

Ermittlung des spezifischen Assistenzbedarfs junger, unerfahrener Fahrerinnen und Fahrer zur Auslegung von Fahrerassistenzsystemen

Dipl.-Psych. Ines Pauline Franziska Karl

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik der
Universität der Bundeswehr München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Markus Klein

1. Gutachter: Prof. Dr. Berthold Färber

2. Gutachter: Prof. Dr. Mark Vollrath

Die Dissertation wurde am 02. Mai 2016 bei der Universität der Bundeswehr München eingereicht und durch die Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik am 05. September 2016 angenommen. Die mündliche Prüfung fand am 30. September 2016 statt.

Zusammenfassung

Junge und unerfahrene Fahrer¹ zwischen 18 und 24 Jahren sind immer noch überproportional häufig in tödliche Verkehrsunfälle verwickelt. Hauptursachen für das hohe Unfallrisiko dieser Fahrergruppe sind sowohl alters- als auch erfahrungsbedingte Faktoren – Faktoren, die bei Unfällen von erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe keine große Rolle mehr spielen dürften. Demgegenüber steht jedoch, dass sich die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen – neben technischen Möglichkeiten – bisher v. a. an den Bedürfnissen der kaufkräftigen mittleren Fahrergruppe orientiert. Es ist daher nicht automatisch davon auszugehen, dass Fahrerassistenzsysteme junge, unerfahrene Fahrer auf die gleiche Art und Weise unterstützen wie die erfahrenen Fahrer der mittleren Altersgruppe. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass Fahrerassistenzsysteme, die speziell für die Fahrdefizite und besonderen Bedürfnisse der jungen, unerfahrenen Fahrer entwickelt werden, das hohe Unfallrisiko dieser Fahrergruppe signifikant reduzieren könnten. Ziel dieser Arbeit war es daher, den spezifischen Assistenzbedarf der jungen, unerfahrenen Fahrer herauszuarbeiten. Dazu sind zunächst detaillierte Kenntnisse hinsichtlich des Fahrkönnens und der Probleme bei der Ausführung der Fahraufgabe, aber auch hinsichtlich der spezifischen Unfallursachen dieser Fahrergruppe notwendig.

In Teil I dieser Arbeit wurden daher mittels einer Detailunfallanalyse die Hauptunfallursachen der jungen, unerfahrenen Fahrer herausgearbeitet und mit denen der erfahrenen Fahrergruppe mittleren Alters verglichen. In beiden Fahrergruppen waren die Verkehrsunfälle in erster Linie auf Probleme bei der Informationsaufnahme zurückzuführen.

In Teil II der Arbeit stand der Fahrstil sowie die Gefahrenwahrnehmung im Fahralltag im Fokus. Mit Hilfe des Driver Behaviour Questionnaire sowie mittels zwei empirischer Studien wurde untersucht, inwiefern junge, unerfahrene Fahrer Defizite hinsichtlich des Fahrstils und der Gefahrenwahrnehmung aufweisen und wie sich diese Defizite von den denen der erfahrenen Fahrergruppe mittleren Alters unterscheiden. Äquivalent zu den Ergebnissen des ersten Teils konnten jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fahrergruppen festgestellt werden.

¹ Werden Personenbezeichnungen aus Gründen der besseren Lesbarkeit lediglich in der männlichen Form verwendet, so schließt dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

Teil III der Arbeit konzentriert sich auf die Frage, ob junge, unerfahrene Fahrer spezifische Auslegungen von Fahrerassistenzsystemen benötigen. Basierend auf den zuvor diskutierten Ergebnissen scheint dies nicht zwingend notwendig. Dennoch lassen sich aus den Ergebnissen der Teile I und II Empfehlungen hinsichtlich des Unterstützungsbedarfs sowie der Eingriffsstrategie von Fahrerassistenzsystemen ableiten, die das Potenzial haben insbesondere die Verkehrssicherheit der jungen, unerfahrenen Fahrer zu erhöhen. Beispielsweise sollte diese Fahrergruppe bei der Gefahrenwahrnehmung durch die Darbietung entsprechender Informationen und Warnungen unterstützt werden. Teil- bzw. vollautomatisierte Fahrerassistenzsysteme erscheinen dagegen nicht notwendig zu sein.

Abstract

Young and inexperienced drivers between 18 and 24 years are still overrepresented in fatal car accidents. Main reasons for the high accident risk of this driver group are age and experience related factors. In contrast, age and experience related factors should not play a significant role in car accidents of middle-aged and driving experienced drivers. The development of advanced driver assistance systems is technology-driven and focuses primarily on the needs of the middle-aged drivers who possess the required financial means. Hence, it cannot be necessarily concluded that advanced driver assistance systems support the young and inexperienced drivers in the same manner as middle-aged and experienced drivers. However, it can be assumed that advanced driver assistance systems which are especially designed for the driving skills and special needs of the young and inexperienced drivers are likely to significantly reduce the high accident risk of this driver group. Aim of this work was therefore to identify the need for driving assistance of young and inexperienced drivers. For this purpose, detailed knowledge of driving skills and problems concerning the driving task as well as of specific accident causes of this driver group are necessary.

Part I of this work explored the main accident causes of the young and inexperienced drivers through a detailed accident analysis method and compared them to those of the middle-aged and experienced driver group. In both driver groups, accidents were mainly caused by problems related to information perception.

Part II of this work focused on the driving style and hazard perception in everyday driving situations. The Driver Behaviour Questionnaire was used and two empirical studies were performed in order to examine the extent to which young and inexperienced drivers have deficits concerning their driving style and hazard perception and how these deficits are different from those of the middle-aged and experienced driver group. Analogously to the results of the first part, no statistical significant differences between the two driver groups could be determined.

Part III of this work concentrates on the question whether young and inexperienced drivers need specific characteristics of advanced driver assistance systems. Based on the previously discussed results, this does not seem to be necessary. Nevertheless, recommendations concerning the need of assistance and the strategies for warning and interventions of advanced driving assistance systems could be derived from the results

of parts I and II which have the potential to increase the traffic safety of young and inexperienced drivers in particular. For example, hazard perception of this driver group could be supported with the presentation of appropriate information and warnings. In contrast, partial or fully automated driver assistance systems do not seem to be necessary.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich in all den Jahren auf meinem Weg zur Promotion begleitet und unterstützt haben.

Als erstes möchte ich meinen Dank Prof. Dr. Färber aussprechen, ohne den diese Arbeit niemals entstanden wäre. Insbesondere die inhaltlichen und konstruktiven Diskussionen, aber auch der gewährte Freiraum bei der Ausführung meiner Arbeit sowie das Vertrauen, das er in mich gesetzt hat, haben letztendlich zum erfolgreichen Abschluss beigetragen.

Bedanken möchte ich mich auch bei Prof. Dr. Klein für die Übernahme des Vorsitzes des Promotionsausschusses sowie bei Prof. Dr. Vollrath für die Begutachtung der Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt zudem meinen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen am IfA, insbesondere Jun.-Prof. Dr. Verena Nitsch, Dr. Guy Berg sowie Dr. Fabian Rüger. Danke für alle fachlichen Diskussionen, Unterstützungsmaßnahmen und Motivationshilfen sowie den Spaß, den wir in den gemeinsamen Jahren hatten! Ohne Euch wäre die Zeit am IfA nicht die gewesen, die sie war. Danke auch an alle Studenten, die durch ihre Mithilfe zum Gelingen der Studien beigetragen haben.

Darüber hinaus möchte ich mich bei dem Team der AARU in Regensburg und Ingolstadt bedanken, ohne die der erste Teil der Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Herzlichen Dank auch an meine Arbeitskollegen bei BMW, die mich immer wieder neu motiviert und in meinem Vorhaben bekräftigt haben.

Mein größter Dank aber gilt meinem Mann Josef und meiner Familie, auf deren Unterstützung ich immer zählen konnte und kann! Vielen lieben Dank für Alles!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	12
1.1	Motivation der Arbeit	12
1.2	Jugendlichkeits- und Anfängerrisiko als Hauptursachen für das hohe Unfallrisiko 18- bis 24-jähriger Fahrer	15
1.3	Zielsetzung der Arbeit	16
Teil I: Der typische Verkehrsunfall junger, unerfahrener Fahrer		18
2	Unfallstatistiken und psychologische Unfallforschung.....	18
2.1	Das hohe Unfallrisiko junger, unerfahrener Fahrer	18
2.1.1	Risikofaktoren junger, unerfahrener Fahrer	19
2.1.2	Unfallursachen junger, unerfahrener Fahrer	21
2.1.3	Kritische Betrachtung bisheriger Forschungsergebnisse basierend auf der Analyse amtlicher Unfallstatistiken.....	23
2.2	Detailunfallanalysen	25
2.2.1	Fehlertaxonomie von Rasmussen (1982).....	26
2.2.2	Fehlermodell von Reason (1990)	29
2.2.3	Klassifikation von Fehlhandlungen nach Hacker (1998)	31
2.2.4	Anwendung der Fehlerklassifikationsschemata im Rahmen der Detailunfallanalyse.....	34
3	Unfallursachen junger Fahrer – Ergebnisse der eigenen Detailunfallanalyse ...	37
3.1	Fragestellung und Vorgehen	37
3.2	Methodik der AARU Verkehrsunfallforschung	38
3.3	Stichprobenbeschreibung.....	40
3.4	Ergebnisse	41
3.4.1	Beschreibung der ausgewählten Unfälle	41
3.4.2	Ergebnisse der Unfallursachenanalyse nach der Five-Step-Methode.	43
3.5	Zusammenfassung und Diskussion.....	48

Teil II: Junge, unerfahrene Fahrer zwischen 18 und 24 Jahren – Problembereiche und Defizite bei der Ausübung der Fahraufgabe	52
4 Beschreibung der Fahraufgabe durch Fahrerverhaltensmodelle	52
4.1 Drei-Ebenen-Modell der Fahraufgabe	53
4.2 Vier-Ebenen-Modell der Fahraufgabe	57
5 Ausgewählte Defizite junger, unerfahrener Fahrer bei der Ausübung der Fahraufgabe.....	61
5.1 Gefahrenwahrnehmung.....	61
5.2 Riskanter Fahrstil	65
6 Eigene Studien zur Untersuchung ausgewählter Problembereiche und Defizite junger, unerfahrener Fahrer bei der Ausübung der Fahraufgabe	73
6.1 Untersuchung der Fahrfehler sowie des Fahrstils junger, unerfahrener Fahrer mit Hilfe des DBQ	73
6.1.1 Exkurs: Entwicklung einer deutschen DBQ-Version	74
6.1.1.1 Entwicklung des DBQ Fragebogens und Ergebnisse der exploratorischen Faktorenanalyse	74
6.1.1.2 Überprüfung der gefundenen Faktorstruktur mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse	82
6.1.2 Untersuchung des Fahrverhaltens junger, unerfahrener Fahrer auf Basis der drei DBQ-Faktoren.....	87
6.1.2.1 Fragestellungen und Hypothesen.....	87
6.1.2.2 Gesamtstichprobe	88
6.1.2.3 Ergebnisse.....	89
6.1.2.4 Zusammenfassung und Diskussion.....	90
6.2 Untersuchung der Gefahrenwahrnehmung und des Fahrstils junger, unerfahrener Fahrer im realen Straßenverkehr (Studie 1)	93
6.2.1 Forschungsziel und Hypothesen	93
6.2.2 Methodik	96
6.2.2.1 Experimentelles Design.....	96
6.2.2.1.1 Erhebung Gefahrenwahrnehmung	96

6.2.2.1.2 Erhebung subjektive Risikobereitschaft.....	99
6.2.2.1.3 Erhebung Fahrstil.....	100
6.2.2.2 Versuchsaufbau.....	101
6.2.2.3 Versuchsablauf.....	102
6.2.2.4 Stichprobe.....	103
6.2.3 Ergebnisse.....	104
6.2.3.1 Ergebnisse Gefahrenwahrnehmung.....	104
6.2.3.2 Ergebnisse subjektive Risikobereitschaft.....	109
6.2.3.3 Ergebnisse Fahrstil.....	111
6.2.4 Zusammenfassung und Diskussion.....	113
6.3 Untersuchung der Gefahrenwahrnehmung und des daraus resultierenden Fahrverhaltens junger, unerfahrener Fahrer mit Hilfe des Vehicle in the Loop (Studie 2).....	120
6.3.1 Forschungsziel, Fragestellungen und Forschungshypothesen.....	120
6.3.2 Methodik.....	122
6.3.2.1 Experimentelles Design.....	122
6.3.2.2 Versuchsaufbau.....	125
6.3.2.3 Versuchsablauf.....	128
6.3.2.4 Stichprobe.....	129
6.3.3 Ergebnisse.....	129
6.3.4 Exkurs – Situation „Spurwechsel“.....	132
6.3.5 Zusammenfassung und Diskussion.....	133
Teil III: Der spezifische Assistenzbedarf junger, unerfahrener Fahrer.....	139
7 Zielgruppenspezifische Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme.....	139
7.1 Fahrerassistenzsysteme – Begriffsdefinition und Klassifizierung.....	139
7.2 Unterscheiden sich junge, unerfahrene Fahrer in ihrem Assistenzbedarf von erfahrenen Fahrern mittleren Alters?.....	142
7.3 Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht junger, unerfahrener Fahrer.....	145

8 Ausblick.....	156
Abkürzungsverzeichnis	159
Abbildungsverzeichnis	161
Tabellenverzeichnis	164
Literaturverzeichnis.....	166
Anhang A Definition Unfalltypen	184
Anhang B Entwicklung einer deutschen DBQ Version	185
Anhang C Vergleich des Fahrstils sowie der Gefahrenwahrnehmung und des daraus resultierenden Fahrverhaltens im realen Straßenverkehr	201
Anhang D Vergleich der Gefahrenwahrnehmung und des daraus resultierenden Fahrverhaltens mit Hilfe des VIL.....	204

1 Einleitung

1.1 *Motivation der Arbeit*

Laut WHO (2013) sterben weltweit jedes Jahr ca. 1.2 Millionen Menschen an den Folgen eines Verkehrsunfalls. Hinzu kommen 20 bis 50 Millionen Verletzte (WHO, 2013). Eine Altersgruppe, die in besonderem Maße davon betroffen ist, ist die Gruppe der jungen Fahrer zwischen 18 und 24 Jahren. In den Jahren 2000 bis 2009 starben allein in 19 betrachteten EU Staaten 76 000 Menschen im Alter zwischen 18 und 24 Jahren an den Folgen eines Verkehrsunfalls (Yannis et al., 2011). Dabei entfiel in etwa ein Fünftel aller Todesopfer im Straßenverkehr auf diese Altersgruppe, obwohl sie nur ca. neun Prozent der Gesamtbevölkerung ausmachte (Yannis et al., 2011). Entsprechend dem jährlichen Verkehrssicherheitsbericht der OECD (2014) ist das Risiko für einen tödlichen Verkehrsunfall bei den 18- bis 20-Jährigen in Deutschland sogar dreimal so hoch wie für die Gesamtbevölkerung. Obwohl auch in der Gruppe der 18- bis 24-Jährigen die Zahl der im Straßenverkehr Getöteten pro 100 000 Einwohner seit 1990 in Deutschland stark gesunken ist, liegt sie immer noch weit über den Zahlen aller anderen Altersgruppen. Selbst die Altersgruppe 65+, die u. a. aufgrund altersbedingter Restriktionen im Bereich der Wahrnehmung und Informationsverarbeitung als Hochrisikogruppe im Straßenverkehr identifiziert wurde und zunehmend in den Fokus der Wissenschaft und Industrie gestellt wird (z. B. Dotzauer, Caljouw, de Waard, & Brouwer, 2013; Färber, 2000; Hoffmann, Falkenstein, & Frieg, 2013; Roßner, Dettmann, Jentsch, & Bullinger, 2013; Rusch, Schall, Jr., Lee, Dawson, & Rizzo, 2014; Trübswetter & Bengler, 2013), weist weit weniger Verkehrstote auf als die Gruppe der 18- bis 24-Jährigen (siehe Abbildung 1. 1).

Generell ist nach einem anfänglich steilen Absinken der Anzahl im Straßenverkehr Getöteter in den letzten fünf Jahren nur noch ein mäßiger Rückgang in allen Altersgruppen zu verzeichnen. Zurückzuführen ist die bisherige Abnahme an Verkehrstoten in Deutschland in erster Linie auf eine Reihe verschiedener Maßnahmenpakete wie z. B. die Verkehrserziehung in Schulen, das begleitete Fahren mit 17, verschiedene Verkehrssicherheitskampagnen oder auch die Verbesserungen der passiven und aktiven Fahrzeugsicherheit (OECD, 2014, S. 206). Allerdings scheinen diese Maßnahmen angesichts des geringen Rückgangs an Verkehrstoten in den letzten Jahren langsam an ihre Grenzen zu stoßen.

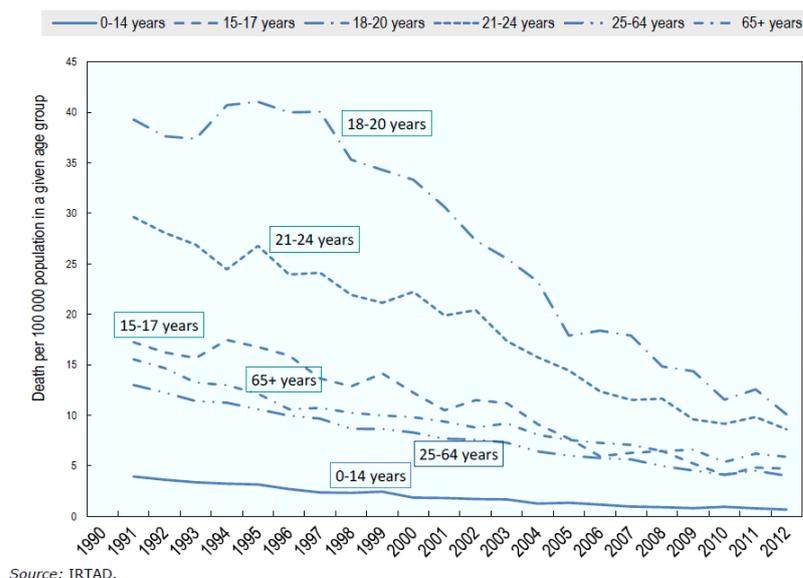


Abbildung 1. 1: Verkehrstote in Deutschland pro 100 000 Einwohner von 1990 - 2012, getrennt für die einzelnen Altersgruppen (entnommen aus OECD, 2014, S. 209).

Vor allem in der Altersgruppe der 18- bis 24-jährigen Fahrer standen bisher erzieherische Präventionsmaßnahmen im Mittelpunkt, obwohl ihnen in Evaluationsstudien meist nur ein mäßiger Erfolg attestiert werden konnte (Krüger, 2010). Die Möglichkeiten technischer Assistenzsysteme zur Reduktion der hohen Verkehrsunfallzahlen junger Fahrer blieben dagegen bis zum jetzigen Zeitpunkt gänzlich ungenutzt (Krüger, 2010). Dabei konnte seit den 1990er Jahren eine regelrechte Innovationswelle im Bereich der Fahrerassistenzsystementwicklung verzeichnet werden (Winner, 2002, S. 89). Die bisher erzielten technischen Fortschritte besitzen bereits einen bedeutenden positiven Einfluss auf die Verkehrssicherheit. Chiellino et al. (2010) gehen beispielsweise davon aus, dass ca. 25 % der Unfälle durch aktuell verfügbare Fahrerassistenzsysteme verhindert werden könnten. In verschiedenen empirischen Studien konnten positive Effekte des ESP bezüglich der Unfallvermeidung nachgewiesen werden, die sich in erster Linie auf eine Verbesserung der Fahrdynamik sowie eine Reduktion der Wahrscheinlichkeit, die Kontrolle über das Fahrzeug zu verlieren, zurückführen lassen (siehe Erke, 2008, S. 167). Damit ließen sich in etwa 49 % der Fahrunfälle² durch Nutzung eines ESP verhindern. Laut Krüger (2010, S. 5) also genau jene Unfälle, die v. a. in der Altersgruppe zwischen 18 und 24 Jahren besonders häufig anzutreffen sind (siehe dazu auch Statistisches Bun-

² Eine Übersicht sowie Definition der verschiedenen Unfalltypen befindet sich in Anhang A.

desamt, 2014). Demgegenüber steht jedoch, dass genau diese Altersgruppe am wenigsten von den technischen Möglichkeiten moderner Fahrerassistenzsysteme profitiert. Zum einen sind v. a. die jungen Fahrer mit Fahrzeugen älter als zehn Jahre unterwegs (Statistisches Bundesamt, 2014, S. 12). Gerade bei älteren Fahrzeugen sind jedoch häufiger sicherheitsrelevante Mängel zu verzeichnen (Krüger, 2010, S. 5). Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass ältere Fahrzeuge nicht in dem Ausmaß über die am Markt befindlichen Fahrerassistenzsysteme verfügen wie Neufahrzeuge. Beispielsweise ist das ESP erst seit November 2014 für alle Neuzulassungen in der EU Pflicht (kfz-Auskunft, 2012). Zum anderen standen die jungen Fahrer bei der Entwicklung aktueller und zukünftiger Fahrerassistenzsysteme bisher nicht im Fokus der Automobil- und Zuliefererindustrie. Fahrerassistenzsysteme, die speziell auf die Bedürfnisse und Defizite dieser Zielgruppe zugeschnitten sind, sind daher aktuell nicht auf dem Markt verfügbar. Ein großer Teil des Potenzials technischer Assistenzmöglichkeiten zur Reduktion des hohen Unfallrisikos junger Fahrer bleibt somit ungenutzt. Um auch die 18- bis 24-jährigen Fahrer zukünftig sinnvoll durch technische Systeme unterstützen zu können, ist es daher zwingend erforderlich, diese Zielgruppe vermehrt in den Fokus von Wissenschaft und Industrie zu stellen.

Zur Beantwortung der Frage, inwiefern junge Fahrer eigens an ihre Bedürfnisse und Defizite angepasste Fahrerassistenzsysteme benötigen bzw. von bereits verfügbaren Assistenzsystemen profitieren würden, sind daher in einem ersten Schritt detaillierte Kenntnisse über die Ursachen des hohen Unfallrisikos, aber auch über generelle Defizite dieser Fahrergruppe bei der Ausübung der Fahraufgabe notwendig. Basierend auf diesen Erkenntnissen lassen sich im nächsten Schritt, falls notwendig, zielgruppenspezifische Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme ableiten.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich daher zunächst mit der Frage, warum gerade die jungen Fahrer überproportional häufig an einem Verkehrsunfall beteiligt sind. Eine Frage, die trotz intensiver Forschung bis heute nicht abschließend beantwortet werden konnte. Im Allgemeinen wird das überproportional hohe Unfallrisiko junger Erwachsener zwischen 18 und 24 Jahren auf zwei große Ursachenkategorien zurückgeführt (vgl. Gregersen & Bjurulf, 1996; Kroj & Schulze, 2002; Leutner, Brünken, & Willmes-Lenz, 2009; Mayhew, Simpson, & Pak, 2003): dem Jugendlichkeitsrisiko auf der einen Seite sowie dem Anfängerrisiko auf der anderen Seite. Im Folgenden wird daher kurz darauf eingegangen, welche Ursachenfaktoren unter den Begriffen Jugendlichkeits- und Anfängerrisiko zusammengefasst werden, bevor die Zielsetzung der Arbeit dargelegt wird.

1.2 Jugendlichkeits- und Anfängerrisiko als Hauptursachen für das hohe Unfallrisiko 18- bis 24-jähriger Fahrer

Das Jugendlichkeitsrisiko sieht seine Ursache im jungen Alter der Fahrer und der damit verbundenen alterstypischen Einstellungen, Eigenschaften und Aktivitäten begründet (vgl. Biermann, 2007). Nach Raithel (2011, S. 9) ist die Phase zu Beginn des Erwachsenwerdens gekennzeichnet durch die Suche nach der eigenen Identität, der Veränderung der sozialen Beziehungen sowie des eigenen sozialen Status. Die Ablösung vom Elternhaus und die zunehmende Orientierung an der sozialen Peer-Group ist ebenfalls charakteristisch für diese Lebensphase. Typisch für das Jugendalter ist zudem das Austesten der eigenen Grenzen und das Ausprobieren neuer Handlungskompetenzen (Raithel, 2011, S. 9). Daher stellen riskante Verhaltensweisen nach Raithel (2011, S. 9) „ein wesentliches, nicht gar zu sagen, ein kardinales Bestimmungselement der jugendlichen Entwicklungsphase“ dar. In diese kritische Entwicklungsphase fällt bei den meisten jungen Erwachsenen der Erwerb des Führerscheins und damit verbunden auch ein größerer Zugang zu individueller Mobilität. Dementsprechend ist es nicht verwunderlich, dass sich Auswirkungen des jugendlichen Risikoverhaltens auch im Fahrverhalten finden lassen. Nach Leutner et al. (2009, S. 1) zeigt sich das Jugendlichkeitsrisiko dabei v. a. „in erhöhter Risikobereitschaft, in Selbstüberschätzung der eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten, in erhöhter Sensationslust und einem jugendspezifischen Lebensstil“. Damit einhergehend konnten Bingham, Shope, Zakrajsek und Raghunathan (2008) zeigen, dass junge Fahrer, die in ihrer Entwicklung bereits fortgeschrittener und reifer sind, weniger riskantes Fahrverhalten zeigen.

Im Gegensatz zum Jugendlichkeitsrisiko ist das Anfängerrisiko auf mangelnde Fahrerfahrung zurückzuführen. Kennzeichnend hierfür ist, „dass das Unfallrisiko in den ersten Monaten nach Erwerb der Fahrerlaubnis am höchsten ist und mit zunehmender Zeit deutlich nachlässt“ (Leutner et al., 2009, S. 1). Dieser Verlauf oder auch diese negativ beschleunigte Reduktion des Anfängerrisikos ist hierbei charakteristisch für den Erwerb psychomotorischer Fertigkeiten (Leutner et al., 2009, S. 3) und wurde bereits vielfach bestätigt. Beispielsweise konnten McCartt, Shabanova und Leaf (2003) nachweisen, dass das Risiko eines Unfalls in den ersten 800 Kilometern nach Führerscheinwerb am höchsten ist. Auch Skottke, Biermann, Brünken, Debus und Leutner (2008) konstatierten eine Reduktion der Unfallzahlen in Abhängigkeit der Fahrerfahrung. Durchschnittlich reduzierte sich das Unfallrisiko etwa zwei Jahre nach Führerscheinwerb auf ca. 25 % des Ausgangsniveaus (Skottke et al., 2008, S. 22).

Obwohl das Unfallrisiko in den ersten Monaten nach dem Führerscheinerwerb am stärksten sinkt, sind nach Fastenmeier (1995, S. 143) dennoch ca. 100 000 km (ca. sieben bis acht Jahre) Fahrerfahrung notwendig, bevor man von einem erfahrenen Fahrer sprechen kann.

Insgesamt scheinen erfahrungsbedingte Faktoren in den ersten drei Jahren nach Führerscheinerwerb einen größeren Beitrag zur Reduktion des Unfallrisikos (58 %) zu leisten als Faktoren, die im Jugendlichkeitsrisiko (17 %) begründet liegen (Maycock, Lockwood & Lester, 1991; zitiert nach Leutner et al., 2009, S. 2). Auch Gregersen (2003, S. 30) kommt zu dem Schluss, dass die Reduktion des Unfallrisikos mit zunehmendem Alter in ca. 30-50 % der Fälle auf Faktoren des Jugendlichkeitsrisikos sowie in 50-70 % auf Faktoren des Anfängerrisikos zurückzuführen ist. Generell ist jedoch davon auszugehen, dass die hohe Unfallbeteiligung junger Fahrer dem negativen Zusammenspiel verschiedener Faktoren aus beiden Ursachenkategorien geschuldet ist. Insbesondere junge Fahrer mit wenig Fahrerfahrung dürften daher in besonderem Maße gefährdet sein im Straßenverkehr zu verunfallen und folglich am stärksten vom Einsatz technischer Systeme profitieren, die sie bei der Ausführung der Fahraufgabe unterstützen. Im Fokus der vorliegenden Arbeit steht daher die Gruppe der 18- bis 24-jährigen Fahrer, die über weit weniger als die 100 000 km Gesamtfahrerfahrung verfügen, die im Sinne von Fastenmeier (1995) notwendig sind, um als erfahrener Fahrer zu gelten.

