire Revised and Its Relationship to Other Forms of Sickness. *Brain Research Bulletin, 47* (8), 507-516.

- Golding, J. F., Kadzere, P., & Gresty, M. A. (2005). Motion sickness susceptibility fluctuates through the menstrual cycle. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 76 (10), 970-973.
- Grandjean, E. (1988). *Fitting the task to the man*. London: Taylor & Francis.
- Groeger, J. (2000). *Understanding Driving: Applying cognitive psychology to a complex everyday task*. Hove: Psychology Press.
- Hänsgen, K.D. (1991). *Berliner Verfahren zur Neurosendiagnostik BVND*. Hogrefe, Göttingen.
- Hair Jr., J. F. & Black, W. C. (2002). Cluster Analysis. In L. G. Grimm & P. R. Yarnold (Hrsg.), *Reading and understanding more multivariate statistics* (S 147-206). Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Harbluk, J. L., Noy, Y. I., Trbovich, P. L., & Eizenmann, M. (2007). An on-road assessment of cognitive distraction: Impacts on drivers' visual behaviour and braking performance. *Accident Analysis and Prevention*, 39 (2), 372-379. doi: 10.1016/j.aap.2006.08.013
- Harm, D. L., Taylor, L. C., & Bloomberg, J. J. (2007). *Adaptive changes in sensorimotor coordination and motion sickness following repeated exposures to virtual environments*. Technical report, NASA. Human Research Program Investigators' Meeting, League City. Abgerufen von der Website der NASA Technical Reports Server: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20070006524>
- Harré, N., Brandt, T., & Dawe, M. (2000). The Development of Risky Driving in Adolescence. *Journal of Safety Research*, 31 (4), 185-194.
- Harré, N., Field, J., & Kirkwood, B. (1996). Gender Differences and Areas of Common Concern in the Driving Behaviors and Attitudes of Adolescents. *Journal of Safety Research*, 27 (3), 163-173.
- Havron, M. D. & Butler, L. F. (1957). *Evaluation of training effectiveness of the 2-FH-2 helicopter flight training research tool* (Technical Report No. NAVTRADEVCCEN 20-OS-16, Contract 1915). Arlington, VA: U.S. Naval Training Device Center.
- Hein, C.M. (1993, Oktober). *Driving simulators: Six years of hands-on experience at Hughes Aircraft Company*. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting, Seattle, WA, 607-611.

- Helland, A., Lydersen, S., Lervåg, L. E., Jenssen, G. D., Mørland, J., & Slørdal, L. (2016). Driving simulator sickness: Impact on driving performance, influence of blood alcohol concentration, and effect of repeated simulator exposures, *Accident Analysis and Prevention*, *94*, 180-187. doi: 10.1016/j.aap.2016.05.008
- Herbst, U., Mueller, M., Voeth, M., Eidhoff, A. T., & Stief, S. (2008). *Studierendenstress in Deutschland – eine empirische* Untersuchung. Berlin: AOK-Bundesverband. Abgerufen von der Website der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg: https://www.ph-ludwigsburg.de/uploads/media/AOK_Studie_Stress.pdf
- Herzberg, P. Y. (2009). Beyond “accident-proneness”: Using Five-Factor Model prototypes to predict driving behavior. *Journal of Research in Personality*, *43*, 1056-110. doi: 10.1016/j.jrp.2009.08.008
- Hill, K. J. & Howarth, P. A., (2000). Habituation to the side effects of immersion in a virtual environment. *Displays*, *21*, 25–30. doi: 10.1016/S0141-9382(00)00029-9
- Hills, B. L. (1980). Vision, visibility and perception in driving. *Perception*, *3*, 434-467.
- Hoffman, R. B., Molino, J. A. & Inman, V. W. (2003, Oktober). *Driving simulator sickness management at Turner-Fairbank Highway Research Center*. Paper präsentiert auf der Driving Simulation Conference DSC, Dearborn, MI, USA.
- Holte, H. (2012). *Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer* (Dissertation). Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität: Bonn.
- Ijsselstein, W., Ridder, H. de, Freeman, J., Avons, S. E., & Bouhuis, D. (2001). Effects of Stereoscopic Presentation, Image Motion, and Screen Size on Subjective and Objective Corroborative Measures of Presence. *Presence*, *10* (3), 298-311. doi: 10.1162/105474601300343621
- Iversen, H. & Rundmo, T. (2002). Personality, risky driving and accident involvement among Norwegian drivers. *Personality and Individual Differences*, *33*, 1251-1263. doi: 10.1016/S0191-8869(02)00010-7
- James, W., A. (1890). *The principles of psychology*. New York: Dover.
- Jerome, C. J. & Witmer, B. G. (2004). Human Performance in virtual environments: Effects of Presence, immersive tendency, and simulator sickness. *Proceedings of*

the Human Factors and Ergonomics Society 48th Annual Meeting, 48 (23), 2613-2617. doi: 10.1177/154193120404802302

- Jinjakam, C. & Hamamoto, K. (2013, Oktober). *Parallax, Position and Height Difference effects on Simulator Sickness in Immersive Virtual Environment*. Paper präsentiert auf der 2013 Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON-2013), Krabi, Thailand. Abgerufen von <http://ieeexplore.ieee.org/document/6687717/>
- Johnson, D. M. (2005). *Introduction to and Review of Simulator Sickness Research* (U.S. Army Research Institute, Research Report 1832). Abgerufen von der Website des Defence Technical Information Center: www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA434495
- Jonah, B. A. (1986). Accident Risk and Risk-Taking Behaviour Among Young Drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 18 (4), 255-271.
- Jonah, B. A. (1997). Sensation seeking and risky driving: A review and synthesis of the literature. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (5), 651-665.
- Jonah, B. A., Thiessen, R., & Au-Yeung, E. (2001). Sensation seeking, risky driving and behavioural adaptation. *Accident Analysis and Prevention*, 33, 679-684. doi: 10.1016/S0001-4575(00)00085-3
- Jovanovic, D., Lipovac, K., Stanojevic, P., & Stanojevic, D. (2011). The effects of personality traits on driving-related anger and aggressive behaviour in traffic among Serbian drivers. *Transportation Research Part F*, 14, 43-53. doi: 10.1016/j.trf.2010.09.005
- Kellog, R. S., Kennedy, R. S., & Graybiel, A. (1965). Motion Sickness Symptomatology of Labyrinthine Defective and Normal Subjects During Zero Gravity Maneuvers. *Aerospace Medicine*, 36, 315-318.
- Kemeny, A. & Panerai, F. (2003). Evaluating perception in driving simulation experiments. *Trends in Cognitive Science*, 7 (1), 31-37.
- Kennedy, R. S., Allgood, G. O., Van Hoy, B. W., & Lilienthal, M. G. (1987). Motion Sickness Symptoms and Postural Changes Following Flights in Motion-Based Flight Trainers. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 6 (4), 147-154.

- Kennedy, R. S., Drexler, J. M., Compton, DE, Stanney, K. M., Lanham, D. S., & Harm, D. L. (2003). Configural scoring of simulator sickness, cybersickness, and space adaptation syndrome: similarities and differences. In L. J Hettinger & M. W. Haas (Hrsg.), *Virtual and adaptive environments: applications, implications, and human performance issues* (S. 247 – 278), Lawrence Erlbaum Associates, USA.
- Kennedy, R. S. & Fowlkes, J. E. (1992). Simulator sickness is polygenic und polysymptomatic: implications for research. *The International Journal of Aviation Psychology*, 2 (1), 23-28. doi: 10.1207/s15327108ijap0201_2
- Kennedy, R. S., Fowlkes, J. E. & Hettinger, L. J. (1989). *Review of simulator sickness literature* (No. NTSC TR 89-024). Orlando, Florida.
- Kennedy, R. S., Hettinger, L. J., & Lilienthal, M. G. (1990). Simulator sickness. In G. H. Crampton (Hrsg.), *Motion and space sickness* (S. 317–342). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3, 203-220. doi: 10.1207/s15327108ijap0303_3
- Kennedy, R. S., Lilienthal, M. G., Berbaum, K. S., Baltzley, D. R. & McCauley, M. E. (1989). Simulator sickness in U.S. Navy flight simulators. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 60 (1), 10-16.
- Kennedy, R. S., Massey, C. J. & Lilienthal, M. G. (1995, Juli). *Incidences of fatigue and drowsiness reports from three dozen simulators: Relevance for the sopite syndrome*. Abstract präsentiert auf dem First Workshop on Simulation and Interaction in Virtual Environments (SIVE'95). Iowa City, IA.
- Kennedy, R. S., Stanney, K. M. & Dunlap, W. P. (2000). Duration and exposure to virtual environments: Sickness curves during and across sessions. *Presence*, 9(5), 463-472. doi: 10.1162/105474600566952
- Kolasinski, E. (1995). *Simulator sickness in virtual environments* (Tech. Rep. 1027; Army Project Number 2O262785A791). Abgerufen von der Website des Defence Technical Information Centers: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a295861.pdf>

- Konstantopoulos, P., Chapman, P., & Crundall, D. (2010). Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. *Accident Analysis and Prevention*, *42*, 827-834. doi: 10.1016/j.aap.2009.09.022
- Krampen, G. (1995). Beschwerden- und symptom-orientierte Diagnostik und Evaluation. *Report Psychologie*, *20*, 36-46.
- Krummenacher, J. (2018). Aufmerksamkeit. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch – Lexikon der Psychologie* (S.208), Bern: Hogrefe. Abgerufen von <https://portal.hogrefe.com/dorsch/aufmerksamkeit/>
- Lajunen, T. (2001). Personality and accident liability: are extraversion, neuroticism and psychoticism related to traffic and occupational fatalities? *Personality and Individual Differences*, *31*, 1365–1373. doi: 10.1016/S0191-8869(00)00230-0
- Lajunen, T. & Parker, D. (2001). Are aggressive people aggressive drivers? A study of the relationship between self-reported general aggressiveness, driver anger and aggressive driving. *Accident Analysis and Prevention*, *33*, 243-255. doi: 10.1016/S0001-4575(00)00039-7
- LaViola Jr., J. J. (2000). A Discussion of Cybersickness in Virtual Environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, *32* (1), 47-56. doi: 10.1145/333329.333344
- Lawson, B. D., Graeber, D. A., Mead, A. M. & Muth, E. R. (2002). Signs and symptoms of human syndromes associated with synthetic experiences. In K. M. Stanney (Hrsg.), *Handbook of virtual environments* (S. 589-618). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Le Callet, P. & Niebur, E. (2013). Visual Attention and Applications in Multimedia Technologies. *Proceedings of the IEEE*, *101* (9), 2058-2067. doi: 10.1109/JPROC.2013.2265801
- Lee, J. D., Caven, B., Haake, S., & Brown, T. L. (2001). Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effect of speech-based e-mail on drivers' attention to the roadway. *Human Factors*, *43* (4), 631-640. doi: 10.1518/001872001775870340
- Liu, L., Watson, B., & Miyazaki, M. (1999). VR for the Elderly: Quantitative and Qualitative Differences in Performance with a Driving Simulator, *Cyberpsychology and Behavior* *2*, 567-576. doi: 10.1089/cpb.1999.2.567

- Massie, D. L., Green, P. E., & Campbell, K. L. (1997). Crash involvement rates by driver gender and the role of average annual mileage. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (5), 675-685.
- Martens, M. & Van Winsum, W. (2001, Juni). *Effects of speech versus tactile driver support messages on driver behaviour and workload*. Proceedings of the 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles: Amsterdam, Niederlande.
- Matchock, R. L., Levine, M. E., Gianaros, P. J., & Stern, R. M. (2008). Susceptibility to nausea and motion sickness as a function of the menstrual cycle. *Womens Health Issues*, 18 (4), 328-335. doi: 10.1016/j.whi.2008.01.006.
- Mather, R. D. (2009). Social Cognitive Human Factors of Automobile Driving. In S. E. Paterson & L. K. Allan (Hrsg.), *Road Traffic: Safety, Modeling, and Impacts* (S. 385-401), Happaug, NY: Nova Science Publisher, Inc.
- Mattes, S. (2003). The lane-change-task as a tool for driver distraction evaluation. In Strasser, H., Kluth, K., Rausch, H., & Bubb, H. (Hrsg.), *Quality of Work and Products in Enterprises for the Future* (S. 57-60), Stuttgart: Ergonomia.
- Mattes, S. & Hallén, A. (2009). Surrogate distraction measurement techniques: the lane change task. In M. A. Regan, J. D. Lee, & K. L. Young (Hrsg.), *Driver distraction* (S. 107-122). New York: CRC.
- Maxwell, C. A. (1992). Flicker science and the consumer. *Information Display*, 7-10.
- McCauley, M. E. & Sharkey, T. J. (1992). Cybersickness: perception of self-motion in virtual environments. *Presence*, 1 (3), 311-318. doi: 10.1162/pres.1992.1.3.31
- Min, B. C., Chung, S. C., Min, Y. K., & Sakamoto, K. (2004). Psychophysiological evaluation of simulator sickness evoked by a graphic simulator. *Applied Ergonomics*, 35, 549-556. doi: 10.1016/j.apergo.2004.06.002
- Milleville-Pennel, I. & Charron, C. (2015). Do mental workload and presence experienced when driving a real car predispose drivers to simulator sickness? An exploratory study, *Accident Analysis and Prevention*, 74, 192-202. doi: 10.1016/j.aap.2014.10.021
- Mollenhauer, M. A. (2004). *Simulator adaptation syndrome literature review* (Realtime Technologies Technical Report). Royal Oak, MI: Realtime Technologies.

Abgerufen von der Website des Defence Technical Information Center:
[http://www.dtic.mil/cgi-
 bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA513655](http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA513655)

- Moosbrugger, H. & Goldhammer, F. (2006). Aufmerksamkeits- und Konzentrationsdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 83-102). Heidelberg: Springer.
- Mourant, R. R., Rengerajan, P., Cox, D., Li, Y., & Jaeger, B. K. (2007). The Effect of Driving Environments on Simulator Sickness, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 51st Annual Meeting 51* (18), 1232-1236. doi: 10.1177/154193120705101838
- Müller, H. J., Krummenacher, J., & Schubert, T. (2015). *Aufmerksamkeit und Handlungssteuerung – Grundlagen für die Anwendung*. Heidelberg: Springer.
- Mullen, N. W., Weaver, B., Riendeau, J. A., Morrison, L. E., & Bédard, M. (2010). Driving Performance and Susceptibility to Simulator Sickness: Are They Related? *The American Journal of Occupational Therapy*, 64 (2), 288-295. doi:10.5014/ajot.64.2.288
- Naglieri, J. A. & Rojahn, J. (2001). Gender Differences in Planning, Attention, Simultaneous, and Successive (PASS) Cognitive Processes and Achievement. *Journal of Educational Psychology*, 93 (2), 430-437. doi: 10.1037//0022-0663.93.2.430
- Neukum, A. & Grattenthaler, H. (2006). *Kinetose in der Fahrsimulation*. (Abschlussbericht Teil II des Projekts „Simulation von Einsatzfahrten im Auftrag des Präsidiums der Bayerischen Bereitschaftspolizei) Mainz: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften. Abgerufen von der Website der Bibliothek der Universität Würzburg: https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/opus4-wuerzburg/frontdoor/deliver/index/docId/6608/file/Neukum_etal_2006_VTS_Abschlussbericht_Teil_II_Kinetose.pdf
- O'Brien, S. (2007). Eye-Tracking and Translation Memory Matches. *Perspectives: Studies in Translatology*, 14 (3), 185-205. doi: 10.1080/09076760708669037
- Ohrnberger, J., Fichera, E., & Sutton, M. (2017). The relationship between physical and mental health: A mediation analysis. *Social Science & Medicine*, 195, 42 – 49. doi: 10.1016/j.socscimed.2017.11.008

- Oltedal, S. & Rundmo, T. (2006). The effects of personality and gender on risky driver behaviour and accident involvement. *Safety science*, 44, 621-628. doi: 10.1016/j.ssci.2005.12.003
- Onimaru, S. & Kitazaki, M. (2010, März). *Visual and Tactile Information to Improve Drivers' Performance*. Paper präsentiert auf der IEEE Virtual Reality Conference. Waltham, MA, USA. doi: 10.1109/VR.2010.5444759
- Papelis, Y. & Ahmad, O. (2001, Januar). *A comprehensive microscopic autonomous driver model for use in high-fidelity driving simulation environments*. Paper präsentiert auf dem Annual Transportation Research Board Meeting, Washington, D. C., USA.
- Park, G.D., Allen, R. W., Fiorentino, D., Rosenthal, T. J., & Cook, M. L. (2006). Simulator Sickness Scores According to Symptom Susceptibility, Age, and Gender for an Older Driver Assessment Study, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting* 50 (26), 2702-2706. doi: 10.1177/154193120605002607
- Park, A. H.-Y. & Hu, S. (1999). Gender differences in motion sickness history and susceptibility to optokinetic rotation-induced motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 70 (11), 1077–1080.
- Paunonen, S.V. (2003). Big Five Factors of Personality and replicated predictions of behaviour. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84, 411–424. doi: 10.1037/0022-3514.84.2.411
- Pausch, R., Crea, T., & Conway, M. (1992). A Literature Survey for Virtual Environments: Military Flight Simulator Visual Systems and Simulator Sickness. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1 (3), 344-363. doi: 10.1162/pres.1992.1.3.344
- Plate, J. (2016). *Auswertung von Messwerten – Eine praxisorientierte Einführung*.
Abgerufen von
<http://www.netzmafia.de/skripten/hardware/Control/auswertung.pdf>
- Prieler, J. (2011a). *Computerized Attention and Concentration Tests Simple Reaction (CompACT-Sr)*. Göttingen: Hogrefe.

- Prieler, J. (2011b). *Computerized Attention and Concentration Tests Concentration (CompACT-Co)*. Göttingen: Hogrefe.
- Prieler, J. (2011c). *Computerized Attention and Concentration Tests Vigilanztest (CompACT-Vi)*. Göttingen: Hogrefe.
- Reason, J. T. & Brand, J. J. (1975). *Motion Sickness*. London: Academic Press.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., Campbell, K. (1990). Errors and violations on the road: A real distinction? *Ergonomics*, 33, 1315-1332.
- Rebenitsch, L. (2015). Managing Cybersickness in Virtual Reality. *XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students*, 22 (1), 46-51. doi: 10.1145/2810054
- Rebenitsch, L. & Owen, C. (2014, Oktober). *Individual variation in susceptibility to cybersickness. UIST 2014 - Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, Honolulu, Hawaii, 309-318. doi: 10.1145/2642918.2647394.
- Rebenitsch, L. & Owen, C. (2016). Review on cybersickness in applications and visual displays. *Virtual Reality*, 20, 101-125. doi: 10.1007/s10055-016-0285-9
- Recarte, M. A. & Nunes, L. M. (2003). Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9 (2), 119-137. doi: 10.1037/1076-898X.9.2.119
- Regan, E. C. & Price, K. R. (1993). *Some side-effects of immersion virtual reality: An investigation into the relationship between inter-pupillary distance and ocular related problems* (Army Personal Research Establishment Report 93R023).
- Rizzo, M., Sheffield, R. A., Stierman, L., & Dawson, J. (2003, Juli). *Demographic and driving performance factors in simulator adaption syndrome*. Proceeding of the Second International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design: Park City, Utah, 201-208. doi: 10.17077/drivingassessment.1123
- Roberts, B. W. & DelVecchio, W. F. (2000). The Rank-Order Consistency of Personality Traits From Childhood to Old Age: A Quantitative Review of Longitudinal Studies. *Psychological Bulletin*, 126 (1), 3-25. doi: 10.1037//0033-2909.126.1.3
- Robillard, G., Bouchard, S., Fournier, T., & Renaud, P. (2003). Anxiety and Presence during VR Immersion: A Comparative Study of the Reactions of Phobic and Non-

phobic Participants in Therapeutic Virtual Environments Derived from Computer Games, *CyberPsychology and Behavior*, 6, 467-476. doi: 10.1089/109493103769710497

- Roenker, D. L., Cissell, G. M., Ball, K. K., Wadley, V. G., & Edwards, J. D. (2003). Speed-of-Processing and Driving Simulator Training Result in Improved Driving Performance. *Human Factors*, 45 (2), 218-233. doi: 10.1518/hfes.45.2.218.27241
- Roth, M., Hammelstein, P., & Brähler, E. (2014). *Need Inventory of Sensation Seeking - Ein Fragebogen zur Erfassung des dispositionalen Bedürfnisses nach Stimulation*. Göttingen: Hogrefe.
- Sanders, M. S. & McCormick, E. J. (1993). *Human Factors in Engineering and Design*. New York, NY: McGraw Hill, Inc.
- Salthouse, T. A. (2009). When does age-related cognitive decline begin? *Neurobiology of Aging*, 30, 507-514. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2008.09.023
- Schendera, C. F. G. (2010). *Clusteranalyse mit SPSS*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Schmidt-Atzert, L., Krumm, S., & Bühner, M. (2008). Aufmerksamkeitsdiagnostik – Ableitung eines Strukturmodells und systematische Einordnung von Tests. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 19 (2), 59-82. doi: 10.1024/1016-264X.19.2.59
- Schwebel, D. C., Severson, J., Ball, K. K., & Rizzo, M. (2006). Individual difference factors in risky driving: The roles of anger/hostility, conscientiousness, and sensation-seeking. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 801–810. doi: 10.1016/j.aap.2006.02.004
- Sharples, S., Cobb, S., Moody, A., & Wilson, J. R. (2008). Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*, 29, 58-69. doi: 10.1016/j.displa.2007.09.005
- Silverman, D. R. & Slaughter, R. A. (1995). *An exploration of simulator sickness in the MH-60G operational flight trainer, an advanced wide field-of-view helicopter trainer* (Rep. No. AL/HR-TR-1994-0173). Mesa, AZ: Aircrew Training Research Division, Human Resources Directorate.

- Simons-Morton, B. G., Guo, F., Klauer, S. G., Ehsani, J. P., & Pradhan, A. K. (2014). Keep Your Eyes on the Road: Young Driver Crash Risk Increases According to Duration of Distraction. *Journal of Adolescent Health, 54*, 561-567. doi: 10.1016/j.adohealth.2013.11.021
- Solso, R. L. (2005). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Springer.
- Spicher, B. & Haensgen, K. D. (2000). *Test zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale*, Bern: Verlag Hans Huber.
- Stanney, K. M. & Hash, P. (1998). Locus of User-Initiated Control in Virtual Environments: Influences on Cybersickness. *Presence, 7* (5), 447-459. doi: 10.1162/105474698565848
- Stanney, K. M. & Kennedy, R. S. (1997). The Psychometrics of Cybersickness. *Communications of the ACM, 40* (8), 67-68. doi: 10.1145/257874.257889
- Stanney, K. M., Kingdon, K. S., & Kennedy, R. S. (2002). Dropouts and aftereffects: examining general accessibility to virtual environment technology. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting 46* (26), 2114-2118. doi: 10.1177/154193120204602603
- Stanney, K.M. & Salvendy, G. (1998). Aftereffects and sense of presence in virtual environments: Formulation of a research and development agenda, *International Journal of Human-Computer Interaction, 10*, 135-187. doi: 10.1207/s15327590ijhc1002_3
- Statistisches Bundesamt (2017a). *Hauptverursacher von Unfällen mit Personenschaden nach Art der Unfallbeteiligung*. Abgerufen von der Website des Statistischen Bundesamts:
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Tabellen/HauptverursacherFahrzeugart.html>
- Statistisches Bundesamt (2017b). *Fehlverhalten der Fahrzeugführer bei Unfällen mit Personenschaden*. Abgerufen von der Website des Statistischen Bundesamts:
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Tabellen/FehlverhaltenFahrzeugfuehrer.html>
- Steinberg, L., Albert, D., Cauffman, E., Banich, M., Graham, S., & Woolard, J. (2008). Age differences in sensation seeking and impulsivity as indexed by behavior and

- self-report: evidence for a dual systems model. *Developmental Psychology*, 44 (6), 1764-1778. doi: 10.1037/a0012955
- Stemmler, G., Hagemann, D., Amelang, M., & Bartussek, D. (2011). *Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Stoner, H. A., Fisher, D. L., & Mollenhauer, Jr., 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* (S. 14-1 – 14-24). Boca Raton, Fl.: CRC Press.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Sturm, W. & Zimmermann, P. (2000). Aufmerksamkeitsstörungen. In W. Sturm, M. Herrmann & C.-W. Wallesch (Hrsg.), *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie* (S. 345-365). Lisse: Swets and Zeitlinger.
- Stutts, J. C. (1998). Cognitive test performance and crash risk in an older driver population. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (3), 337-346. doi: 10.1016/S0001-4575(97)00108-5
- Sümer, N., Lajunen, T., & Özkan, T. (2005). Big Five personality traits as the distal predictors of road accident involvement. In G. Underwood (Hrsg.), *Traffic and Transportation psychology. Theory and application*. (S. 215–227). Amsterdam: Elsevier.
- Taubman-Ben-Ari, O., Mikulincer, M., & Gillath, O. (2004). The multidimensional driving style inventory – scale construct and validation. *Accident Analysis and Prevention*, 36, 323-332. doi: 10.1016/S0001-4575(03)00010-1
- Taubman-Ben-Ari, O. & Yehiel, D. (2012). Driving styles and their associations with personality and motivation. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 416-422. doi: 10.1016/j.aap.2011.08.007
- Treleaven, J., Battershill, J., Cole, D., Fadelli, C., Freestone, S., Lang, K., & Sarig-Bahit, H. (2015). Simulator sickness incidence and susceptibility during neck motion-controlled virtual reality tasks. *Virtual Reality*, 19, 267-275. doi: 10.1007/s10055-015-0266-4

- Tyrell, R., Sarig-Bahat, H., Williams, K., Williams, G., & Treleaven, J. (2017). Simulator sickness in patients with neck pain and vestibular pathology during virtual reality tasks, *Virtual Reality*, doi: 10.1007/s10055-017-0324-1.
- Uliano, K. C., Lambert, E. Y., Kennedy, R. S. & Sheppard, D. J. (1986). *The effects of asynchronous visual delays on simulator sickness symptomatology* (No. NAVTRASYSCEN 85-D-0026-1). Orlando, Florida: Naval Trainings Systems Center.
- Ulleberg, P. (2002). Personality subtypes of young drivers. Relationship to risk-taking preferences, accident involvement, and response to a traffic safety campaign. *Transportation Research Part F*, 4, 279-297. doi: 10.1016/S1369-8478(01)00029-8
- Ulleberg, P. & Rundmo, T. (2003). Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers. *Safety Science*, 4, 427-443. doi: 10.1016/S0925-7535(01)00077-7
- Vanlaar, W., Simpson, H., Mayhew, D., & Robertson, R. (2008). Aggressive driving: a survey of attitudes, opinions and behaviors. *Journal of Safety Research*, 39 (4), 375-381. doi: 10.1016/j.jsr.2008.05.005
- Viirre, E. & Bush, D. (2002). Direct effects of virtual environments on users. In K. M. Stanney (Hrsg.), *Handbook of Virtual Environments* (S. 581 – 588). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vollrath, M. & Krems, J. F. (2011). *Verkehrspsychologie - Ein Lehrbuch für Psychologen, Ingenieure und Informatiker*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Von Zerssen, D. & Petermann, F. (2011). *Beschwerden-Liste Revidierte Fassung*. Göttingen: Hogrefe.
- Wald, J. & Taylor, S. (2000). Efficacy of virtual reality exposure therapy to treat driving phobia: a case report. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 31 (3-4), 249-257. doi: 10.1016/S0005-7916(01)00009-X
- Walter, R. (2017). *Testing Information Processing Speed – A Comparison of the d2R-Test of Attention and a Self-Constructed Test for a Driving Simulator* (Unveröffentlichte Masterarbeit). Technische Universität Ilmenau: Ilmenau.

- Watson, G. S. (2000, September). *A synthesis of simulator sickness studies conducted in a high-fidelity driving simulator*. Paper präsentiert auf der Driving Simulation Conference, Paris, Frankreich.
- Wei, Y., Zheng, J., & So, R. H. Y. (2018). Allocating less attention to central vision during vection is correlated with less motion sickness. *Ergonomics*. doi: 10.1080/00140139.2018.1427805
- Weidner, F. & Broll, W. (2017, September). *A Spatial Augmented Reality Driving Simulator for Prototyping 3D in-car User Interfaces*. Paper präsentiert auf der Driving Simulation Conference Europe, Stuttgart, Deutschland.
- Werneke, J. & Vollrath, M. (2012). What does the driver look at? The influence of intersection characteristics on attention allocation and driving behavior. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 610-619. doi: 10.1016/j.aap.2011.09.048
- Westhoff, K. & Kluck, M. L. (2008). *Psychologische Gutachten schreiben und beurteilen*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Whitney, S. L., Sparto, P. J., Hodges, L. F., Babu, S. V., Furman, J. M., & Redfern, M. S. (2006). Responses to a Virtual Reality Grocery Store in Persons with and without Vestibular Dysfunction, *CyberPsychology and Behavior*, 9, 152-156, doi: 10.1089/cpb.2006.9.152
- WHO International Consortium In psychiatric epidemiology (2000). Cross-national comparisons of the prevalences and correlates of mental disorders. *Bulletin of World Health Organization*, 78, 413 – 426.
- Wibirama, S., Wijayanto, T., Nugroho, H. A., Bahit, M., & Winadi, M. N. (2015, November). *Quantifying visual attention and visually induced motion sickness during day-night driving and sleep deprivation*. Paper präsentiert auf der 2015 International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE), Yogyakarta, Indonesien. doi: 10.1109/ICODSE.2015.7436996
- Wickens, C. D., Horrey, W. J. (2009). Models of attention, distraction and highway hazard avoidance. In Regan, M. A., Lee, J. D., Young, K. L. (Hrsg.), *Driver distraction: Theory, effects and mitigation* (S. 57–69). Orlando, FL: CRC Press.
- Wiedenbeck, M. & Züll, C. (2001). *Klassifikation mit Clusteranalyse: Grundlegende Techniken hierarchischer und K-means-Verfahren*. Mannheim: GESIS How to.

- Wilding, J. M. & Meddis, R. (1972). A Note on Personality Correlates of Motion Sickness. *British Journal of Psychology*, 63 (4), 619-620.
- Wolbers, T., Küst, J., Karbe, H., Netz, J., & Hömberg, V. (2001). Interaktive Fahrsimulation - ein neuer Weg zur Diagnose und Rehabilitation der Fahrtauglichkeit. *Rehabilitation*, 40, 87-91. doi: 10.1055/s-2001-12601
- Yilidirim-Yenier, Z., Vingilis, E., Wiesenthal, D. L., Mann, R. E., & Seeley, J. (2016). Relationships among thrill seeking, speeding attitudes, and driving violations among a sample of motorsports spectators and drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 86, 16-22. doi: 10.1016/j.aap.2015.09.014
- Young, K. L., Salmon, P. M. & Cornelissen, M. (2013). Missing link? The effects of distraction on driver situation awareness. *Safety Science*, 56, 36-43. doi: 10.1016/j.ssci.2012.11.004
- Zuckerman, M. (1971). Dimensions of sensation seeking. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 36, 45-52.
- Zuckerman, M. (1994). *Behavioral Expressions and Biosocial Bases of Sensation Seeking*. New York: Cambridge University Press.

9 Anhang

Anhangsverzeichnis

- 1 Verwendete Version des Simulator Sickness Questionnaires (SSQ, Kennedy et al., 1993)
- 2 Studieninformation und Einverständniserklärung (Studie 1 und 3)
- 3 Demographischer Fragebogen (Studie 1 und 3)
- 4 Ablaufplan Studie 1
- 5 Voraussetzungsprüfung der multiplen Regressionsanalyse (Studie 1)
- 6 Studieninformation und Einverständniserklärung (Studie 2)
- 7 Demographischer Fragebogen (Studie 2)
- 8 Ablaufplan Studie 2
- 9 Voraussetzungsprüfung der linearen Regressionsanalyse (Studie 2)
- 10 Ausreißeranalyse des Alters (Studie 3)
- 11 Ablaufplan Studie 3
- 12 Voraussetzungsprüfung der Clusteranalyse (Studie 3)
- 13 Voraussetzungsprüfung der mehrfaktoriellen Varianzanalyse (Studie 3)
- 14 Interkorrelationen der für die Clusteranalyse verwendeten Skalen (Studie 3)
- 15 Dendogramm (Studie 3)
- 16 ANOVA der Unterschiede der Fahrertypen hinsichtlich der einzelnen Simulator Sickness Symptome (Studie 3)

Anhang 1: *Verwendete Version des Simulator Sickness Questionnaires (SSQ, Kennedy et al., 1993)*

Simulator Sickness Questionnaire

Versuchspersonencode: _____

Dieser Fragebogen beinhaltet eine Liste von Symptomen, die nach dem Fahren in einer Simulation auftreten können. Bitte geben Sie für jedes Symptom an, wie stark es jetzt gerade bei Ihnen auftritt.

		Gar nicht	Leicht	Mäßig	Stark
1	Allgemeines Unwohlsein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Müdigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Kopfschmerzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Überanstrengung der Augen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Probleme scharf zu sehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Erhöhter Speichelfluss	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Schwitzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Übelkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Konzentrationschwierigkeiten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Kopfdruck	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Verschwommenes Sehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Schwindel bei offenen Augen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13	Schwindel bei geschlossenen Augen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14	Gleichgewichtsstörung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15	Magen macht sich bemerkbar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16	Aufstoßen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anhang 2: Studieninformation und Einverständniserklärung (Studie 1 und 3)

Liebe_r Untersuchungsteilnehmer_in,

Das Fachgebiet für Medienpsychologie und Medienkonzeption untersucht in dem Forschungsprojekt VISTA4F, welche Fahrertypen sich aus verschiedenen psychologischen Konstrukten ableiten lassen und wie sich Probanden in unterschiedlichen Simulations-umgebungen verhalten.

Wir freuen uns, dass Sie sich für diese Forschung interessieren und bereit sind, an dieser Untersuchung teilzunehmen!

Die nachfolgenden Informationen dienen dazu, Sie über das Ziel sowie über das Vorgehen in der aktuellen Untersuchung aufzuklären. Bitte lesen Sie sich den Text aufmerksam durch. Wenn Sie noch Fragen haben, beantworten wir Ihnen diese gerne. Abschließend werden wir Sie bitten, uns durch Ihre Unterschrift Ihre Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie zu bestätigen und Ihre Kenntnisnahme der vorliegenden Information zu bestätigen.

1 Ziele des Experiments

Das Experiment verfolgt zwei Ziele: Zum einen sollen aus verschiedenen Daten (psychologisch, physiologisch, motorisch) Typen von Fahrern erkannt werden. Zum anderen soll herausgefunden werden, welches der vorhandenen Labore des Instituts am effizientesten zur Nutzung als Fahrsimulation geeignet ist.

2 Ablauf und Inhalt der Untersuchung

Die Untersuchung besteht aus insgesamt drei Teilen: Zunächst werden Sie gebeten, einige Fragebögen zu beantworten. Diese bestehen aus Erhebungsinstrumenten zu demographischen Variablen, Fahrerfahrungen, Persönlichkeit, Sensation Seeking, Konzentrations- und Aufmerksamkeitsleistung. Dies wird ca. 80 Minuten dauern. Anschließend werden Sie gebeten, in einer Simulationsumgebung den Lane Change Task zu absolvieren. Dabei fahren Sie in einem Fahrsimulator eine Strecke mit 3 Fahrbahnen und werden per Verkehrsschilder angewiesen, auf eine der Fahrbahnen zu wechseln. Sie bekommen selbstverständlich die Möglichkeit, sich zunächst durch einige Minuten freie Fahrt an das Fahren in der Simulation zu gewöhnen. Sie werden ungefähr 45 Minuten in der Fahrsimulation verbringen. Nach Abschluss des Lane Change Tasks werden Sie gebeten, einen kurzen Fragebogen zum Erleben in der jeweiligen Simulation zu beantworten. Sie erhalten als Dankeschön für Ihre Teilnahme ein Geschenk und können

sich in eine Liste eintragen, welche die Mailadressen der Probanden sammelt, die über die Ergebnisse der Untersuchung nach Abschluss dieser informiert werden möchten.

3 Freiwilligkeit und Anonymität

Die Teilnahme an dem Experiment ist freiwillig. Sie können die Teilnahme jederzeit beenden, ohne dass Ihnen dadurch Nachteile entstehen. Neben den Mitarbeitern, welche die Fragebögen und den Versuch in der Fahrsimulation mit Ihnen persönlich durchführen werden, wird keine weitere Person über Ihren Versuchspersonencode und die erhobenen Daten informiert. Diejenigen Mitarbeiter, die durch den direkten Kontakt mit Ihnen über personenbezogene Daten verfügen, stehen unter Schweigepflicht. Während der Untersuchung werden Sie per Video aufgezeichnet, um eine exaktere Auswertung der Beobachtungsdaten zu gewährleisten. Alle Informationen, die wir im Rahmen des Projekts von Ihnen erhalten, werden absolut vertraulich behandelt. Bei der Datenerhebung werden all Ihre Unterlagen anonymisiert, so dass in Auswertung und Aufbereitung Ihrer Daten keine Rückschlüsse auf Sie gezogen werden können. Alle Unterlagen werden in einem nicht öffentlich zugänglichen Archiv aufbewahrt.