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Fahrerassistenzsysteme können den Fahrer nicht nur von Teilen der Fahraufgabe entlasten, sondern stellen auch eine Ergänzung der menschlichen Fähigkeiten dar (Winner, 2002, S. 90). Obwohl aus der Unfallforschung bekannt ist, dass insbesondere jüngere Fahrer ein hohes Verkehrsunfallrisiko aufweisen, wird diese Zielgruppe bei der Fahrerassistenzsystementwicklung bislang nicht explizit berücksichtigt. Vielmehr orientiert sich die Entwicklung neben technologischen Fortschritten (siehe z. B. Winner, 2002) an den Bedürfnissen der kaufkräftigen mittleren Altersgruppe.

Als Hauptursachen von Verkehrsunfällen junger, unerfahrener Fahrer werden – wie bereits erwähnt – zum einen ihre jugendliche Unreife sowie zum anderen ihre mangelnde Fahrerfahrung angesehen (Mayhew et al., 2003). Ursachen, die bei Fahrern der mittleren Altersgruppe keine große Rolle mehr spielen dürften. Es ist daher nicht automatisch davon auszugehen, dass unerfahrene Fahrer zwischen 18 und 24 Jahren in dem gleichen Maße von einem „Einheitsassistenzsystem“ profitieren wie der Durchschnittsfahrer der mittleren Altersgruppe.

Die vorliegende Arbeit verfolgt daher einen fahrerzentrierten Ansatz, welcher die Gruppe der jungen, unerfahrenen Fahrer in den Mittelpunkt stellt. Ziel ist es, den zielgruppenspezifischen Assistenzbedarf herauszuarbeiten und, wenn notwendig, altersspezifische Funktionsausprägungen oder Eingriffsstrategien zu generieren. Zur Beantwortung der Frage, ob 18- bis 24-jährige Fahrer eine spezifische Auslegung von Fahrerassistenzsystemen benötigen, wird das Fahrverhalten dieser Fahrergruppe daher in den eigenen Untersuchungen dem Verhalten der Durchschnittsfahrer mittleren Alters gegenübergestellt.

Um die Verkehrssicherheit unerfahrener Fahrer zwischen 18 und 24 Jahren mittels des Einsatzes von Fahrerassistenzsystemen zu erhöhen, sind detaillierte Kenntnisse über die spezifischen Unfallursachen sowie Defizite im Fahrverhalten dieser Zielgruppe die Grundvoraussetzung. Im ersten Teil der Arbeit findet daher zunächst eine detaillierte Analyse der zielgruppenspezifischen Unfallarten sowie der zugrundeliegenden Unfallursachen im Vergleich zu Fahrern der mittleren Altersgruppe statt. Die mittlere Altersgruppe wird als Vergleichsgruppe gewählt, da diese zum einen über eine ausreichende Fahrerfahrung verfügen sollte und zum anderen weder von Faktoren des Jugendlichkeitsrisikos noch von altersbedingten Restriktionen betroffen sein sollte. Ziel ist es, typische Verhaltensfehler, die einem Verkehrsunfall vorausgehen, genau zu beschreiben.

Im zweiten Teil der Arbeit wird der Fokus dagegen auf das alltägliche Fahrverhalten, insbesondere auf die Gefahrenwahrnehmung sowie auf den Fahrstil junger, unerfahrener Fahrer gelegt. Hierzu wird zunächst mittels des Driver Behaviour Questionnaire (DBQ) untersucht, welche Fehler bei der Ausübung der Fahraufgabe bei der jungen, unerfahrenen Fahrergruppe häufig auftreten. Diese werden den Fehlern der erfahrenen Fahrergruppe mittleren Alters gegenübergestellt. Darüber hinaus wird der Fahrstil sowie die Gefahrenwahrnehmung und das daraus resultierende Fahrverhalten junger, unerfahrener Fahrer in kritischen Verkehrssituationen mit Hilfe empirischer Studien untersucht und es wird erarbeitet, inwiefern sich junge, unerfahrene Fahrer diesbezüglich von erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe unterscheiden. Ziel ist es, die spezifischen Defizite junger, unerfahrener Fahrer bei der Ausübung der Fahraufgabe herauszuarbeiten.

Basierend auf den Ergebnissen der Teile I und II wird im dritten Teil der Arbeit zunächst die Frage beantwortet, inwiefern junge, unerfahrene Fahrer spezifische Auslegungen von Fahrerassistenzsystemen benötigen. Im Anschluss daran werden Empfehlungen hinsichtlich des Unterstützungsbedarfs und der Eingriffsstrategie für Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der jungen, unerfahrenen Fahrer abgeleitet.

Teil I:

Der typische Verkehrsunfall junger, unerfahrener Fahrer

Zur Untersuchung von Verkehrsunfällen existieren verschiedene Herangehensweisen. Neben der reinen Auswertung amtlicher Unfallstatistiken können durch sog. Detailunfallanalysen zusätzliche Erkenntnisse zum Unfallhergang sowie dem Verhalten des Fahrers unmittelbar vor dem Unfall gewonnen werden. Um einen ersten Eindruck bezüglich des hohen Unfallrisikos junger, unerfahrener Fahrer zu erhalten, werden im Folgenden zunächst spezifische Risikofaktoren und Unfallursachen dieser Fahrergruppe dargestellt sowie die Einschränkungen der reinen Analyse amtlicher Verkehrsunfallstatistiken diskutiert (Kapitel 2.1). Im Anschluss daran werden Methoden und Anwendungsbeispiele der Detailunfallanalysen vorgestellt (Kapitel 2.2). Im Rahmen einer vertieften Unfallanalyse werden anschließend die häufigsten Unfallursachen 18- bis 24-jähriger Fahrer herausgearbeitet und mit denen der mittleren Altersgruppen verglichen (Kapitel 3).

2 Unfallstatistiken und psychologische Unfallforschung

2.1 *Das hohe Unfallrisiko junger, unerfahrener Fahrer*

In vielen Industrienationen sind junge Fahrer neben den Über-75-Jährigen am stärksten gefährdet im Straßenverkehr getötet oder verletzt zu werden (vgl. Abdel-Aty, Chen, & Schott, 1998; Marmor & Marmor, 2006; Massie, Campbell, & Williams, 1995; McGwin & Brown, 1999). Mittels der Analyse von Verkehrsunfalldaten und -statistiken wurde bereits in verschiedenen Ländern wie den USA (z. B. Massie et al., 1995; McKnight & McKnight, 2003), Kanada (z. B. Cooper, Pinili, & Chen, 1995; Lambert-Bélanger, Dubois, Weaver, Mullen, & Bédard, 2012), Australien (z. B. Lam, 2003; Ryan, Legge, & Rosman, 1998), Finnland (z. B. Laapotti & Keskinen, 1998, 2004), Großbritannien (z. B. Clarke, Ward, & Truman, 2005; Clarke, Ward, Bartle, & Truman, 2006) oder auch Schweden (z. B. Berg, Gregersen, & Laflamme, 2004; Hasselberg & Laflamme, 2009) versucht, genauere Erkenntnisse über das Zustandekommen der hohen Unfallbeteiligung junger Fahrer zu generieren. Im Folgenden werden kurz die Ergebnisse bezüglich spezifischer Risikofaktoren (Kapitel 2.1.1) sowie möglicher Unfallursachen junger Fahrer (Kapitel 2.1.2) dargestellt, bevor in Kapitel 2.1.3 eine kritische Betrachtung der vorgestellten Forschungsergebnisse stattfindet.

2.1.1 Risikofaktoren junger, unerfahrener Fahrer

Unfallhergang

Betrachtet man die verschiedenen Unfalltypen, so fällt auf, dass junge Fahrer unter 25 Jahren häufiger als andere Altersgruppen in Allein- oder Fahrurfälle ohne Beteiligung weiterer Verkehrsteilnehmer verwickelt sind (Ballesteros & Dischinger, 2002; Ryan et al., 1998; Ulmer, Williams, & Preusser, 1997; Williams, Preusser, Ulmer, & Weinstein, 1995). Mayhew et al. (2003) konnten zeigen, dass für alle Unfalltypen ein Rückgang der Unfallhäufigkeit in den ersten zwei Jahren nach Führerscheinerwerb verzeichnet werden kann, die Rate der Alleinunfälle jedoch insgesamt wesentlich stärker abnimmt. Auch in Deutschland stellt der Fahrurfall mit 29 % bei jungen Pkw-Fahrern die häufigste Unfalltypenkategorie dar (eine Übersicht über die verschiedenen Unfalltypen findet sich in Anhang A; Statistisches Bundesamt, 2012b). Verglichen mit Fahrern zwischen 25 und 65 Jahren ist die Altersgruppe der jungen Fahrer zudem überproportional häufig in diesen Unfalltyp verwickelt. Daneben stellen auch Unfälle im Längsverkehr (26 %), beim Abbiegen (14 %) sowie beim Einbiegen und Kreuzen (18 %) häufige Unfalltypen dar. Hier sind jedoch keine Unterschiede zum Gesamtunfallgeschehen zu erkennen (Statistisches Bundesamt, 2012b). Darüber hinaus konnten Marmor und Marmor (2006) feststellen, dass junge Fahrer zwischen 16 und 19 Jahren im Vergleich zu anderen Altersgruppen überproportional häufig auf glatten Straßen verunglücken. Zusätzlich zeigt die Analyse von Abdel-Aty et al. (1998), dass sich ein Großteil der Unfälle junger Fahrer bis 24 Jahre auf kurvenreichen Strecken ereignet.

Unfallzeitpunkt

Als weitere Risikofaktoren wurden bestimmte Tageszeiten sowie Wochentage identifiziert. Beispielsweise konnten Alexander, Kallail, Burdsal und Ege (1990) zeigen, dass sich Unfälle, an denen junge Fahrer beteiligt sind, an Schultagen meist zwischen 07.00 und 08.00 Uhr, 11.00 und 13.00 Uhr sowie 15.00 und 18.00 Uhr ereignen. Auch Braitman, Kirley, McCartt und Chaudhary (2008) wiesen nach, dass ca. 68 % der Unfälle 16-jähriger Fahrer bei Tageslicht passieren. An Nicht-Schultagen liegt der Unfallschwerpunkt dagegen laut Alexander et al. (1990) zwischen 21.00 und 04.00 Uhr. Auch die Analyse von Williams et al. (1995) veranschaulicht, dass junge Fahrer überproportional häufig an einem Wochenende sowie nachts nach 22.00 Uhr an Unfällen beteiligt sind. Zudem haben diese Unfälle häufiger einen tödlichen Ausgang (Alexander et al., 1990; Massie et al., 1995).

Alter und Fahrerfahrung

Generell ist das Risiko im Straßenverkehr zu verunglücken höher, je jünger der Fahrer ist. So liegt z. B. die Unfallrate pro eine Million gefahrener Kilometer bei den 16-jährigen Pkw-Fahrern bei 58.9 Unfällen, wohingegen sie bei den 21-Jährigen nur noch bei 7.0 Unfällen pro eine Million gefahrener Kilometer liegt (Ballesteros & Dischinger, 2002, S. 80).

Neben dem Alter stellt auch die Fahrerfahrung, die meist in der Anzahl der bisher zurückgelegten Kilometer erfasst wird, einen weiteren Risikofaktor dar. Kroj und Schulze (2002) gehen davon aus, dass das Unfallrisiko junger Fahrer unter 25 Jahren erst ab einer Fahrerfahrung von ca. 10 000 km in erheblichem Maße sinkt. Bei McKnight und McKnight (2003) dagegen liegt diese Grenze bereits bei ca. 800 Kilometer.

Problematisch ist jedoch, dass die Fahrerfahrung eng mit dem Alter verknüpft ist. Einen Versuch Alter und Fahrerfahrung isoliert zu betrachten, haben Cooper et al. (1995) unternommen. Sie analysierten das Unfallgeschehen 16- bis 55-jähriger Fahranfänger in Kanada und konnten zeigen, dass auch ältere Fahranfänger in den ersten Jahren ein höheres Unfallrisiko haben, welches jedoch bei den jüngeren Fahrern am stärksten ausgeprägt ist. Cooper et al. (1995) schlussfolgerten daher, dass sowohl die Fahrerfahrung als auch das Alter der Fahrer eine wichtige Rolle spielen.

Geschlecht

Neben der Tageszeit, dem Wochentag sowie dem Alter und der Fahrerfahrung wird häufig das Geschlecht als weiterer Risikofaktor aufgeführt. Die bisherigen Ergebnisse sind jedoch nicht eindeutig und zum Teil widersprüchlich. Beispielsweise fanden Ryan et al. (1998) die gleichen Trends hinsichtlich der Unfallhäufigkeit bei jungen Männern und Frauen unter 25 Jahren. Unfallanalysen von Ulmer et al. (1997) sowie Williams et al. (1995) dagegen haben ergeben, dass junge Männer im Allgemeinen häufiger an Unfällen beteiligt sind als junge Frauen. Darüber hinaus tragen sie auch häufiger die Schuld am Unfall (Cooper et al., 1995). Zudem weisen die Unfälle männlicher, junger Fahrer etwas andere Charakteristiken auf. So ereignen sich Unfälle, an denen junge Männer bis 25 Jahre beteiligt sind, z. B. vermehrt nachts und enden häufiger tödlich (Clarke et al., 2006; Doherty, Andrey, & MacGregor, 1998). Zudem neigen junge Männer zwischen 18 und 21 Jahren laut Laapotti und Keskinen (1998) zu einem vermehrt riskanten Fahrverhalten, was sich in der Wahl der gefahrenen Geschwindigkeit oder dem Fahren unter Alkoholeinfluss ausdrückt. 16- bis 19-jährige Frauen dagegen sind nach McKnight und McKnight (2003) überproportional häufig in Unfälle verwickelt, die aufgrund eines Feh-

lers beim Blickverhalten verursacht wurden. Diese geschlechtsspezifischen Unterschiede sind allerdings nach McKnight und McKnight (2003) nur von geringer Größe und daher vernachlässigbar.

Mitfahrer

Auch die Anzahl weiterer Personen im Fahrzeug stellt einen Risikofaktor dar. Lambert-Bélanger et al. (2012) konnten zeigen, dass die Anwesenheit von Mitfahrern bei 16-Jährigen mit einer Zunahme von tödlichen Unfällen aufgrund zu hoher Geschwindigkeit einhergeht. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Preusser, Ferguson und Williams (1998). Beispielsweise ist das Risiko der 16-jährigen Fahrer in einen tödlichen Verkehrsunfall verwickelt zu sein 4.72-mal so hoch wie das der 30- bis 59-Jährigen, wenn sich noch weitere Personen im Fahrzeug befinden. Zudem tragen junge Fahrer häufiger die Schuld am Unfall, wenn sie mit gleichaltrigen Mitfahrern unterwegs sind. Im Vergleich dazu wirken sich Beifahrer ab einem Fahreralter von 30 Jahren protektiv aus (Preusser et al., 1998).

Die hier aufgeführten Risikofaktoren stellen lediglich eine erste Beschreibung des Unfallgeschehens junger, unerfahrener Fahrer dar ohne Berücksichtigung der durchaus vorhandenen Konfundierung verschiedener Faktoren (z. B. sind junge, unerfahrene Fahrer v. a. nachts mit gleichaltrigen Mitfahrern unterwegs). Genaue Aussagen wie und warum es zu den Verkehrsunfällen junger, unerfahrener Fahrer kam, lassen sich daraus nicht ableiten. Im Folgenden werden daher die häufigsten Unfallursachen dieser Fahrergruppe näher betrachtet, bevor die Ergebnisse basierend auf der reinen Analyse amtlicher Unfallstatistiken kritisch diskutiert werden.

2.1.2 Unfallursachen junger, unerfahrener Fahrer

In über 90 % der Fälle ist menschliches Fehlverhalten der Auslöser für einen Verkehrsunfall (vgl. z. B. Chiellino et al., 2010; Curry, Hafetz, Kallan, Winston, & Durbin, 2011). Dies findet sich auch in der amtlichen Unfallstatistik in Deutschland wieder. Im Schnitt wurde 2011 ein menschlicher Fehler je Unfall mit Personenschaden als Unfallursache von der Polizei vermerkt (Statistisches Bundesamt, 2012b). Abbildung 2. 1 gibt einen Überblick über die in Deutschland am häufigsten polizeilich erfassten Unfallursachen bei Unfällen mit Personenschaden aufgeschlüsselt für verschiedene Altersgruppen.

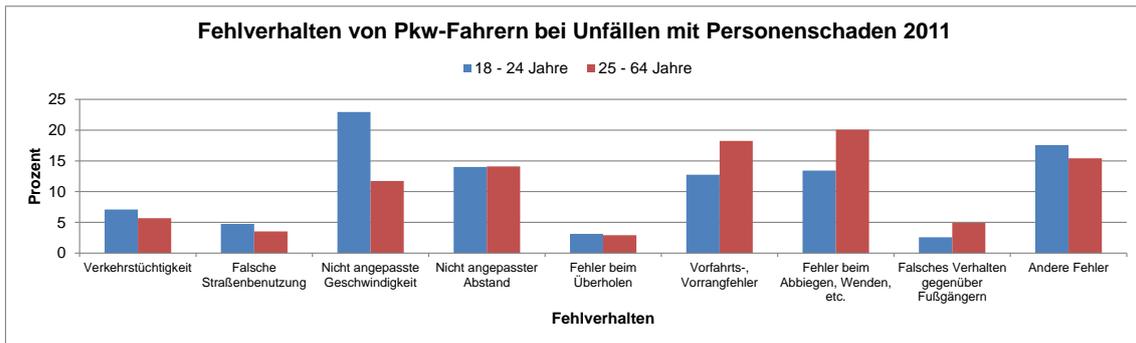


Abbildung 2. 1: Fehlverhalten von Pkw-Fahrern bei Unfällen mit Personenschaden 2011 – getrennt nach Altersgruppen (Statistisches Bundesamt, 2012a)

Betrachtet man Abbildung 2. 1 werden deutliche Unterschiede zwischen den zwei Altersgruppen erkennbar. Mit ca. 23 % stellte eine nicht angepasste Geschwindigkeit bei den 18- bis 24-Jährigen 2011 die häufigste Unfallursache dar, während dies nur in 12 % bei den 25- bis 64-Jährigen der Fall war (Statistisches Bundesamt, 2012a). Auch basierend auf den Auswertungen von Abdel-Aty et al. (1998), Alexander et al. (1990), Clarke et al. (2006), Marmor und Marmor (2006), McKnight und McKnight (2003) sowie Williams et al. (1995) stellt eine zu hohe Geschwindigkeit die häufigste Unfallursache bei Verkehrsunfällen junger Fahrer unter 24 Jahren dar.

Daneben konnten Alexander et al. (1990) mittels der Analyse sämtlicher der Polizei gemeldeter Unfälle zwei weitere große Ursachenbereiche für junge Fahrer unter 18 Jahren identifizieren: Unaufmerksamkeit sowie Missachtung der Vorfahrt. Williams et al. (1995) analysierten im Vergleich dazu nur tödliche Unfälle, an denen ein junger Fahrer beteiligt war, kamen jedoch zu ähnlichen Ergebnissen. Als weitere Unfallursache führten sie zudem Probleme bei der Spurhaltung auf. McGwin und Brown (1999, S. 198) fanden in ihrer Analyse von allen der Polizei gemeldeten Verkehrsunfällen in Alabama heraus, dass sich Unfälle jüngerer Fahrer im Alter zwischen 15 und 34 Jahren in erster Linie auf Fehler bei der Fahrzeugkontrolle (16.4 %), Vorfahrtsfehler (16.0 %) sowie Fehler beim Abschätzen des Bremsweges (12.0 %) zurückführen lassen. Hinsichtlich der häufigsten Unfallursachen unterschieden sie sich daher nicht von der Gruppe der 35- bis 54-Jährigen. McKnight und McKnight (2003) konnten zeigen, dass sich die meisten nicht-tödlichen Pkw-Unfälle der 16- bis 19-Jährigen auf Fehler bei der Aufmerksamkeit, bei der visuellen Überwachung des Verkehrsraums, beim Erkennen von Gefahren, bei der Wahl der richtigen Geschwindigkeit in Abhängigkeit von den äußeren Bedingungen sowie auf Fehler bei der Ausführung von Notfallmanövern zurückführen lassen. Auch Curry et al. (2011) kamen zu dem Schluss, dass ca. 46 % aller schweren Unfälle, die ein Fahrer

zwischen 15 und 18 Jahren verursacht hat, auf Wahrnehmungsfehler wie z. B. Fehler bei der visuellen Überwachung des Verkehrsraums zurückzuführen sind. Aggressives oder bewusst rücksichtsloses, riskantes Fahrverhalten wird dagegen nur in ca. 4 % der Unfälle als ursächlich angesehen (Curry et al., 2011, S. 1288). Curry et al. (2011) stützten ihre Analyse dabei nicht auf die alleinige Auswertung von Polizeiberichten, sondern erhoben weitere Daten zum Unfallhergang direkt vor Ort sowie aus Befragungen von Zeugen und Unfallbeteiligten. Braitman et al. (2008, S. 50f) kamen zu dem Ergebnis, dass sich 57 % der nicht-tödlichen Verkehrsunfälle 16-jähriger Fahrer in Connecticut auf zwei oder mehr Unfallursachen zurückführen lassen. Hauptunfallursachen sind dabei Wahrnehmungsfehler (39 %), eine zu hohe Geschwindigkeit für die aktuellen Straßenverhältnisse (26 %) oder der Kontrollverlust über das Fahrzeug (38 %). Neben polizeilichen Unfallberichten stützten sie ihre Analyse, ähnlich wie Curry et al. (2011), zusätzlich auf die Auswertung von Telefoninterviews mit den Hauptunfallverursachern. Clarke, Ward und Jones (1998) führten die Überrepräsentation der jungen Fahrer zwischen 16 und 22 Jahren bei Kontrollverlustunfällen während des Überholvorgangs v. a. auf eine falsche Entscheidung bei der Wahl der richtigen Geschwindigkeit sowie der Zeitlücke zum Überholen zurück. Mangelnde Fahrfähigkeiten und -fertigkeiten spielen ihrer Meinung nach dagegen nur eine untergeordnete Rolle.

2.1.3 Kritische Betrachtung bisheriger Forschungsergebnisse basierend auf der Analyse amtlicher Unfallstatistiken

Ziel der Analyse von Verkehrsunfällen junger Fahrer ist es, detaillierte Kenntnisse über die spezifischen Risikofaktoren sowie typischen Unfallursachen zu erlangen, die zur hohen Unfallbeteiligung junger Fahrer führen, um daraus effektive Präventionsmaßnahmen ableiten zu können.

Der typische Verkehrsunfall junger Fahrer unter 25 Jahren wird üblicherweise als „schwerer Allein-Unfall (Kontrollverlust), der sich auf einer Freizeitfahrt mit alkoholisierten Freunden bei hoher Geschwindigkeit am Wochenende und in der Nacht ereignet“, charakterisiert (Keskinen, 1996, S. 42). Betrachtet man die unter Kapitel 2.1.1 und 2.1.2 zusammengefassten Ergebnisse einzelner Unfallanalysen, findet sich dieses Muster bzw. einzelne Teilaspekte davon in verschiedenen Ländern (wie z. B. den USA (Doherty et al., 1998), Kanada (Lambert-Bélanger et al., 2012) oder auch Australien (Ryan et al., 1998)) wieder. Trotzdem ergibt sich insgesamt hinsichtlich der Beschreibung des typischen Verkehrsunfalls junger Fahrer kein einheitliches Bild. Auch Keskinen (1996, S. 42)

kommt in seinen weiteren Ausführungen zu dem Schluss, dass es den typischen Unfall junger Fahrer nicht gibt.

Generell liegt der Schwerpunkt auf der Analyse schwerer oder tödlicher Unfälle (vgl. dazu auch McGwin & Brown, 1999). Da sich tödliche Unfälle v. a. außerorts und nachts ereignen, erklärt dies zumindest teilweise, warum Unfälle junger Fahrer häufig auf eine zu hohe Geschwindigkeit zurückgeführt werden. Obwohl diese Schwerpunktsetzung aufgrund der Schwere der Unfallfolgen durchaus ihre Berechtigung hat, bereitet sie dennoch Probleme bei der Herausarbeitung spezifischer und häufiger Defizite junger Fahrer. Hinzu kommt, dass meist auf die Untersuchung einer Vergleichsstichprobe verzichtet wird. Die Frage, inwiefern sich das Unfallgeschehen junger Fahrer von dem der älteren Fahrerpopulationen unterscheidet, lässt sich daher nicht beantworten. In den wenigen Studien, die eine Vergleichsgruppe betrachteten (z. B. McGwin & Brown, 1999), fällt auf, dass sich die Ursachen und Risikofaktoren der jungen Fahrer nur unwesentlich von denen der mittleren Altersgruppe unterscheiden.

Ähnlich wie in Deutschland stützen sich die meisten internationalen Studien auf Daten, die von der Polizei (z. B. Alexander et al., 1990) oder Versicherungen (z. B. Laapotti & Keskinen, 2004) erhoben wurden. Aufgrund unterschiedlicher Einschlusskriterien – beispielsweise betrachteten Massie et al. (1995) nur tödliche Unfälle, wohingegen Clarke et al. (2006) ihre Analyse auf ganz bestimmte Unfalltypen beschränkten – findet bereits eine gewisse Selektion von Risikofaktoren und Unfallursachen statt. Hinzu kommt, dass, bedingt durch unterschiedliche Fahrausbildungssysteme, unter der Gruppe der jungen Fahrer oftmals verschiedene Altersgruppen zusammengefasst werden. Darüber hinaus liegen den Unfallanalysen häufig unterschiedliche Definitionen des Unfallrisikos zugrunde. Während beispielsweise Clarke et al. (2005) das Unfallrisiko 17- bis 25-jähriger Fahrer anhand ihres Anteils an der Gesamtbevölkerung relativieren, bezieht sich bei Massie et al. (1995) das Unfallrisiko auf die Unfallhäufigkeit der jungen Fahrer in Relation zu den durchschnittlich von ihnen gefahrenen Kilometern. Der Vergleich verschiedener Studienergebnisse gestaltet sich dadurch schwierig.

Als Hauptkritikpunkt lässt sich jedoch anbringen, dass die durchgeführten Analysen eine reine Beschreibung des Unfallgeschehens sowie der Fehlhandlungen, die zum Unfall geführt haben, darstellen (vgl. hierzu auch Hakamies-Blomqvist, 2006). Eine systematische Unfallanalyse, die versucht, die Unfallursachen näher zu beschreiben, findet sich lediglich bei Braitman et al. (2008), Curry et al. (2011) sowie McKnight und McKnight (2003). Die verwendeten Kategoriensysteme erscheinen jedoch bisweilen willkürlich und ohne theoretische Fundierung. Zudem eignen sich amtliche Unfallstatistiken sowie poli-

zeiliche Unfalldokumentationen im Allgemeinen nur bedingt zur Analyse der zugrundeliegenden Unfallursachen. Dies liegt in erster Linie im Ziel dieser Vorgehensweisen begründet. Bei polizeilichen Unfallrekonstruktionen stehen die begangenen Verstöße gegen die Straßenverkehrsordnung sowie Fragen nach dem Unfallverursacher im Vordergrund (Brühning, Otte, & Pastor, 2005; Gründl, 2005). Konsequenterweise werden als Unfallursachen daher oftmals die begangenen Verkehrsverstöße, wie eine überhöhte Geschwindigkeit oder ein Missachten der Vorfahrt, aufgeführt. Dadurch stellen die amtlichen Unfallursachen vielmehr eine Beschreibung des Verhaltens dar, das zum Unfall geführt hat. Die eigentliche Frage nach dem WARUM dieses Verhalten gezeigt wurde, beispielsweise warum der Fahrer zu schnell fuhr oder die Vorfahrt missachtet hat, wird dadurch nicht beantwortet. So sind vielfältige Gründe für die codierte Ursache „nicht angepasste Geschwindigkeit“ denkbar: zum einen ist es vorstellbar, dass der Fahrer ein Verkehrsschild übersehen hat, das ihn auf die Geschwindigkeitsänderung aufmerksam machte. Zum anderen könnte er den Straßenverlauf oder den Straßenzustand falsch eingeschätzt haben. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass er bewusst zu schnell gefahren ist, weil er unter Zeitdruck stand oder Freude am schnellen Fahren hatte. Genau die Beantwortung nach dem WARUM ist jedoch entscheidend, wenn es darum geht aus dem Fehlverhalten der jungen, unerfahrenen Fahrer ihren spezifischen Assistenzbedarf abzuleiten.