4 Was nutzt Ihre Teilnahme?

Sie leisten durch Ihre Teilnahme an der Studie einen erheblichen Beitrag zur Erforschung von Fahrertypen und Fahrsimulationsumgebungen. Durch die Typisierung können in weiteren Forschungsarbeiten beispielsweise besondere Unfallrisiken der einzelnen Fahrertypen erkannt werden. Sollten Sie dabei an weiteren Untersuchungen interessiert sein, teilen Sie dies bitte der Versuchsleiterin mit. Sie wird Ihren Namen sowie Ihre Mailadresse in einer Liste vermerken und wir werden Sie anschreiben, sobald ein weiteres Experiment stattfindet. Sie erhalten für Ihre Teilnahme ein Geschenk als Dankeschön von uns.

5 Welche Risiken sind mit einer Teilnahme verbunden?

Es sind keine Risiken mit Ihrer Teilnahme an dem Experiment verbunden. Es kann bei manchen Personen sein, dass Sie ein leichtes Schwindel- oder Übelkeitsgefühl während bzw. nach der Erfahrung in der Fahrsimulation verspüren. Sollte dies der Fall sein, wird Ihnen die Versuchsleiterin zur Seite stehen.

6 Einverständniserklärung

Ich habe die Informationen über die Studie sorgfältig gelesen und eine Kopie dieses Schreibens für meine Unterlagen erhalten.

Ich erkläre mich hiermit

- einverstanden
 nicht einverstanden

an dem Experiment von Frau Anne Hösch, M.Sc. teilzunehmen. Ich bin damit einverstanden, dass die im Rahmen des Forschungsprojektes erhobenen Daten und Untersuchungsergebnisse in anonymisierter Form zu Forschungszwecken verwendet werden.

Datum

Unterschrift

Anhang 3: *Demographischer Fragebogen (Studie 1 und 3)*

Bitte vervollständigen Sie die folgenden Angaben:

Versuchspersonencode: _____

Alter: _____ Jahre

Geschlecht: Weiblich
 Männlich
 Anderes: _____

Familienstand Ledig und Single

:

- Ledig, aber in einer Beziehung
- Verheiratet
- Geschieden
- Verwitwet

Bildungsgrad: Hauptschule
 Real-, Regelschule
 Abitur/Fachhochschulreife
 Bachelor
 Master
 Diplom/Staatsexamen
 Promotion

Anhang 4: *Ablaufplan Studie 1*

Schritt	Vorgehen	Dauer
1	Begrüßung der Versuchspersonen „Willkommen zu einer Fahrsimulationsstudie. Diese Untersuchung besteht aus drei Teilen: Zuerst werden Sie gebeten, einige Fragen zu aktuellen physischen und psychischen Beschwerden zu bearbeiten. Anschließend werden Sie in der Fahrsimulation fahren und zuletzt werden Sie einige Fragen zu Ihrer Simulationserfahrung beantworten. Um Anonymität zu gewährleisten, wird jede Versuchsperson einen eigenen Versuchspersonencode generieren.“	2 min
2	Studieninformation und Einverständniserklärung „Hier finden Sie alle Informationen zur Untersuchung. Bitte lesen Sie diese sorgfältig und unterschreiben Sie die Einverständniserklärung, wenn Sie an dem Experiment teilnehmen möchten.“	5 min
3	Demographischer Fragebogen „Zuerst möchten wir etwas über Sie erfahren. Bitte beantworten Sie diesen Fragebogen.“	2 min
4	Fragebogen zu physischen und psychischen Beschwerden „Der nächste Fragebogen dreht sich um Ihre aktuell erlebten physischen sowie psychischen Beschwerden. Bitte lesen Sie die Instruktionen sorgfältig und beantworten Sie die Items.“	10 min
5	Lane Change Task in der Fahrsimulation „Wir werden jetzt die Fahrsimulation starten. Sie haben ein paar Minuten Zeit, um sich an die Simulation zu gewöhnen. Sie werden am Bildschirm über den Start der Experimentalphase informiert. Während der gesamten Fahrt werden Ihnen Schilder anzeigen, dass Sie auf eine andere Spur wechseln sollen. Bitte wechseln Sie die Spur so schnell und exakt wie möglich. Bitte halten Sie eine Geschwindigkeit von 60 km/h. Vergessen Sie nicht zu schalten. Bitte halten Sie die Spur bis Sie aufgefordert werden, sie zu wechseln.“	30 min
6	Simulator Sickness Questionnaire „Ich werde Ihnen jetzt einen kurzen Fragebogen geben, der Ihre Erfahrung mit der Simulation erfassen sollen.“	3 min

7 Verabschiedung 1 min

„Vielen Dank für Ihre Teilnahme an unserer Studie. Hier haben Sie dafür ein kleines Geschenk. Ich hoffe, Sie hatten Spaß und nehmen wieder an einem Experiment teil.“

Anhang 5: Voraussetzungsprüfung der multiplen Regressionsanalyse (Studie 1)

a) Gesamtstichprobe

Voraussetzung	Prüfergebnis
Kriteriumsvariable ist intervallskaliert	Physische sowie psychische Beschwerden wurden auf einer vierstufigen Likertskala mit gleichen Abständen gemessen. Intervallskalenniveau kann angenommen werden.
Prädiktorvariable ist intervallskaliert oder als Dummyvariable codiert	Übelkeit, Okulomotorik, Desorientierung und die Gesamtskala des SSQs wurden auf einer vierstufigen Likertskala mit gleichen Abständen gemessen. Intervallskalenniveau kann angenommen werden.
Linearität des Zusammenhangs zwischen Kriterium und Prädiktoren	Keine Linearität des Zusammenhangs zwischen den Prädiktorvariablen und den Kriteriumsvariablen. Siehe Abb. A1 – A8.
Gauss-Markov-Annahme 1: Regressionskoeffizienten sind linear.	Postulierte lineare Modelle: Übelkeit = $\beta_0 + \beta_1 * \text{physische Beschwerden} + \beta_2 * \text{psychische Beschwerden}$ Okulomotorik = $\beta_0 + \beta_1 * \text{physische Beschwerden} + \beta_2 * \text{psychische Beschwerden}$ Desorientierung = $\beta_0 + \beta_1 * \text{physische Beschwerden} + \beta_2 * \text{psychische Beschwerden}$ Gesamtskala SSQ = $\beta_0 + \beta_1 * \text{physische Beschwerden} + \beta_2 * \text{psychische Beschwerden}$
Gauss-Markov-Annahme 2: Zufallsstichprobe	Keine Zufallsstichprobe, sondern Selbstselektionsstichprobe.
Gauss-Markov-Annahme 3: Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist Null.	Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist nicht exakt Null, es gibt Abweichungen. Zur Betrachtung der Analyse siehe Abb. A9 – A12
Gauss-Markov-Annahme 4: Ausprägungen der Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.	$Min_{\text{Übelkeit}} = 0.00, Max_{\text{Übelkeit}} = 143.10$ $Min_{\text{Okulomotorik}} = 0.00, Max_{\text{Okulomotorik}} = 136.44$ $Min_{\text{Desorientierung}} = 0.00, Max_{\text{Desorientierung}} = 236.64$ $Min_{\text{Gesamtskala_SSQ}} = 0.00, Max_{\text{Gesamtskala_SSQ}} = 157.08$ Zudem sind die Streudiagramme in Abb. A1 – A8 zu beachten. Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.
Gauss-Markov-Annahme 5: Für jeden Wert der Kriteriumsvariablen hat der	Homoskedastizität: Trompetenform erkennbar. Siehe Abb. A9–A12.

Fehlerwert dieselbe Varianz
(Homoskedastizität).

Unabhängigkeit des
Fehlerwerts

Überprüfung mittels Durbin-Watson-Test

Übelkeit = 1.34

Okulomotorik = 2.20

Desorientierung = 2.10

Gesamtskala SSQ = 1.84

Werte zwischen 1.5 und 2.5 sind akzeptabel →
unabhängige Fehlerwerte für Okulomotorik,
Desorientierung und der Gesamtskala

Normalverteilung des
Fehlerwerts

Die Fehlerwerte der Skalen sind rechtssteil und
linksschief. Zur visuellen Prüfung siehe Abb. 13 –
16.

Keine Multikollinearität

Toleranz = .499; VIF = 2.005. Keine
Multikollinearität.

Abb. A1 – Abb. A8: Streudiagramme

Abb. A1

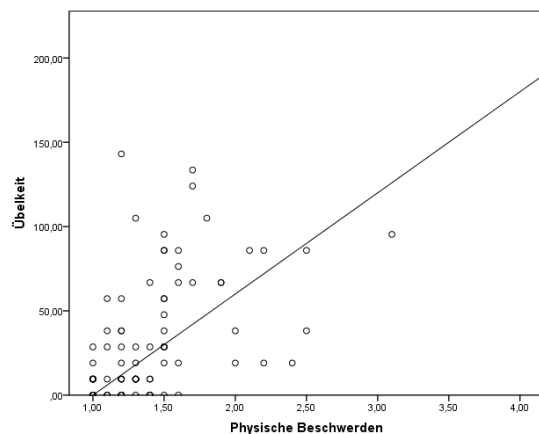


Abb. A2

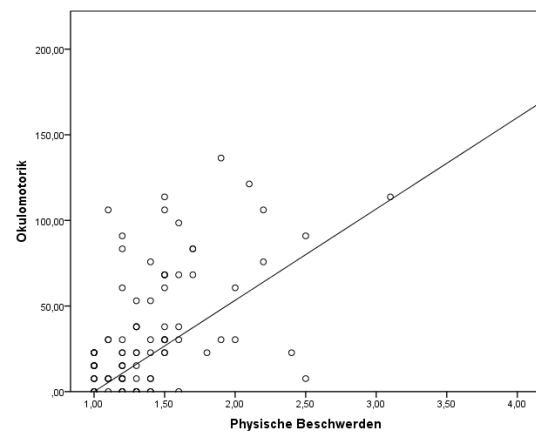


Abb. A3

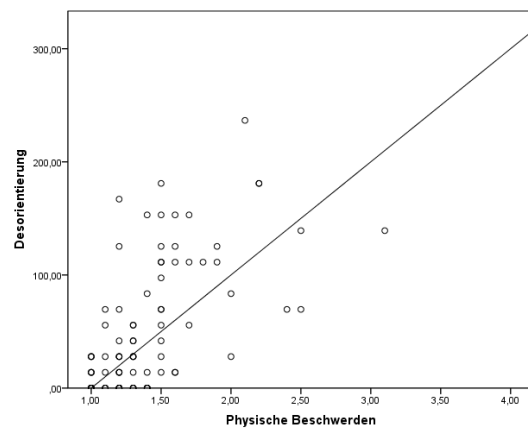


Abb. A4

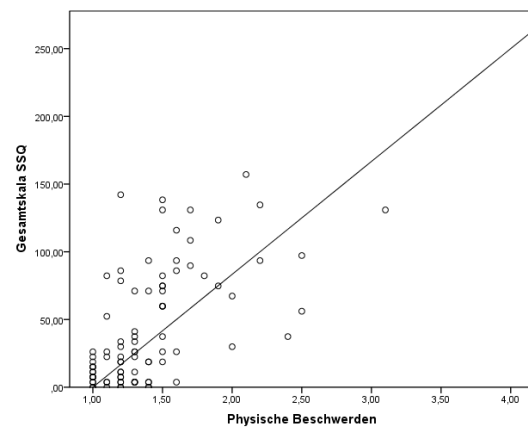


Abb. A5

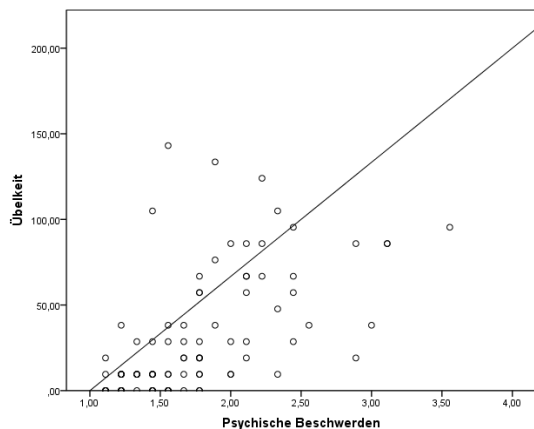


Abb. A6

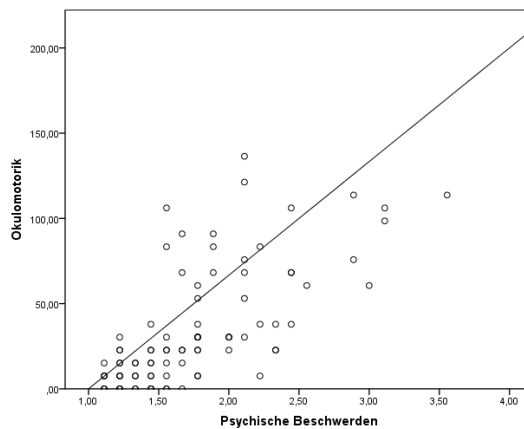


Abb. A7

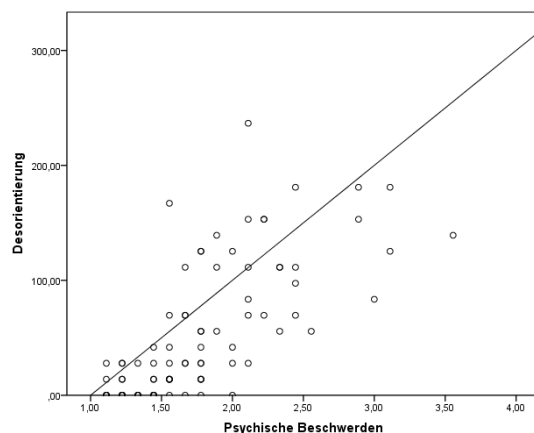


Abb. A8

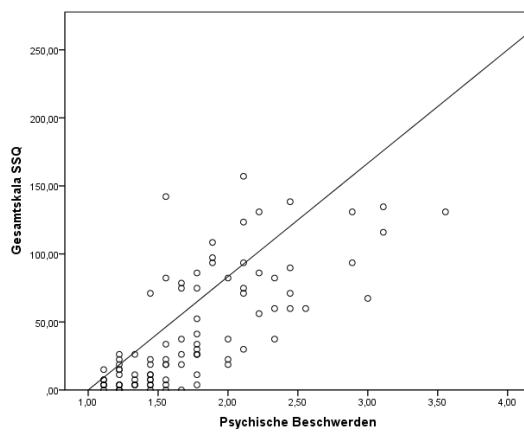


Abb. A9 – A12: Bedingter Erwartungswert des Fehlers und Prüfung Homoskedastizität

Abb. A9: Übelkeit

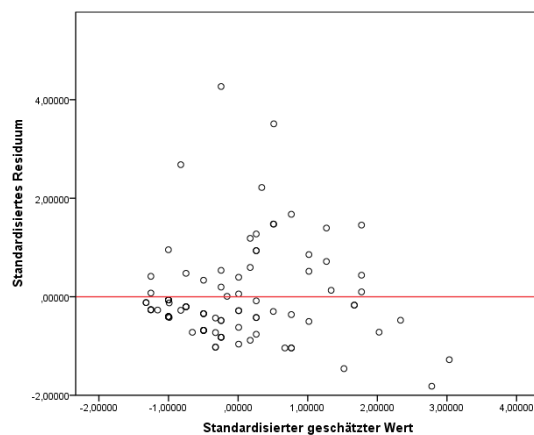


Abb. A10: Okulomotorik

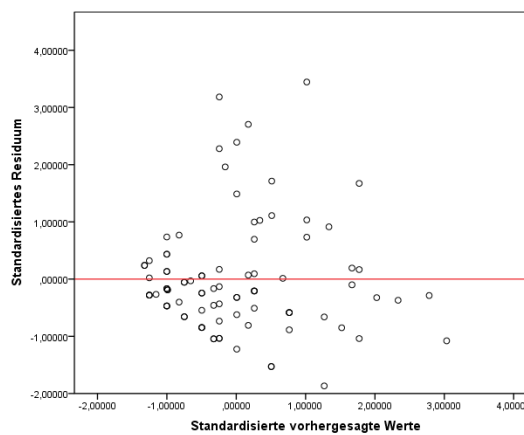


Abb. A11: Desorientierung

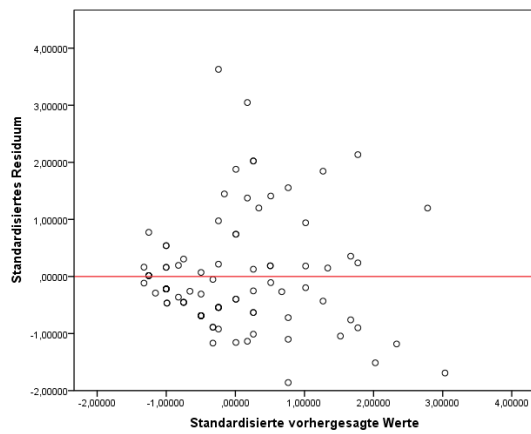


Abb. A12: Gesamtskala SSQ

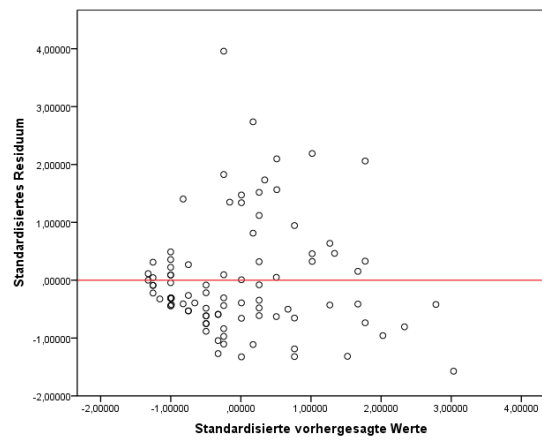


Abb. A13 – A16: Normalverteilung Fehlerwerte

Abb. A13

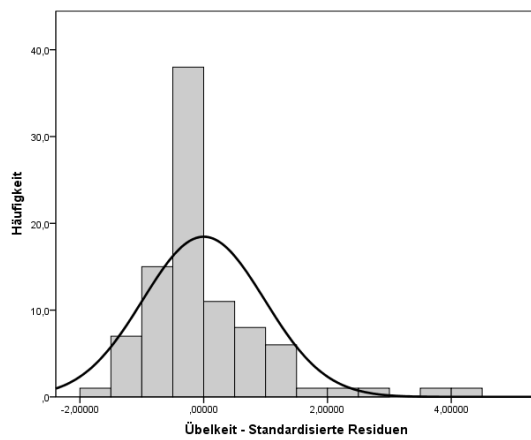


Abb. A14

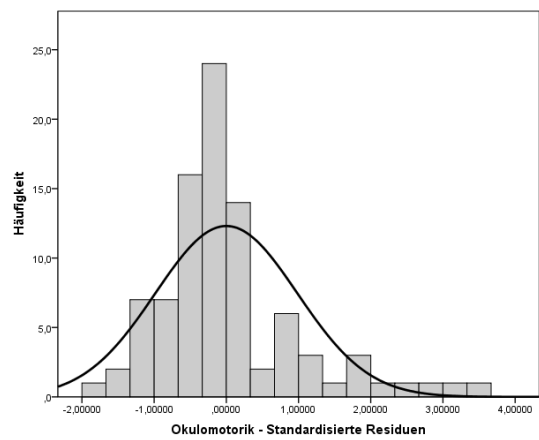


Abb. A15

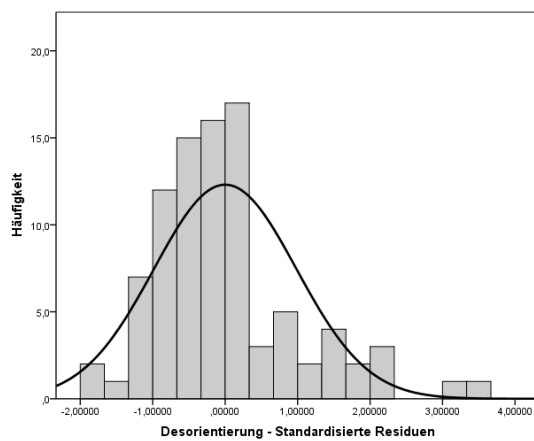
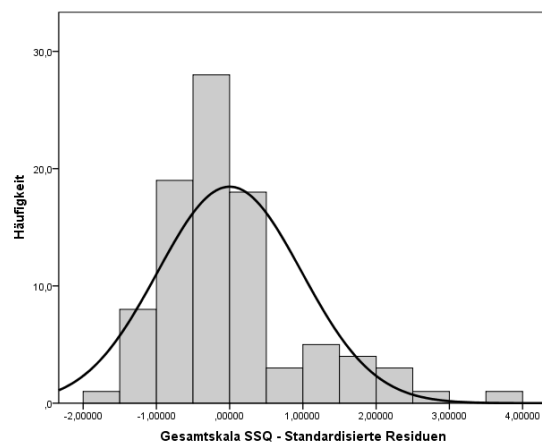