Um die Ursachen des Fehlverhaltens genauer zu untersuchen, ist nach Rasmussen (1982) eine detaillierte Fehler- oder Unfallanalyse notwendig, die auf einem Modell der menschlichen Informationsverarbeitung basiert und nicht die zu bewältigende Aufgabe in den Mittelpunkt der Analyse stellt. Fundierte Unfallanalysen, wie z. B. von Gründl (2005) oder Vollrath (2010), basieren daher auf handlungstheoretischen Modellen zur Fehlerklassifikation. Nur so scheint es möglich, die Frage nach dem WARUM sinnvoll zu beantworten.

Im Folgenden werden daher zunächst verschiedene Modelle zur Fehlerklassifikation vorgestellt (Kapitel 2.2.1 bis Kapitel 2.2.3), die die Grundlage sog. Detailunfallanalysen bilden, bevor auf einige Beispiele ihrer Anwendung eingegangen wird (Kapitel 2.2.4).

2.2 Detailunfallanalysen

Detailunfallanalysen verwenden verschiedene Klassifikationssysteme zur Beschreibung der Ursachen menschlicher Fehler, die aus unterschiedlichen handlungstheoretischen Modellen abgeleitet wurden. Für den Begriff menschlicher Fehler im Verkehrskontext wird im weiteren Verlauf der Arbeit die Definition von Vollrath, Briest und Schießl (2006)

verwendet, die Fehler als die Ausführung von Handlungen definiert, „die nicht adäquat an die Situation angepasst waren, sodass daraus Schäden für Fahrer, Fahrzeug oder die Umwelt entstehen“ (S. 7). Im Folgenden werden die häufigsten Fehlerklassifikationsmodelle, die im Rahmen der Detailunfallanalysen zum Einsatz kommen, kurz vorgestellt.

2.2.1 Fehlertaxonomie von Rasmussen (1982)

Nach der Fehlertaxonomie von Rasmussen sind Fehler, die während der Interaktion eines Menschen mit einem technischen System auftreten können, in erster Linie abhängig von den beteiligten mentalen Prozessen sowie dem vorhandenen Wissen des Menschen (Rasmussen, 1982). Nach Rasmussen (1982) müssen daher für eine fundierte Analyse menschlicher Fehler die menschliche Leistungsfähigkeit sowie die damit verbundenen Einschränkungen im Vordergrund stehen. Das von Rasmussen (1982, 1983, 1986) vorgeschlagene Modell menschlicher Informationsverarbeitung differenziert drei verschiedene Verhaltensebenen, die sich aufgrund der beteiligten kognitiven Prozesse unterscheiden lassen (siehe auch Abbildung 2. 2):

- fertigkeitsbasiertes Verhalten (skill-based performance)
- regelbasiertes Verhalten (rule-based performance)
- wissensbasiertes Verhalten (knowledge-based performance)

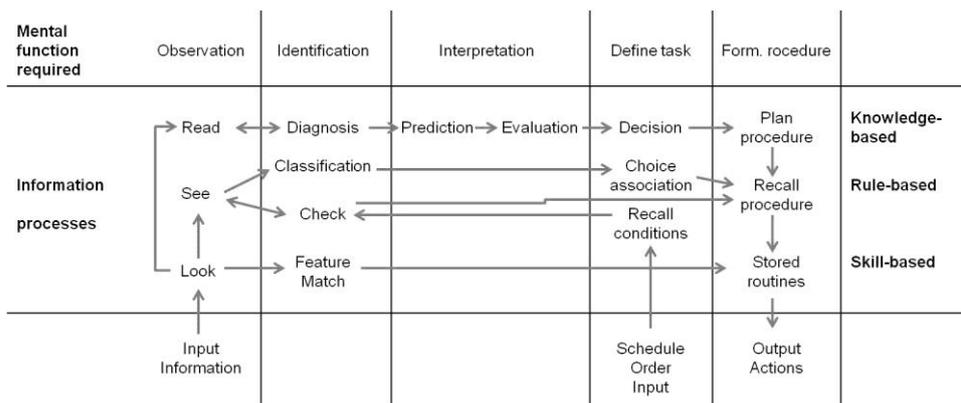


Abbildung 2. 2: Drei-Ebenen-Modell der menschlichen Informationsverarbeitung nach Rasmussen (1982, S. 317)

Fertigkeitsbasiertes Verhalten ist charakterisiert durch senso-motorische Reaktionsmuster, die weitestgehend automatisiert und ohne bewusste kognitive Kontrolle ablaufen. Hierbei wird als Reaktion auf einen Umweltreiz auf gespeicherte Verhaltensroutinen zurückgegriffen, die ohne Aufmerksamkeitszuwendung automatisch ausgeführt werden (Rasmussen, 1983, 1986). Diese gespeicherten Verhaltensroutinen sind das Ergebnis eines meist lang dauernden Lernprozesses. Fertigkeitsbasiertes Verhalten ist daher kennzeichnend für immer wieder gleich ablaufende Handlungen. Die Bedienung eines Schaltgetriebes im Fahrzeug ist dabei ein typisches Beispiel für fertigkeitsbasiertes Verhalten. Anders als erfahrene Fahrer benötigen Fahranfänger auch für diese Vorgänge noch sehr viel Aufmerksamkeit.

Auf der Ebene des regelbasierten Verhaltens reagiert der Mensch auf die vorliegenden situativen Gegebenheiten auf Basis abgespeicherter Verhaltensregeln. Diese können zum einen auf eigenen Erfahrungen mit ähnlichen Situationen oder aber auch auf allgemein anerkannten Normen und Vorgehensweisen beruhen. Entscheidend ist hier, dass sowohl für die Wahrnehmung der Situation als auch für die Auswahl einer Verhaltensregel bewusste kognitive Prozesse notwendig sind. Die Grenzen zwischen fertigkeits- und regelbasiertem Verhalten sind laut Rasmussen (1983, 1986) fließend und in erster Linie von der aufgewendeten Aufmerksamkeit sowie der bisher erbrachten Trainingsleistung abhängig. Ein Beispiel für regelbasiertes Verhalten im Straßenverkehr ist das Abbremsen und Anhalten an einem Zebrastreifen, wenn am Straßenrand Fußgänger warten.

Wissensbasiertes Verhalten zeigt sich dagegen in neuen und unbekanntem Situationen, so dass es nicht möglich ist, auf bereits existierende Verhaltensregeln oder automatisch ablaufende Verhaltensroutinen zurückzugreifen. Das gezeigte Verhalten stellt hier das Ergebnis eines bewusst ablaufenden Planungs- und Entscheidungsprozesses dar. Verschiedene Handlungsalternativen werden betrachtet und auf Basis des eigenen Wissens und unter Berücksichtigung der situativen Gegebenheiten sowie der eigenen Ziele bewertet. Am Ende dieses bewusst ablaufenden Prozesses wird die Handlungsalternative ausgeführt, die am besten zur Zielerreichung geeignet ist (Rasmussen, 1983, 1986). Da junge, unerfahrene Fahrer noch nicht in dem Maße auf fertigkeits- sowie regelbasiertes Verhalten zurückgreifen können wie erfahrene Fahrer, sind auch für einfache Verkehrssituationen (z. B. Einfahren in einen unbekanntem Kreisverkehr mit Fußgängerüberweg) noch viele bewusst ablaufende Planungs- und Entscheidungsprozesse notwendig.

Nach Rasmussen (1982) sind menschliche Fehler auf allen drei Verhaltensebenen möglich. Diese haben ihren Ursprung jedoch in unterschiedlichen Prozessen der

menschlichen Informationsverarbeitung. Ein typischer Fehler auf der regelbasierten Ebene ist beispielsweise eine falsche Interpretation der Situation, was die Auswahl einer ungeeigneten Verhaltensregel nach sich zieht. Basierend auf dem Modell der menschlichen Informationsverarbeitung entwickelte Rasmussen (1982) ein Klassifizierungsschema zur Beschreibung menschlicher Fehler, die während des Umgangs mit technischen Systemen auftreten können. Dieses Schema wurde von Zimmer (2001) auf die Fahrzeugführung übertragen (siehe Abbildung 2. 3). Insgesamt unterscheidet Zimmer (2001) neben dem Vorliegen eines mechanischen bzw. strukturellen Fehlers sechs verschiedene menschliche Fehler der Fahrzeugführung (Informationsfehler, Diagnosefehler, Zielsetzungsfehler, Fehler in der Auswahl der Vorgehensweise, Handlungsfehler sowie Bedienungsfehler). So handelt es sich beispielsweise um einen Informationsfehler, wenn der Fahrer grundsätzlich die Möglichkeit hatte, fahrrelevante Informationen wahrzunehmen, dies jedoch gar nicht bzw. zu spät erfolgte (Gründl, 2005, S. 84). Eine genaue Beschreibung der einzelnen Fehlerarten im Kontext des Autofahrens findet sich bei Gründl (2005, S. 84f).

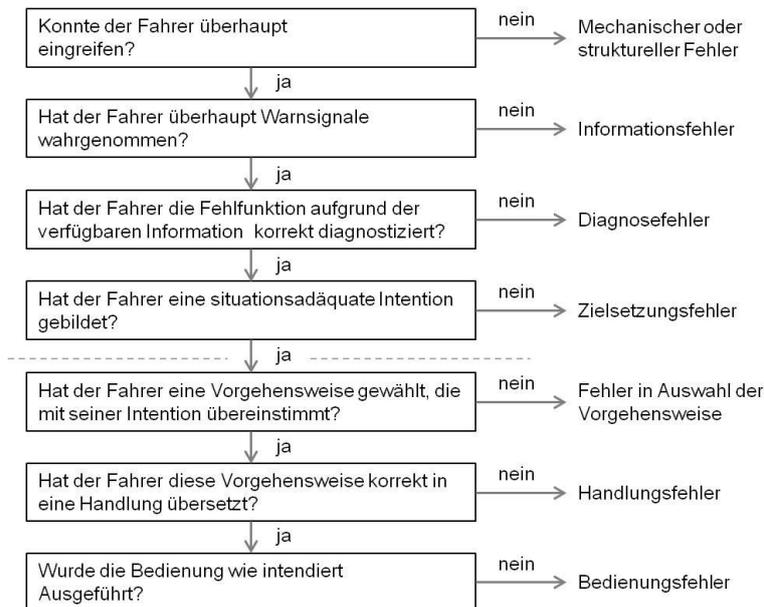


Abbildung 2. 3: Klassifizierungsschema zur Beschreibung menschlicher Fehler bei der Fahrzeugführung (Zimmer, 2001, S. 45), basierend auf Rasmussen (1982)

Das Klassifizierungsschema von Rasmussen (1982) zielt darauf ab, den Schritt im Informationsverarbeitungsprozess zu identifizieren, an dem der für den Unfall verantwortliche Fehler auftrat. Ein großer Vorteil der Anwendung dieses Klassifizierungsschemas gegenüber der reinen Analyse amtlicher Unfalldaten ist, dass das menschliche Fehlverhalten, das zu einem Unfall geführt hat, sehr detailliert beschrieben werden kann. Zudem lassen sich durch die Bestimmung der am häufigsten auftretenden Fehler zielführende Ansatzpunkte zur Auslegung von Fahrerassistenzsystemen ableiten. Voraussetzung ist jedoch, dass fundierte Beschreibungen des Unfalls sowie der dem Unfall vorhergehenden situativen Bedingungen und menschlichen Verhaltensweisen vorliegen.

2.2.2 Fehlermodell von Reason (1990)

Ein Fehlerklassifikationsmodell, das sich ebenfalls an dem Modell menschlicher Informationsverarbeitung von Rasmussen (1983) orientiert, findet sich bei Reason (1990). Das Modell unterscheidet drei verschiedene Fehlerarten, die den drei Verhaltensebenen von Rasmussen zugeordnet werden können (Reason, 1990, S. 56):

- Fertigkeitsbasiertes Verhalten: Patzer und Schnitzer
(Aufmerksamkeits- und Gedächtnisfehler; slips and lapses)
- Regelbasiertes Verhalten: regelbasierte Fehler
(rule-based mistakes)
- Wissensbasiertes Verhalten: wissensbasierte Fehler
(knowledge-based mistakes)

Die drei Fehlerarten (siehe auch Abbildung 2. 4) unterscheiden sich dabei hinsichtlich der Dimensionen der beteiligten Informationsverarbeitungsprozesse, wie z. B. dem Aktivitätslevel oder auch dem Aufmerksamkeitsfokus. Während Aufmerksamkeits- und Gedächtnisfehler v. a. bei Routineaufgaben aufgrund mangelnder Aufmerksamkeit auftreten, finden regel- sowie wissensbasierte Fehler während eines Problemlöseprozesses statt, der im Fokus der Aufmerksamkeit steht. Kennzeichnend für diese beiden Fehlertypen ist, dass zur Lösung des Problems die falsche Strategie ausgewählt wird (Reason, 1990).

Beispiele für diese drei Fehlerarten lassen sich auch im Straßenverkehr finden. Ein Fehler auf der Ebene des fertigkeitsbasierten Verhaltens liegt beispielsweise vor, wenn

ein Fahrer beim Beginn des Überholvorgangs vergisst vorher seine Spiegel zu überprüfen und erst durch ein Hupen des Fahrers im nachfolgenden Fahrzeug darauf aufmerksam gemacht wird, dass dieser bereits das Überholmanöver gestartet hat. Fehler auf der regelbasierten Ebene sind dadurch gekennzeichnet, dass zur Lösung der Situation eine falsche Verhaltensregel ausgewählt wurde. Entscheidet sich ein Fahrer, einen Zebrastreifen zu überfahren, obwohl er sieht, dass am Straßenrand Fußgänger warten, hat er sich in diesem Moment für eine Verhaltensregel entschieden, die zu einem schweren Unfall führen kann, falls die Fußgänger den Zebrastreifen betreten. Wissensbasierte Fehler treten dagegen in unbekannten oder komplexen Situationen auf, in denen auf keine bereits bekannte und erprobte Problemlösestrategie zurückgegriffen werden kann (Reason, 1990). Vor allem Fahranfänger dürften im Straßenverkehr häufig mit neuen und unbekannten Situationen konfrontiert werden. Solch eine Situation liegt beispielsweise vor, wenn plötzlich ein Wildtier vor dem eigenen Fahrzeug auf die Straße läuft. Entscheidet sich der Fahrer in dieser Situation dazu auszuweichen, sind häufig schwere Verkehrsunfälle die Folge.

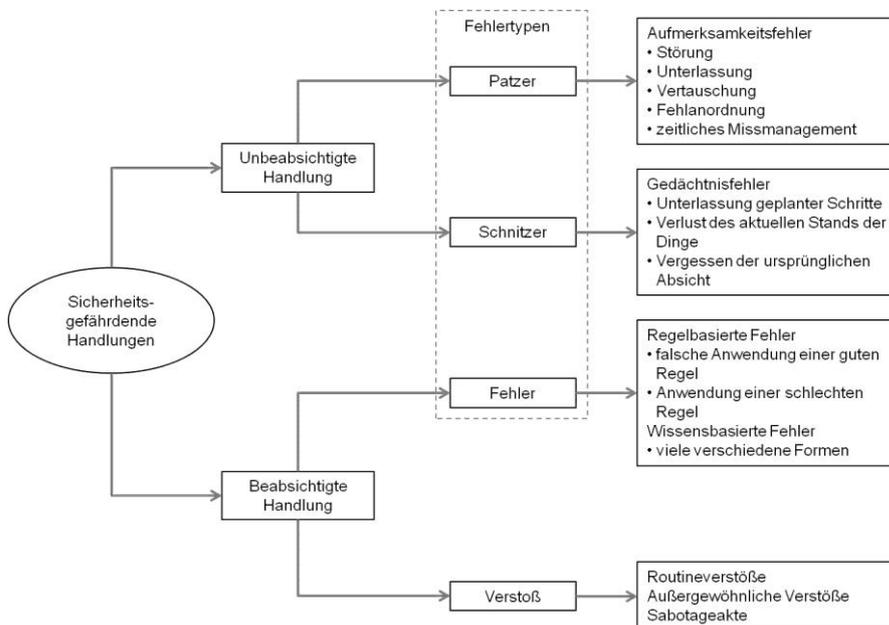


Abbildung 2. 4: Modell der gefährdenden Verhaltensweisen (entnommen aus Reason, 1994, S. 255)

Nach Reason (1990) ist die alleinige Unterscheidung der drei Fehlerarten jedoch nicht ausreichend, wenn es darum geht, die Ursachen zu identifizieren, die zu einem Unfall

geführt haben. In seinem Modell der gefährdenden Verhaltensweisen differenziert er daher zusätzlich zwischen Fehlern und Verstößen (siehe Abbildung 2. 4). Während Fehler in den kognitiven Informationsverarbeitungsprozessen ihre Ursache haben, spielt bei Verstößen das soziale Umfeld eine große Rolle (Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990). Ferner geht einem Verstoß eine bewusste Entscheidung für dieses Verhalten voraus (Reason, 1990).

Reason (1990) unterscheidet drei Arten an Verstößen: Sabotagehandlungen, Routineverstöße und Ausnahmeverstöße. Ausnahme- sowie Routineverstöße werden zwar bewusst ausgeführt, haben im Gegensatz zu Sabotagehandlungen jedoch nicht das Ziel Schaden anzurichten. Im Straßenverkehr dürften daher v. a. diese beiden Verstoßtypen anzutreffen sein. Beispielsweise kann das häufige Überschreiten der zulässigen Höchstgeschwindigkeit als Routineverstoß betrachtet werden. Laut Reason (1990, S. 196) sind zwei Faktoren für dessen Entstehung entscheidend: erstens die Tendenz des Menschen immer den bequemsten Weg zu wählen und zweitens eine gleichgültige Umgebung. So bringt z. B. das zu schnelle Fahren den persönlichen Vorteil schneller ans Ziel zu kommen. Gleichzeitig ist die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Verstoß entdeckt wird, relativ gering.

Zudem reicht es nach Reason (1990) bei der Analyse von Unfällen nicht aus, sich allein auf menschliche Ursachenfaktoren zu konzentrieren, da Unfälle immer das Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels menschlicher Fehlhandlungen und ungünstiger situativer Bedingungen sind. Beispielsweise führt das Überfahren einer roten Ampel nur dann zu einem Unfall, wenn gleichzeitig vorfahrtberechtigte Fahrzeuge die Kreuzung überqueren möchten. Bei der Analyse von Verkehrsunfällen gilt es daher immer auch die situativen Faktoren zu betrachten.

Generell stellt das Modell von Reason (1990) eine sinnvolle Ergänzung des Klassifizierungsschemas menschlicher Fehler von Rasmussen (1982) dar, da – wie Gründl (2005) richtig bemerkt – die Berücksichtigung absichtlich begangener Regelverstöße bei der Ursachenanalyse von Verkehrsunfällen unabdingbar ist.

2.2.3 Klassifikation von Fehlhandlungen nach Hacker (1998)

Ein weiteres Modell, das sich zur Beschreibung menschlicher Fehler vor einem Unfall eignet, stammt von Hacker (1998). In den Mittelpunkt der Analyse von Fehlern im Arbeitsprozess stellt Hacker (1998) „Fehlhandlungen von Arbeitenden, welche die jeweilige Tätigkeit „eigentlich“ beherrschen sollten“ (S. 666). Dabei beziehen sich Fehlhandlungen auf diejenigen Prozesse, die an der Ausführung einer Handlung beteiligt sind, die

Hacker (1998) unter den Begriffen Orientieren, Entwerfen, Entscheiden sowie Ausführen zusammenfasst. Übertragen auf den Bereich der Verkehrsunfälle kann als Fehlhandlung daher diejenige Handlung bezeichnet werden, die dem Unfall unmittelbar vorausging. Ein Beispiel dafür wäre das Überholen eines langsameren Fahrzeugs trotz Gegenverkehr. Die Fehlhandlung alleine sagt jedoch noch nichts darüber aus, warum diese ausgeführt wurde – in dem oben erwähnten Beispiel also warum der Fahrer trotz Gegenverkehr zum Überholen ansetzte. Unter dem Aspekt der Unfallvermeidung ist diese Information jedoch von großer Bedeutung und bildet den Ausgangspunkt für die Entwicklung sinnvoller Maßnahmen zur Fehlervermeidung.

Zur Analyse der Ursachen von Fehlhandlungen schlägt Hacker (1998) ein sehr differenziertes und detailliertes Klassifikationsschema vor, bei dem der Aspekt der Fehlervermeidung im Vordergrund steht (siehe Abbildung 2. 5). Ausgangspunkt einer Fehlhandlung stellt nach Hacker (1998) der Mangel an Informationen dar, die für die Vermeidung einer Fehlhandlung jedoch zwingend erforderlich sind. Dieser Informationsmangel kann unterschiedliche Ursachen haben. Zum einen ist es möglich, dass Informationen objektiv nicht verfügbar waren und folglich auch gar nicht erst wahrgenommen werden konnten. Eine solche Ursache liegt nach Gründl (2005) im Straßenverkehr z. B. dann vor, wenn relevante Informationen aufgrund von Bebauung, Bepflanzung etc. für den Fahrer nicht zu sehen waren. Bezogen auf das obige Beispiel würde dies bedeuten, dass das entgegenkommende Fahrzeug für den Fahrer z. B. aufgrund des Straßenverlaufs nicht zu sehen war. Zum anderen kann dieser Informationsmangel auch in der falschen Nutzung objektiv vorhandener Informationen begründet sein (Hacker, 1998). Hierbei unterscheidet Hacker (1998) zusätzlich zwischen einer fehlenden sowie einer falschen Nutzung vorhandener Informationen. Beispiel für eine fehlende Nutzung vorhandener Informationen im Straßenverkehr wäre beim Überholen das Übersehen eines entgegenkommenden Fahrzeugs. Eine falsche Nutzung vorhandener Informationen liegt dagegen dann vor, wenn das entgegenkommende Fahrzeug wahrgenommen, der zeitliche Abstand zu diesem jedoch falsch eingeschätzt wird.

Generell unterscheidet Hacker (1998) zwei Möglichkeiten zur Vermeidung eines Unfalls: zum einen kann dieser durch Beseitigung der Unfallursache vermieden werden. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die Handlungen zu unterbinden, die zu einem Unfall führen können. Eine genaue Kenntnis der Unfallursachen ist hierfür nicht notwendig.

Hacker (1998) betont auch, dass eine Fehlhandlung nicht automatisch zu einem Unfall führen muss. Für die Entstehung eines Unfalls ist oftmals das zufällige Zusammenreffen einer Fehlhandlung mit ungünstigen situativen Faktoren entscheidend. Daher müssen bei einer detaillierten Analyse der Ursachen von Verkehrsunfällen neben

menschlichen immer auch technische Faktoren sowie Umweltfaktoren mitberücksichtigt werden.

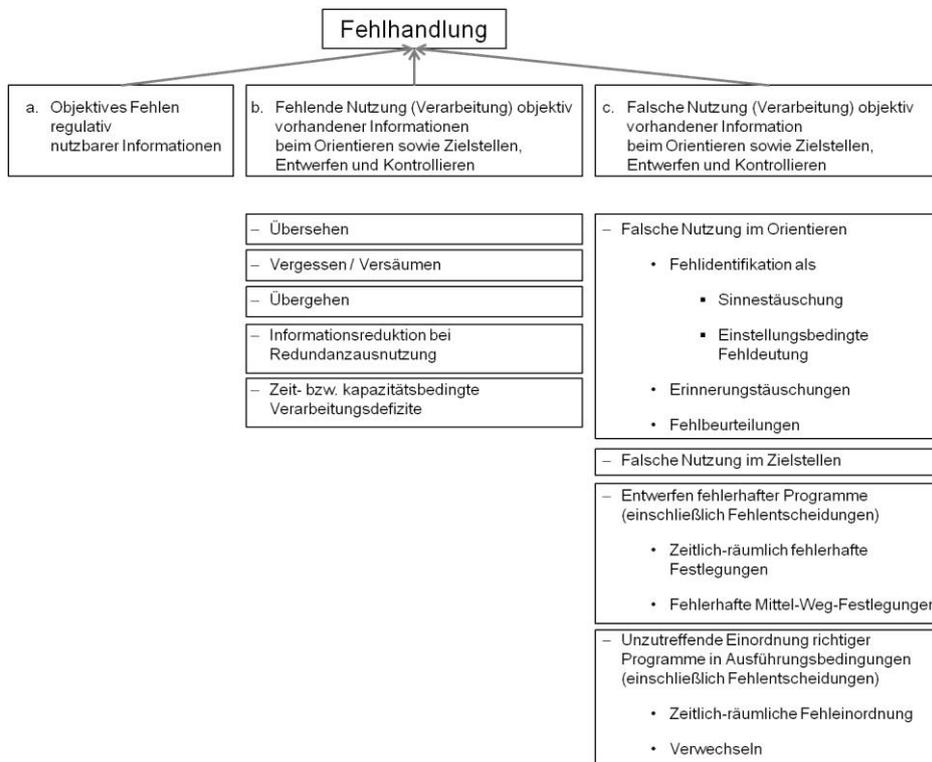


Abbildung 2. 5: Verhütungsbezogene Klassifikation von Fehlhandlungen nach Hacker (1998, S. 692)

Im Vergleich zu den Klassifikationsschemata von Rasmussen (1982) sowie Reason (1990) stellt die Klassifikation von Hacker (1998) das ausführlichste System dar. Dies betrifft v. a. die Schritte Informationsaufnahme und -verarbeitung. Da laut Graab, Donner, Chiellino und Hoppe (2008) über 60 % der Unfälle auf Fehler bei der Informationsaufnahme zurückzuführen sind, verspricht das Klassifikationsschema von Hacker (1998) den größten Erkenntnisgewinn. Zu berücksichtigen bleibt jedoch, dass sehr viele Informationen zum Unfallhergang sowie zur Phase unmittelbar vor dem Unfall vorliegen müssen, um die Fehleranalyse nach Hacker anwenden zu können. Polizeiliche Unfallberichte als alleinige Datenbasis sind hierfür nicht ausreichend, da in ihnen viele notwendige Informationen, z. B. hinsichtlich Unaufmerksamkeiten oder Ablenkungen des Fahrers, nicht enthalten sind.

Im Folgenden werden einige Beispiele beschrieben, die aufzeigen, wie die vorgestellten Schemata zur Fehlerklassifikation im Rahmen der Detailunfallanalyse bisher eingesetzt wurden.

2.2.4 Anwendung der Fehlerklassifikationsschemata im Rahmen der Detailunfallanalyse

Mit Hilfe der vorgestellten Klassifikationsschemata können die Hintergründe und Ursachen menschlicher Fehlhandlungen, die zu einem Unfall geführt haben, detailliert und differenziert untersucht werden. Diese Vorgehensweise findet in sog. Detailunfallanalysen Anwendung. Kennzeichnend dafür ist, dass neben der Auswertung polizeilicher Unfallprotokolle weitere Daten zur Rekonstruktion des Unfallhergangs herangezogen werden, die von einem interdisziplinären Team, meist bestehend aus Ingenieuren, Medizinern und Psychologen, erhoben wurden (z. B. bei Larsen, 2004; Otte, Pund, & Jänsch, 2009; Chiellino et al., 2010). Dadurch ist es möglich ein ganzheitliches Bild der Unfallentstehung zu entwickeln, wobei neben menschlichen auch technische und Umweltfaktoren sowie deren Interaktion berücksichtigt werden. Der Fokus dieser Analysen liegt dabei auf der Phase unmittelbar vor dem Unfall (Pre-Crash-Phase). Häufig werden im Rahmen einer Detailunfallanalyse strukturierte Interviews mit den am Unfall beteiligten Fahrern geführt, um mehr über die Begleitfaktoren und Hintergründe des dem Unfall vorausgehenden Verhaltens der Fahrer zu erfahren. Dabei stehen v. a. die Wahrnehmung, der Aufmerksamkeitsfokus, aber auch der emotionale sowie motivationale Zustand der Fahrer im Mittelpunkt des Interesses (vgl. z. B. Hörauf, Buschardt, Donner, Graab, & Winkle, 2006; Larsen, 2004).