Abb. A16



b) Männliche Teilstichprobe

An dieser Stelle werden lediglich die Voraussetzungen aufgeführt, deren Werte sich von denen der Gesamtstichprobe unterscheiden. Nicht erneut angebracht werden die Skalenniveaus von Prädiktor- und Kriteriumsvariable sowie die Gauss-Markov-Annahmen 1 und 2.

Voraussetzung	Prüfergebnis
Linearität des Zusammenhangs zwischen Kriterium und Prädiktoren	Keine Linearität des Zusammenhangs zwischen den Prädiktorvariablen und den Kriteriumsvariablen. Siehe Abb. A17 – A24.
Gauss-Markov-Annahme 3: Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist Null.	Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist nicht exakt Null, es gibt Abweichungen. Zur Betrachtung der Analyse siehe Abb. A25-A28.
Gauss-Markov-Annahme 4: Ausprägungen der Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.	$Min_{\text{Übelkeit}} = 0.00$, $Max_{\text{Übelkeit}} = 143.10$ $Min_{\text{Okulomotorik}} = 0.00$, $Max_{\text{Okulomotorik}} = 136.44$ $Min_{\text{Desorientierung}} = 0.00$, $Max_{\text{Desorientierung}} = 180.96$ $Min_{\text{Gesamtskala_SSQ}} = 0.00$, $Max_{\text{Gesamtskala_SSQ}} = 142.12$ Zudem sind die Streudiagramme in Abb. A17 – A24 zu beachten. Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.
Gauss-Markov-Annahme 5: Für jeden Wert der Kriteriumsvariablen hat der Fehlerwert dieselbe Varianz (Homoskedastizität).	Homoskedastizität: Trompetenform erkennbar. Siehe Abb. A25-A28.
Unabhängigkeit des Fehlerwerts	Überprüfung mittels Durbin-Watson-Test Übelkeit = 1.78 Okulomotorik = 2.65 Desorientierung = 2.31 Gesamtskala SSQ = 1.06 Werte zwischen 1.5 und 2.5 sind akzeptabel → unabhängige Fehlerwerte für Übelkeit und Desorientierung
Normalverteilung des Fehlerwerts	Die Fehlerwerte der Skalen sind annähernd normalverteilt, allerdings leicht rechtssteil und linksschief. Zur visuellen Prüfung siehe Abb. A29-A32.
Keine Multikollinearität	Für eingeschlossene Variable (psychische Beschwerden): - Toleranz = 1.00; VIF = 1.00. Keine Multikollinearität.

Für ausgeschlossene Variablen (physische
Beschwerden):
- Toleranz = .59; VIF = 1.71. Keine
Multikollinearität.

Abb. A17 – Abb. 24: Streudiagramme

Abb. A17

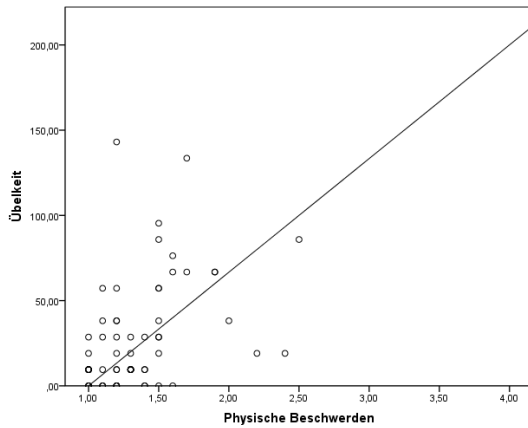


Abb. A18

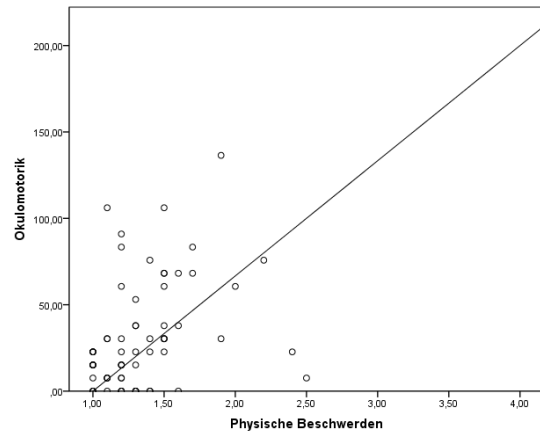


Abb. A19

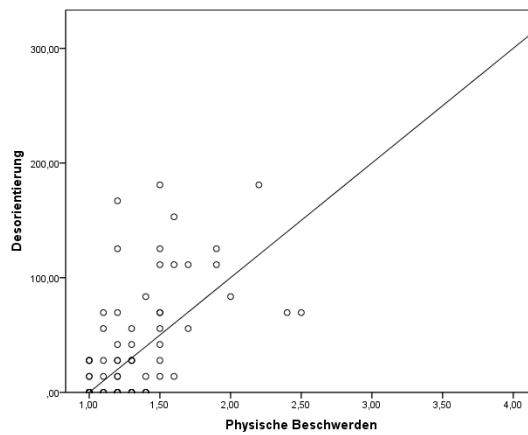


Abb. A20

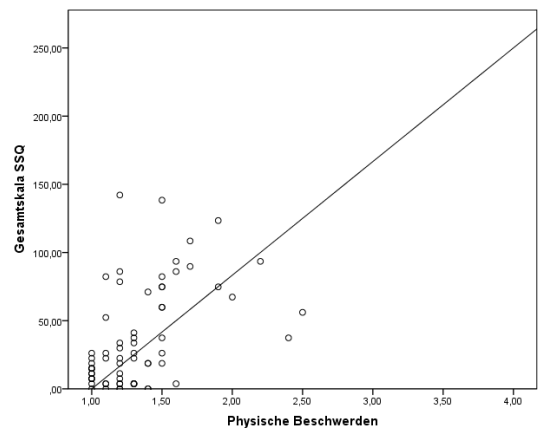


Abb. A21

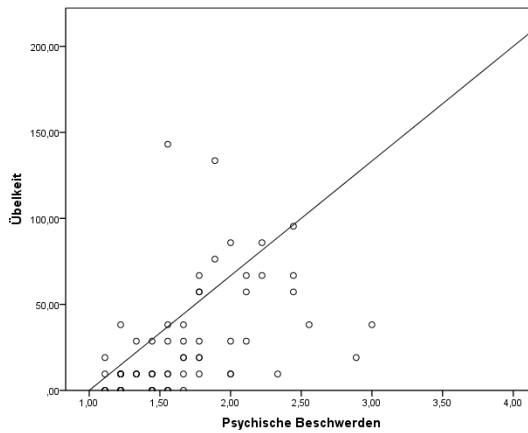


Abb. A22

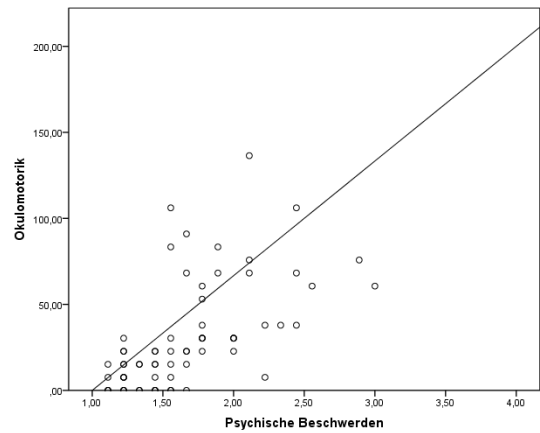


Abb. A23

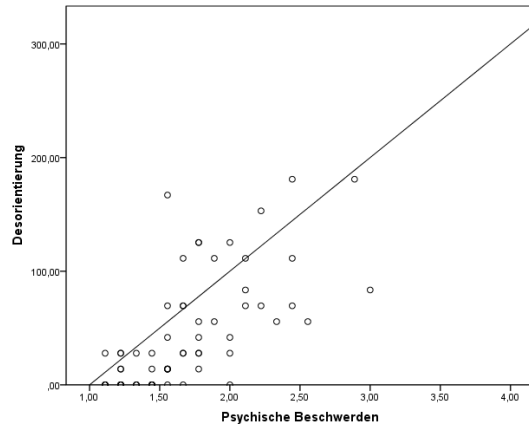


Abb. A24

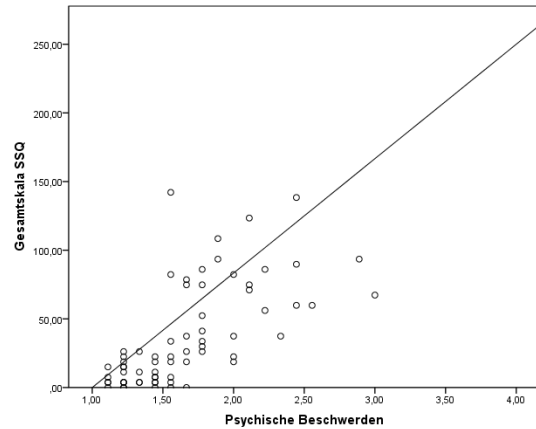


Abb. A25 – A27: Bedingter Erwartungswert des Fehlers und Prüfung Homoskedastizität

Abb. A 25: Übelkeit

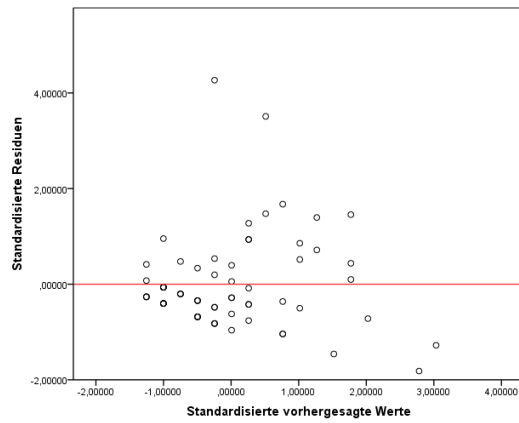


Abb. A26: Okulomotorik

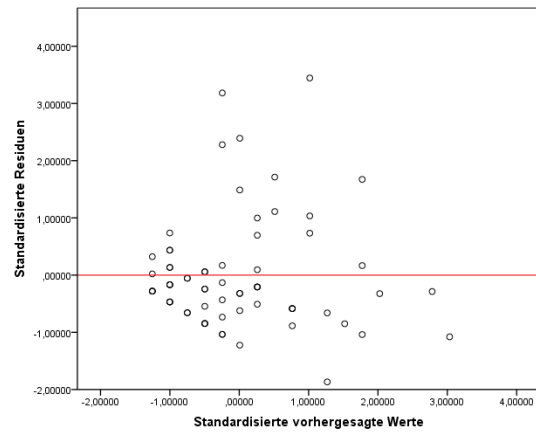


Abb. A27: Desorientierung

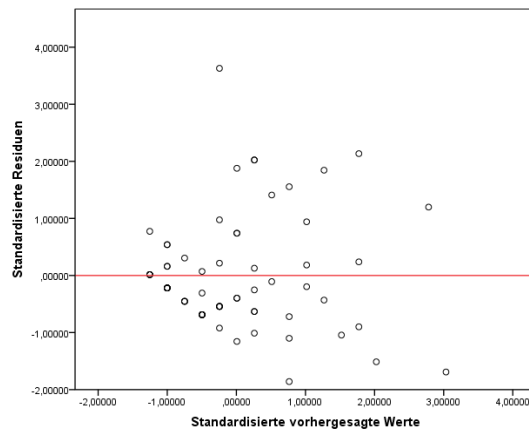


Abb. A28: Gesamtskala SSQ

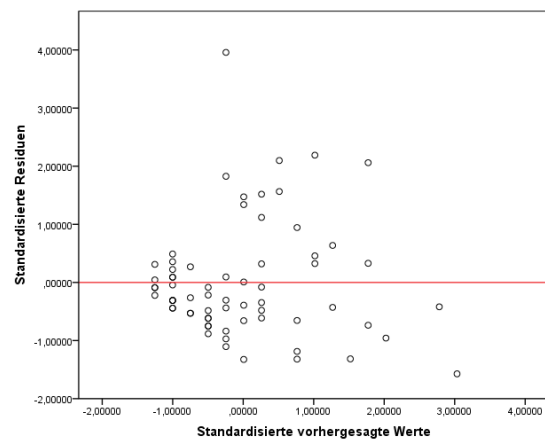


Abb. A29 – A32: Normalverteilung Fehlerwerte

Abb. A29: Übelkeit

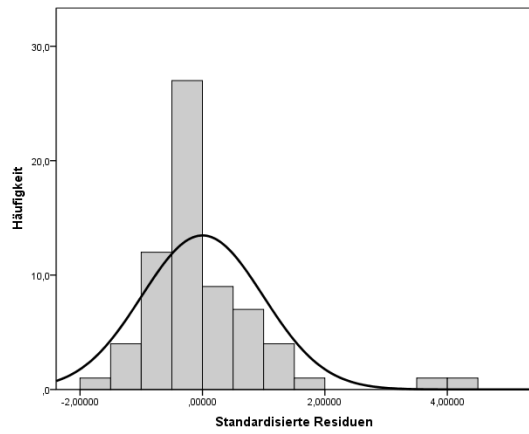


Abb. A30: Okulomotorik

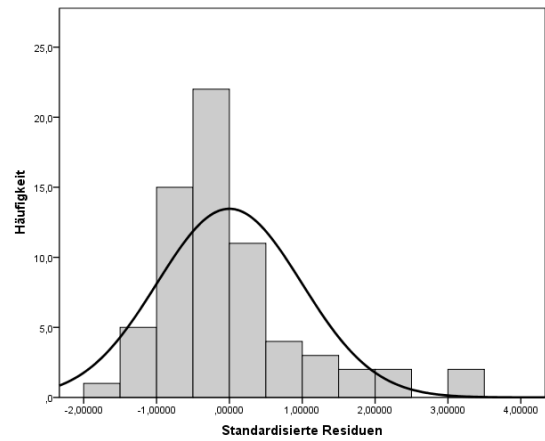


Abb. A31: Desorientierung

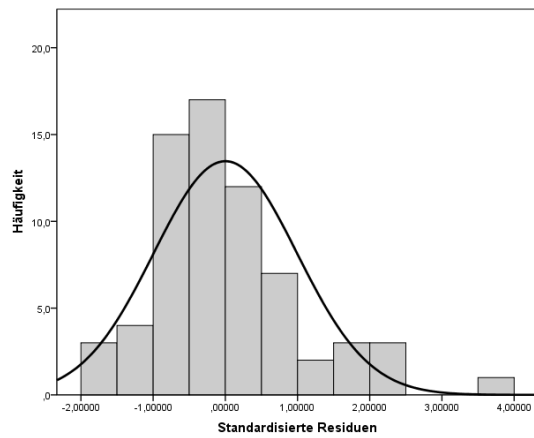
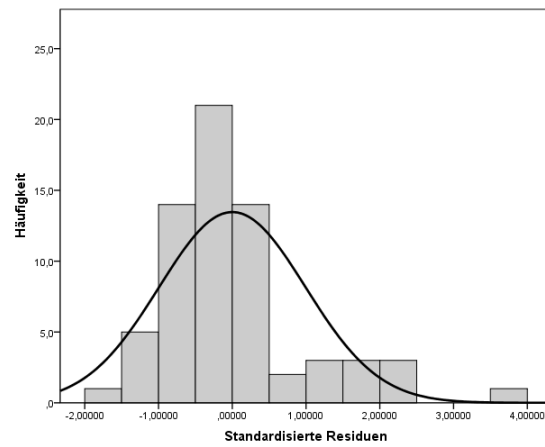


Abb. A32: Gesamtskala SSQ



c) Weibliche Teilstichprobe

An dieser Stelle werden lediglich die Voraussetzungen aufgeführt, deren Werte sich von denen der Gesamtstichprobe unterscheiden. Nicht erneut angebracht werden die Skalenniveaus von Prädiktor- und Kriteriumsvariable sowie die Gauss-Markov-Annahmen 1 und 2.