Basierend auf den Ergebnissen einer Detailunfallanalyse können wesentlich spezifischere Empfehlungen für Präventionsmaßnahmen abgeleitet werden, als dies anhand der reinen Betrachtung polizeilicher Unfallursachen der Fall ist. Sind die genauen Unfallursachen bekannt, lassen sich beispielsweise konkrete Anforderungen an den Unterstützungsgrad von Fahrerassistenzsystemen generieren (vgl. auch Vollrath et al., 2006).

Auch in Deutschland wurden Verkehrsunfälle bereits mit Hilfe dieser Methodik untersucht. Beispielsweise stützten Vollrath et al. (2006) sowie Vollrath (2010) ihre Verkehrsunfallanalysen auf eine reduzierte Version des Klassifizierungsschemas von Rasmussen (1982; vgl. Kapitel 2.2.1), wobei sie sich in ihrem Vorgehen an Larsen (2004) orientierten. Sie unterschieden hierbei lediglich zwischen vier möglichen Fehlerursachen, die sich auf Rasmussens Informations-, Diagnose-, Entscheidungs- sowie Handlungsfehler beziehen (siehe Kapitel 2.2.1). Abhängig vom Unfalltyp konnten verschiedene Hauptunfallursachen ermittelt werden. Beispielsweise wiesen Vollrath et al. (2006) nach, dass Einbiegen- oder Kreuzen-Unfälle in erster Linie auf Informationsfehler zurückgeführt werden können. Entscheidungsfehler stellten dagegen die häufigste Unfallursache bei Fahrmanövern dar, wobei eine Fehlanpassung der Geschwindigkeit an den Straßenzustand am häufigsten zu beobachten war. Zu kritisieren ist jedoch, dass Vollrath et al. (2006) sowie

Vollrath (2010) ihre Analyse lediglich auf die Auswertung polizeilicher Unfallberichte stützten. Wie bereits erwähnt, sind in diesen jedoch viele Informationen nicht enthalten, die für eine umfassende Fehlerklassifikation notwendig wären.

Eine Detailunfallanalyse, die neben den Unfallberichten der Polizei auch selbst erhobene Daten aus Interviews mit den beteiligten Fahrern sowie aus der technischen Begutachtung der verunfallten Fahrzeuge heranzieht, findet sich bei der Unfallforschung der AUDI AG (z. B. Chiellino et al., 2010; Graab et al., 2008; Gründl, 2005; Hörauf et al., 2006; Weber, Ernstberger, Eckart, & Kiss, 2013), der Volkswagen AG (Staubach, 2009, 2010) sowie der GIDAS (German In-Depth Accident Study), einem Projekt der Bundesanstalt für Straßenwesen sowie der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (Otte et al., 2009). Grundlage der Fehleranalyse bildete bei Gründl (2005) oder auch Hörauf et al. (2006) eine Kombination des Klassifizierungsschemas von Rasmussen (1982; vgl. Kapitel 2.2.1) sowie der Unterscheidung zwischen Fehlern und Verstößen nach Reason (1990; vgl. Kapitel 2.2.2). Gründl (2005) konnte in seiner Analyse von 312 Verkehrsunfällen zeigen, dass ca. 77 % der Unfälle auf Fehler bei der Wahrnehmung relevanter Informationen zurückzuführen waren. Zudem beging ca. ein Drittel der Fahrer einen bewussten Verstoß, wobei nach Gründl (2005) Routineverstöße zu einer Erhöhung des Unfallrisikos um 40 %, Ausnahmeverstöße sogar zu einer Steigerung um 60 % führten.

Da mehr als zwei Drittel aller Verkehrsunfälle durch Informationsfehler verursacht werden, wurde das von Gründl (2005) verwendete Klassifikationsschema in einer Kooperation der Unfallforschungen von AUDI und Volkswagen sowie der GIDAS weiterentwickelt (Graab et al., 2008). Dabei stand v. a. die Informationsaufnahme im Fokus und wurde in Anlehnung an die verhütungsbezogene Klassifikation von Fehlhandlungen nach Hacker (1998; vgl. Kapitel 2.2.3) feiner untergliedert (Staubach, 2010). Darüber hinaus wurden Handlungs- und Bedienfehler unter einer gemeinsamen Fehlerkategorie zusammengefasst. Methodenfehler fanden dagegen keine Berücksichtigung mehr. Dieses Vorgehen wird im Rahmen der AUDI Unfallforschung als Five-Step-Methode bezeichnet. Das von GIDAS verwendete Klassifikationsschema Accident Causation Analysis with Seven Steps greift dagegen auf eine noch differenziertere Auflösung bei der Informationsaufnahme sowie -verarbeitung zurück und verfügt daher über zwei weitere Fehlerkategorien (Otte et al., 2009, S. 124). Neben menschlichen Faktoren werden bei beiden Vorgehensweisen zusätzlich technische Faktoren und Umweltfaktoren berücksichtigt. Beide Methoden wurden bereits erfolgreich eingesetzt. Beispielsweise konnten Graab et al. (2008) mittels der Analyse von 287 Unfällen zeigen, dass eine fehlende Nutzung vorhandener Informationen mit 37 % die häufigste Unfallursachenkategorie

darstellt. Neben Ablenkungen im Fahrzeug waren die Ursachen hierfür ein niedriger Aktivierungszustand sowie ein falscher Aufmerksamkeitsfokus. Informationsverarbeitungsfehler sowie Zielsetzungsfehler spielten in je 20 % der Unfälle eine wichtige Rolle. Bewusste Regelverstöße werden sowohl von Chiellino et al. (2010), Otte et al. (2009) als auch Staubach (2010) in 10 bis 15 % der Fälle als ursächlich angesehen.

Die Methodik der Fehlerklassifikation, wie sie z. B. von Graab et al. (2008) oder auch Otte et al. (2009) angewandt wurde, stellt ein hervorragendes Werkzeug zur Ursachenanalyse von Verkehrsunfällen dar. Durch die detaillierte Betrachtungsweise der Unfallursachen ist es möglich, diejenigen Schritte im Informationsverarbeitungsprozess zu identifizieren, die für den Unfall verantwortlich sind. Darauf aufbauend können konkrete Eingriffsstrategien für Präventionsmaßnahmen abgeleitet werden. Vor allem vor dem Hintergrund, dass ca. 60 % der Unfälle auf Informationsfehler zurückzuführen sind, scheint ein derartiges Vorgehen unabdingbar.

Obwohl die hier aufgezeigten Detailunfallanalysen wichtige Erkenntnisse bezüglich der Unfallentstehung liefern, können daraus jedoch nur wenig Informationen bezüglich der überproportional hohen Unfallbeteiligung junger Fahrer unter 25 Jahren gewonnen werden. Eine detaillierte Unfallursachenanalyse getrennt für einzelne Altersgruppen wurde bisher nicht vorgenommen. Es ist jedoch aus mehreren Gründen davon auszugehen, dass sich die Unfallursachen junger, unerfahrener Fahrer von denen anderer Altersgruppen unterscheiden. Sofern dem Erfahrungsdefizit sowie der jugendlichen Unreife junger Fahrer (z. B. Mayhew et al., 2003) eine tragende Rolle bei der Unfallentstehung zukommt, ist davon auszugehen, dass hinsichtlich der Verteilung der Unfallursachen Unterschiede zwischen den Altersgruppen bestehen. Erste Hinweise darauf lassen sich z. B. bei Staubach (2010) finden. Sie konnte nachweisen, dass jüngere Fahrer häufiger zu Fehleinschätzungen bezüglich des Straßenzustands neigen. Auch die Analyse von Gründl (2005) ergab, dass bei jungen Fahrern bis 24 Jahre häufiger eine Fehleinschätzung der Situation ursächlich für den Verkehrsunfall ist. Zudem geht dem Verkehrsunfall eines jüngeren Fahrers wesentlich häufiger ein bewusster Regelverstoß voraus.

Um genauer beurteilen zu können, ob und worin Unterschiede in den Unfallursachen zwischen den verschiedenen Fahrergruppen bestehen, sind Detailunfallanalysen daher unerlässlich. Im Folgenden werden daher mittels einer Detailunfallanalyse die häufigsten Unfallursachen junger Fahrer herausgearbeitet und mit denen der mittleren Altersgruppe verglichen.

3 Unfallursachen junger Fahrer – Ergebnisse der eigenen Detailunfallanalyse

3.1 Fragestellung und Vorgehen

Trotz zahlreicher identifizierter Risikofaktoren gibt es noch keine gesicherten Kenntnisse, worauf das hohe Unfallrisiko 18- bis 24-jähriger Fahrer im Einzelnen zurückzuführen ist. Obwohl die jungen Fahrer die am stärksten gefährdete Fahrergruppe darstellen, standen sie bisher nicht im Fokus sog. Detailunfallanalysen. Bis heute herrscht beispielsweise wenig Einigkeit bezüglich der Frage, ob das hohe Unfallrisiko eher in der mangelnden Fahrerfahrung oder dem jugendlichen Risikoverhalten begründet liegt. Zudem ist unklar, inwiefern sich die Unfallursachen junger Fahrer in ihrer Verteilung von der Ursachenverteilung erfahrener Fahrer unterscheiden. Die Beantwortung dieser Frage ist jedoch notwendig, wenn es darum geht den zielgruppenspezifischen Assistenzbedarf festzulegen.

In den anschließenden Kapiteln werden daher die Ergebnisse einer vertieften Unfallanalyse, basierend auf der Five-Step-Methode (vgl. Kapitel 2.2.4), vorgestellt, in der die unfallverursachenden Fehler 18- bis 24-jähriger Fahrer mit denen der mittleren Altersgruppe zwischen 30 und 40 Jahren verglichen werden³.

Folgende zentrale Fragestellungen standen im Mittelpunkt der Analyse:

- Welche Fehler junger, unerfahrener Autofahrer zwischen 18 und 24 Jahren verursachen am häufigsten einen Verkehrsunfall?
- Gibt es Unterschiede zwischen jungen, unerfahrenen Fahrern unter 25 Jahren und erfahrenen Fahrern zwischen 30 und 40 Jahren hinsichtlich der Verteilung der einzelnen unfallverursachenden Fehler?

Wie bereits erwähnt, wird häufig eine zu hohe Geschwindigkeit für die hohe Unfallbeteiligung junger Fahrer verantwortlich gemacht, die als Ausdruck eines bewusst riskanten Fahrverhaltens gesehen wird (Clarke et al., 2005). Allerdings lässt die Analyse amtlicher Unfallstatistiken diese Schlussfolgerung nur bedingt zu. Beispielsweise kann eine zu hohe Geschwindigkeit auch Folge einer Fehleinschätzung der Verkehrssituation statt einer bewusst ausgeführten Regelverletzung sein (vgl. McKnight & McKnight, 2003). Zudem verunglücken junge Fahrer häufiger als andere Altersgruppen in einem Fahrnunfall

³ Die beiden Gruppen konnten nicht hinsichtlich ihrer Fahrerfahrung unterschieden werden, da diese nicht Teil der Datenerhebung der AUDI Verkehrsunfallforschung ist.

(z. B. Ballesteros & Dischinger, 2002). Daraus ergeben sich für die Detailunfallanalyse zusätzlich folgende Fragestellungen:

- Basieren Fahrnfälle bei jungen, unerfahrenen Fahrern unter 25 Jahren auf anderen Fehlern als bei erfahrenen Fahrern zwischen 30 und 40 Jahren?
- Sind Unfälle aufgrund überhöhter Geschwindigkeit bei jungen Fahrern auf Fehleinschätzungen der Situation oder bewusst riskantes Fahrverhalten zurückzuführen?

Die vertiefte Unfallanalyse basiert auf dem Vorgehen der AUDI Verkehrsunfallforschung, bekannt unter dem Namen AARU (Audi Accident Research Unit). Zunächst wird daher die Methodik der AARU kurz beschrieben, bevor auf die einzelnen Ergebnisse eingegangen wird.

3.2 Methodik der AARU Verkehrsunfallforschung

Die Verkehrsunfallforschung der AUDI AG untersucht Verkehrsunfälle, an denen ein AUDI-Fahrzeug beteiligt ist, aus technischer, medizinischer sowie verkehrspsychologischer Sicht. Ziel der AARU ist es, mittels der ganzheitlichen Untersuchung von Verkehrsunfällen detaillierte Erkenntnisse über den Unfallhergang zu gewinnen. Diese fließen in die (Weiter-)Entwicklung passiver sowie aktiver Sicherheitsmaßnahmen ein. Der Schwerpunkt der psychologischen Unfallanalyse liegt beispielsweise auf dem Verhalten der Fahrer sowie auf deren subjektiven Eindrücken und Empfindungen in der Phase kurz vor dem Unfall (Chiellino et al., 2010; Graab et al., 2008). Um neben dem polizeilichen Unfallbericht zusätzliche Informationen zum Unfallhergang zu erhalten, werden standardisierte Interviews mit den beteiligten Fahrern geführt. Dadurch ist es möglich, den Informationsverarbeitungsprozess der beteiligten Fahrer möglichst umfassend zu rekonstruieren, um daraus die für den Unfall ursächlichen Fehler ableiten zu können.

Die Fehlerklassifikation der menschlichen Unfallursachen erfolgt mittels der Five-Step-Methode (vgl. Kapitel 2.2.4), die auf der Fehleranalyse von Rasmussen (1982), Reason (1990) sowie Hacker (1998) basiert. Eine reduzierte Übersicht dieses Analyse-schemas befindet sich in Abbildung 3. 1. Im ersten Analyseschritt wird ermittelt, wo im Ablauf des Informationsverarbeitungsprozesses (Informationszugang, Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung, Zielsetzung oder Handlung) der Fehler aufgetreten ist (linke Spalte in Abbildung 3. 1). Als nächstes werden diejenigen Einflussfaktoren identifiziert, die zur Entstehung dieses Fehlers beigetragen haben (mittlere Spalte in Abbil-

dung 3. 1). Beispielsweise könnte ein Fehler bei der Informationsaufnahme auf eine Ablenkung im Fahrzeug oder auch auf einen zu niedrigen Aktivierungszustand zurückgeführt werden. Im letzten Schritt werden die Indikatoren der Einflussfaktoren genauer herausgearbeitet (rechte Spalte in Abbildung 3. 1; Chiellino et al., 2010; Graab et al., 2008). Zum Beispiel könnte eine Ablenkung im Fahrzeug auf die Bedienung fahrzeuginterner Geräte oder die Unterhaltung mit einem Beifahrer zurückgeführt werden. Ein niedriger Aktivierungszustand könnte beispielsweise mit Müdigkeit, aber auch mit einer zu hohen Alkoholkonzentration im Blut einhergehen.

Fehlerkategorie im Informationsverarbeitungsprozess	Einflussfaktoren, die Fehler verursacht haben	Indikatoren der Einflussfaktoren
Informationszugang (Klares Sichtfeld gehabt?, Alle Informationen objektiv zugänglich gewesen?)	<ul style="list-style-type: none"> - Information nicht erfassbar - Information verdeckt durch fahrzeugexterne Objekte - Informationen verdeckt durch fahrzeuginterne Objekte - Informationsmaskierung durch Witterung, Wetter, mangelnde Kontraste 	<ul style="list-style-type: none"> - z. B. Fehlsichtigkeit - z. B. Gebäude, Bepflanzung, parkende Fahrzeuge - z. B. Personen, Ladung - z. B. Dunkelheit, starker Regen, Nebel, Blendung
Informationsaufnahme (Alles Wichtige erkannt?, Alles genau beobachtet?)	<ul style="list-style-type: none"> - Ablenkung im Fahrzeug - Ablenkungen im Verkehrsraum - Ablenkung durch Emotionen / Gedanken - Aktivierung zu niedrig - Falscher Aufmerksamkeitsfokus 	<ul style="list-style-type: none"> - z. B. Bedienung von Geräten, Unterhaltung mit Mitfahrern - z. B. Plakate, Schaufenster - z. B. Verärgerung, Wut, Stress, Zeitdruck, Traurigkeit, Aufregung - z. B. Müdigkeit, Alkohol, Drogen, Medikamente - z. B. auf dritte Fahrzeuge, auf Hinweisschilder
Informationsverarbeitung (Situationsablauf richtig eingeschätzt?)	<ul style="list-style-type: none"> - Falsche Erwartung bzgl. des Unfallortes oder des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer aufgrund von fehlerhaften Annahmen - Fehleinschätzung Geschwindigkeit/ Distanz anderer Fahrzeuge - Fehleinschätzung bzgl. des eigenen Fahrzeugs 	<ul style="list-style-type: none"> - z. B. Kommunikationsfehler, mangelnde Fahrerfahrung, fehlende Ortskenntnis, falsches Vertrauen aufgrund von Gewohnheiten - z. B. Distanz, Geschwindigkeit - z. B. Geschwindigkeit, Fahrzeugverhalten
Zielsetzung (Gewusst, was zu tun ist?, Klare Entscheidung getroffen?)	<ul style="list-style-type: none"> - Entscheidungsfehler - Bewusste Regelverstöße 	<ul style="list-style-type: none"> - z. B. Ausweichen bei Kleinwild - z. B. Missachtung Stopp-Schild, überhöhte Geschwindigkeit
Handlung (Alles richtig umgesetzt?)	<ul style="list-style-type: none"> - Verwechslungsfehler und Bedienfehler - Reaktionsfehler 	<ul style="list-style-type: none"> - z. B. Pedalerie, Schaltung - z. B. Verreißen des Lenkrad

Abbildung 3. 1: Analyse menschlicher Unfallursachen nach der Five-Step-Methode (Chiellino et al., 2010, S. 133; Graab et al., 2008, S. 9)

Darüber hinaus werden bei der Five-Step-Methode neben menschlichen Ursachenfaktoren auch solche aus dem Bereich der Fahrzeugtechnik sowie aus der Umgebung (z. B. Witterung, Straßenzustand) berücksichtigt. Im Rahmen einer interdisziplinären

Fallbesprechung werden nach Abschluss der Datenerhebung der Unfallhergang sowie die Unfallursachen gemeinschaftlich diskutiert und die subjektiven Angaben der Fahrer anhand objektiver Daten der technischen Unfallrekonstruktion validiert.

3.3 Stichprobenbeschreibung

Für die vertiefte Unfallanalyse wurden nur diejenigen Unfälle der AARU Datenbank der Jahre 1999 bis 2012 ausgewählt, bei denen der Hauptunfallverursacher zu einer der beiden Altersgruppen gehörte:

- (1) 18- bis 24-jährige Fahrer
- (2) 30- bis 40-jährige Fahrer

Die Gruppe der 30- bis 40-Jährigen wurde als Vergleichsgruppe für die jungen Fahrer gewählt, da die mittlere Altersgruppe nach Abdel-Aty et al. (1998) die sichersten Fahrer stellt. In diesem Alter kann zum einen von einer angemessenen Fahrerfahrung ausgegangen werden. Zum anderen ist noch nicht mit sensorischen und motorischen Einschränkungen zu rechnen, die sich negativ auf das Unfallrisiko auswirken wie es bei über 65-Jährigen der Fall ist. Da eine Kontrolle der Gesamtfahrerfahrung nicht möglich war, wurde die untere Altersgrenze der erfahrenen Fahrer auf 30 Jahre, und nicht auf 25 Jahre wie in der Verkehrsunfallstatistik des Statistischen Bundesamtes, gesetzt, um dadurch die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass mindestens die von Fastenmeier (1995) geforderten 100 000 Kilometer Gesamtfahrerfahrung vorliegen. Da laut McKnight und McKnight (2003) oder auch Lourens, Vissers und Jessurun (1999) geschlechtsspezifische Unterschiede nur von geringer Größe sind, wurde auf eine Unterscheidung zwischen den Geschlechtern verzichtet.

Gegenstand der Analyse war das Fehlverhalten des Hauptunfallverursachers. Weitere Unfallbeteiligte wurden nicht in die Fehleranalyse miteinbezogen. Des Weiteren gingen nur Verkehrsunfälle in die Analyse ein, bei denen die Unfallursachen im Rahmen einer interdisziplinären Fallbesprechung validiert wurden. Insgesamt erfüllten 229 Unfälle die Einschlusskriterien, wobei 119 Fahrer der Altersgruppe der 18- bis 24-Jährigen ($M = 20.54$, $SD = 2.18$) und 110 Fahrer der Altersgruppe der 30- bis 40-Jährigen ($M = 35.06$, $SD = 3.03$) angehörten. Im Durchschnitt besaßen die 30- bis 40-Jährigen seit 15.41 Jahren einen Pkw-Führerschein ($n = 81$, $SD = 5.42$). Bei den 18- bis 24-Jährigen waren es durchschnittlich 2.63 Jahre ($n = 94$, $SD = 2.05$).

3.4 Ergebnisse

3.4.1 Beschreibung der ausgewählten Unfälle

Der Unfalltypen-Katalog zur Bestimmung des Unfalltyps des Gesamtverbands der deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) unterscheidet sieben Unfalltypen voneinander (GDV, 1998). Eine Kurzbeschreibung der Unfalltypen findet sich in Anhang A. Die 229 untersuchten Verkehrsunfälle wurden entsprechend dem Unfalltypen-Katalog in sieben verschiedene Klassen eingeteilt. Abbildung 3. 2 stellt die Verteilung der beiden Fahrergruppen einander gegenüber.

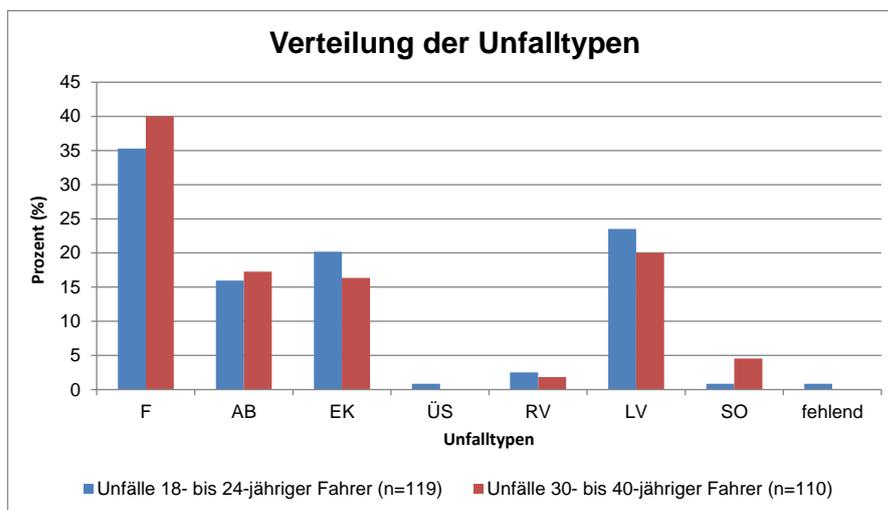


Abbildung 3. 2: Verteilung der Unfälle 18- bis 24-jähriger sowie 30- bis 40-jähriger Fahrer als Unfallverursacher auf die verschiedenen Unfalltypen

Bei beiden Altersgruppen stellte der Fahrnunfall die häufigste Unfalltypenkategorie dar, gefolgt von Unfällen im Längsverkehr. Auch Unfälle beim Abbiegen sowie Einbiegen oder Kreuzen waren in beiden Fahrergruppen mit jeweils über 15 % häufig vorhanden. Die restlichen drei Unfalltypen spielten dagegen eine untergeordnete Rolle und werden daher für die weitergehende Analyse zu einer Restkategorie zusammengefasst. Mittels eines χ^2 -Tests wurde bei einem α -Niveau von 5 % überprüft, ob sich die beiden Fahrergruppen hinsichtlich der Verteilung der vier häufigsten Unfalltypen sowie der Restkategorie unterscheiden. Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen festgestellt werden ($\chi^2(4) = 1.68, p = .80$).

In Tabelle 3. 1 sind weitere wichtige Unfallkennzahlen für die beiden Altersgruppen zusammengefasst. Es zeigt sich, dass sich in beiden Gruppen der Großteil der Unfälle außerhalb geschlossener Ortschaften sowie bei Tageslicht ereignete. Die Verteilungen

der Unfälle hinsichtlich Ortslage ($\chi^2(1) = 2.53, p = .11$), herrschender Lichtverhältnisse ($\chi^2(2) = 5.85, p = .05$) sowie Jahreszeiten ($\chi^2(1) = 0.50, p = .48$) unterschieden sich dabei nicht signifikant zwischen den beiden Altersgruppen. Auf eine Unterscheidung hinsichtlich dieser drei Faktoren wird daher bei der weiteren Analyse verzichtet.

Tabelle 3. 1: Übersicht über Ortslage, Tageszeit sowie Jahreszeit der Unfallstichprobe – getrennt für die beiden Altersgruppen

	18- bis 24-jährige Fahrer	30- bis 40-jährige Fahrer
Ortslage		
innerorts	36 %	26 %
außerorts	64 %	74 %
Lichtverhältnisse		
Tageslicht	60 %	70 %
Dämmerung	12 %	4 %
Dunkelheit	28 %	26 %
Jahreszeiten		
Oktober – März	53 %	49 %
April – September	47 %	51 %

Eine Zusammenfassung der amtlichen Hauptunfallursachen, wie sie den Verkehrsunfallanzeigen der Polizei zu entnehmen waren, ist in Abbildung 3. 3 dargestellt. Verglichen mit der bundesdeutschen Unfallstatistik ergibt sich für die jüngere Altersgruppe eine etwas andere Verteilung. Beispielsweise werden nur ca. 16 % der Unfälle aus der AARU Stichprobe auf eine überhöhte Geschwindigkeit zurückgeführt (verglichen mit 23 % in der amtlichen Unfallstatistik, Statistisches Bundesamt, 2012a). Dennoch stellt auch hier eine überhöhte Geschwindigkeit die häufigste Ursachenkategorie bei Unfällen junger Fahrer unter 25 Jahren dar.

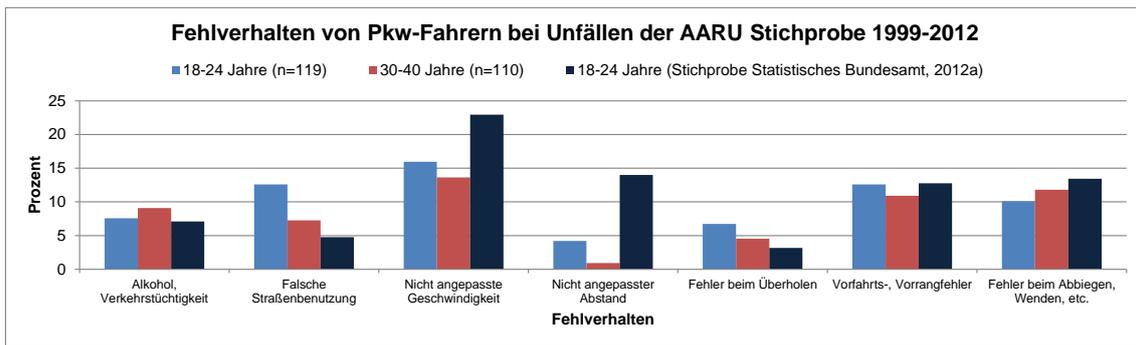


Abbildung 3. 3: Fehlverhalten von Pkw-Fahrern entsprechend der Verkehrsunfallanzeige – AARU Stichprobe 1999 – 2012, Statistisches Bundesamt, 2012a

3.4.2 Ergebnisse der Unfallursachenanalyse nach der Five-Step-Methode

Das Verhalten der Unfallverursacher in der Pre-Crash-Phase wurde mittels der Five-Step-Methode für beide Fahrergruppen analysiert. Mittels eines χ^2 -Tests wurde die Ursachenverteilung der beiden Altersgruppen bei einem α -Niveau von 5 % verglichen. Ähnlich wie bei Chiellino et al. (2010) waren ca. 98 % der Unfälle auf menschliche Fehler zurückzuführen. Einflussfaktoren aus dem Bereich der Fahrzeugtechnik sowie der Umwelt spielten in beiden Altersgruppen in weniger als 2 % der Unfälle eine ursächliche Rolle. In Abbildung 3. 4 sind für beide Altersklassen die häufigsten Unfallursachen, unabhängig vom vorliegenden Unfalltyp, aufgezeigt. Dabei wird pro Unfall nur diejenige Unfallursache betrachtet, die in einer interdisziplinären Fallbesprechung als Hauptunfallursache identifiziert wurde.

Betrachtet man die Verteilungen der Unfallursachen beider Altersgruppen, ergeben sich die gleichen Verläufe: in beiden Gruppen stellen Probleme bei der Informationsaufnahme die häufigste Fehlerkategorie dar (ca. 40 %), gefolgt von Fehlern bei der Informationsverarbeitung, der Zielsetzung sowie beim Informationszugang. Handlungsfehler spielen dagegen bei beiden Fahrergruppen eine untergeordnete Rolle und werden daher bei den folgenden Analysen der Unfallursachen nicht weiter berücksichtigt. Hinsichtlich der relativen Häufigkeiten der einzelnen Unfallursachen sind Unterschiede erkennbar. Während bei den 30- bis 40-Jährigen nur ca. 6 % der Unfälle durch Probleme bei der Informationsverarbeitung verursacht wurden, waren es bei den 18- bis 24-Jährigen ca. 15 %. Demgegenüber lassen sich ca. 46 % der Unfälle der mittleren Altersgruppe auf Fehler bei der Informationsaufnahme zurückführen, während es bei den jungen Fahrern nur ca. 39 % sind. Die gefundenen Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung der vier

Ursachenkategorien Informationszugang, Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung sowie Zielsetzung sind jedoch nicht signifikant ($\chi^2(3) = 5.77, p = .12$).

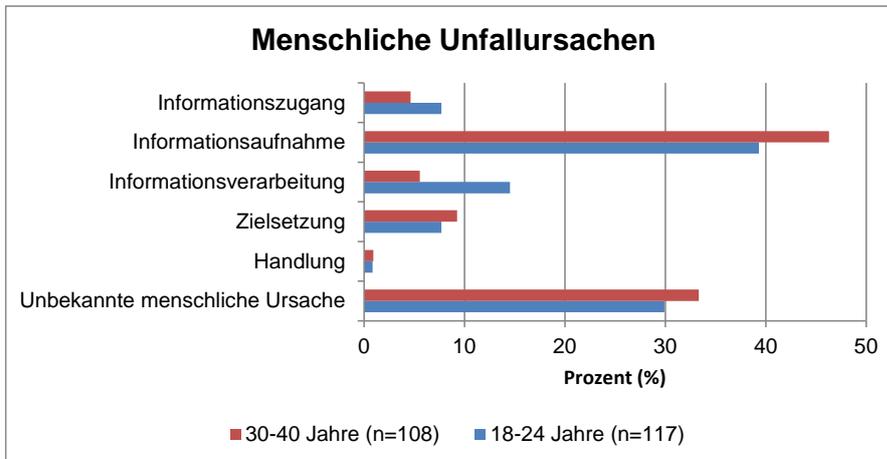


Abbildung 3. 4: Ergebnisse der Unfallursachenanalyse nach der Five-Step-Methode – alle Unfälle

In den Tabellen 3. 2 sowie 3. 3 sind die Einflussfaktoren der Unfallursachen sowie die Indikatoren der Einflussfaktoren für die beiden Altersgruppen dargestellt. Generell lassen sich hinsichtlich der Einflussfaktoren und Indikatoren keine großen Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen erkennen. Fehler bei der Informationsaufnahme lassen sich in beiden Fahrergruppen in erster Linie auf eine zu niedrige Aktivierung, ausgelöst durch Müdigkeit oder Alkoholkonsum, zurückführen. Aber auch die Wahl eines falschen Aufmerksamkeitsfokus führt sowohl in der jungen als auch mittleren Altersgruppe häufig zu einer fehlerhaften Informationsaufnahme. Auffallend ist hierbei, dass bei den 18- bis 24-Jährigen die Wahl eines falschen Aufmerksamkeitsfokus dabei zu über 50 % in der Wahl einer falschen Beobachtungsstrategie begründet liegt, während dies bei den 30- bis 40-Jährigen mit nur 20 % eine untergeordnete Rolle spielt. Darüber hinaus waren 7 % aller betrachteter Unfälle bei den jungen Fahrern auf bewusste Regelverstöße zurückzuführen, während es in der mittleren Altersgruppe nur 4 % waren. Hervorzuheben bleibt jedoch, dass die 18- bis 24-Jährigen nicht mehr Geschwindigkeitsverstöße begangen haben, als die mittlere Altersgruppe. Während nur 11 % der Verstöße Jüngerer auf Geschwindigkeitsüberschreitungen zurückgingen, waren es bei der mittleren Altersgruppe 25 %. Aufgrund der geringen Fallzahlen in den einzelnen Untergruppen ist es jedoch nicht möglich, die angedeuteten Unterschiede auch statistisch zu überprüfen.

Tabelle 3. 2: Einflussfaktoren der Unfallursachen sowie deren Indikatoren nach der Five-Step-Methode – alle Unfälle (Teil 1)

Einflussfaktoren der Unfallursachen	18-24 Jahre	30-40 Jahre	Indikatoren der Einflussfaktoren (Beispiele)
Informationszugang	(n = 9)	(n = 5)	
Informationen verdeckt durch fahrzeugexterne Objekte	33 %	20 %	Parkende, stehende oder fahrende Fahrzeuge
Informationen verdeckt durch fahrzeuginterne Objekte	11 %	0 %	Fahrzeugsäulen oder andere Bauteile
Informationsmaskierung	56 %	80 %	Nebel, Dunkelheit, Blendung
Informationsaufnahme	(n = 46)	(n = 50)	
ohne nähere Angabe	39 %	34 %	-
Ablenkung im Fahrzeug	11 %	18 %	Mitfahrer, Bedienung von Geräten, Telefonieren
Gedankliche / emotionale Ablenkung	4 %	10 %	Zeitdruck, Sorgen
Ablenkung im Verkehrsraum	7 %	0 %	Personen
Aktivierung zu niedrig	22 %	18 %	Alkohol, Müdigkeit, Medikation, Drogen
Falscher Aufmerksamkeitsfokus	17 %	20 %	Fokus auf andere Verkehrsteilnehmer, falsche Beobachtungsstrategie
Informationsverarbeitung	(n = 17)	(n = 6)	
ohne nähere Angabe	6 %	0 %	-
Falsche Erwartung bzgl. des Unfallortes oder des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer	18 %	0 %	Kommunikationsfehler (zwischen Verkehrsteilnehmern)
Fehleinschätzung der Geschwindigkeit / Distanz anderer Verkehrsteilnehmer	24 %	17 %	Falsche Einschätzung der Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer
Fehleinschätzung bzgl. des eigenen Fahrzeugs	53 %	83 %	Fahrzeugverhalten, Unterschätzung der eigenen Geschwindigkeit (nur 18-24 Jahre)

Tabelle 3. 3: Einflussfaktoren der Unfallursachen sowie deren Indikatoren nach der Five-Step-Methode – alle Unfälle (Teil 2)

Einflussfaktoren der Unfallursachen	18-24 Jahre	30-40 Jahre	Indikatoren der Einflussfaktoren (Beispiele)
Zielsetzung	(n = 9)	(n = 10)	
ohne nähere Angabe	0%	10%	-
Entscheidungsfehler	11%	50%	Falsches Manöver geplant, falsche Annahme über die Entwicklung der Situation
Bewusster Regelverstoß	89%	40%	Falsches Überholen, überhöhte Geschwindigkeit, falsches Abbiegen, problematisches Fahrmotiv

Unfallursachen Fahrnunfall

Der Fahrnunfall stellte bei beiden Altersgruppen die häufigste Unfalltypenkategorie dar. Im Folgenden werden die Unfallursachen, die diesem Kontrollverlust vorausgegangen sind, näher betrachtet sowie die Ursachenverteilung der beiden Altersgruppen mittels χ^2 -Tests bei einem α -Niveau von 5 % verglichen (siehe Abbildung 3. 5).

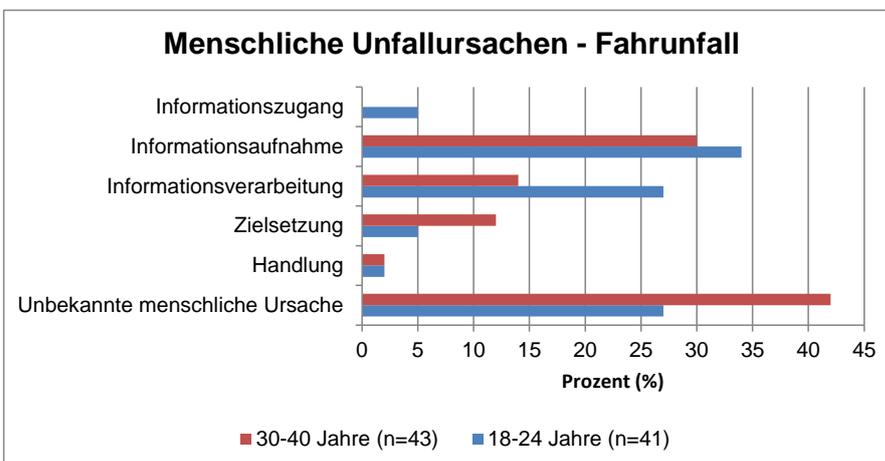


Abbildung 3. 5: Ergebnisse der Unfallursachenanalyse nach der Five-Step-Methode – Fahrnunfälle

Auch bei den Fahrnunfällen sind sowohl bei den 18- bis 24-Jährigen als auch bei den 30- bis 40-Jährigen Fehler bei der Informationsaufnahme mit jeweils ca. 30 % die häufigste Unfallursache. Unterschiede zwischen den Altersgruppen lassen sich dagegen bei

den Unfallursachenkategorien Informationsverarbeitung sowie Zielsetzung erkennen. Während bei den Jüngeren ca. 27 % der Fahrurfälle auf eine fehlerhafte Bewertung oder Einschätzung handlungsrelevanter Informationen zurückgehen, sind es bei der mittleren Altersgruppe nur ca. 14 %. Dagegen spielen Fehler bei der Zielsetzung bei den 30- bis 40-jährigen Fahrern mit ca. 12 % im Vergleich zu nur 5 % bei den Jüngeren eine größere Rolle. Probleme beim Informationszugang sowie der Handlungsausführung können dagegen in beiden Altersgruppen vernachlässigt werden. Beispielsweise war bei den Jüngeren nur ein Fahrurfalle auf eine Überreaktion beim Lenken zurückzuführen. Generell konnten hinsichtlich der Ursachenverteilung der beiden Altersgruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede gefunden werden (exakter Test nach Fisher⁴, $p = .39$).

Die Analyse auf der zweiten Ebene ergab, dass in 22 % der Fahrurfälle 18- bis 24-Jähriger eine Fehleinschätzung des eigenen Fahrzeugverhaltens bzw. der eigenen Geschwindigkeit ausschlaggebend für den Unfall war – im Vergleich zu 12 % bei der mittleren Altersgruppe. Insgesamt konnten 7 % der Fahrurfälle der 30- bis 40-Jährigen auf die Wahl einer falschen Handlungsstrategie zurückgeführt werden. Bei den 18- bis 24-Jährigen waren es dagegen nur ca. 2 %. Bewusste Regelverstöße, insbesondere eine Missachtung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, war in beiden Altersgruppen in weniger als 5 % ursächlich für den Unfall. Ein vermindertes Aktivierungsniveau aufgrund des Konsums von Alkohol führte bei den 18- bis 24-Jährigen in 15 %, bei den 30- bis 40-Jährigen in 5 % der Fahrurfälle zu Fehlern bei der Informationsaufnahme. Daneben stellten Ablenkungen im Fahrzeug sowie im Verkehrsraum v. a. bei der mittleren Altersgruppe häufige Einflussfaktoren dar.

Unfälle aufgrund überhöhter Geschwindigkeit

Laut amtlicher Unfallstatistik (siehe Kapitel 2.1.2) stellt eine nicht angepasste Geschwindigkeit mit ca. 23 % die häufigste Unfallursache der jungen Fahrer unter 25 Jahren dar. Im Folgenden werden diejenigen Unfälle näher betrachtet, deren Unfallursache laut polizeilicher Verkehrsunfallanzeige in einer überhöhten Geschwindigkeit begründet liegt. Insgesamt gingen 19 Unfälle der 18- bis 24-Jährigen in die Analyse ein. In Abbildung 3. 6 sind die Ergebnisse der vertieften Ursachenanalyse nach der Five-Step-Methode für diese Unfälle dargestellt.

⁴ Aufgrund erwarteter Häufigkeiten < 5 wurde der exakte Test nach Fisher berechnet (Field, 2009).

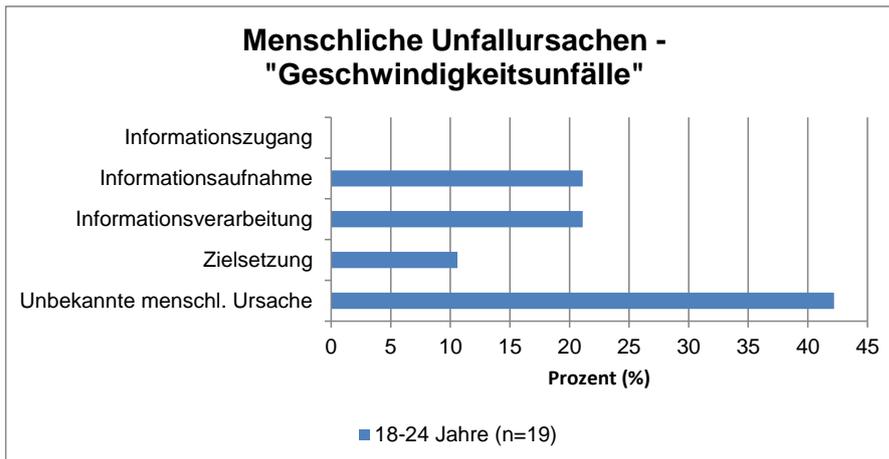


Abbildung 3. 6: Ergebnisse der Unfallursachenanalyse nach der Five-Step-Methode – Unfälle aufgrund überhöhter Geschwindigkeit entsprechend der Verkehrsunfallanzeige bei 18- bis 24-jährigen Fahrern

Wie Abbildung 3. 6 zu entnehmen ist, entfallen jeweils ca. 20 % der von der Polizei auf eine überhöhte Geschwindigkeit zurückgeführten Unfälle auf Fehler bei der Informationsaufnahme bzw. Informationsverarbeitung. Die Analyse auf der zweiten Ebene ergab, dass bewusste Regelverstöße dabei eine untergeordnete Rolle spielen. Nur in einem Fall konnte der Unfall auf eine absichtliche Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zurückgeführt werden. Dagegen zeichneten sich in ca. 16 % der Unfälle Fehleinschätzungen bezüglich des eigenen Fahrzeugverhaltens für diese Unfälle verantwortlich. Darüber hinaus waren in ca. 11 % der Fälle Ablenkungen innerhalb des Fahrzeugs für den Unfall verantwortlich. In einem Fall wurde der Unfall auf Einflussfaktoren aus dem Bereich der Umwelt zurückgeführt. In ca. 40 % der Unfälle war es jedoch aufgrund der Datenlage nicht möglich die (menschliche) Unfallursache mit Hilfe der Five-Step-Methode näher zu spezifizieren.

3.5 Zusammenfassung und Diskussion

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die einem Unfall vorausgehenden Fehler junger Pkw-Fahrer mittels der Five-Step-Methode genauer zu analysieren und mit denen 30- bis 40-jähriger Fahrer zu vergleichen. Darüber hinaus war ein zentraler Aspekt, zu untersuchen, ob die Unfallursache überhöhte Geschwindigkeit Ausdruck jugendlichen Risikoverhaltens oder mangelnder Fahrerfahrung ist. Insgesamt gingen 229 Unfälle, darunter 119 Unfälle, die von Fahrern zwischen 18 und 24 Jahren sowie 110 Unfälle, die von 30- bis 40-Jährigen verursacht wurden, in die Analyse ein. Hinsichtlich der Verteilung der unfallverursachenden Fehler konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen

den beiden Altersgruppen gefunden werden. Sowohl bei den 18- bis 24-Jährigen als auch bei den 30- bis 40-Jährigen stellten Fehler bei der Informationsaufnahme die häufigste Unfallursache dar, gefolgt von Fehlern bei der Informationsverarbeitung sowie der Zielsetzung. Bei beiden Fahrergruppen waren die Wahl eines falschen Aufmerksamkeitsfokus sowie eine zu niedrige Aktivierung die häufigsten Gründe für Fehler bei der Aufnahme verkehrsrelevanter Informationen. Dabei war insbesondere bei jüngeren Fahrern eine ineffiziente Beobachtungsstrategie für die mangelhafte Aufmerksamkeitsausrichtung verantwortlich. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Curry et al. (2011), die zeigen konnten, dass schwere Unfälle junger Fahrer in erster Linie auf eine inadäquate Überwachung des Verkehrsraums sowie Ablenkung und damit auf Fehler bei der Informationsaufnahme zurückzuführen sind.

Darüber hinaus haben jüngere Fahrer in 15 % der Fälle handlungsrelevante Informationen falsch eingeschätzt oder bewertet. In erster Linie war dies auf Fehleinschätzungen des eigenen Fahrzeugverhaltens, aber auch auf eine Unterschätzung der eigenen sowie der Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer zurückzuführen.

Fahrunfälle junger Fahrer werden laut amtlicher Unfallstatistiken besonders häufig auf eine überhöhte Geschwindigkeit sowie ein riskantes Fahrverhalten zurückgeführt. Die vertiefte Unfallanalyse zeigte jedoch, dass Fehler bei der Informationsaufnahme sowie -verarbeitung auch bei Kontrollverlustunfällen die häufigsten Unfallursachen darstellen. Auch hier konnten keine Unterschiede in der Verteilung der unfallverursachenden Fehler zwischen den beiden Altersgruppen festgestellt werden. Generell spielten bewusste Regelverstöße nur in 7 % bei der jüngeren sowie in 4 % bei der mittleren Altersgruppe eine ursächliche Rolle und sind damit etwas seltener als dies bei Chiellino et al. (2010) der Fall war. In je 6 % bei beiden Altersgruppen waren die Unfälle auf den Konsum von Alkohol oder Drogen zurückzuführen. Eine absichtliche Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit konnte nur in einem der 119 Unfälle, die von 18- bis 24-Jährigen verursacht wurden, als Hauptunfallursache ausgemacht werden, obwohl laut polizeilicher Verkehrsunfallanzeige insgesamt 19 Unfälle durch eine überhöhte Geschwindigkeit entstanden sind. Die vertiefte Ursachenanalyse zeigte, dass junge Fahrer eher dazu neigen, das eigene Fahrzeugverhalten bzw. die eigene Geschwindigkeit falsch einzuschätzen als absichtlich zu schnell zu fahren. Hinsichtlich der Erarbeitung effektiver Präventionsmaßnahmen ist diese Erkenntnis von zentraler Bedeutung. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass diese Analyse auf einer sehr geringen Datenbasis von nur 19 Unfällen beruht und zudem in ca. 40 % die genaue menschliche Unfallursache nicht näher spezifiziert werden konnte.

Zusammengefasst sprechen die Ergebnisse der Detailunfallanalyse entsprechend der Five-Step-Methode dafür, dass Unfälle junger Fahrer in erster Linie auf Fehler im Informationsverarbeitungsprozess, z. B. auf die Wahl einer ineffizienten Beobachtungsstrategie, zurückgeführt werden können und seltener auf bewussten Regelverstößen basieren. Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung kamen auch Ballesteros und Dischinger (2002), Curry et al. (2011) sowie McKnight und McKnight (2003). Besondere Probleme bereiteten den jungen Fahrern neben der Wahl einer effizienten Beobachtungsstrategie die richtige Einschätzung und Beurteilung handlungsrelevanter Informationen. Bewusste Regelverstöße sowie riskantes Verhalten (z. B. der Konsum von Alkohol) spielten dagegen mit nur 13 % eine untergeordnete Rolle. Effektive Gegenmaßnahmen sollten daher weniger den erzieherischen Aspekt in den Vordergrund stellen, als vielmehr Unterstützung bei der Wahrnehmung sowie Beurteilung verkehrsrelevanter Informationen bieten. Zudem unterschied sich das einem Unfall vorausgehende Fehlverhalten nicht grundlegend zwischen den beiden untersuchten Fahrergruppen.

Generell gilt es bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse jedoch zu berücksichtigen, dass die zugrundeliegende Stichprobe keine Zufallsauswahl der Verkehrsunfälle in Deutschland darstellt. Vergleicht man jedoch die Verteilung der amtlichen Unfallursachen dieser Stichprobe mit denen des Statistischen Bundesamtes (siehe Kapitel 3.4.1 sowie Kapitel 2.1.2) lassen sich keine großen Unterschiede erkennen. Darüber hinaus war es nicht möglich, die Fahrerfahrung der verunfallten Fahrer zu kontrollieren. Es ist daher möglich, dass sich die beiden Gruppen diesbezüglich sehr ähnlich waren. Hinzu kommt, dass die verunfallten Fahrer erst im Nachhinein zum Unfallhergang befragt werden. Die geschilderten Unfallberichte können daher mitunter sehr subjektiv sowie aufgrund von Gedächtnisfehlern teilweise lückenhaft sein.

Obwohl mit Hilfe der vorgestellten Detailunfallanalyse bereits erste wichtige Hinweise für die Ableitung des Assistenzbedarfs junger Fahrer generiert werden konnten, ist es nicht ausreichend das hohe Unfallrisiko 18- bis 24-jähriger Fahrer nur mit Hilfe von Unfallanalysen zu untersuchen. Bei Unfällen handelt es sich immer um seltene Ereignisse, an deren Zustandekommen auch bestimmte situative Faktoren beteiligt sind. Nicht jede Fehlhandlung eines jungen Fahrers führt daher zwangsläufig zu einem Unfall. Beispielsweise kann ein Unfall trotz eines Informationsaufnahmefehlers des jungen Fahrers verhindert werden, wenn der übersehene Verkehrsteilnehmer seinerseits aufmerksam und schnell reagiert. Die alleinige Untersuchung des hohen Unfallrisikos junger Fahrer mittels der Analyse von Verkehrsunfällen kann daher leicht zu einer Unter- oder Überschätzung der eigentlichen Defizite im Fahrverhalten 18- bis 24-Jähriger führen, da Unfälle

vielmehr den Ausnahme- als den Regelfall des Fahrverhaltens darstellen. Nur durch die Kombination verschiedener Untersuchungsansätze ist es folglich möglich, das hohe Unfallrisiko junger, unerfahrener Fahrer umfassend zu analysieren. Um detaillierte Kenntnisse über die generellen Defizite 18- bis 24-Jähriger bei der Ausführung der Fahraufgabe zu erhalten, ist daher die zusätzliche systematische Untersuchung des Fahrverhaltens junger Fahrer mittels empirischer Methoden notwendig.

Daher werden im zweiten Teil der Arbeit zunächst ausgewählte Faktoren des Anfänger- und Jugendlichkeitsrisikos näher betrachtet, die hinsichtlich des hohen Unfallrisikos junger, unerfahrener Fahrer eine wichtige Rolle spielen. Daran anschließend werden diese gezielt mit Hilfe verschiedener empirischer Forschungsmethoden untersucht. Um den spezifischen Assistenzbedarf der jungen, unerfahrenen Fahrergruppe ableiten zu können, wird das Fahrverhalten der 18- bis 24-Jährigen dem Fahrverhalten einer erfahrenen, mittleren Altersgruppe gegenübergestellt.

Teil II:

Junge, unerfahrene Fahrer zwischen 18 und 24 Jahren – Problembereiche und Defizite bei der Ausübung der Fahraufgabe

Wie bereits erwähnt, reicht die alleinige Betrachtung des Verkehrsunfallgeschehens junger, unerfahrener Fahrer nicht aus, wenn es darum geht, das hohe Unfallrisiko dieser Fahrergruppe zu analysieren. Neben der Untersuchung der Unfälle als Ausnahmefall des Fahrverhaltens ist darüber hinaus auch die Untersuchung des Regelfalls des Fahrverhaltens notwendig. Der zweite Teil dieser Arbeit beschäftigt sich daher mit der Frage, inwiefern junge, unerfahrene Fahrer im Allgemeinen Probleme bei der Bewältigung der Fahraufgabe haben. Die Fahraufgabe gehört zu den komplexen senso-motorischen Fertigkeiten, an der verschiedene kognitive Prozesse wie Wahrnehmung, Aufmerksamkeit aber auch die Ausübung motorischer Kontrolle beteiligt sind (Elander, West, & French, 1993, S. 284). Im Folgenden wird daher zunächst die Fahraufgabe mit Hilfe hierarchischer Fahrerverhaltensmodelle näher beschrieben (Kapitel 4), bevor auf einzelne wichtige Problembereiche junger, unerfahrener Fahrer bei der Bewältigung der Fahraufgabe näher eingegangen wird (Kapitel 5). Im Anschluss daran werden mittels verschiedener empirischer Forschungsmethoden die zuvor beschriebenen Problembereiche bei der Ausübung der Fahraufgabe systematisch untersucht und dem Fahrverhalten erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe gegenübergestellt (Kapitel 6).

4 Beschreibung der Fahraufgabe durch Fahrerverhaltensmodelle

Damit Fahrerassistenzsysteme einen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit leisten können, müssen bei ihrer Auslegung sowohl die Leistungsfähigkeit und Leistungsgrenzen der Fahrer als auch Anforderungen der Fahraufgabe sowie der Verkehrssituation berücksichtigt werden (vgl. Carsten, 2007; Donges, 2012, S. 15). Dies geschieht häufig unter Anwendung sog. Fahrerverhaltensmodelle. Diese Modelle helfen das Verhalten der Fahrer während der Fahraufgabe strukturiert und in Einzelprozesse zerlegt zu beschreiben und bilden so die Basis für die Auslegung von Fahrerassistenzsystemen.

4.1 Drei-Ebenen-Modell der Fahraufgabe

Hierarchische Modelle der Fahraufgabe verschiedener Autoren (z. B. Donges, 1982; Michon, 1985; van der Molen & Bötticher, 1988) unterscheiden drei Ebenen der Fahraufgabe. Exemplarisch soll hier die Drei-Ebenen-Hierarchie der Fahraufgabe nach Donges (1982) dargestellt werden, die aus folgenden Ebenen besteht:

- Navigationsebene
- Führungsebene
- Stabilisierungsebene

Die Navigationsebene stellt die höchste Ebene dar und beinhaltet bewusste Entscheidungs- sowie Planungsprozesse, die auf dem erworbenen Wissen der Fahrer basieren (Donges, 2012). Auf dieser Ebene wählt der Fahrer unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren (wie z. B. Unfälle, Wetter oder Verkehrsstaus) geeignete Fahrtrouten aus und passt diese an sich verändernde Bedingungen an (Donges, 2012). Aber auch die Einschätzung des benötigten Zeitbedarfs oder die Wahl der bevorzugten Reisegeschwindigkeit spielen sich auf dieser Ebene ab (van der Molen & Bötticher, 1988). Auf der Führungsebene dagegen findet die Planung konkreter Fahrmanöver auf Basis situativer Faktoren statt (van der Molen & Bötticher, 1988). Laut Donges (2012) besteht die Führungsaufgabe

„im Wesentlichen darin, aus der vorausliegenden Verkehrssituation sowie aufgrund des geplanten Fahrtablaufs die als sinnvoll erachteten Führungsgrößen wie Sollspur und Sollgeschwindigkeit abzuleiten und antizipatorisch im Sinn einer Steuerung (open loop control) einzugreifen, um günstige Vorbedingungen für mögliche geringe Abweichungen zwischen Führungs- und Istgrößen zu schaffen“ (S. 16).

Auf der untersten Ebene, der Stabilisierungsebene, findet die Umsetzung der geplanten Manöver statt. Sie umfasst weitestgehend automatisierte Handlungen wie Beschleunigen, Lenken, Bremsen etc. (van der Molen & Bötticher, 1988). Durch entsprechende Stelleingriffe sorgt der Fahrer dafür, „dass im geschlossenen Regelkreis (closed loop control) die Regelabweichungen stabilisiert und auf ein für den Fahrer annehmbares Maß kompensiert werden“ (Donges, 2012, S. 16).

Die drei Ebenen der Fahraufgabe unterscheiden sich zum einen hinsichtlich des dafür notwendigen Zeithorizonts sowie zum anderen hinsichtlich des Ausmaßes an benötigter kognitiver Zuwendung (Donges, 2012; Reichart & Haller, 1995).