Voraussetzung	Prüfergebnis
Linearität des Zusammenhangs zwischen Kriterium und Prädiktoren	Keine Linearität des Zusammenhangs zwischen den Prädiktorvariablen und den Kriteriumsvariablen. Siehe Abb. A33 – A40.
Gauss-Markov-Annahme 3: Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist Null.	Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist nicht exakt Null, es gibt Abweichungen. Zur Betrachtung der Analyse siehe Abb. A41 – A44.
Gauss-Markov-Annahme 4: Ausprägungen der Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.	$Min_{\text{Übelkeit}} = 0.00$, $Max_{\text{Übelkeit}} = 124.02$ $Min_{\text{Okulomotorik}} = 0.00$, $Max_{\text{Okulomotorik}} = 121.28$ $Min_{\text{Desorientierung}} = 0.00$, $Max_{\text{Desorientierung}} = 236.64$ $Min_{\text{Gesamtskala_SSQ}} = 0.00$, $Max_{\text{Gesamtskala_SSQ}} = 157.08$ Zudem sind die Streudiagramme in Abb. A33 – A40 zu beachten. Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.
Gauss-Markov-Annahme 5: Für jeden Wert der Kriteriumsvariablen hat der Fehlerwert dieselbe Varianz (Homoskedastizität).	Homoskedastizität konnte nicht nachgewiesen werden. Siehe Abb. A41 – A44.
Unabhängigkeit des Fehlerwerts	Überprüfung mittels Durbin-Watson-Test Übelkeit = 1.40 Okulomotorik = 1.30 Desorientierung = 1.06 Gesamtskala SSQ = 0.98 Werte zwischen 1.5 und 2.5 sind akzeptabel → unabhängige Fehlerwerte für keine der Skalen
Normalverteilung des Fehlerwerts	Die Fehlerwerte der Skalen sind annähernd normalverteilt, aber leicht rechtssteil und linksschief. Zur visuellen Prüfung siehe Abb. A45-A48.
Keine Multikollinearität	Für eingeschlossene Variable (psychische Beschwerden): - Toleranz = 1.00; VIF = 1.00. Keine Multikollinearität. Für ausgeschlossene Variablen (physische Beschwerden):

- Toleranz = .49; VIF = 2.05. Keine
Multikollinearität.

Abb. A33 – Abb. A40: Streudiagramme

Abb. A33

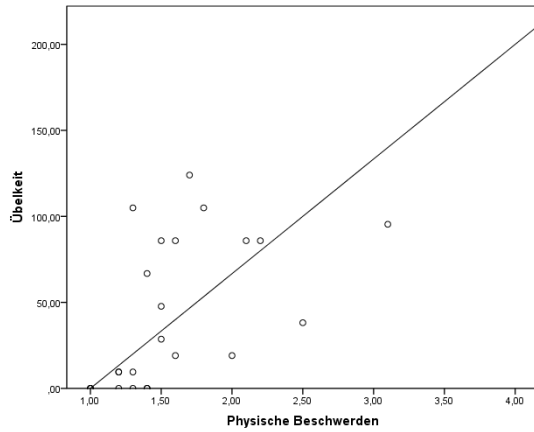


Abb. A34

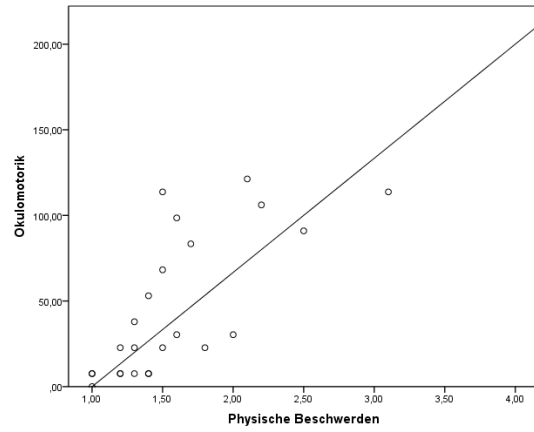


Abb. A35

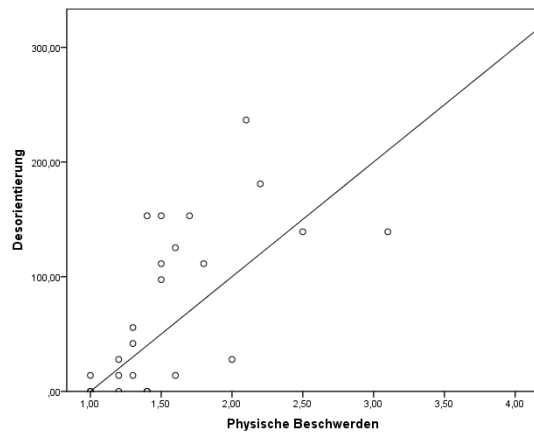


Abb. A36

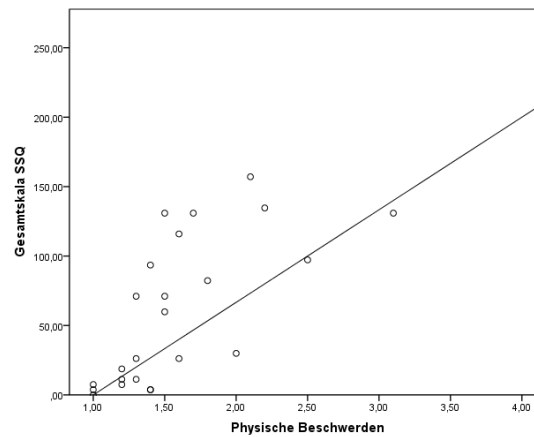


Abb. A37

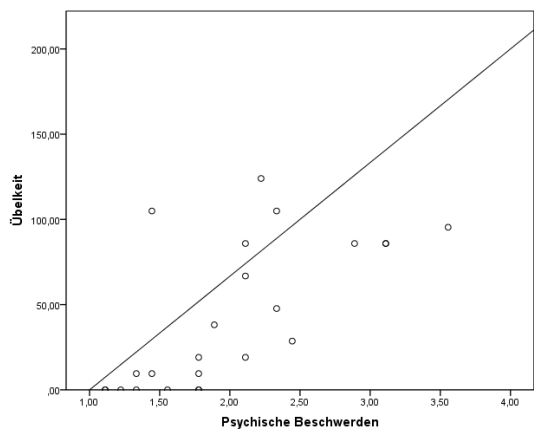


Abb. A38

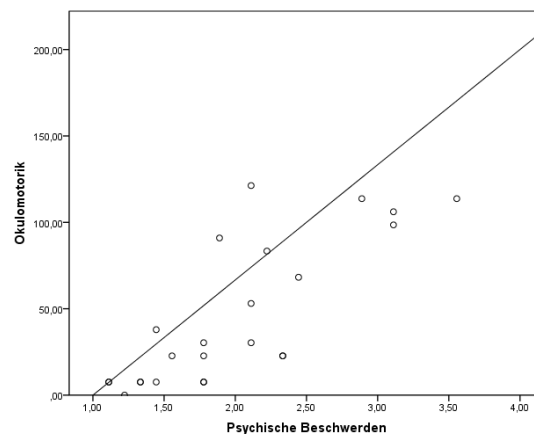


Abb. A39

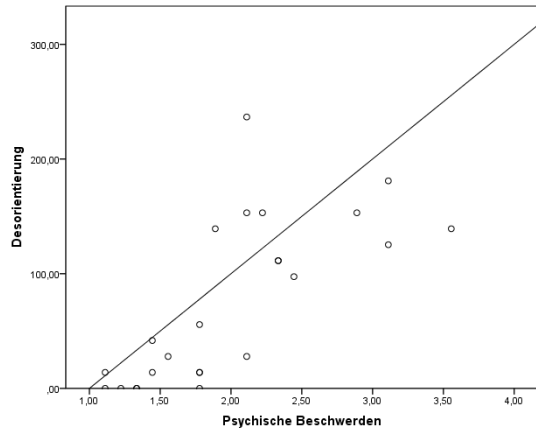


Abb. A40

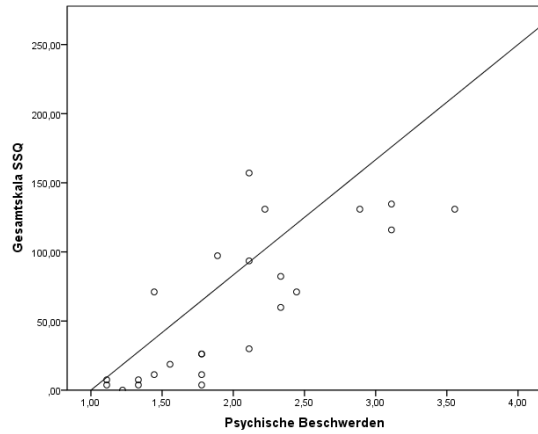


Abb. A41 – A44: Bedingter Erwartungswert des Fehlers und Prüfung Homoskedastizität

Abb. A41: Übelkeit

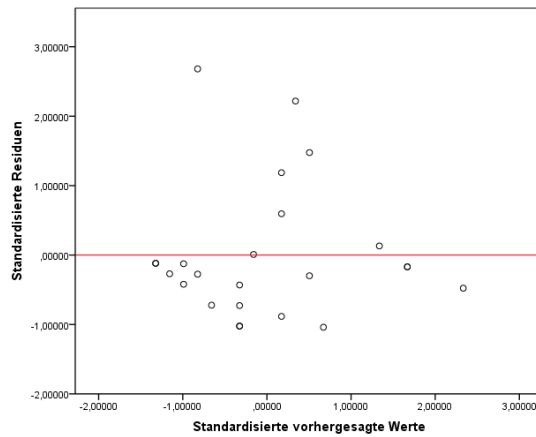


Abb. A42: Okulomotorik

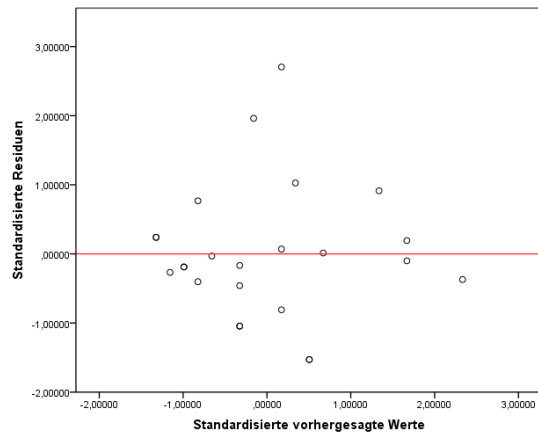


Abb. A43: Desorientierung

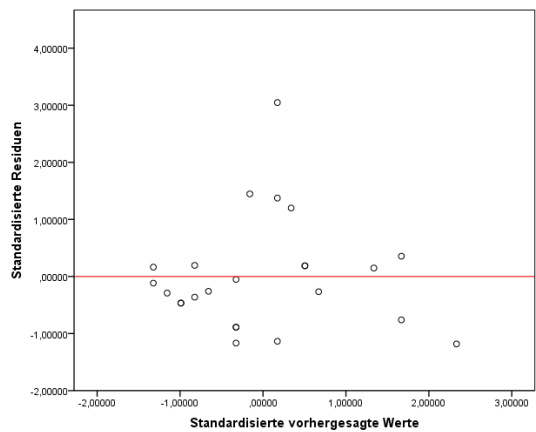


Abb. A44: Gesamtskala SSQ

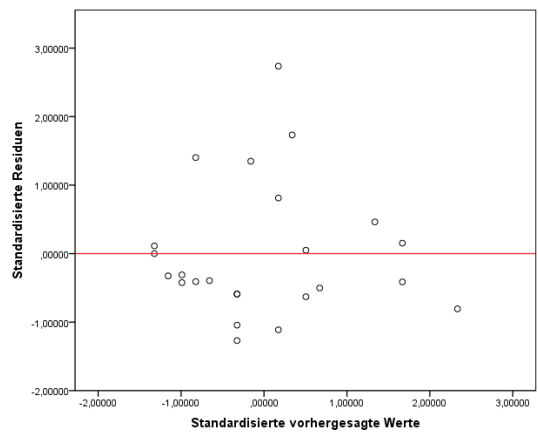


Abb. A45 – A48: Normalverteilung Fehlerwerte

Abb. A45: Übelkeit

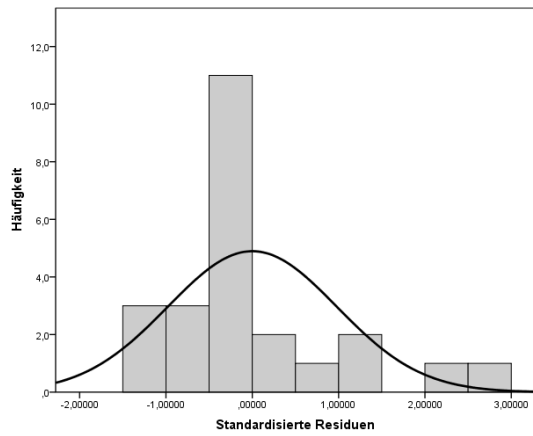


Abb. A46: Okulomotorik

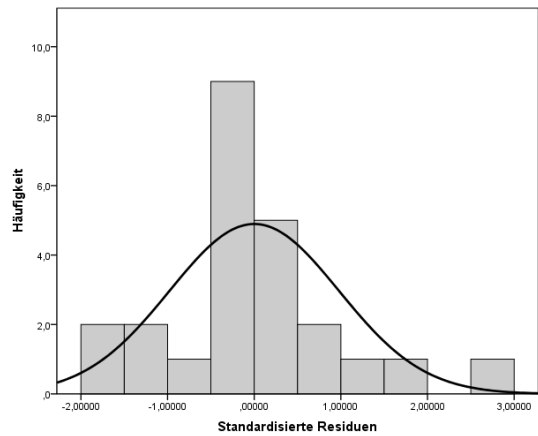


Abb. A47: Desorientierung

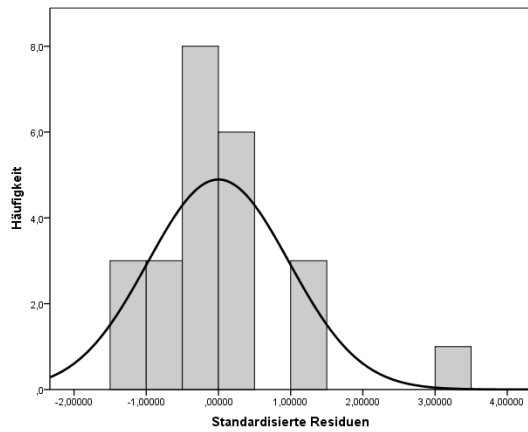
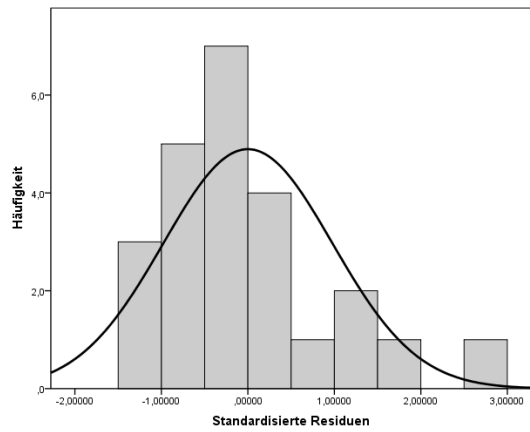


Abb. A48: Gesamtskala SSQ



Anhang 6: Studieninformation und Einverständniserklärung (Studie 2)

Liebe_r Untersuchungsteilnehmer_in,

1 Ziel & Inhalte des Forschungsprojektes

Mit Ihrer Hilfe möchte ich Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten erforschen. Konkret geht es darum, herauszufinden, wie Autofahrer Information verarbeiten. Die Teilnehmer des Experiments werden dabei eine Fahrsimulation aufgabe absolvieren. Während der Fahrsimulation werden Daten über Ihre Reaktionsfähigkeit in Form eines Logs erhoben. Diesbezüglich gibt es weder falsche noch richtige, d.h. weder gute noch schlechte Ergebnisse. Sollten Sie weiterhin Fragen zum Experiment oder den Bedingungen haben, so können Sie diese jederzeit stellen.

2 Freiwillige Teilnahme und Anonymität

Die Teilnahme an diesem Experiment ist freiwillig. Sie können jederzeit und ohne sich rechtfertigen zu müssen mit dem Experiment aufhören, ohne dass dadurch irgendwelche Nachteile für Sie entstehen. Selbiges gilt für das Ausfüllen der Fragebögen. Ihre Daten werden vollständig vertraulich behandelt, sodass jederzeit Ihre Anonymität gewahrt bleibt.

Anhang 7: Demographischer Fragebogen (Studie 2)

Der folgende Fragebogen enthält zunächst einige allgemeine Fragen an Sie. Um die Speicherung, Verarbeitung und Verfolgung von Daten zu vereinfachen, bitte ich jeden Teilnehmer, einen Teilnehmercode zu erstellen. Sämtliche Daten werden selbstverständlich vertraulich behandelt, sodass die Anonymität aller Teilnehmer gewährleistet ist. Falls Sie noch weitere Fragen haben, können Sie diese jederzeit stellen.

Bitte tragen Sie hier Ihren Teilnehmercode in folgender Form ein:

Geburtsjahr (JJJJ) + Anfangsbuchstabe Nachname + Anfangsbuchstabe Vorname + Geburtstag und Monat (TTMM)

Ein Beispiel: Der Teilnehmercode des Teilnehmers Hans Mustermann, geboren am 2. Januar 1990, lautet: 1990MH0201.

1. Wie alt sind Sie?

_____ Jahre

2. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:

Männlich

Weiblich

Anderes, und zwar: _____

3. Was ist Ihr höchster Bildungsabschluss?

Hauptschulabschluss

Realschulabschluss (Mittlere Reife)

Fachhochschulreife (Abschluss einer Fachoberschule)

Abitur, allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife

Hochschulabschluss (Bachelor, Master oder Diplom durch Universität, FH)

Promotion

Bisher kein Abschluss

Anderer Abschluss, und zwar: _____

Dies war der erste Teil der Untersuchung. Wir können nun mit der Fahrsimulationsaufgabe beginnen!