Die Betrachtung des Zeithorizonts ist für die Auslegung von sicherheitsrelevanten Fahrerassistenzsystemen von besonderer Bedeutung, da hierdurch festgelegt wird, wie viel Antizipationszeit und somit auch Reaktionszeit der Fahrer benötigt, um auf sich verändernde, sicherheitskritische Bedingungen angemessen reagieren zu können. Beispielsweise kann sich der mögliche Zeithorizont auf der strategischen Ebene von einigen Minuten bis zu mehreren Stunden bei längeren Fahrten erstrecken. Daher ist es notwendig, dass Fahrerassistenzsysteme, die den Fahrer auf der Navigationsebene unterstützen sollen, bereits frühzeitig die notwendigen Informationen an den Fahrer weitergeben (Donges, 2012). Wie bereits erwähnt, beinhaltet die Führungsebene die Planung konkreter Manöver entsprechend der situativen Bedingungen. Ändern sich diese, bleiben dem Fahrer in der Regel nur wenige Sekunden, um diese wahrzunehmen und eine Verhaltensanpassung vorzunehmen. Daher ist es erforderlich, dass Informations- bzw. Warnsysteme, die den Fahrer auf kritische Verkehrssituationen aufmerksam machen und eine Reaktion des Fahrers erfordern, eine Antizipationszeit von mindestens zwei bis drei Sekunden überschreiten (Donges, 2012, S. 20). Regelabweichungen auf der Stabilisierungsebene, denen weniger als zwei bis drei Sekunden Antizipationszeit vorausgehen, erfordern dagegen technische Regelsysteme, die eigenständig agieren und ein Eingreifen des Fahrers unnötig machen, wie es z. B. bei ABS oder ESP der Fall ist (Donges, 2012, S. 20). In Abbildung 4. 1 ist die notwendige Antizipationszeit der drei Ebenen noch einmal zusammenfassend dargestellt.

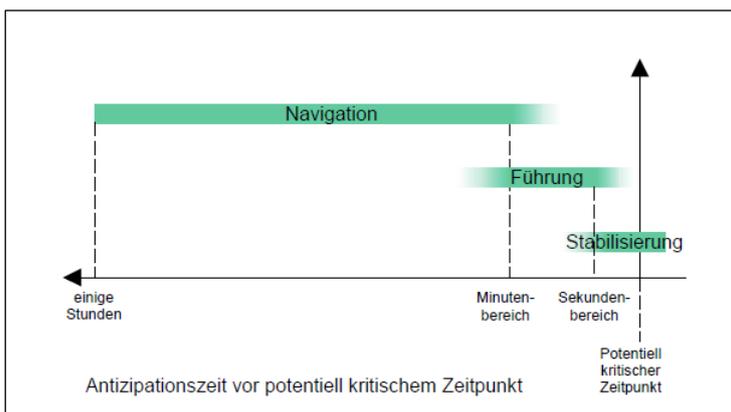


Abbildung 4. 1: Antizipationszeiten vor potentiell kritischen Ereignissen der Navigations-, Führungs- und Stabilisierungsebene (entnommen aus Braess & Donges, 2006, S. 9)

Neben den unterschiedlichen Antizipationszeiten stellen die drei Ebenen der Fahraufgabe unterschiedliche Anforderungen an die beteiligten kognitiven Prozesse des Fahrers. Die Drei-Ebenen-Hierarchie der Fahraufgabe wird daher häufig in Beziehung zu dem Drei-Ebenen-Modell menschlicher Informationsverarbeitung nach Rasmussen (1982, 1983, 1986) gesetzt, das bereits in Kapitel 2.2.1 ausführlich beschrieben wurde. Verhalten auf der Stabilisierungsebene kann beispielsweise, zumindest bei ausreichend geübten Fahrern, dem fertigkeitbasierten Verhalten zugeordnet werden. Kennzeichnend hierfür ist, dass das Verhalten, wie z. B. Gas geben oder Kuppeln, weitestgehend automatisiert und ohne bewusste kognitive Kontrolle abläuft. Verhalten auf der Führungsebene der Fahraufgabe wird dagegen dem regelbasierten Verhalten zugeordnet. Auf Basis früherer Erfahrungen und damit erworbener Verhaltensmuster sowie Verhaltensregeln werden entsprechende Fahrmanöver geplant. Komplexe, unbekannte Verkehrssituationen sowie die Planung geeigneter Fahrtrouten erfordern dagegen bewusste kognitive Prozesse und können daher der Ebene des wissensbasierten Verhaltens zugeordnet werden. In Abbildung 4. 2 sind die beiden Modelle zur Verdeutlichung des Zusammenhangs noch einmal gegenübergestellt.

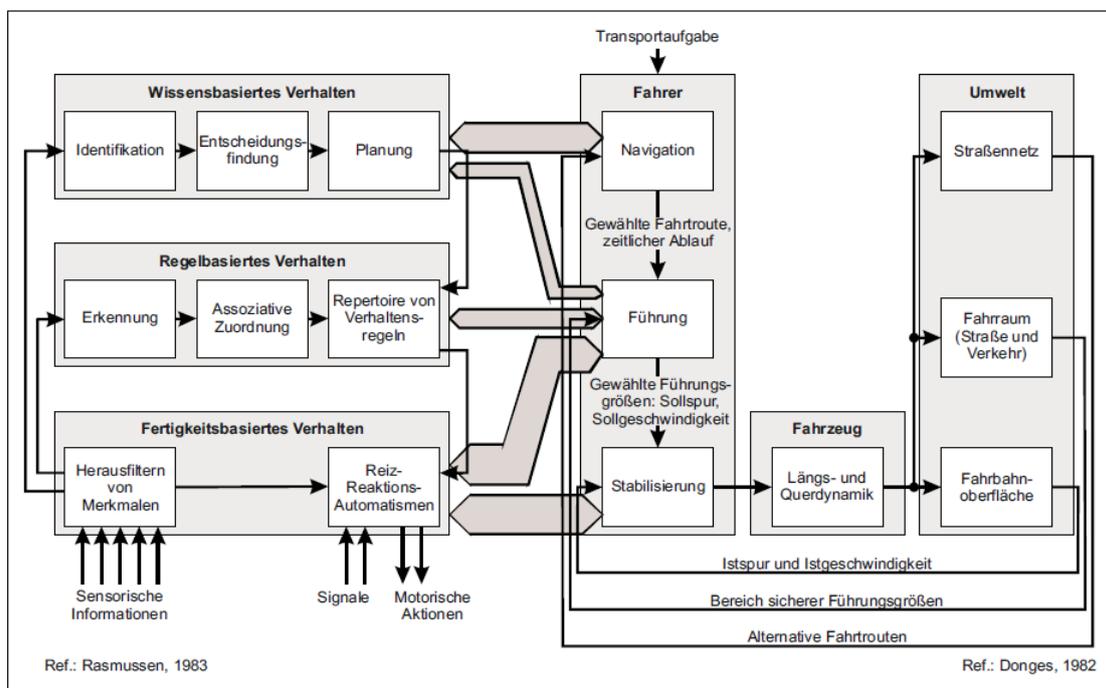


Abbildung 4. 2: Zusammenhang zwischen dem Drei-Ebenen-Modell menschlicher Informationsverarbeitung nach Rasmussen und dem Drei-Ebenen-Modell der Fahraufgabe nach Donges (entnommen aus Donges, 2012, S. 15)

Die vorgestellten hierarchischen Modelle der Fahraufgabe sowie der menschlichen Informationsverarbeitung sind sehr allgemeiner Natur, können jedoch auch für die Beschreibung des Fahrverhaltens und der damit einhergehenden Probleme junger, unerfahrener Fahrer herangezogen werden.

Das Drei-Ebenen-Modell menschlicher Informationsverarbeitung von Rasmussen (1982) ist kennzeichnend für das Erlernen senso-motorischer Fertigkeiten und betont daher die Rolle der Fahrerfahrung. In Abhängigkeit dieser wird das Fahrverhalten auf unterschiedlichen Ebenen reguliert (Leutner et al., 2009). Da junge, unerfahrene Fahrer noch nicht in dem Maße über eine entsprechende Fahrerfahrung verfügen wie Fahrer der mittleren Altersgruppe, können sie seltener auf automatisiertes Verhalten (fertigkeitbasiertes Verhalten) bzw. Verhaltensroutinen (regelbasiertes Verhalten) zurückgreifen. Es ist daher davon auszugehen, dass junge, unerfahrene Fahrer häufiger mit Situationen konfrontiert werden, deren Bewältigung höhere Ebenen der Informationsverarbeitung erfordert und daher verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nimmt (vgl. Donges, 2012), die oftmals im Straßenverkehr nicht zur Verfügung steht. Zudem sind Prozesse auf höheren Ebenen weitaus fehleranfälliger, da viele verschiedene Prozesse gleichzeitig beteiligt sind (Leutner et al., 2009).

Bezogen auf die Ebenen der Fahraufgabe kommt der Führungsebene aufgrund der geringen Antizipationszeiten im Hinblick auf die Verkehrssicherheit eine besondere Rolle zu. Für die Entscheidung des richtigen Manövers und damit für die Bewältigung der Situation hat der Fahrer in der Regel nur wenige Sekunden zur Verfügung. Nur durch eine vorausschauende Wahrnehmung der Verkehrsumgebung und schnelle Entscheidungen können plötzlich auftretende kritische Situationen sicher bewältigt werden (Donges, 2012). Diese Fertigkeiten sind bei jungen, unerfahrenen Fahrern aufgrund der mangelnden Fahrerfahrung nach dem Drei-Ebenen-Modell der Informationsverarbeitung noch nicht ausreichend ausgebildet. Dies deckt sich auch mit Ergebnissen der Unfallforschung. Wie in Kapitel 3 dargelegt, lassen sich 54 % der Unfälle junger Fahrer auf Fehler bei der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung zurückführen. Fahrerassistenzsysteme, die junge, unerfahrene Fahrer auf der Ebene der Führung unterstützen, versprechen daher – auch vor dem Hintergrund der geringen Antizipationszeiten – das größte Potenzial hinsichtlich der Reduktion der hohen Unfallraten 18- bis 24-Jähriger.

Das Drei-Ebenen-Modell der Fahraufgabe von Donges (1982) sowie das Drei-Ebenen-Modell der menschlichen Informationsverarbeitung von Rasmussen (1982) legen den Schwerpunkt auf die menschliche Leistungsfähigkeit sowie auf den Erwerb von Fertigkeiten, die für das Fahren notwendig sind. Fehlen diese oder sind sie noch nicht in

vollem Maße ausgebildet, sind Unfälle die Folge. Betrachtet man jedoch die verschiedenen Unfallursachen, lässt sich nur ein Teil der Unfälle mit Hilfe dieser beiden Modelle erklären. Unfallursachen, die dem Anfängerrisiko zugeschrieben werden können, wie die Wahl eines falschen Aufmerksamkeitsfokus (vgl. McKnight & McKnight, 2003), werden hierdurch sehr gut abgedeckt. Wie in Kapitel 3.4.2 dargelegt, gehen jedoch ca. sieben Prozent der Unfälle auf bewusste Regelverstöße zurück. Auch Clarke et al. (2005) sowie Jonah (1986) führen die hohe Unfallbeteiligung junger Fahrer auf bewusst riskantes Fahrverhalten zurück. Eine Sichtweise, die rein das Fahrkönnen in den Vordergrund stellt, ist daher für die Beschreibung des Verkehrsunfallgeschehens zu eingeschränkt. Im Folgenden wird daher ein Vier-Ebenen-Modell der Fahraufgabe vorgestellt, das zusätzlich motivationale Aspekte der Fahraufgabe berücksichtigt, welche die Grundlage für bewusste Regelverstöße sowie riskantes Fahrverhalten bilden.

4.2 Vier-Ebenen-Modell der Fahraufgabe

Da es sich bei der Fahraufgabe um eine selbstbestimmte, einem bestimmten Zweck dienende Aufgabe handelt, plädieren Brown (1982) sowie Fuller (1984) dafür, die Fahraufgabe nicht rein als senso-motorische Fertigkeit zu betrachten wie es im Rahmen der Drei-Ebenen-Modelle der Fahraufgabe geschieht. Für eine ganzheitliche Beschreibung der Fahraufgabe sollten vielmehr auch motivationale Aspekte berücksichtigt werden. Auch Näätänen und Summala (1974, 1976) sowie Rothengatter (1988) betonen die Notwendigkeit, sog. Extra-Motive bei der Unfallentstehung zu berücksichtigen. Spaß am Fahren, das Fahrzeug als Mittel die eigene Persönlichkeit auszudrücken oder auch die Suche nach Risiko können als Beispiele für solche Extra-Motive gesehen werden. Diese Unterscheidung zwischen Können und Motiven kann gleich gesetzt werden mit der von Elander et al. (1993) vorgenommenen Differenzierung zwischen Fahrkönnen und Fahrstil (S. 279):

“Driving skill concerns limits to performance on elements of the driving task. These include use of the steering wheel to track the road and time taken to detect and respond to hazards. Driving skill may be expected to improve with practice and training. Driving style concerns the way individuals choose to drive or driving habits that have become established over a period of years. It includes choice of driving speed, threshold for overtaking, headway, and propensity to commit traffic violations. It is expected to be influenced by attitudes and beliefs relating to driving as well as more general needs and values.” (Elander et al., 1993, S. 279)

Auch die Unterscheidung zwischen Fehlern, die ihre Ursache in den kognitiven Informationsverarbeitungsprozessen haben, und Verstößen, die sozial beeinflusst oder Ausdruck des persönlichen Fahrstils sind (vgl. Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995 sowie Reason et al., 1990), entspricht in etwa der Unterscheidung zwischen Können und Motiven.

Für eine ganzheitliche Beschreibung der Fahraufgabe betont Keskinen (1996) daher die Notwendigkeit, Ziele und Motive der Fahrer in bestehende hierarchische Modelle zu integrieren (siehe hierzu auch Hatakka, Keskinen, Gregersen & Glad, 1999; Hatakka, Keskinen, Gregersen, Glad & Hernetkoski, 2002; Laapotti, Keskinen, Hatakka & Katila, 2001). Keskinen (1996) erweiterte die bestehenden hierarchischen Modelle daher um eine vierte Hierarchieebene (siehe Abbildung 4. 3).

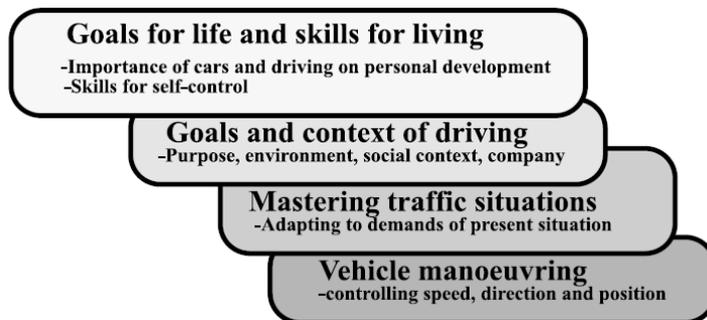


Abbildung 4. 3: Vier-Ebenen-Modell der Fahraufgabe nach Keskinen (1996)
(entnommen aus Hatakka et al., 2002, S. 202)

Die grundlegendste Änderung des Vier-Ebenen-Modells der Fahraufgabe von Keskinen (1996) ist die Integration der vierten Hierarchieebene, die der Berücksichtigung übergeordneter Lebensziele und Fertigkeiten für Lebensbereiche außerhalb der Fahraufgabe dient (S. 45). Damit bezieht er die Forderung von Jessor und Jessor (1977, zitiert nach Keskinen, 1996, S. 46) mit ein, das Verhalten von jungen Fahrern nicht isoliert von anderen Entwicklungen in diesem Lebensalter zu betrachten. Faktoren, die zu dieser höchsten Hierarchieebene zu zählen sind, sind z. B. ein bestimmter Lebensstil oder Persönlichkeitsvariablen wie Sensation Seeking (Keskinen, 1996; Hatakka et al., 1999; Hatakka et al., 2002). So konnten Gregersen und Berg (1994) zeigen, dass ein riskanter Lebensstil mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit in Verkehrsunfälle verwickelt zu sein einhergeht. Zuckerman und Neeb (1980) wiesen nach, dass ein hohes Maß an

Sensation Seeking mit einer erhöhten Neigung mit überhöhter Geschwindigkeit zu fahren korreliert. Entsprechende Präventionsmaßnahmen sollten sich auf dieser Ebene daher auf die Unterstützung junger Fahrer in ihrem Entwicklungs- und Reifeprozess beziehen (Keskinen, 1996, S. 46). Dies stellt sehr hohe Ansprüche an technische Assistenzsysteme, da das Ziel der Unterstützungsmaßnahmen eine langfristige Einstellungsänderung zu einem verantwortungsvolleren Fahrverhalten darstellen sollte.

Die nächste Ebene in Keskinens (1996) Hierarchiemodell (Goals and context of driving) entspricht in etwa der Navigationsebene von Donges (1982). Allerdings erweitert Keskinen (1996) diese Ebene um fahrbezogene Motive und Ziele und beschränkt sich nicht allein auf die Aufgabe der Navigation (Hatakka et al., 1999; Hatakka et al., 2002). Auf dieser Ebene entscheiden die Fahrer, „zu welchem Zweck, wo, mit wem, womit und wann sie fahren“ (Keskinen, 1996, S. 46). Auch der soziale Kontext, in dem die Fahraufgabe stattfindet, ist zu dieser Hierarchieebene zu zählen. Laut Hatakka et al. (1999) sowie Hatakka et al. (2002) nehmen sowohl Erfolge als auch Misserfolge der beiden höchsten Ebenen direkten Einfluss auf die Anforderungen und die Fahrfertigkeiten der beiden niedrigeren Ebenen. Die beiden unteren Ebenen *Mastery of traffic situations* sowie *Vehicle manoeuvring* entsprechen dabei der Führungs- und Stabilisierungsebene von Donges (1982).

Wie in den Kapiteln 4.1 sowie 4.2 dargelegt, stellt die Fahraufgabe eine komplexe senso-motorische Fertigkeit dar, die verschiedene kognitive Prozesse wie Wahrnehmung oder Aufmerksamkeit umfasst (Elander et al., 1993, S. 284). Darüber hinaus spielen bei der Ausübung der Fahraufgabe immer auch übergeordnete Ziele und Motive der Fahrer eine Rolle. Damit Fahrerassistenzsysteme einen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit leisten können, müssen bei ihrer Auslegung daher nicht nur die Leistungsfähigkeit sowie die Leistungsgrenzen der Fahrer berücksichtigt werden, sondern immer auch die Motive, die das Fahrverhalten des Fahrers beeinflussen.

Betrachtet man die in den Kapiteln 4.1 und 4.2 vorgestellten Modelle vor dem Hintergrund des hohen Unfallrisikos junger, unerfahrener Fahrer, lässt sich festhalten, dass die Faktoren des Anfänger- sowie Jugendlichkeitsrisikos auf Prozessen unterschiedlicher Hierarchieebenen beruhen. Während beispielsweise Faktoren des Anfängerrisikos eher auf den untersten beiden Ebenen angesiedelt sind, finden Faktoren des Jugendlichkeitsrisikos auf den beiden höchsten Ebenen Berücksichtigung. Laapotti et al. (2001) konnten zudem zeigen, dass junge Fahranfänger auf allen Ebenen der Hierarchie im Vergleich zu älteren Fahranfängern Probleme aufweisen. Zur Herausarbeitung der spezifischen Defizite bei der Bewältigung der Fahraufgabe junger, unerfahrener Fahrer sind

daher alle Ebenen der Hierarchie zu berücksichtigen (Hatakka et al., 1999; Hatakka et al., 2002).

Eine Zusammenstellung, welche Faktoren des Anfänger- sowie Jugendlichkeitsrisikos das Fahrverhalten junger, unerfahrener Fahrer beeinflussen und zu ihrem hohen Unfallrisiko beitragen, findet sich in dem Unfallentstehungsmodell junger Fahrer nach Gregersen und Bjurulf (1996). Auf eine Darstellung sämtlicher Faktoren, die zum hohen Unfallrisiko entsprechend dem Unfallentstehungsmodell junger Fahrer nach Gregersen und Bjurulf (1996) beitragen, wird im Rahmen dieser Arbeit verzichtet⁵. Stattdessen liegt der Fokus im weiteren Verlauf dieser Arbeit auf den beiden Einflussfaktoren Gefahrenwahrnehmung und riskantes Fahrverhalten. Zum einen versprechen diese beiden Faktoren ein sehr großes Potenzial hinsichtlich der Reduktion des hohen Unfallrisikos junger, unerfahrener Fahrer. So konnte der Einfluss dieser beiden Faktoren auf das hohe Unfallrisiko dieser Fahrergruppe bereits in verschiedenen Studien aufgezeigt werden (siehe z. B. Iversen & Rundmo, 2002; McKnight & McKnight, 2003; Parker, West, Stradling, & Manstead, 1995). Beispielsweise konnten Clarke et al. (2005) zeigen, dass Unfälle junger Fahrer oftmals auf zu schnelles, aggressives oder rücksichtsloses Fahren zurückzuführen sind. Die Ergebnisse der Detailunfallanalyse deuten z. B. darauf hin, dass v. a. Fehler bei der Informationsaufnahme sowie -verarbeitung, und damit Defizite bei der Gefahrenwahrnehmung, einem Unfall vorausgehen (vgl. Kapitel 3.4.2). Zum anderen werden durch die beiden Einflussfaktoren Gefahrenwahrnehmung sowie riskantes Fahrverhalten sowohl Aspekte des Anfänger- als auch des Jugendlichkeitsrisikos untersucht, so dass sowohl die unteren als auch die höheren Hierarchieebenen des Vier-Ebenen-Modells der Fahraufgabe, wie von Hatakka et al. (2002) empfohlen, berücksichtigt werden.

Im Folgenden werden die beiden Einflussfaktoren Gefahrenwahrnehmung (Kapitel 5.1) sowie riskantes Fahrverhalten (Kapitel 5.2) und die damit verbundenen Defizite und Probleme junger, unerfahrener Fahrer detailliert betrachtet.

⁵ Eine zusammenfassende Darstellung aller Einflussfaktoren von Gregersen und Bjurulf (1996) findet sich z. B. bei Biermann (2007) oder Holte (2012).

5 Ausgewählte Defizite junger, unerfahrener Fahrer bei der Ausübung der Fahraufgabe

5.1 Gefahrenwahrnehmung

Die Wahrnehmung von Gefahren spielt bei der Unfallentstehung eine wichtige Rolle. Bereits 1974 konnten Pelz und Krupat in ihrer Studie einen Zusammenhang zwischen schlechten Leistungen bei einem Test zur Gefahrenwahrnehmung und einer hohen Unfallbeteiligung nachweisen. Wie in Kapitel 3.4.2 dargelegt wurde, geht ein Großteil der Unfälle, die von jungen Fahrern verursacht werden, auf Fehler bei der Wahrnehmung von Gefahren zurück. Beispielsweise konnten ca. 40 % der in Kapitel 3 untersuchten Verkehrsunfälle junger Fahrer auf Fehler bei der Informationsaufnahme sowie ca. 15 % auf Fehler bei der Informationsverarbeitung, und damit auf wichtige Bestandteile der Gefahrenwahrnehmung, zurückgeführt werden. Im Folgenden wird daher der Prozess der Gefahrenwahrnehmung näher betrachtet sowie der Einfluss der Fahrerfahrung aufgezeigt.

Benda und Hoyos (1983) oder auch Velichkovsky, Rothert, Kopf, Dornhöfer und Joos (2002) verstehen unter Gefahrenwahrnehmung allgemein die Bewertung, ob es sich bei einer Verkehrssituation um eine potenziell gefährliche Situation handelt. Sagberg und Bjørnskau (2006) unterscheiden insgesamt zwei Komponenten der Gefahrenwahrnehmung:

„one is the degree of perceived hazard associated with a situation, and the other is the perception-reaction time to the perceived hazard.“ (Sagberg & Bjørnskau, 2006, S. 407)

Die Wahrnehmungs-Reaktions-Zeit setzt sich hierbei aus einer Wahrnehmungs- und Reaktionsphase zusammen. Hinzu kommt, dass auch eine Nicht-Reaktion des Fahrers möglich ist. Brown und Groeger (1988) betrachten die Gefahrenwahrnehmung nicht isoliert, sondern als Teilprozess der Risikowahrnehmung, die zum einen aus der Wahrnehmung von Gefahren und zum anderen aus der Beurteilung der eigenen Fahrfertigkeiten in Bezug auf die Abwendung der erkannten Gefahr besteht. Bei dem Prozess der Gefahrenwahrnehmung handelt es sich nach Brown und Groeger (1988) um einen Lernprozess, der nicht nur das Erkennen von potenziellen Gefahren beinhaltet, sondern auch die Quantifizierung der erkannten Gefahr. Die Reaktion des Fahrers auf die erkannte Gefahr ist nach Brown und Groeger (1988) jedoch abhängig von der Selbsteinschätzung der eigenen Fahrfertigkeiten. Die umfassendste Definition der

Gefahrenwahrnehmung stammt von Deery (1999) und ist in Abbildung 5. 1 schematisch dargestellt.

Deery (1999) greift in seinem Modell der Gefahrenwahrnehmung die Definition der Risikowahrnehmung von Brown und Groeger (1988) auf. Nach dem Modell gilt es in einem ersten Schritt die potenzielle Gefahr zu identifizieren und zu quantifizieren. Neben der Selbsteinschätzung der eigenen Fahrfertigkeiten in Bezug auf die Situationsbewältigung spielen jedoch auch das subjektiv wahrgenommene Risiko der Situation sowie das subjektiv akzeptierte Risiko eine Rolle. Zudem beeinflussen auch die eigenen Fahrfertigkeiten das Verhalten, das auf eine potenzielle Gefahr folgt.



Abbildung 5. 1: Modell der Gefahrenwahrnehmung nach Deery (1999, S. 227)

Laut Deery (1999, S. 228) sind drei Hauptursachen für riskantes Fahrverhalten denkbar: Defizite bei der Risikowahrnehmung, mangelnde Fahrfertigkeiten oder eine hohe subjektive Risikoakzeptanz.

Ähnlich wie bei Gregersen und Bjurulf (1996) unterliegt auch bei Deery (1999) der Prozess der Risiko- und Gefahrenwahrnehmung einem Lernprozess, wodurch sich Unterschiede zwischen unerfahrenen und erfahrenen Fahrern beim Erkennen von Gefahren erklären lassen. Der Einfluss der Expertise auf den Prozess der Gefahrenwahrnehmung wurde bereits in vielen Studien mit Hilfe unterschiedlichster Methoden (z. B. mit Hilfe der Beurteilung von Fotos oder Videos bzw. Fahrten im Fahrsimulator oder im realen Straßenverkehr) untersucht (Grattenthaler & Krüger, 2009). Benda und Hoyos (1983) konnten zeigen, dass Novizen Verkehrssituationen weniger holistisch wahrnehmen als erfahrene Fahrer. Zum gleichen Schluss kamen auch Borowsky, Shinar und Oron-Gilad (2010).

Crundall und Underwood (1998), Borowsky, Oron-Gilad, Meir und Parmet (2012) sowie Underwood, Chapman, Brocklehurst, Underwood und Crundall (2003) wiesen

nach, dass unerfahrene Fahrer ihre visuellen Suchstrategien weniger flexibel an die Anforderungen der Verkehrssituation anpassen können als erfahrene Fahrer. Beispielsweise ließen sich bei unerfahrenen Fahrern keine Unterschiede im visuellen Blickverhalten in Abhängigkeit der drei Straßentypen Stadt, Land und Autobahn finden (Crundall & Underwood, 1998). Das Blickverhalten der erfahrenen Fahrer war dagegen durch ein größeres horizontales und vertikales visuelles Suchfeld auf Autobahnen im Vergleich zu Stadt- und Landstraßen gekennzeichnet (Crundall & Underwood, 1998). Auch Falkmer und Gregersen (2005), Mourant und Rockwell (1972), Underwood, Chapman, Bowden und Crundall (2002) sowie Underwood, Crundall und Chapman (2002) fanden, dass unerfahrene Fahrer in ihrem visuellen horizontalen Suchbereich eingeschränkt sind. Underwood, Chapman et al. (2002) führten die Unfähigkeit unerfahrener Fahrer ihr Suchverhalten an die Anforderungen der Situation anzupassen darauf zurück, dass unerfahrene Fahrer noch nicht über adäquate mentale Modelle verschiedener Verkehrssituationen verfügen. Crundall, Underwood und Chapman (1999, 2002) konnten zudem zeigen, dass sich mit steigender Fahrexpertise die Nutzung des peripheren Sehfeldes im Straßenverkehr verbessert.