Anhang 8: *Ablaufplan Studie 2*

Schritt	Vorgehen	Dauer
1	Begrüßung der Versuchspersonen „Willkommen zu einer Fahrsimulationsstudie. Diese Untersuchung besteht aus drei Teilen: Zuerst werden Sie gebeten, einige demographische Fragen zu beantworten. Anschließend werden Sie in der Fahrsimulation fahren und zuletzt werden Sie einige Fragen zu Ihrer Simulationserfahrung beantworten. Um Anonymität zu gewährleisten, wird jede Versuchsperson einen eigenen Versuchspersonencode generieren.“	2 min
2	Studieninformation und Einverständniserklärung „Hier finden Sie alle Informationen zur Untersuchung. Bitte lesen Sie diese sorgfältig und unterschreiben Sie die Einverständniserklärung, wenn Sie an dem Experiment teilnehmen möchten.“	5 min
3	Demographischer Fragebogen „Zuerst möchten wir etwas über Sie erfahren. Bitte beantworten Sie diesen Fragebogen.“	2 min
4	Fahrsimulationsaufgabe inklusive Erklärung dieser Aufgabe „Der Fahrsimulator funktioniert im Prinzip wie ein normales Auto. Der Sitz ist mit einem Drehknopf an der hinteren rechten Ecke verstellbar. Das Lenkrad enthält einige zusätzliche Bedienelemente. Für dieses Experiment ist nur der gelbe Knopf an der rechten Seite des Lenkrads relevant. Die Pedale entsprechen der Anordnung in einem normalen Fahrzeug (linkes Pedal Kupplung, mittleres Pedal Bremse, rechtes Pedal Gas). Sie werden auf einer Landstraße fahren und Ihre Aufgabe besteht darin, den gelben Knopf an der rechten Seite des Lenkrads zu drücken, wenn Sie das folgende Verkehrszeichen sehen: [Bild von Zielreiz in der Aufgabenbeschreibung]. Bitte drücken Sie den Knopf sobald das Schild erscheint, aber unbedingt bevor Sie daran vorbeifahren. Falls Sie die folgenden Schilder sehen, sollen Sie keinen Knopf drücken, sondern einfach weiterfahren: [Bilder der Distraktorreize in der Aufgabenbeschreibung]. Bitte bleiben Sie wie im echten Straßenverkehr auf der rechten Seite der Fahrbahn. Sie dürfen die Geschwindigkeit die Sie fahren möchten frei wählen. Wir können jetzt mit dem Experiment beginnen. Es wird insgesamt ca. 6 Minuten dauern. Zunächst haben Sie Zeit, sich an den Simulator und dessen Steuerung zu gewöhnen. Die erste Minute des Experiments fließt nicht in die Auswertung ein, sondern dient dazu, dass Sie sich mit der Aufgabe vertraut	6 min

machen können. Sollten Sie noch weitere Fragen zur Aufgabe, dem Fahrsimulator oder dem Experiment haben, können Sie diese jetzt stellen. Viel Spaß!“

5 Simulator Sickness Questionnaire 3 min

„Ich werde Ihnen jetzt einen kurzen Fragebogen geben, der Ihre Erfahrung mit der Simulation erfassen soll.“

6 Verabschiedung 1 min

„Vielen Dank für Ihre Teilnahme an unserer Studie. Hier haben Sie dafür ein kleines Geschenk. Ich hoffe, Sie hatten Spaß und nehmen wieder an einem Experiment teil.“

Anhang 9: Voraussetzungsprüfung der linearen Regressionsanalyse (Studie 2)

a) Gesamtstichprobe

Voraussetzung	Prüfergebnis
Kriteriumsvariable ist intervallskaliert	Physische sowie psychische Beschwerden wurden auf einer vierstufigen Likertskala mit gleichen Abständen gemessen. Intervallskalenniveau kann angenommen werden.
Prädiktorvariable ist intervallskaliert oder als Dummyvariable codiert	Visuelle Aufmerksamkeitsleistung wurde mit einer kontinuierlichen Skala mit gleichen Abständen gemessen. Intervallskalenniveau kann angenommen werden.
Linearität des Zusammenhangs zwischen Kriterium und Prädiktoren	Keine Linearität des Zusammenhangs zwischen den Prädiktorvariablen und den Kriteriumsvariablen. Siehe Abb. A49 – A51.
Gauss-Markov-Annahme 1: Regressionskoeffizienten sind linear.	Postulierte lineare Modelle: $Okulomotorik = \beta_0 + \beta_1 * \text{Visuelle Aufmerksamkeitsleistung}$ $Desorientierung = \beta_0 + \beta_1 * \text{Visuelle Aufmerksamkeitsleistung}$ $Gesamtskala_{SSQ} = \beta_0 + \beta_1 * \text{Visuelle Aufmerksamkeitsleistung}$
Gauss-Markov-Annahme 2: Zufallsstichprobe	Keine Zufallsstichprobe, sondern Selbstselektionsstichprobe.
Gauss-Markov-Annahme 3: Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist Null.	Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist nicht exakt Null, es gibt Abweichungen. Zur Betrachtung der Analyse siehe Abb. A52-A54.
Gauss-Markov-Annahme 4: Ausprägungen der Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.	$Min_{Okulomotorik} = 0.00, Max_{Okulomotorik} = 98.54$ $Min_{Desorientierung} = 0.00, Max_{Desorientierung} = 111.36$ $Min_{Gesamtskala_{SSQ}} = 0.00, Max_{Gesamtskala_{SSQ}} = 93.50$ Zudem sind die Streudiagramme in Abb. A49 – A51 zu beachten. Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.
Gauss-Markov-Annahme 5: Für jeden Wert der Kriteriumsvariablen hat der Fehlerwert dieselbe Varianz (Homoskedastizität).	Homoskedastizität nicht erkennbar. Siehe Abb. A 52-A54.

Unabhängigkeit des Fehlerwerts

Überprüfung mittels Durbin-Watson-Test

Okulomotorik = 2.26

Desorientierung = 2.00

Gesamtskala SSQ = 2.01

Werte zwischen 1.5 und 2.5 sind akzeptabel → unabhängige Fehlerwerte für Okulomotorik, Desorientierung und der Gesamtskala

Normalverteilung des Fehlerwerts

Die Fehlerwerte der Skalen sind rechtssteil und linksschief. Zur visuellen Prüfung siehe Abb. A55-A57.

Abb. A49 – Abb. A51: Streudiagramme

Abb. A49

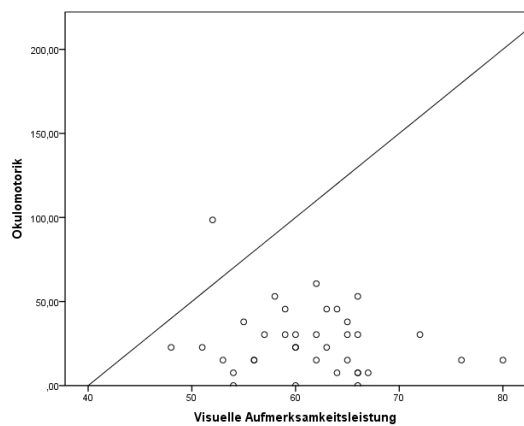


Abb. A50

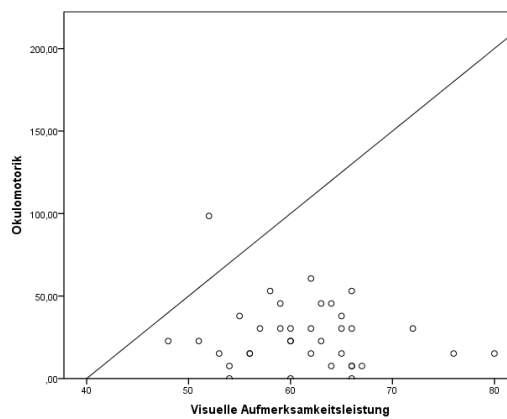


Abb. A51

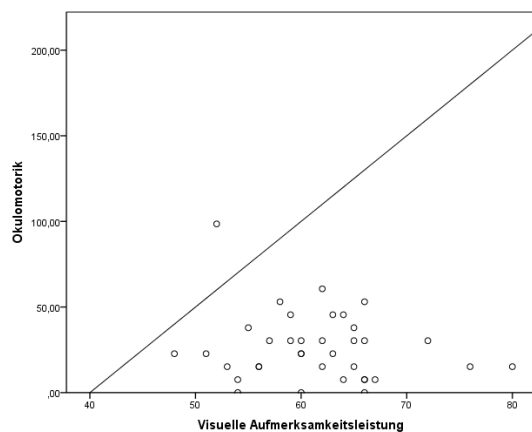


Abb. A52 – A54: Bedingter Erwartungswert des Fehlers und Prüfung Homoskedastizität

Abb. A52: Okulomotorik

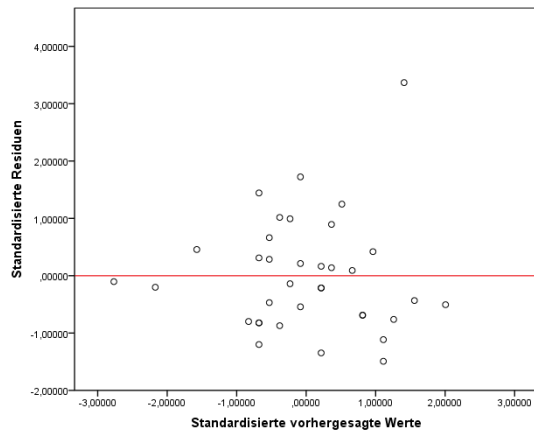


Abb. A53: Desorientierung

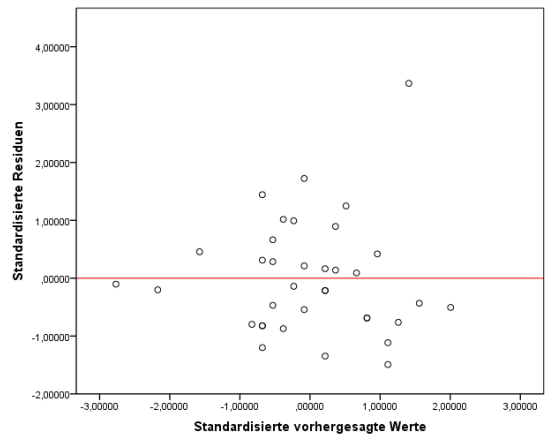


Abb. A54: Gesamtskala SSQ

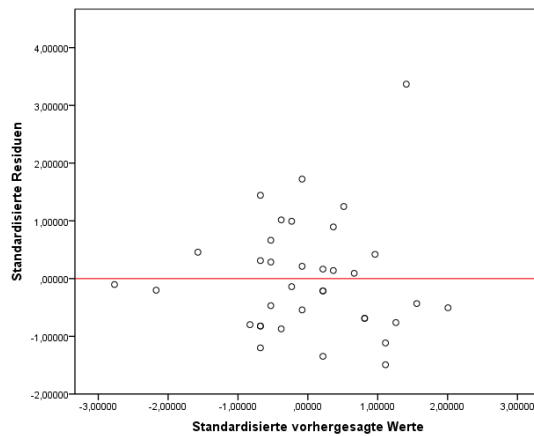


Abb. A55 – A57: Normalverteilung Fehlerwerte

Abb. A55: Okulomotorik

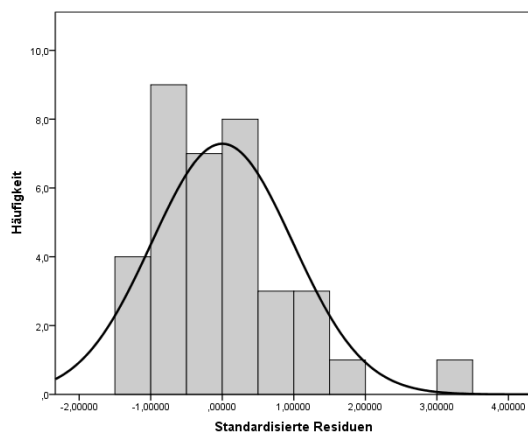


Abb. A56: Desorientierung

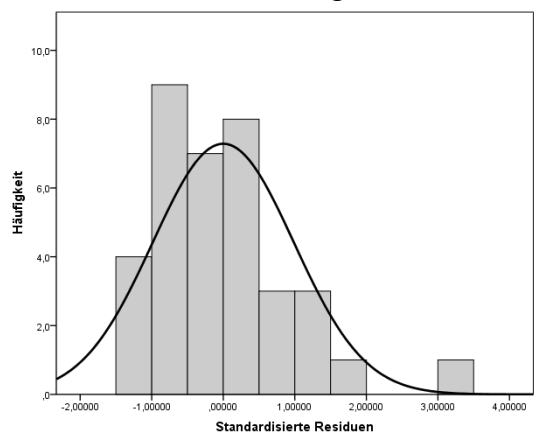
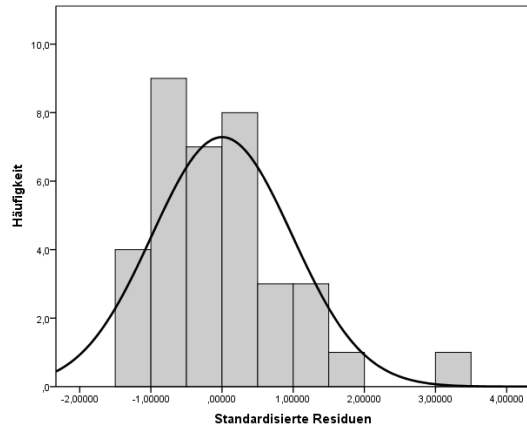


Abb. A57: Gesamtskala SSQ



b) Männliche Teilstichprobe

An dieser Stelle werden lediglich die Voraussetzungen aufgeführt, deren Werte sich von denen der Gesamtstichprobe unterscheiden. Nicht erneut angebracht werden die Skalenniveaus von Prädiktor- und Kriteriumsvariable sowie die Gauss-Markov-Annahmen 1 und 2.

Voraussetzung	Prüfergebnis
Linearität des Zusammenhangs zwischen Kriterium und Prädiktoren	Keine Linearität des Zusammenhangs zwischen den Prädiktorvariablen und den Kriteriumsvariablen. Siehe Abb. A57 – A59.
Gauss-Markov-Annahme 3: Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist Null.	Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist nicht exakt Null, es gibt Abweichungen. Zur Betrachtung der Analyse siehe Abb. A60-A62.
Gauss-Markov-Annahme 4: Ausprägungen der Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.	$Min_{Okulomotorik} = 0.00$, $Max_{Okulomotorik} = 60.64$ $Min_{Desorientierung} = 0.00$, $Max_{Desorientierung} = 83.52$ $Min_{Gesamtskala_SSQ} = 0.00$, $Max_{Gesamtskala_SSQ} = 48.62$ Zudem sind die Streudiagramme in Abb. A57 – A59 zu beachten. Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.
Gauss-Markov-Annahme 5: Für jeden Wert der Kriteriumsvariablen hat der Fehlerwert dieselbe Varianz (Homoskedastizität).	Homoskedastizität nicht erkennbar. Siehe Abb. A60-A62.
Unabhängigkeit des Fehlerwerts	Überprüfung mittels Durbin-Watson-Test Okulomotorik = 2.51 Desorientierung = 2.48 Gesamtskala SSQ = 2.62 Werte zwischen 1.5 und 2.5 sind akzeptabel → unabhängige Fehlerwerte für Okulomotorik und Desorientierung
Normalverteilung des Fehlerwerts	Die Fehlerwerte der Skalen sind annähernd normalverteilt, allerdings leicht rechtssteil und linksschief. Zur visuellen Prüfung siehe Abb. A63-A65.

Abb. A57 – Abb. A59: Streudiagramme
Abb. A57

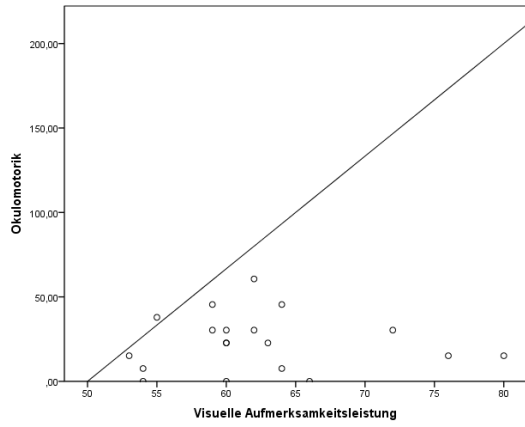


Abb. A58

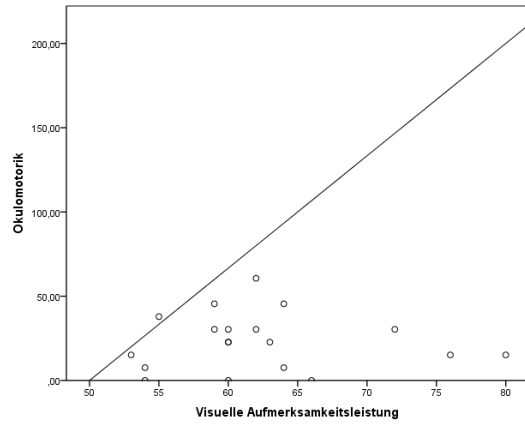


Abb. A59

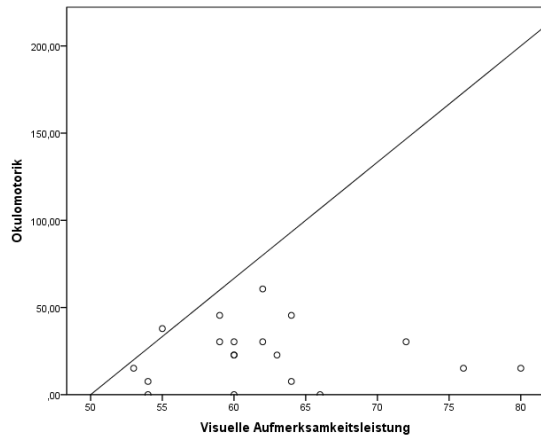


Abb. A60 – A62: Bedingter Erwartungswert des Fehlers und Prüfung Homoskedastizität