Darüber hinaus wurden oftmals längere Fixationszeiten auf potenziell gefährliche Objekte bei unerfahrenen Fahrern gefunden (z. B. Crundall & Underwood, 1998; Falkmer & Gregersen, 2005). Laut Crundall und Underwood (1998) sei dies darauf zurückzuführen, dass unerfahrene Fahrer noch mehr Zeit für die Verarbeitung der Informationen benötigen. Auch Jackson, Chapman und Crundall (2009) kamen zu dem Ergebnis, dass unerfahrene Fahrer stärker davon profitieren als erfahrene Fahrer, wenn für die Verarbeitung der Situationsanforderungen mehr Zeit zur Verfügung steht. Dies geht einher mit Erkenntnissen von z. B. Scialfa et al. (2011), Scialfa et al. (2012) oder auch Wetton et al. (2010), die zeigen konnten, dass unerfahrene Fahrer im Allgemeinen langsamer auf eine potenzielle Gefahr reagieren als erfahrene Fahrer. Zudem stuften unerfahrene Fahrer die potenziell gefährlichen Situationen als weniger kritisch ein (Scialfa et al., 2012). Dagegen konnten Sagberg und Bjørnskau (2006) nur tendenzielle Reaktionszeitunterschiede auf potenzielle Gefahren zwischen erfahrenen und unerfahrenen Fahrern finden. Eine detailliertere Betrachtung der Reaktionszeiten auf potenzielle Gefahren findet sich bei Anders, Huestegge, Skottke, Müsseler und Debus (2006) sowie Huestegge, Skottke, Anders, Müsseler und Debus (2010). Diese unterteilten die Reaktionszeit auf das Erscheinen einer potenziellen Gefahr zum einen in die Zeit zwischen Erscheinen der potenziellen Gefahr sowie der ersten Fixation und zum anderen in die Zeit zwischen der ersten Fixation auf die Gefahr sowie der darauf folgenden Reaktion. Sie konnten zeigen, dass unerfahrene Fahrer potenzielle Gefahren

im Allgemeinen genauso schnell erkennen wie erfahrene Fahrer. Dagegen benötigen sie mehr Zeit, um die Informationen zu verarbeiten und in eine adäquate Reaktion zu übersetzen, was sich in längeren Reaktionszeiten zwischen erster Fixation und Reaktion niederschlägt und zu insgesamt längeren Reaktionszeiten im Vergleich zu erfahrenen Fahrern führt (Anders et al., 2006; Huestegge et al., 2010). Die Ergebnisse von Anders et al. (2006) sowie Huestegge et al. (2010) legen die Vermutung nahe, dass unerfahrene Fahrer weniger Probleme damit haben, potenzielle Gefahren zu erkennen als vielmehr schnell darauf zu reagieren.

Demgegenüber stehen jedoch die Ergebnisse von Borowsky et al. (2010) sowie Pradhan, Hammel et al. (2005), dass unerfahrene im Vergleich zu erfahrenen Fahrern Gefahrenreize häufiger nicht wahrnehmen. Probleme bereiten den unerfahrenen Fahrern dabei häufig Situationen, die weniger saliente Bedrohungen bzw. Gefahrenreize enthalten (Borowsky et al., 2010). Nach Fisher, Narayanaan, Pradhan und Pollatsek (2004), Pollatsek, Narayanaan, Pradhan und Fisher (2006), Pradhan, Fisher und Pollatsek (2005), Pradhan, Fisher, Pollatsek, Knodler und Langone (2006) sowie Pradhan, Pollatsek, Knodler und Fisher (2009) handelt es sich hierbei um eine gelernte Fertigkeit, die entsprechend trainiert werden kann. Das von Fisher et al. (2004) entwickelte Risk Awareness and Training Program stellt ein PC-basiertes Computerprogramm dar, das unerfahrenen Fahrern dabei helfen soll zu lernen, wo sich im Straßenverkehr potenzielle Gefahren befinden können. Hierzu werden den unerfahrenen Fahrern zehn verschiedene Fahrsituationen in Form von einfachen Bildern gezeigt. Pro Bild sollen die Trainingsteilnehmer angeben, wo sich im Bild verdeckte Verkehrsteilnehmer befinden sowie welche Bereiche kontinuierlich beobachtet werden müssen. Im Anschluss daran erhalten die Teilnehmer die richtige Lösung und eine entsprechende Erklärung der richtigen Lösung (Fisher et al., 2004). Fisher et al. (2004), Pollatsek et al. (2006) sowie Pradhan, Fisher und Pollatsek (2005) konnten zeigen, dass trainierte unerfahrene Fahrer im Vergleich zu untrainierten unerfahrenen Fahrern in einer Fahrsimulatorfahrt potenziell kritische Verkehrsbereiche signifikant häufiger erkannten (50 % vs. 30 %). Darüber hinaus konnten Pradhan et al. (2006) sowie Pradhan et al. (2009) positive Trainingseffekte nicht nur im Fahrsimulator, sondern auch im realen Straßenverkehr nachweisen. Beispielsweise wurden von trainierten unerfahrenen Fahrern ca. 64 % der potenziellen Gefahrenbereiche richtig erkannt, im Vergleich zu 37 % bei den untrainierten Fahrern. Zudem ließen sich die positiven Trainingseffekte nicht nur bei geübten Situationen finden, sondern konnten auch auf nicht geübte Verkehrssituationen übertragen werden – die Trainingseffekte fielen hier jedoch insgesamt geringer aus. Zu berücksichtigen bleibt, dass auch trainierte Fahrer nur ca.

60 % der potenziell kritischen Gefahrenbereiche richtig erkannten und somit immer noch 40 % unentdeckt blieben. Neben der Trainierbarkeit der Gefahrenwahrnehmung konnten Chapman, Underwood und Roberts (2002) zudem zeigen, dass unerfahrene Fahrer auch hinsichtlich ihrer Suchstrategien trainiert werden können.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es sich bei der Gefahrenwahrnehmung um eine Fertigkeit handelt, die sich im Laufe der Fahrerfahrung verbessert und die sich daher z. T. grundlegend zwischen unerfahrenen und erfahrenen Fahrern unterscheidet. Zum einen lassen sich aus den oben genannten Studien bereits konkrete Hinweise zur Anpassung von Fahrerassistenzsystemen an die Defizite junger Fahrer ableiten. Beispielsweise verdeutlichen die Ergebnisse von Borowsky et al. (2010) sowie Pradhan, Hammel et al. (2005) die Notwendigkeit, unerfahrene Fahrer beim Erkennen potenzieller Gefahren zu unterstützen. Die Ergebnisse von Anders et al. (2006) sowie Huestegge et al. (2010) zeigen zudem, dass junge Fahrer von einer Unterstützung bei der Situationsinterpretation sowie einer entsprechenden Handlungsempfehlung profitieren könnten. Zum anderen gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass viele der zitierten Studien ihre Erkenntnisse auf die Untersuchung von Foto- oder Videomaterial oder auch Fahrsimulationsstudien stützen. Beispielsweise haben Anders et al. (2006) sowie Huestegge et al. (2010) Reaktionszeiten auf Gefahren gemessen, die in statischen Bildern abgebildet waren. Darüber hinaus hatten die geforderten Reaktionen nichts mit den notwendigen Reaktionen im Rahmen der Fahraufgabe gemein. Zudem wurde das Blickverhalten meist isoliert vom Fahrverhalten betrachtet. Um zu überprüfen, inwiefern sich die hier aufgeführten Erkenntnisse auf die Realität übertragen lassen und inwiefern Defizite im Blickverhalten mit Defiziten im Fahrverhalten einhergehen, sind weitergehende Studien in realen Verkehrssituationen zwingend notwendig.

5.2 Riskanter Fahrstil

Nach dem Modell von Gregersen und Bjurulf (1996) kann ein bestimmtes Fahrverhalten bzw. ein bestimmter Fahrstil als ursächlich für einen Unfall angesehen werden. Auch wenn die eigenen Ergebnisse der Detailunfallanalyse (vgl. Kapitel 3) dies nicht bestätigen konnten, wird ein riskanter Fahrstil häufig als Unfallursache insbesondere bei jungen Fahrern gesehen (z. B. Clarke et al., 2005; Jonah, 1986; vgl. auch Kapitel 2.1.2). Clarke et al. (2005) konnten zeigen, dass Unfälle junger Fahrer oftmals auf zu schnelles, aggressives oder rücksichtsloses Fahren sowie Fahren unter Alkoholeinfluss zurückzuführen sind. Zudem wird jungen Fahrern auch im Fahralltag häufig ein riskanter Fahrstil zugeschrieben (vgl. z. B. Arnett, Offer, & Fine, 1997; Bina, Graziano, & Bonino, 2006;

Evans & Wasielewski, 1983; Everett et al., 2001; Jonah, 1986; Wasielewski, 1984). Beispielsweise konnten Arnett et al. (1997) zeigen, dass junge Fahrer häufiger zu schnell fahren (siehe auch Boyce & Geller, 2002, Hatfield & Fernandes, 2009; Vassallo et al., 2007; Wasielewski, 1984). Darüber hinaus halten junge Fahrer oftmals einen geringeren Sicherheitsabstand zu vorausfahrenden Fahrzeugen ein als ältere Fahrer (Bina et al., 2006; Evans & Wasielewski, 1983). Riskantes Fahrverhalten findet sich zudem häufiger bei jungen Männern als bei Frauen (Vassallo et al., 2007). Damit geht einher, dass Begg und Langley (2001) einen Rückgang an riskantem Fahrverhalten im Alter zwischen 21 und 26 Jahren nachweisen konnten. Die Notwendigkeit sich mit riskantem Fahrverhalten in Bezug auf die Entwicklung von geeigneten Präventionsmaßnahmen auseinanderzusetzen, verdeutlichen auch die Ergebnisse von Blows, Ameratunga, Ivers, Lo und Norton (2005), Elliott, Waller, Raghunathan, Shope und Little (2000) sowie Robertson und Baker (1975). Sie konnten zeigen, dass zwischen der Beteiligung an Verkehrsunfällen sowie riskantem Fahrverhalten bzw. einem durch Verkehrsverstöße geprägten Fahrstil ein deutlicher Zusammenhang besteht. Auch Hansjosten und Schade (1997) stellten eine Korrelation zwischen Verkehrsdisziplin und Verkehrssicherheit bei jungen Fahrern fest (S. 3) und kommen zu folgendem Schluss: „Verkehrszuwiderhandlungen erhöhen in der Regel das Unfallrisiko wesentlich, die des Fahranfängers jedoch gleich um ein Vielfaches“ (Hansjosten & Schade, 1997, S. 58). Zudem bemerkten Hansjosten und Schade (1997, S. 58), dass ein späterer Führerscheinerwerb (nach dem 25. Lebensjahr) mit weniger Verkehrsdelikten, insbesondere Geschwindigkeitsverstößen, einhergeht.

Obwohl jungen, unerfahrenen Fahrern häufig ein riskanter Fahrstil zugeschrieben wird, wurde dieser bisher wenig mit bekannten Methoden zur Untersuchung eines riskanten Verhaltens, wie dem Driver Behaviour Questionnaire (DBQ) oder der Analyse verschiedener Fahrparameter, untersucht. Dies erstaunt insbesondere angesichts der Tatsache, dass es sich hierbei um die höchste Risikogruppe im Straßenverkehr handelt. Im Folgenden werden die beiden Methoden zur Untersuchung eines riskanten Fahrverhaltens, die zum einen auf der Erhebung subjektiver und zum anderen objektiver Daten basieren, kurz vorgestellt.

Beschreibung riskanten Fahrverhaltens mittels des DBQ

Seit den 1990er Jahren wurde riskantes Fahrverhalten sehr häufig mit Hilfe des DBQ von Reason et al. (1990) untersucht. Die ursprüngliche Version des DBQ basiert dabei auf 50 verschiedenen Beschreibungen riskanten Fahrverhaltens und erfordert von den Fahrern eine Selbsteinschätzung dahingehend, wie häufig sie das jeweilige Fehlverhalten im Straßenverkehr zeigen. Nach dem Modell der gefährdenden

Verhaltensweisen von Reason (1994), das bereits in Kapitel 2.2.2 ausführlich dargestellt wurde, unterscheiden Reason et al. (1990) hierbei drei verschiedene Arten an riskanten Verhaltensweisen:

- Patzer und Schnitzer
- Fehler
- Verstöße

Wie bereits erwähnt, entspricht die Unterscheidung zwischen Fehlern sowie Verstößen in etwa der von Elander et al. (1993) vorgenommenen Differenzierung zwischen Fahrkönnen sowie Fahrstil. Mit Hilfe des DBQ kann daher nicht nur der Fahrstil erfasst werden, sondern er gibt gleichzeitig auch Auskunft über die Fahrfertigkeiten einer Person.

Die allgemeine Aufteilung in Fehler und Verstöße konnte in zahlreichen Folgestudien bestätigt werden. So konnten Parker, Reason et al. (1995) mit ihrer 24 Itemversion des DBQ die Faktorstruktur von Reason et al. (1990) replizieren. Lawton, Parker, Manstead und Stradling (1997) erweiterten die Kategorie der Verstöße und konnten dadurch zwischen aggressiven Verstößen und gewöhnlichen Verstößen differenzieren (vgl. auch Parker, Lajunen, & Stradling, 1998). Als Beispiele für gewöhnliche Verstöße sind das Einhalten eines zu geringen Abstandes oder auch die Missachtung von Geschwindigkeitsbegrenzungen zu nennen. Aggressive Verstöße dagegen sind z. B. die Beteiligung an inoffiziellen Straßenrennen oder aggressives Folgeverhalten.

Insgesamt hat sich der DBQ in verschiedenen Verkehrskulturen als stabiles Instrument zur Untersuchung der Fahrfertigkeiten sowie des Fahrstils erwiesen. Die generelle Aufteilung in Fehler und Verstöße konnte dabei in verschiedenen Ländern, wie z. B. Australien (Blockey & Hartley, 1995), Neuseeland (Sullman, Meadows, & Pajo, 2002), Arabische Emirate (Bener, Özkan, & Lajunen, 2008), Griechenland (Kontogiannis, Kossiavelou, & Marmaras, 2002), Schweden (Åberg & Rimmö, 1998; Rimmö, 2002), Finnland und Niederlande (Lajunen, Parker, & Summala, 2004), Türkei und Iran (Özkan, Lajunen, Chliaoutakis, Parker, & Summala, 2006) oder auch Deutschland (Glaser & Waschulewski, 2005), bestätigt werden. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass sich zwischen den verschiedenen Ländern leichte Unterschiede bezüglich der Faktorstrukturen finden lassen. Beispielsweise fanden Åberg und Rimmö (1998) in Schweden insgesamt vier Faktoren. Neben den beiden Faktoren Verstöße und gefährliche Fehler unterschieden sie zudem zwischen Fehlern, die auf Unaufmerksamkeit sowie Fehlern, die auf Unerfahrenheit zurückzuführen sind. Auch

Bener et al. (2008) fanden in ihrer Studie in Qatar und den Vereinigten Arabischen Emiraten vier Faktoren, die sich jedoch von den schwedischen Faktoren unterschieden: neben Fehlern sowie Patzern differenzierten Bener et al. (2008) zusätzlich zwischen aggressiven Geschwindigkeitsverstößen und normalen Geschwindigkeitsverstößen. Glaser und Waschulewski (2005) konnten zwar die drei Faktoren Patzer und Schnitzer, Fehler sowie Verstöße bestätigen, jedoch basierten diese z. T. auf einer anderen Itemzuordnung als bei Parker, Reason et al. (1995) sowie Reason et al. (1990). Aufgrund der hier beschriebenen Unterschiede bzgl. der gefundenen Faktorstrukturen empfehlen Lajunen et al. (2004) sowie Özkan, Lajunen, Chliaoutakis et al. (2006) daher die Anwendung länderspezifischer DBQ-Versionen, um kulturelle Faktoren, die in erster Linie Einfluss auf Verstöße nehmen, zu berücksichtigen.

Neben der kulturübergreifenden Gültigkeit der Aufteilung in Verstöße und Fehler konnte Rimmö (2002) zeigen, dass die gefundene Faktorstruktur auch über verschiedene Altersklassen und Geschlechter hinweg stabil bleibt. Allerdings gibt es alters- sowie geschlechtsbedingte Unterschiede bezüglich der Häufigkeit der einzelnen Verhaltensweisen, wodurch zumindest zu einem Teil die hohe Unfallbeteiligung junger Fahrer erklärt werden könnte. In der Regel berichten jüngere Fahrer sowie Männer mehr Verstöße als Frauen (Lawton, Parker, Stradling, & Manstead, 1997; Reason et al., 1990; Westerman & Haigney, 2000). Dementsprechend weisen die Ergebnisse von Özkan, Lajunen und Summala (2006) darauf hin, dass v. a. junge Männer ihr Verkehrsverhalten im Verlauf von drei Jahren verändern und nach drei Jahren insgesamt weniger Verstöße berichten. Freydier, Berthelon, Bastien-Toniazzo und Gigout (2012) untersuchten riskantes Fahrverhalten der 18- bis 21-jährigen Fahrer in Frankreich mit Hilfe des DBQ. Sie konnten zeigen, dass junge Fahrer besonders häufig zu schnell bzw. unaufmerksam fahren. Zudem konnten sie eine signifikante Interaktion zwischen Alter und Geschlecht nachweisen, wobei 21-jährige Männer am häufigsten angaben riskantes Fahrverhalten zu begehen (Freydier et al., 2012). Auch die Ergebnisse von Lucidi et al. (2010) deuten darauf hin, dass nicht alle jungen Fahrer gleichermaßen dazu neigen, riskant zu fahren. Vor allem junge Männer mit einem hohen Maß an Extrovertiertheit und Sensationssuche sowie einem geringen Maß an Altruismus und Angst neigen dazu, vermehrt riskant zu fahren. Zu berücksichtigen bleibt jedoch, dass sowohl bei Lucidi et al. (2010) als auch bei Freydier et al. (2012) das Alter der Fahrer isoliert betrachtet wurde. Auswirkungen der Gesamtfahrfahrung auf das Fehlverhalten der Fahrer im Straßenverkehr wurden dagegen nicht betrachtet.

Der Zusammenhang zwischen der selbst berichteten Häufigkeit von Fehlern und Verstößen, die mit Hilfe des DBQ erfasst wurden, und der Verursachung von

Verkehrsunfällen konnte bereits mehrfach nachgewiesen werden. Beispielsweise konnten Lawton, Parker, Stradling und Manstead (1997), Parker, Reason et al. (1995) oder Parker, West et al. (1995) zeigen, dass die Häufigkeit selbst berichteter Verstöße mit der Beteiligung an Verkehrsunfällen positiv korreliert. Daneben zeigten de Winter und Dodou (2010) in einer Metaanalyse, dass sowohl Fehler als auch Verstöße etwa in gleichem Maße zur Vorhersage der Beteiligung an Verkehrsunfällen geeignet sind.

Obwohl das Fahrverhalten einer Person mittels des DBQ sehr schnell und kostengünstig erfasst werden kann, gilt es zu berücksichtigen, dass es sich bei diesem Verfahren um eine rein subjektive Erfassung des Fahrverhaltens einer Person handelt, die auf den retrospektiven Selbstauskünften des jeweiligen Fahrers beruht. Zusätzlich zu der rein subjektiven Erfassung des riskanten Fahrverhaltens einer Person empfiehlt es sich daher, dieses auch mittels objektiver Parameter zu beschreiben.

Beschreibung riskanten Fahrverhaltens mittels verschiedener objektiver Fahrparameter

Zur objektiven Erfassung eines riskanten Fahrverhaltens ist in einem ersten Schritt die kontinuierliche, einfache und schnelle Messung des individuellen Fahrverhaltens aus verschiedenen Fahrparametern während der Fahrt notwendig (vgl. auch Schulz & Fröming, 2008). Obwohl die Forschung hierzu noch in den Anfängen steckt, konnte bereits in einigen Studien nachgewiesen werden, dass sich verschiedene Fahrergruppen anhand unterschiedlicher Fahrparameterausprägungen klassifizieren lassen (Canale & Malan, 2002; Boyce & Geller, 2001; Deml, Freyer, & Färber, 2007; Doshi & Trivedi, 2010; Tricot, Sonnerat, & Popieul, 2002). Beispielsweise konnten Deml et al. (2007) zeigen, dass sich das Längsbeschleunigungsverhalten beim Anfahren aus dem Stand (z. B. Anfahren an der Ampel) sowie das Querschleunigungsverhalten in extremen Situationen (z. B. Kreisverkehr) zur Fahrstilprädiktion eignen (S. 56). Laut Schulz und Fröming (2008) können neben Verzögerungs- und Beschleunigungsmaßen auch der Bremsdruck, der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, die Geschwindigkeitswahl bei ungebundener Fahrt sowie die Zahl der Verkehrsverstöße zur Klassifikation des individuellen Fahrstils herangezogen werden (S. 1127).

Doshi und Trivedi (2010) konnten zeigen, dass sich ein aggressiver von einem nicht-aggressiven Fahrstil anhand verschiedener Längs- und Querschleunigungsmaße unterscheiden lässt. Darüber hinaus deuten ihre Ergebnisse darauf hin, dass sich aggressive Fahrer im Straßenverkehr konstanter verhalten und dadurch leichter zu klassifizieren sind als nicht-aggressive Fahrer. Dies ist v. a. vor dem Hintergrund, dass aggressives oder riskantes Fahren häufiger einem Unfall voraus geht und zudem häufiger bei jungen Fahrern auftritt, von großer Bedeutung. Auf der anderen Seite

scheinen jedoch nicht-aggressive Fahrer empfänglicher für das Feedback von Fahrerassistenzsystemen zu sein, wohingegen aggressive Fahrer dieses häufiger ignorieren (Doshi & Trivedi, 2010). Auch Murphey, Milton und Kiliaris (2009) konnten verschiedene Fahrer anhand ihres Beschleunigungs- und Verzögerungsprofils, insbesondere des Beschleunigungsrucks, drei unterschiedlichen Fahrstilgruppen (ruhig, normal, aggressiv) zuordnen. Darüber hinaus konnten Bagdadi und Várhelyi (2011) zeigen, dass Fahrer, die häufige Beschleunigungsrucks in ihrem Fahrverhalten aufweisen, häufiger in Unfälle verwickelt sind.

Auch Boyce und Geller (2001) nutzten zur Klassifikation eines riskanten Fahrstils objektive Parameter, wie einen zu geringen Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug (kleiner als 2 s) oder das Fahren um mehr als acht Kilometer pro Stunde über der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Entgegen bisheriger Forschungsergebnisse konnten Boyce und Geller (2001) keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bzgl. eines riskanten Fahrverhaltens nachweisen. Allerdings konnten sie zeigen, dass ein riskanter Fahrstil mit zunehmendem Alter der Fahrer seltener auftritt (siehe auch Boyce & Geller, 2002).

Obwohl der Fahrstil einer Person objektiv mittels verschiedener Technologien ohne die Nachteile, die mit subjektiven Methoden verbunden sind, erfasst werden kann, gilt es zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um eine sehr zeit- und kostenintensive Methode handelt. Beispielsweise erfordert die Messung des Abstandes zum vorausfahrenden Fahrzeug die Ausstattung des Versuchsfahrzeugs mit geeigneter Sensortechnik (z. B. Radarsensor). Zudem ist für die Datenauswertung eine Nachbearbeitung der Daten, z. T. mittels aufwendiger Videokodierung, unerlässlich. Meist werden daher nicht komplette Versuchsfahrten, sondern nur einzelne Zeitintervalle (z. B. 15 s vor einem kritischen Ereignis) zur Bestimmung des Fahrstils herangezogen (vgl. auch Boyce & Geller, 2001).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass riskantes Fahrverhalten sowohl mit subjektiven als auch objektiven Methoden erfasst werden kann, wobei beide Methoden Vor- und Nachteile mit sich bringen. Beide Methoden eignen sich jedoch, um zu untersuchen, wie riskantes Fahrverhalten bei der jungen, unerfahrenen Fahrergruppe zum Ausdruck kommt, um daraus zielgruppenspezifische Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme abzuleiten.

Wie in den Kapiteln 5.1 sowie 5.2 dargelegt, kommt der Gefahrenwahrnehmung sowie einem riskanten Fahrverhalten hinsichtlich des hohen Unfallrisikos junger, unerfah-

rener Fahrer eine besondere Bedeutung zu. Da die beiden Faktoren Gefahrenwahrnehmung sowie riskantes Fahrverhalten Prozesse auf verschiedenen Ebenen der Fahraufgabe umfassen (vgl. Kapitel 4), ergeben sich daraus auch unterschiedliche Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme. Während beispielsweise die Gefahrenwahrnehmung v. a. den Prozessen auf der Führungsebene der Fahraufgabe zuzuordnen ist und vorhandene Defizite leicht durch Fahrerassistenzsysteme mit entsprechender Umfeldsensorik ausgeglichen werden könnten, ist riskantem Fahrverhalten, das auf häufigen Verstößen basiert, nur sehr schwer mittels aktuell auf dem Markt befindlicher Systeme zu begegnen. Ein durch Verstöße geprägter Fahrstil basiert v. a. auf der von Keskinen (1996) vorgeschlagenen vierten Hierarchieebene, die der Berücksichtigung übergeordneter Motive und Ziele dient, und erfordert daher als Unterstützungsmaßnahme vielmehr eine Einstellungsänderung als den regelungstechnischen Eingriff oder den Vorschlag von Handlungsstrategien durch Fahrerassistenzsysteme.

Zur Ermittlung der zielgruppenspezifischen Anforderungen hinsichtlich des technischen Unterstützungsbedarfs und der Eingriffsstrategie von Fahrerassistenzsystemen ist daher die Berücksichtigung beider Faktoren sowie die Herausarbeitung diesbezüglich vorhandener Defizite junger, unerfahrener Fahrer unabdingbar. Allerdings lassen sich diese aus den bisherigen Studien zur Untersuchung der Gefahrenwahrnehmung bzw. des riskanten Fahrverhaltens junger, unerfahrener Fahrer nur bedingt ableiten.

Zum einen wurde ein Großteil, der in Kapitel 5.1 zitierten Studien zur Untersuchung der Gefahrenwahrnehmung mit Hilfe einfacher Video- bzw. Fotomaterialien und nicht im realen Straßenverkehr durchgeführt. Zudem hatten die von den Probanden geforderten Reaktionen auf den Gefahrenreiz häufig nichts mit den notwendigen Reaktionen im realen Straßenverkehr gemein oder aber das Blickverhalten wurde isoliert vom Fahrverhalten betrachtet. Inwiefern daher die Laborergebnisse das reale Verhalten im Straßenverkehr widerspiegeln und inwiefern sich daraus Ableitungen hinsichtlich des Assistenzbedarfs junger, unerfahrener Fahrer generieren lassen, muss erst noch überprüft werden.

Zum anderen sind Studien, die riskantes Fahrverhalten junger, unerfahrener Fahrer mit Hilfe des DBQ oder verschiedener objektiver Fahrparameter (vgl. Kapitel 5.2) untersuchen, sehr selten. Bisher wurde v. a. auf Basis verschiedener Verkehrsunfallanalysen geschlussfolgert, dass insbesondere junge Fahrer riskantes Fahrverhalten zeigen. Die mit dieser Methodik einhergehenden Probleme wurden bereits ausführlich in Kapitel 2.1.3 diskutiert. Darüber hinaus wurde bisher bei der Analyse eines riskanten Fahrverhaltens junger, unerfahrener Fahrer oftmals auf die

Untersuchung einer erfahrenen Vergleichsstichprobe verzichtet. Die Frage, inwiefern junge, unerfahrene Fahrer spezifische Anpassungen bei der Auslegung von Fahrerassistenzsystemen benötigen, lässt sich dadurch nur schwer beantworten. Die eigenen empirischen Studien knüpfen daher an die in Kapitel 5.1 und 5.2 vorgestellten Forschungsarbeiten an, mit dem Ziel, die dort diskutierten Defizite bzw. Lücken zu schließen.