Abb. A60: Okulomotorik

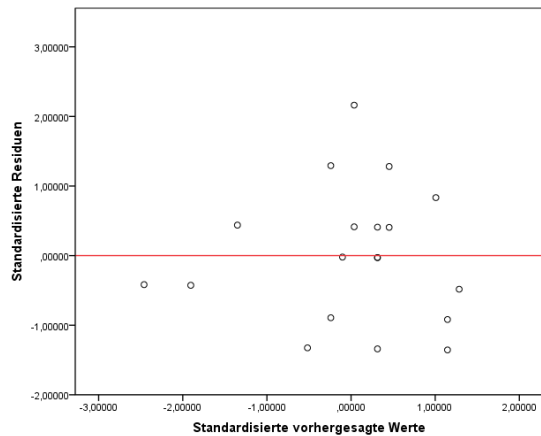


Abb. A61: Desorientierung

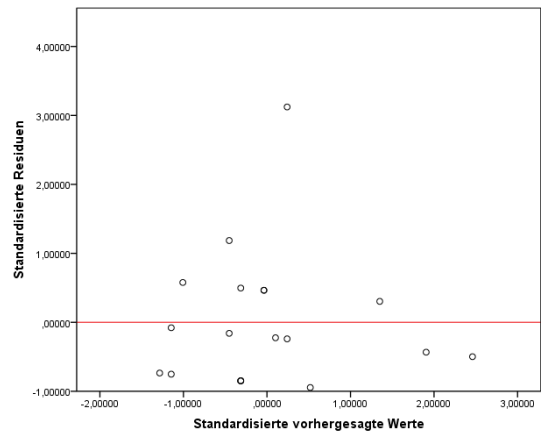


Abb. A62: Gesamtskala SSQ

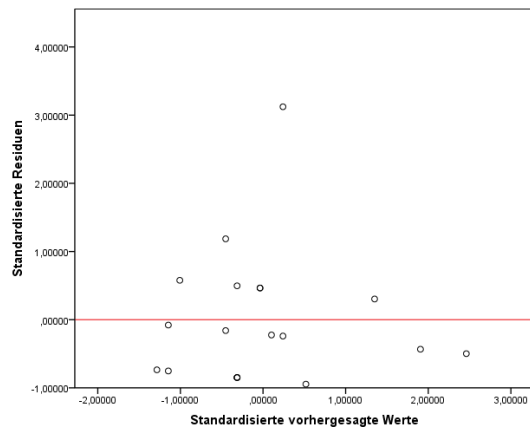


Abb. A63 – A65: Normalverteilung Fehlerwerte

Abb. A63: Okulomotorik

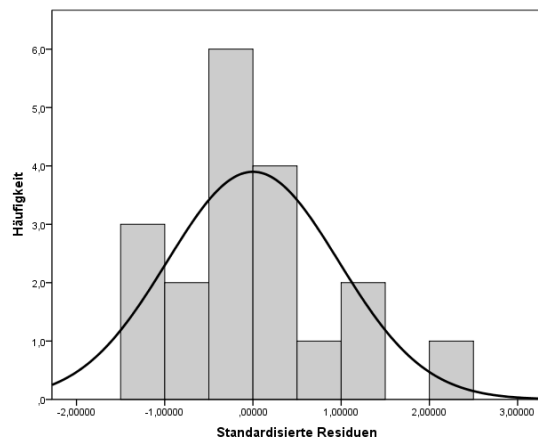


Abb. A64: Desorientierung

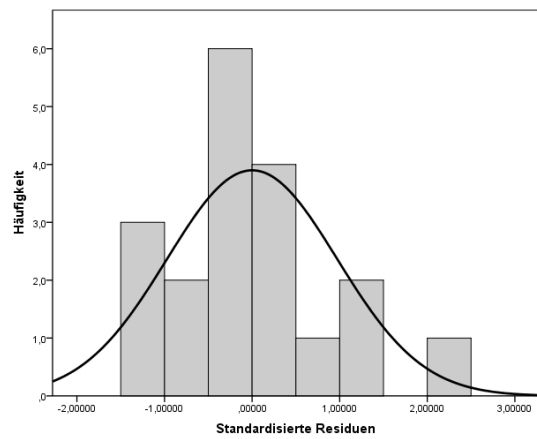
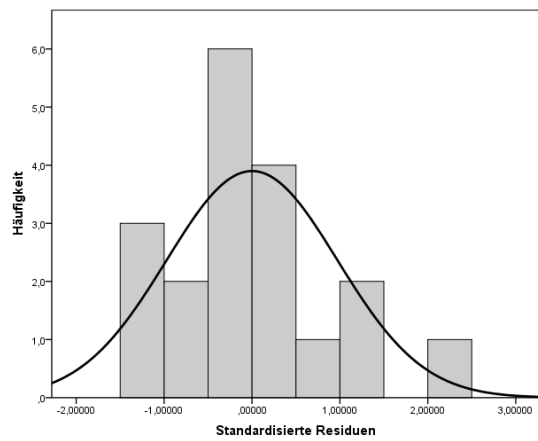


Abb. A65: Gesamtskala SSQ



c) Weibliche Teilstichprobe

An dieser Stelle werden lediglich die Voraussetzungen aufgeführt, deren Werte sich von denen der Gesamtstichprobe unterscheiden. Nicht erneut angebracht werden die Skalenniveaus von Prädiktor- und Kriteriumsvariable sowie die Gauss-Markov-Annahmen 1 und 2.

Voraussetzung	Prüfergebnis
Linearität des Zusammenhangs zwischen Kriterium und Prädiktoren	Keine Linearität des Zusammenhangs zwischen den Prädiktorvariablen und den Kriteriumsvariablen. Siehe Abb. A66 – A68.
Gauss-Markov-Annahme 3: Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist Null.	Der bedingte Erwartungswert der Fehler ist nicht exakt Null, es gibt Abweichungen. Zur Betrachtung der Analyse siehe Abb. A69 – A71.
Gauss-Markov-Annahme 4: Ausprägungen der Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.	$Min_{Okulomotorik} = 0.00$, $Max_{Okulomotorik} = 98.54$ $Min_{Desorientierung} = 0.00$, $Max_{Desorientierung} = 111.36$ $Min_{Gesamtskala_SSQ} = 0.00$, $Max_{Gesamtskala_SSQ} = 93.50$ Zudem sind die Streudiagramme in Abb. A66 – A68 zu beachten. Kriteriumsvariablen sind nicht konstant.
Gauss-Markov-Annahme 5: Für jeden Wert der Kriteriumsvariablen hat der Fehlerwert dieselbe Varianz (Homoskedastizität).	Homoskedastizität konnte nicht nachgewiesen werden. Siehe Abb. A69 – A71.
Unabhängigkeit des Fehlerwerts	Überprüfung mittels Durbin-Watson-Test Okulomotorik = 1.95 Desorientierung = 2.00 Gesamtskala SSQ = 2.01 Werte zwischen 1.5 und 2.5 sind akzeptabel → unabhängige Fehlerwerte für die Fehlerwerte aller Skalen
Normalverteilung des Fehlerwerts	Die Fehlerwerte der Skalen sind rechtssteil und linksschief. Zur visuellen Prüfung siehe Abb. A72-A74.

Abb. A66 – Abb. A68: Streudiagramme

Abb. A66

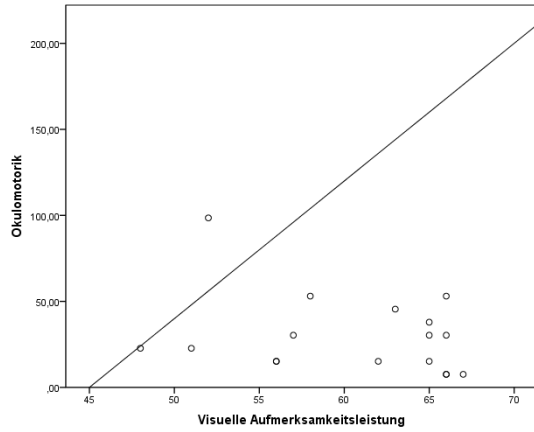


Abb. A67

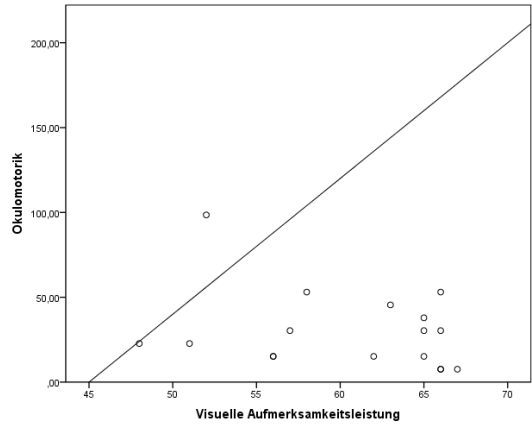


Abb. A68

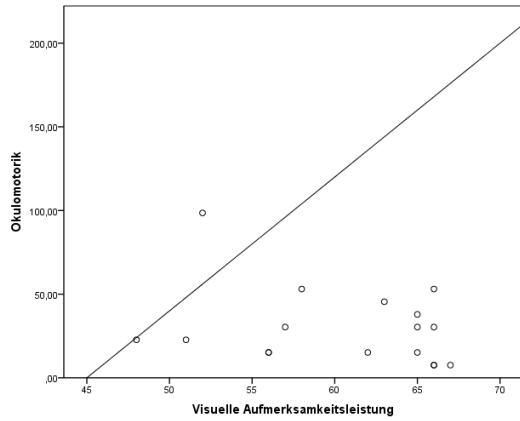


Abb. A69 – A71: Bedingter Erwartungswert des Fehlers und Prüfung Homoskedastizität

Abb. A69: Okulomotorik

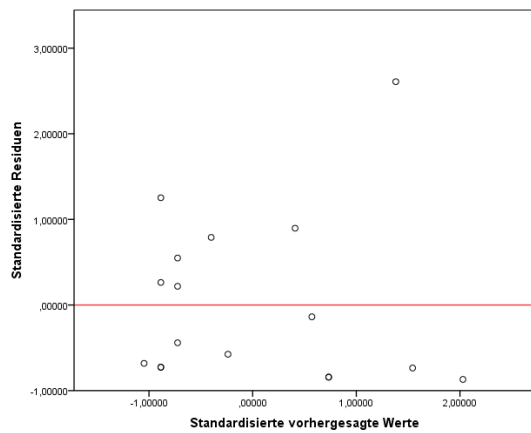


Abb. A70: Desorientierung

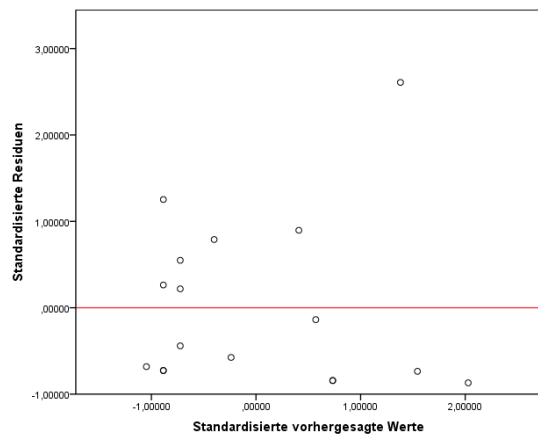


Abb. A71: Gesamtskala SSQ

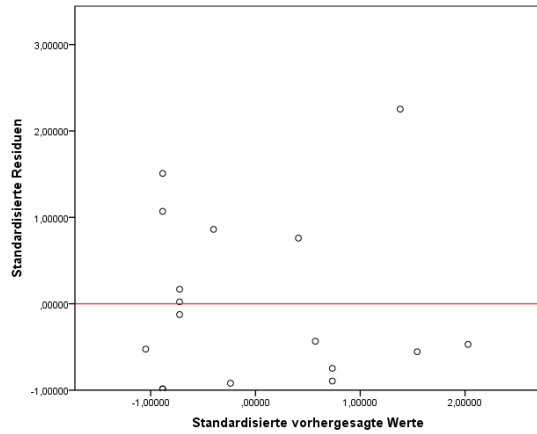


Abb. A72 – A74: Normalverteilung Fehlerwerte

Abb. A72: Übelkeit

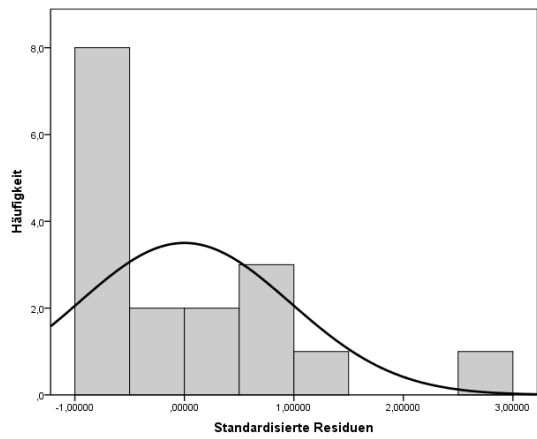


Abb. A73: Okulomotorik

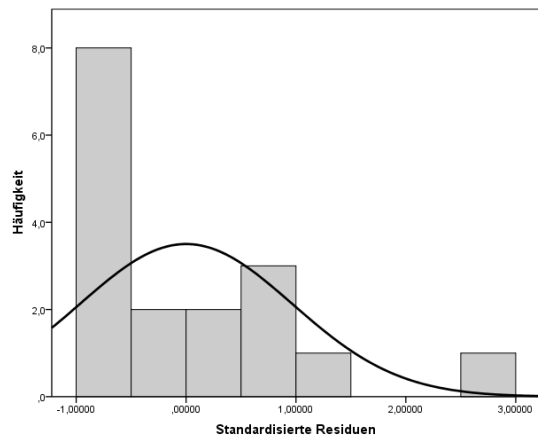
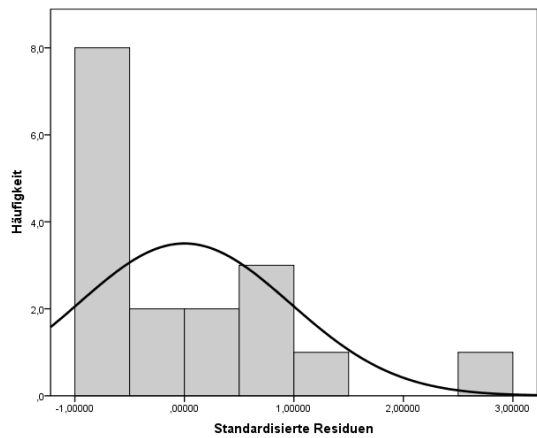


Abb. A74: Desorientierung



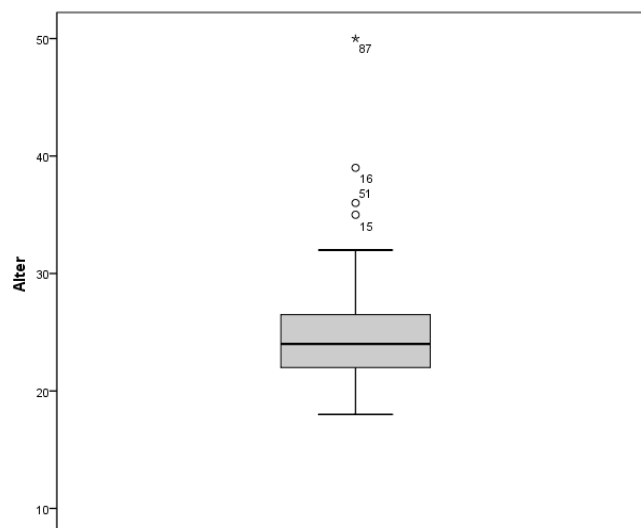
Anhang 10: Ausreißeranalyse des Alters (Studie 3)

Die Prüfung der Ausreißerwerte des Alters wurde mittels eines Boxplots durchgeführt. Die zentralen Kennwerte für die Analyse sind die Folgenden:

$$\text{Median} = 24; Q_{0,25} = 22; Q_{0,75} = 27$$

$$\text{IQA} = Q_{0,75} - Q_{0,25} = 27 - 22 = 5$$

Anhand dieser Werte erfolgte eine Identifikation von milden Ausreißern (15, 16, 51) und einem Extremwert, basierend auf der Annahme, dass milde Ausreißer in einem Bereich von $1.5 \cdot \text{IQA}$ (in dieser Verteilung wäre dies der Wert 7.5) bis $3 \cdot \text{IQA}$ (in dieser Verteilung ist dies der Wert 15) liegen (Plate, 2016). In dieser Verteilung würden milde Ausreißer zwischen 34.5 und 42.0 liegen. Basierend auf diesen Überlegungen wurde nur der Extremwert aus der Analyse exkludiert. Die folgende Graphik dient der Darstellung des Boxplots.



Anhang 11: *Ablaufplan Studie 3*

Schritt	Vorgehen	Dauer
1	Begrüßung der Versuchspersonen „Willkommen zu einer Fahrsimulationsstudie. Diese Untersuchung besteht aus drei Teilen: Zuerst werden Sie gebeten, einige Fragebögen sowie ein PC-gestütztes Verfahren zur Erfassung kognitiver Leistungen zu bearbeiten. Anschließend werden Sie in der Fahrsimulation fahren und zuletzt werden Sie einige Fragen zu Ihrer Simulationserfahrung beantworten. Um Anonymität zu gewährleisten, wird jede Versuchsperson einen eigenen Versuchspersonencode generieren.“	2 min
2	Studieninformation und Einverständniserklärung „Hier finden Sie alle Informationen zur Untersuchung. Bitte lesen Sie diese sorgfältig und unterschreiben Sie die Einverständniserklärung, wenn Sie an dem Experiment teilnehmen möchten.“	5 min
3	Demographischer Fragebogen „Zuerst möchten wir etwas über Sie erfahren. Bitte beantworten Sie diesen Fragebogen.“	2 min
4	Manchester Driver Behaviour Questionnaire „Der nächste Fragebogen dreht sich um Ihr Fahrverhalten. Bitte lesen Sie die Instruktionen sorgfältig und beantworten Sie die Items.“	10 min
5	Need Inventory of Sensation Seeking „Im nächsten Fragebogen geht es um Sensation Seeking. Bitte halten Sie sich an die gegebenen Instruktionen.“	5 min
5	Test zur Erfassung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsbeschreibung „Den letzten Test am PC haben Sie beendet. Jetzt werden Sie den letzten Fragebogen beantworten. Hierbei geht es um Persönlichkeit.“	30 min
6	Compact Testbatterie „Die nächsten beiden Tests werden Sie am PC bearbeiten. Es handelt sich um Tests zur Erfassung der Konzentrations- und	10 min

Aufmerksamkeitsleistung. Bitte befolgen Sie die Anweisungen und tragen Sie die Kopfhörer.“

- | | | |
|---|--|--------|
| 7 | Lane Change Task in der Fahrsimulation | 30 min |
| | „Wir werden jetzt die Fahrsimulation starten. Sie haben ein paar Minuten Zeit, um sich an die Simulation zu gewöhnen. Sie werden am Bildschirm über den Start der Experimentalphase informiert. Während der gesamten Fahrt werden Ihnen Schilder anzeigen, dass Sie auf eine andere Spur wechseln sollen. Bitte wechseln Sie die Spur so schnell und exakt wie möglich. Bitte halten Sie eine Geschwindigkeit von 60 km/h. Vergessen Sie nicht zu schalten. Bitte halten Sie die Spur bis Sie aufgefordert werden, sie zu wechseln.“ | |
| 8 | Simulator Sickness Questionnaire | 3 min |
| | „Ich werde Ihnen jetzt einen kurzen Fragebogen geben, der Ihre Erfahrung mit der Simulation erfassen soll.“ | |
| 9 | Verabschiedung | 1 min |
| | „Vielen Dank für Ihre Teilnahme an unserer Studie. Hier haben Sie dafür ein kleines Geschenk. Ich hoffe, Sie hatten Spaß und nehmen wieder an einem Experiment teil.“ | |
-

Anhang 12: *Voraussetzungsprüfung der Clusteranalyse (Studie 3)*

Voraussetzung	Prüfergebnis
Stichprobe muss ausreichend groß sein	$N = 86$ nicht sehr groß, aber in der Praxis sind kleine Stichproben üblich
Bereinigung fehlender Werte	Versuchspersonen mit fehlenden Werten wurden aus der Analyse ausgeschlossen
Transformation der Skalenniveaus der verwendeten Skalen auf das niedrigste auftretende Skalenniveau	Bei allen verwendeten Skalen kann Intervallskalenniveau angenommen werden. Eine Transformation ist daher nicht notwendig.
Bei großen Unterschieden hinsichtlich des Wertebereichs, sollten Variablen transformiert werden	Alle Skalen wurden z-transformiert.

Anhang 13: Voraussetzungsprüfung der mehrfaktoriellen Varianzanalyse (Studie 3)

Voraussetzung	Prüfergebnis
Die abhängige Variable ist intervallskaliert	Die Skalen des Simulator Sickness Questionnaires werden auf einer vierstufigen Likertskala abgebildet und können als intervallskaliert betrachtet werden.
Die unabhängigen Variablen sind kategorial (nominal- oder ordinalskaliert)	Die unabhängige Variable besteht aus 4 Fahrertypen und ist nominalskaliert.
Die Gruppen der unabhängigen Variable sind unabhängig	Gruppen sind unabhängig.
Die abhängigen Variablen sind innerhalb jeder Gruppe normalverteilt	Alle Verteilungen linkssteil und rechtsschief. Somit ist keine Normalverteilung gegeben. Zur Prüfung dieser Annahme siehe Abb. A75 – A90
Homogenität der Varianzen	Übelkeit: $F(3, 82) = .756, p = .522$ Okulomotorik: $F(3, 82) = .427, p = .734$ Desorientierung: $F(3, 82) = .594, p = .621$ Gesamtskala SSQ: $F(3, 82) = .130, p = .942$ Varianzhomogenität kann angenommen werden

Cluster 1: Ängstlicher Fahrertyp

Abb. A75

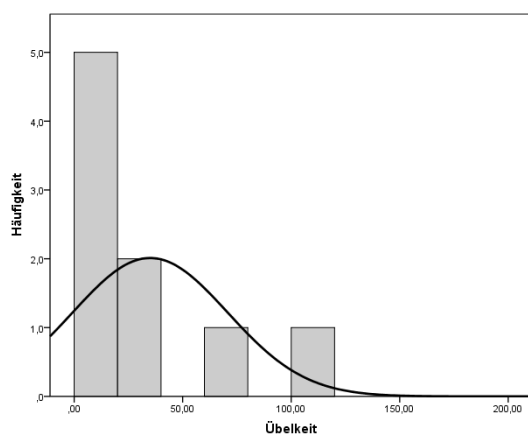


Abb. A76

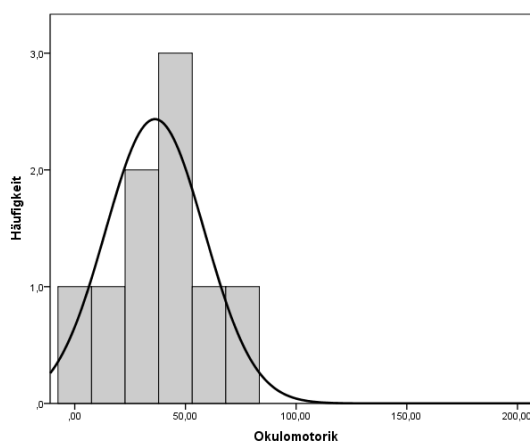


Abb. A77

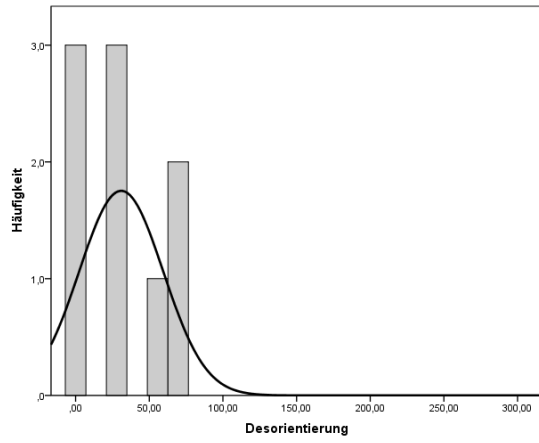
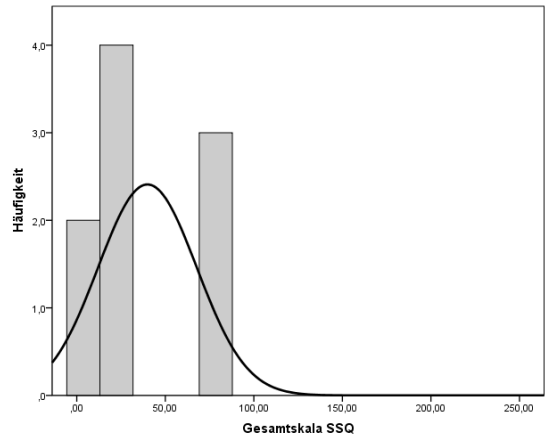


Abb. A78



Cluster 2: Leichtsinniger Fahrertyp

Abb. A79

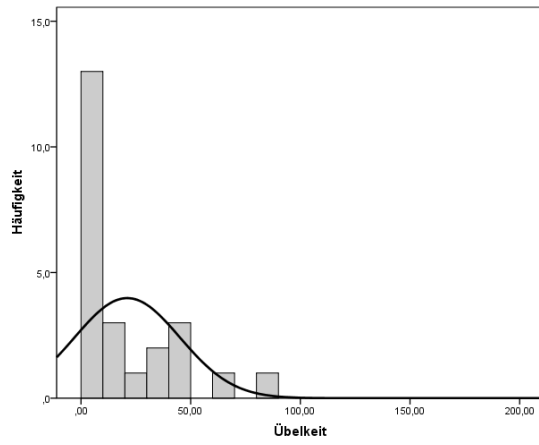


Abb. A80

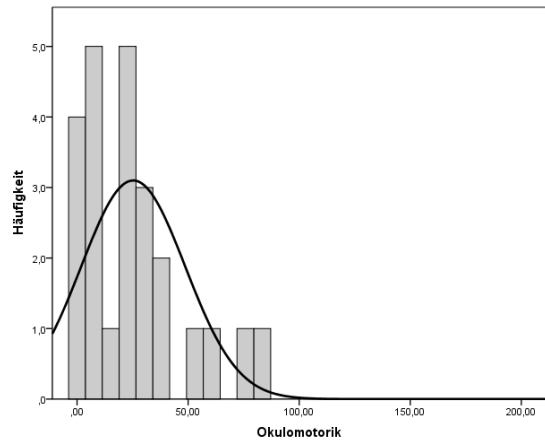


Abb. A81

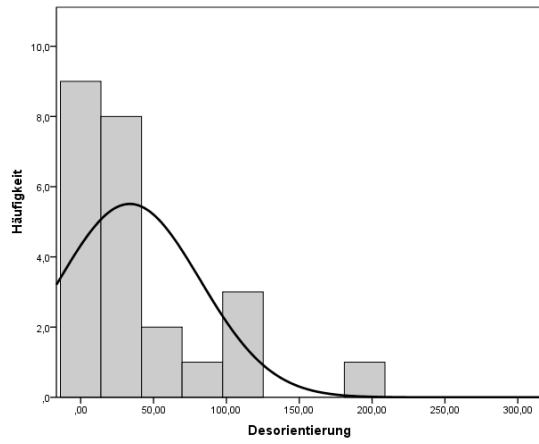
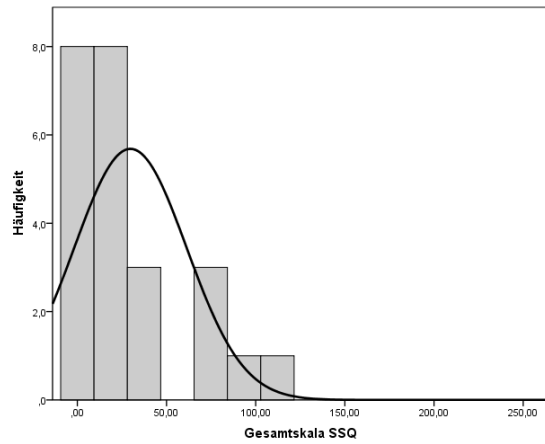


Abb. A82



Cluster 3: Vorsichtiger Fahrertyp

Abb. A83

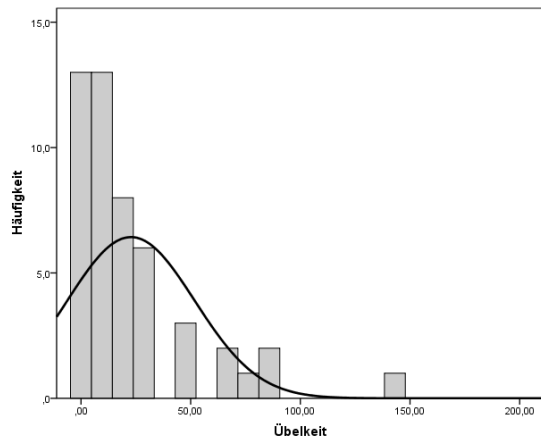


Abb. A84

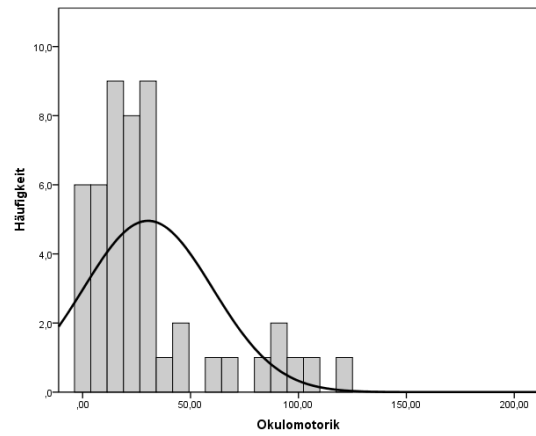


Abb. A85

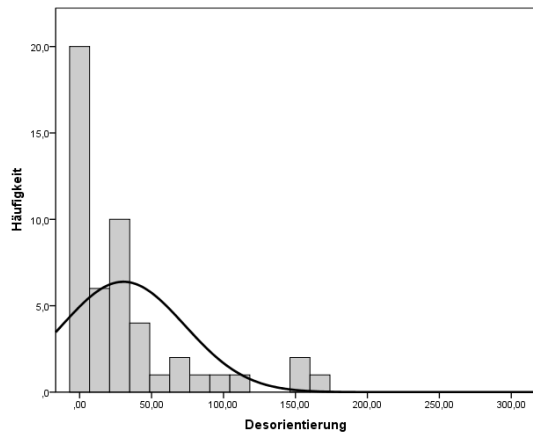
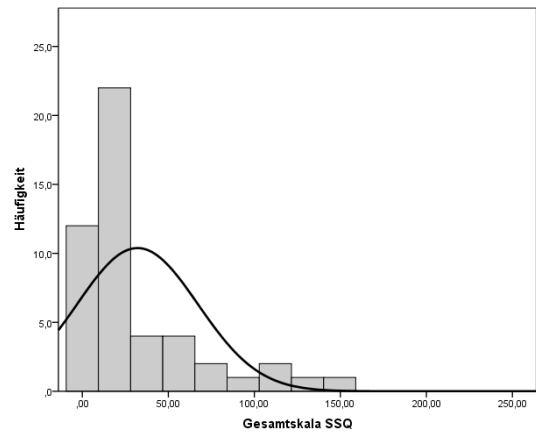


Abb. A86



Cluster 4: Aggressiver Fahrertyp

Abb. A87

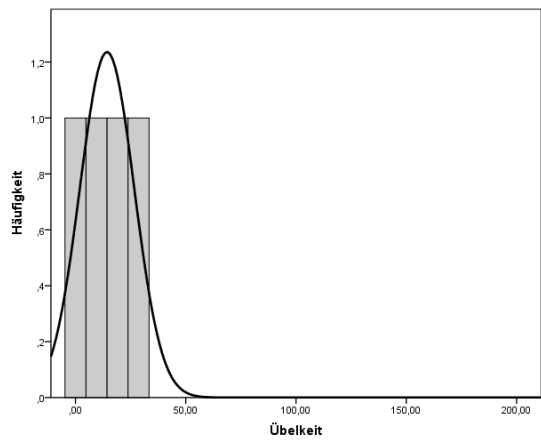


Abb. A88

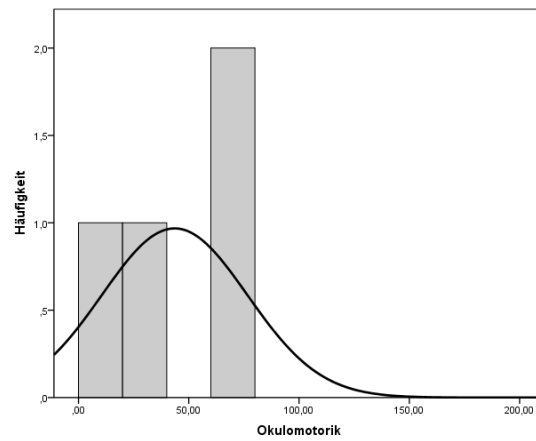


Abb. A89

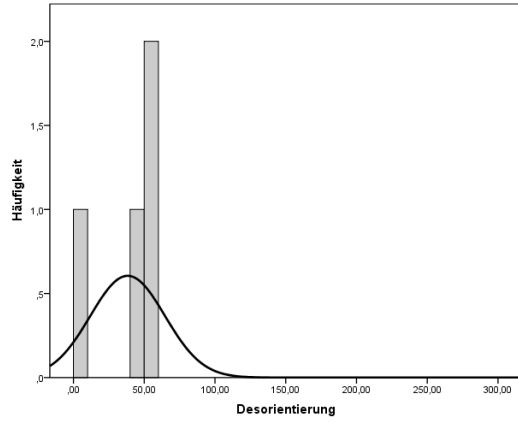
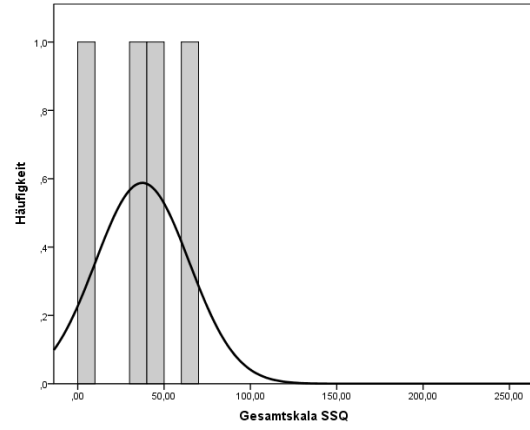
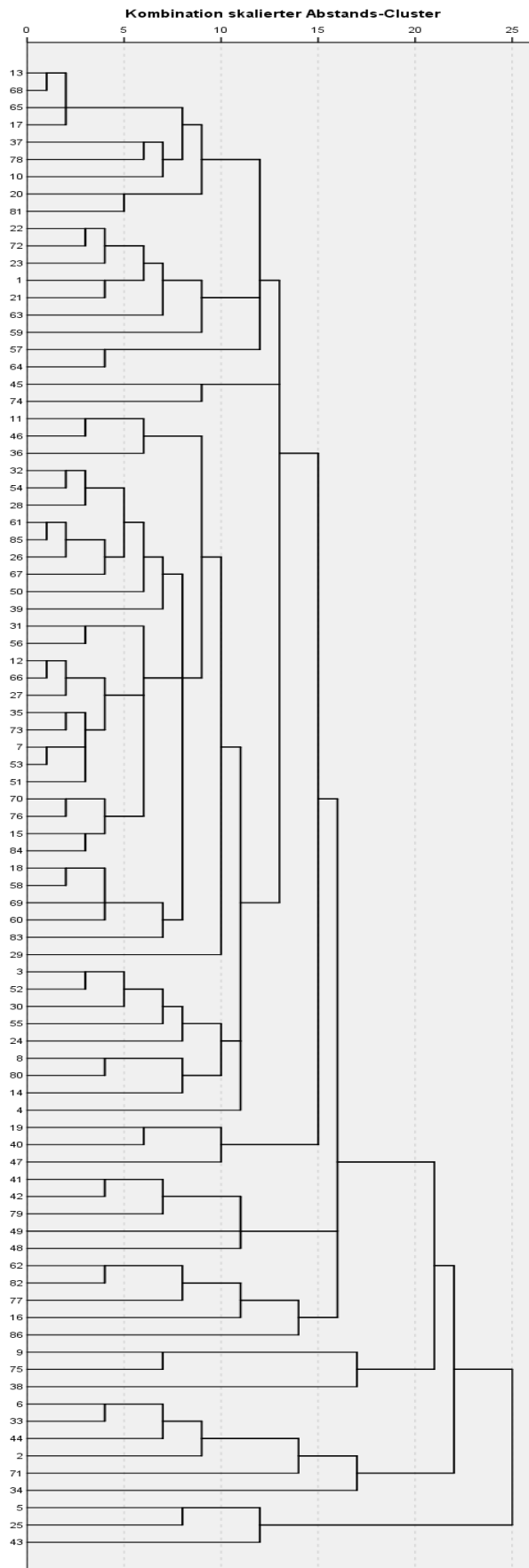


Abb. A90



Anhang 15: Dendrogramm (Studie 3)



Anhang 16: ANOVA der Unterschiede der Fahrertypen hinsichtlich der einzelnen Simulator Sickness Symptome (Studie 3)

Variable	$F(2, 85)$	p	η^2
Gleichgewichtsstörung	4.81	.004	.15
Müdigkeit	2.16	.099	.07
Konzentrationschwierigkeiten	1.21	.313	.04
Allgemeines Unwohlsein	1.44	.237	.05
Magen macht sich bemerkbar	3.15	.029	.10
Überanstrengung der Augen	0.73	.535	.03
Schwitzen	0.53	.661	.02
Probleme scharf zu sehen	0.83	.482	.03
Übelkeit	1.26	.293	.04
Schwindel bei offenen Augen	1.45	.236	.05
Verschwommenes Sehen	2.54	.062	.09
Kopfdruck	0.39	.759	.01
Erhöhter Speichelfluss	0.87	.461	.03
Schwindel bei geschlossenen Augen	0.28	.838	.01
Kopfschmerzen	1.39	.253	.05
Aufstoßen	1.26	.293	.04

Anmerkung. Sortierung wie in Tabelle 56, absteigend nach der Höhe der Mittelwerte des ängstlichen Fahrertyps.