6 Eigene Studien zur Untersuchung ausgewählter Problembereiche und Defizite junger, unerfahrener Fahrer bei der Ausübung der Fahraufgabe

Ziel der hier vorgestellten eigenen Studien ist es, mit verschiedenen empirischen Forschungsmethoden die beiden Einflussfaktoren Gefahrenwahrnehmung und riskantes Fahrverhalten bei der jungen, unerfahrenen Zielgruppe systematisch zu untersuchen, so dass daran anschließend Ableitungen hinsichtlich ihres technischen Assistenzbedarfs getroffen werden können.

Zunächst wurde mit Hilfe des DBQ ermittelt, inwiefern junge, unerfahrene Fahrer einen riskanteren Fahrstil aufweisen und inwiefern sie mehr Fahrfehler begehen als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe (Kapitel 6.1). Wie bereits erwähnt, stellt der DBQ eine kostengünstige Möglichkeit dar den Fahrstil und das Fahrkönnen und damit sowohl Aspekte des Jungendlichkeits- als auch des Anfängerrisikos schnell und einfach zu erfassen. Dennoch wurde er v. a. in Deutschland bisher kaum zur Untersuchung des Fahrverhaltens junger, unerfahrener Fahrer eingesetzt.

Für eine umfassende Beantwortung der Frage, inwiefern sich junge, unerfahrene Fahrer sowohl hinsichtlich der Gefahrenwahrnehmung als auch eines riskanten Fahrverhaltens von der erfahrenen Fahrergruppe mittleren Alters unterscheiden, reicht die Analyse des DBQ, der allein auf subjektiven Daten basiert, jedoch nicht aus. Daher wurden diese beiden Aspekte des Fahrverhaltens zudem in zwei empirischen Studien mittels der Analyse objektiver Daten untersucht. Im Fokus der ersten Studie stand dabei die Analyse der Gefahrenwahrnehmung sowie des Fahrstils junger, unerfahrener Fahrer im realen Straßenverkehr (Kapitel 6.2). Darüber hinaus wurde mit Hilfe des Vehicle in the Loop (Kapitel 6.3) untersucht, inwiefern sich die Gefahrenwahrnehmung junger, unerfahrener Fahrer von der Gefahrenwahrnehmung erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe in potenziell kritischen Verkehrssituationen unterscheidet.

6.1 Untersuchung der Fahrfehler sowie des Fahrstils junger, unerfahrener Fahrer mit Hilfe des DBQ

Da der DBQ bisher in Deutschland kaum zum Einsatz kam, wurde in einem ersten Schritt, entsprechend der Empfehlung von Lajunen et al. (2004) eine länderspezifische DBQ-Version zu verwenden, eine deutsche DBQ-Version entwickelt und mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse überprüft. Im Anschluss daran wurde untersucht, inwiefern sich junge, unerfahrene Fahrer hinsichtlich ihres Fehlverhaltens im Straßenverkehr von erfahrenen Fahrern unterscheiden.

Im Folgenden werden zunächst die Fragebogengenerierung der deutschen DBQ-Version sowie die Ergebnisse der durchgeführten exploratorischen (Kapitel 6.1.1.1) und konfirmatorischen Faktorenanalyse (Kapitel 6.1.1.2) dargelegt. Im Anschluss daran wird untersucht, inwiefern sich die junge, unerfahrene Fahrergruppe hinsichtlich der gefundenen DBQ-Faktoren von erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe unterscheidet. Daraus können erste Rückschlüsse auf vorhandene Defizite im Fahrkönnen und Fahrstil der jungen, unerfahrenen Fahrer gezogen werden (Kapitel 6.1.2).

6.1.1 Exkurs: Entwicklung einer deutschen DBQ-Version

6.1.1.1 Entwicklung des DBQ Fragebogens und Ergebnisse der exploratorischen Faktorenanalyse

Fragebogen: DBQ-deutsch

Obwohl der DBQ bisher in vielen verschiedenen Ländern eingesetzt wurde und die grundlegende Unterscheidung in Fehler und Verstöße erfolgreich bestätigt werden konnte, kam er in Deutschland bisher selten zur Anwendung (z. B. bei Glaser & Waschulewski, 2005; Hagemeister & Enderlein, 2008). Während Hagemeister und Enderlein (2008) auf eine Analyse der Faktorstruktur verzichteten, basierte diese bei Glaser und Waschulewski (2005) auf einer geringen Stichprobengröße von nur 114 Probanden. Zudem untersuchten Glaser und Waschulewski (2005) lediglich mittels einer exploratorischen Faktorenanalyse, ob sich die von Reason et al. (1990) gefundenen Faktoren Fehler, Verstöße und Schnitzer / Patzer auch in einer deutschen Stichprobe finden lassen. Eine Überprüfung der gefundenen Faktorstruktur anhand neuer Daten mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse fand dagegen nicht statt. Darüber hinaus basierte die verwendete DBQ Version lediglich auf der 24 Items umfassenden Version von Parker, Reason et al. (1995). Da sich ein riskanter Fahrstil jedoch v. a. in Form bewusster Verstöße ausdrückt, erscheint die Verwendung der erweiterten Verstoß-Kategorie von Lawton, Parker, Manstead und Stradling (1997) im Hinblick auf das eigene Vorhaben als zielführender.

Der hier verwendete DBQ Fragebogen bestand aus insgesamt 36 Items, mit denen das riskante Fahrverhalten im Straßenverkehr erfasst werden sollte. Zum einen basierte der Fragebogen auf 22 Items der drei Kategorien Verstöße, Fehler sowie Patzer / Schnitzer von Parker, Reason et al. (1995), wobei auf die deutsche Übersetzung von Glaser und Waschulewski (2005) zurückgegriffen wurde. Das Item „Sie haben vergessen, wo

Sie das Auto im Parkhaus oder auf dem Parkplatz abgestellt haben“ (Parker, Reason et al., 1995; deutsche Übersetzung von Glaser & Waschulewski, 2005) wurde nicht in den Fragebogen aufgenommen, da es als Unfallursache keine Rolle spielt. Ebenso wurde das Item „Sie haben eine Abneigung gegen eine bestimmte Art von Autofahrern und Sie zeigen ihnen das, wo immer Sie können“ (Parker, Reason et al., 1995; deutsche Übersetzung von Glaser & Waschulewski, 2005) nicht in die Umfrage integriert, da das Verhalten des Fahrers zu unspezifisch beschrieben wird und sich daraus keine konkrete Eingriffsstrategie für Fahrerassistenzsysteme ableiten lässt. Darüber hinaus bestand der Fragebogen aus fünf zusätzlichen Verstoß-Items von Lawton, Parker, Manstead und Stradling (1997). Auch hier wurden nur Verstoß-Items aufgenommen, die zum einen das deutsche Verkehrsgeschehen sinnvoll beschreiben und zum anderen einen Erkenntnisgewinn hinsichtlich der Eingriffsstrategie von Fahrerassistenzsystemen erwarten lassen. Da bei den Items von Lawton, Parker, Manstead und Stradling (1997) auf keine deutsche Übersetzung zurückgegriffen werden konnte, wurden die Items von der Autorin ins Deutsche und von einer weiteren Person zurück ins Englische übersetzt, so dass eine adäquate Übersetzung sicher gestellt werden konnte. Des Weiteren wurden vier Items von Reason et al. (1990) integriert, die auf Aufmerksamkeitsfehler zurückzuführen sind, sowie ein Item, das einen unbewussten Geschwindigkeitsverstoß darstellt. Diese fünf Items wurden in den Fragebogen aufgenommen, da sowohl Aufmerksamkeitsfehler als auch Geschwindigkeitsverstöße wichtige Unfallursachen darstellen (vgl. Teil I). Zusätzlich zu den 33 Items von Reason et al. (1990), Parker, Reason et al. (1995) sowie Lawton, Parker, Manstead und Stradling (1997) wurde der Fragebogen um drei eigene Items ergänzt, die in Tabelle 6. 1 aufgeführt sind. Diese drei Items berücksichtigen zum einen den Einzug neuer Kommunikationstechnologien ins Fahrzeug und zum anderen mit Fahren unter Müdigkeit eine nicht zu unterschätzende Unfallursache (siehe Kapitel 3.4.2). Eine Darstellung aller 36 DBQ-Items findet sich in Anhang B (Tabelle B. 1 bis Tabelle B. 4).

Tabelle 6. 1: Übersicht über die drei selbst entwickelten DBQ Items

Ergänzte DBQ-Items	
Item 28	Sie telefonieren während der Autofahrt ohne Freisprecheinrichtung mit dem Handy.
Item 29	Sie fahren noch zu einem Termin, nach Hause, etc., obwohl Sie eigentlich schon zu müde zum Fahren sind.
Item 30	Sie lesen oder schreiben während Sie Auto fahren SMS oder E-Mails.

Wie bei Reason et al. (1990) bestand die Aufgabe der Umfrageteilnehmer darin, auf einer sechs-stufigen Skala ([0] nie, [1] sehr selten, [2] ab und zu, [3] ziemlich oft, [4] regelmäßig, [5] fast immer) anzugeben, wie häufig sie das beschriebene Fahrverhalten im Straßenverkehr in den letzten zwölf Monaten gezeigt haben. Zusätzlich zu den DBQ-Items wurden Daten zu Geschlecht, Alter, Fahrerfahrung sowie Führerscheinbesitz erhoben.

Stichprobe

Die Datenerhebung fand im Rahmen einer Online-Umfrage statt, die mit Hilfe des Tools testMaker des Lehrstuhls für Betriebs- und Organisationspsychologie der RWTH Aachen erstellt wurde (Hartweg, Milbradt, Zimmerhofer, & Hornke, 2009). Der Link zur Teilnahme an der Online-Umfrage wurde an die Mitglieder der Universität der Bundeswehr München verschickt. Insgesamt gingen Datensätze von 500 Personen, darunter 141 Frauen (28 %), in die Analyse ein. Das durchschnittliche Alter der Teilnehmer lag bei 31.5 Jahren ($SD = 12.4$; $Min = 18$, $Max = 79$). Die mittlere Gesamtfahrerfahrung seit Führerscheinbesitz betrug 230 549 km, wobei hier eine sehr große Streuung zwischen den Probanden zu verzeichnen war ($SD = 272\ 650$; $Min = 300$; $Max = 3\ 000\ 000$, $n = 465$). Im Schnitt besaßen die Teilnehmer seit 166 Monaten ihren Führerschein, wobei auch hier große Unterschiede zwischen den Probanden beobachtet werden konnten ($SD = 143$; $Min = 5$, $Max = 673$, $n = 499$).

Ergebnisse

Eine Übersicht darüber, wie häufig die einzelnen Verhaltensweisen laut Selbsteinschätzung der Teilnehmer im Straßenverkehr vorkamen, befindet sich in Anhang B (Tabelle B. 5 bis Tabelle B. 7).

22 Verhaltensweisen wiesen einen Mittelwert kleiner als eins auf und wurden daher von den Teilnehmern (fast) nie im Straßenverkehr gezeigt. Im Mittelpunkt des Interesses steht jedoch, welche riskanten Verhaltensweisen, im Speziellen von der jungen Altersgruppe, häufig begangen werden und ob sich daraus Hinweise zur Auslegung von Fahrerassistenzsystemen ableiten lassen. Entsprechend der Empfehlung von Backhaus, Erichson, Plinke und Weiber (2008) irrelevante Items von der Analyse auszuschließen (S. 330), wurden in die exploratorische Faktorenanalyse daher nur Items mit einem Mittelwert größer eins einbezogen. So sollte sichergestellt werden, dass es sich hierbei um Verhaltensweisen handelt, die zumindest von einem Teil der Verkehrsteilnehmer häufiger gezeigt werden. Die Antworten der 14 Items wurden einer Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse mit Promax-Rotation unterzogen. Die exploratorische Faktorenanalyse wurde mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 21 durchgeführt. Obwohl die Faktorenstruktur des DBQ bisher v. a. mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse untersucht wurde (vgl. z. B. Lawton, Parker, Manstead, & Stradling, 1997; Reason et al., 1990), wurde hier die Maximum-Likelihood-Methode gewählt, da diese auch in der daran anschließenden konfirmatorischen Faktorenanalyse zum Einsatz kam. Entsprechend Bühner (2011) ist es empfehlenswert für beide Verfahren die gleiche Methode anzuwenden, um Ergebnisunterschiede aufgrund verschiedener Methoden ausschließen zu können. Voraussetzung für die Anwendung der Maximum-Likelihood-Methode ist eine ausreichend große Stichprobe sowie eine multivariate Normalverteilung aller eingehenden Variablen (Bühner, 2011). Als grobe Richtlinie, ob die Voraussetzung der multivariaten Normalverteilung hinreichend erfüllt ist, ist nach Curran, Finch und West (1995; zitiert nach Bühner, 2011) für die einzelnen Items eine Schiefe kleiner zwei sowie ein Exzess kleiner sieben notwendig. Wie den Tabellen B. 5 und B. 6 entnommen werden kann, werden diese Bedingungen von den 14 Items, die in die Analyse aufgenommen wurden, erfüllt.

Da in den verwendeten Fragebogen Items von Lawton, Parker, Manstead und Stradling (1997) integriert wurden, ist ferner davon auszugehen, dass zumindest ein Teil der Faktoren korreliert ist. Daher wurde mit der Promax-Rotation ein obliques Rotationsverfahren gewählt.

Ein Kaiser-Meyer-Olkin-Koeffizient von .86 und MSA-Koeffizienten zwischen .72 und .92 zeigen an, dass sich die erhobenen Daten zur Durchführung einer Faktorenanalyse

eignen (siehe Bühner, 2011; Field, 2009). Der Bartlett's Test auf Sphärizität ($\chi^2(91) = 2356.22, p < .001$) ergibt, dass alle Korrelationen der Korrelationsmatrix größer null und die Items daher für die Durchführung einer Faktorenanalyse geeignet sind. Die Korrelationsmatrix sowie die Anti-Image-Matrizen befinden sich in Anhang B (Tabelle B. 8 sowie Tabelle B. 9). Um zu entscheiden, wie viele Faktoren zu extrahieren sind, wurde das Eigenwertkriterium⁶, der Scree-Plot⁷ sowie der MAP-Test (O'Connor, 2000) angewendet. Die Ergebnisse des MAP-Tests befinden sich in Anhang B. Der Scree-Plot ist in Abbildung 6. 1 dargestellt.

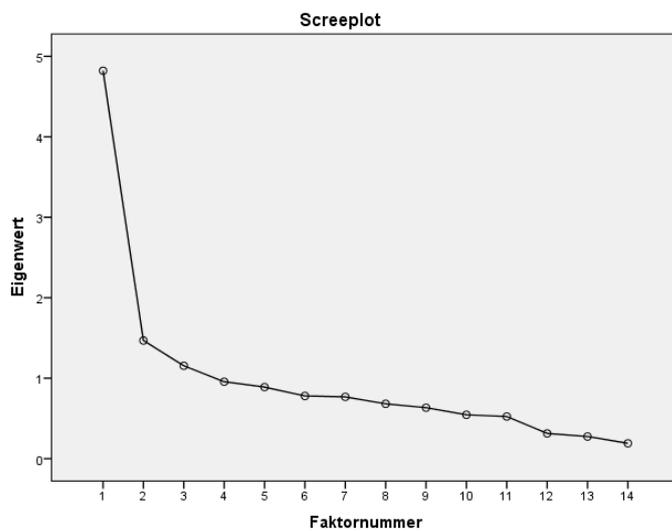


Abbildung 6. 1: Ergebnisse der exploratorischen Faktorenanalyse – Scree-Plot

Während der Scree-Plot mehr auf eine Zwei-Faktoren-Lösung hindeutet, sprechen sowohl die Ergebnisse des MAP-Tests als auch das Eigenwertkriterium (siehe Tabelle B. 10, Anhang B) für eine Drei-Faktoren-Lösung. Dementsprechend wurden drei oblique rotierte Faktoren extrahiert, die zusammen 43.92 % der Varianz aufklären konnten.

In Tabelle 6. 2 ist die Mustermatrix der Maximum-Likelihood-Methode mit Promax-Rotation dargestellt. Es werden nur praktisch bedeutsame Ladungen⁸ (≥ 0.40) angegeben, um eine sinnvolle Interpretation zu gewährleisten (Field, 2009). Eine Übersicht der Item-Kommunalitäten sowie die Strukturmatrix befinden sich in Anhang B (Tabelle B. 11 sowie Tabelle B. 12).

⁶ Faktoren mit Eigenwerten > 1 sind zu extrahieren (Bühner, 2011).

⁷ Nur Faktoren vor dem Knick werden extrahiert (Bühner, 2011).

⁸ Im Falle einer obliquen Rotation handelt es sich bei dem Begriff Ladung um partielle standardisierte Regressionsgewichte (Bühner, 2011, S. 300).

Unter Faktor 1 sind drei Items zusammengefasst, die das Fahren über der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in verschiedenen Situationen (nachts, auf Landstraßen, auf Autobahnen) beschreiben. Bei diesem Faktor handelt es sich folglich um geschwindigkeitsbasierte Verstöße. Insgesamt ist dieser Faktor für 18.20 % Varianzaufklärung verantwortlich und weist zudem eine hohe Reliabilität auf (Cronbach $\alpha = .91$).

Faktor 2 fasst aggressives Fahrverhalten zusammen (z. B. zu dichtes Auffahren, rechts Überholen, starkes Beschleunigen) und klärt insgesamt 18.39 % der Varianz auf (Cronbach $\alpha = .73$).

Bei dem dritten Faktor handelt es sich dagegen um Aufmerksamkeitsfehler bzw. Fahren mit verminderter Aktivierung (z. B. falsches Einordnen an Kreuzungen, Fahren unter Müdigkeit), die zunächst jedoch keine Gefährdung für einen selbst oder andere Fahrer beinhalten. Insgesamt werden durch den dritten Faktor nur 7.38 % der Varianz aufgeklärt. Zudem weist dieser Faktor mit einem Cronbach α von .56 eine geringe Reliabilität auf. Wie in Tabelle 6. 3 dargestellt ist, sind die einzelnen Faktoren mittelmäßig miteinander korreliert.

Tabelle 6. 2: Mustermatrix (Promax-rotierte Faktorenmatrix, Maximum-Likelihood-Methode)

Item	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
Item 23	0.96		
Item10	0.90		
Item 25	0.82		
Item 6		1.12	
Item 24		0.56	
Item 13		0.44	
Item 29			0.65
Item 19			0.49
Item 35			0.47
Item 2			0.46
Cronbach alpha	.91	.73	.56

Tabelle 6. 3: Exploratorische Faktorenanalyse – Korrelationsmatrix der Faktoren

Faktor	Geschwindigkeitsverstöße	Aggressive Verstöße	Aufmerksamkeitsfehler
Geschwindigkeitsverstöße	1.00	.56	.55
Aggressive Verstöße	.56	1.00	.47
Aufmerksamkeitsfehler	.55	.47	1.00

Zusammenfassung und Diskussion

Obwohl der DBQ in vielen Ländern ein gängiges Forschungsinstrument ist, gab es in Deutschland bislang keine validierte DBQ-Version. In einem ersten Schritt wurde daher eine eigene deutsche DBQ-Version mit dem Ziel entwickelt, häufiges Fehlverhalten junger, unerfahrener Fahrer zu erfassen und mit dem erfahrener Fahrer zu vergleichen, um daraus Hinweise für den zielgruppenspezifischen Assistenzbedarf abzuleiten. Der zugrundeliegende Fragebogen bestand aus insgesamt 36 Items. Aufgrund sehr geringer Häufigkeiten bei einzelnen Items gingen jedoch lediglich 14 Items in die Analyse ein. Wie bei Reason et al. (1990) oder auch Parker, Reason et al. (1995) stellte die Missachtung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit das häufigste Vergehen dar.

Insgesamt konnten mit Hilfe der Maximum-Likelihood-Methode mit Promax-Rotation drei Faktoren extrahiert werden, die insgesamt 43.92 % der Varianz aufklärten: Geschwindigkeitsverstöße, aggressive Verstöße sowie Aufmerksamkeitsfehler. Der Faktor „aggressive Verstöße“ stellte den Faktor mit der größten Varianzaufklärung dar (18.39 %), dicht gefolgt von dem Faktor Geschwindigkeitsverstöße (18.20 %). Beide Faktoren bergen ein hohes Risikopotenzial für den Fahrer selbst sowie andere Verkehrsteilnehmer und liefern damit wertvolle Informationen hinsichtlich der Identifikation gefährdeter Fahrergruppen im Straßenverkehr. Der dritte Faktor „Aufmerksamkeitsfehler“ konnte dagegen nur 7.38 % der Varianz aufklären. Zudem beinhalten lediglich die beiden Items (29) „Fahren trotz Müdigkeit“ sowie (35) „Nur ein Auge auf der Straße während der Bedienung des Navis“ ein gewisses Risikopotenzial, während von den beiden Items (2) „Falsches Einordnen vor einer Kreuzung“ sowie (19) „Nicht wissen, wie die Strecke aussah“ zunächst keine Verkehrsgefährdung ausgeht. Insgesamt betrachtet gestaltet sich der Faktor Aufmerksamkeitsfehler daher sehr heterogen, was sich auch in einem niedrigen Cronbach α von .56 ausdrückt. Gemeinsam ist den vier Items, die auf diesen

Faktor laden, dass der Fahrer dem Verkehrsgeschehen insgesamt zu wenig Aufmerksamkeit schenkt.

Betrachtet man Tabelle 6. 3, fällt auf, dass die drei Faktoren miteinander korreliert sind. Hohe Ausprägungen auf dem einen Faktor gehen mit hohen Ausprägungen auf den anderen beiden Faktoren einher. Geeignete Präventionsmaßnahmen sollten daher alle drei Faktoren mitberücksichtigen. Die Konzentration auf nur einen Faktor erscheint dagegen als wenig zielführend.

Generell konnte die Aufteilung in Verstöße und Fehler von Reason et al. (1990) somit auch mit einer deutschen Stichprobe repliziert werden. Die gefundene Faktorstruktur ist dabei derjenigen von Lawton, Parker, Manstead und Stradling (1997) sehr ähnlich. Auch Lawton, Parker, Manstead und Stradling (1997) konnten in ihrer ersten Studie zwischen zwei Arten von Verstößen (deliberate violations, aggressive violations, S. 1261) sowie einem Fehlerfaktor unterscheiden. Anders als bei Lawton, Parker, Manstead und Stradling (1997) trugen in der vorliegenden Studie jedoch die beiden Verstoß-Faktoren wesentlich mehr zur Varianzaufklärung bei als der Faktor Aufmerksamkeitsfehler. Zudem bestand bei Lawton, Parker, Manstead und Stradling (1997) die Fehlerkategorie nicht ausschließlich aus Aufmerksamkeitsfehlern.

Unterschiede in der gefundenen Faktorstruktur lassen sich zum einen auf Unterschiede bei der Itemauswahl zurückführen. Beispielsweise gingen in die vorliegende Untersuchung nur Items ein, die mindestens einen Mittelwert von 1 aufwiesen, um sicherzustellen, dass das untersuchte Fehlverhalten von der Fahrerpopulation überhaupt gezeigt wird. Zum anderen wurden sowohl neu generierte Items als auch Items verschiedener Autoren in die Analyse aufgenommen, so dass eine eins zu eins Replikation nicht möglich war. Darüber hinaus wurde bei der Ermittlung der Faktoren eine andere Analyse-methode verwendet: da im nächsten Schritt die gefundene Faktorstruktur mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse überprüft werden sollte sowie davon auszugehen war, dass die einzelnen Faktoren miteinander korreliert sind, wurde die Maximum-Likelihood-Methode mit Promax-Rotation gewählt und nicht wie von den meisten Autoren die Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation (vgl. z. B. Freydier et al., 2012; Lawton, Parker, Manstead und Stradling, 1997; Reason et al., 1990).

Obwohl die generelle Aufteilung in Fehler und Verstöße auch mit der vorliegenden deutschen DBQ-Version bestätigt werden konnte, sind bei der Interpretation der Ergebnisse einige methodische Einschränkungen zu berücksichtigen. Da es sich um eine Online-Umfrage handelte, war der Altersdurchschnitt erwartungskonform relativ niedrig. Im Schnitt waren die Teilnehmer 31.5 Jahre alt ($SD = 12.4$). Es ist daher davon auszuge-

hen, dass keine exakte Repräsentation der Fahrerpopulation in Deutschland vorlag. Unterschiede in der Altersstruktur der verwendeten Stichprobe können jedoch Unterschiede bzgl. der extrahierten Faktoren nach sich ziehen (vgl. Lawton, Parker, Manstead und Stradling, 1997). Zudem gaben die Teilnehmer für die Mehrheit des untersuchten Fehlverhaltens an, dieses nie zu begehen, weswegen von vornherein ein Großteil der Items aus der weitergehenden Analyse ausgeschlossen wurde. Darüber hinaus handelt es sich bei dem DBQ um ein Verfahren zur Selbsteinschätzung, weswegen Effekte der sozialen Erwünschtheit nie vollkommen ausgeschlossen werden können. Da die vorliegenden Daten jedoch mittels einer anonymen Online-Umfrage erhoben wurden, ist davon auszugehen, dass sich diese auf ein Minimum beschränkten. Zudem gilt es zu berücksichtigen, dass eine exploratorische Faktorenanalyse in erster Linie dazu dient, Zusammenhänge zwischen Items durch eine reduzierte Anzahl latenter Faktoren zu erklären (Bühner, 2011, S. 296). Die gefundene Faktorstruktur ist daher stark von der zugrundeliegenden Stichprobe abhängig. Um zu überprüfen, ob die ermittelte Faktorstruktur auch auf andere Stichproben bzw. auf die Grundgesamtheit übertragen werden kann, erfolgt im nächsten Schritt die Validierung der Faktorstruktur mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse.

6.1.1.2 Überprüfung der gefundenen Faktorstruktur mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse

Zur Überprüfung, ob die in Kapitel 6.1.1.1 gefundene Faktorstruktur auch bei neu erhobenen empirischen Daten anwendbar ist, wurde eine konfirmatorische Faktorenanalyse berechnet. Ziel der konfirmatorischen Faktorenanalyse ist dabei die Überprüfung der gefundenen Modellstruktur anhand empirischer Daten sowie die Schätzung unbekannter Modellparameter (Bühner, 2011). Ausgangspunkt der konfirmatorischen Faktoranalyse waren die drei in Kapitel 6.1.1.1 gefundenen Faktoren Geschwindigkeitsverstöße, aggressive Verstöße sowie Aufmerksamkeitsfehler. Diese latenten Variablen wurden mit Hilfe zehn manifester Variablen erklärt. Entsprechend der Ergebnisse in Kapitel 6.1.1.1 gingen folgende manifeste Variablen in die Analyse ein: Item 10, 23, 25 (Geschwindigkeitsverstöße), Item 6, 13, 24 (aggressive Verstöße) sowie Item 2, 19, 29, 35 (Aufmerksamkeitsfehler; die ausformulierten Items befinden sich in Anhang B, Tabelle B. 1 bis Tabelle B. 4). Pro Item wurde wie bereits in Kapitel 6.1.1.1 auf einer sechs-stufigen Skala von [0] nie bis [5] (fast) immer erfasst, wie häufig die Fahrer ein bestimmtes Fahrverhalten im Straßenverkehr zeigten.

Stichprobe

Die Datenerhebung fand wiederum im Rahmen einer Online-Umfrage statt, die ebenfalls mit dem Tool testMaker des Lehrstuhls für Betriebs- und Organisationspsychologie der RWTH Aachen erstellt wurde (Hartweg et al., 2009). Der Link zur Teilnahme an der Online-Umfrage wurde an die Mitglieder der Universität der Bundeswehr München verschickt. Personen, die bereits an der ersten Umfrage teilgenommen hatten, wurden von der zweiten Umfrage ausgeschlossen. Insgesamt nahmen 131 Personen an der Online-Umfrage teil, wobei 32 % der Teilnehmer weiblich waren. Zusätzlich zu den zehn DBQ-Items mussten die Teilnehmer Angaben zu ihrem Geschlecht, Alter, Fahrerfahrung sowie Führerscheinbesitz machen. Es mussten keine Personen aufgrund fehlender Daten bei den DBQ-Items ausgeschlossen werden. Das durchschnittliche Alter der Umfrageteilnehmer betrug 27.8 Jahre ($SD = 9.4$, $Min = 18$, $Max = 63$). Im Schnitt besaßen die Probanden ihren Führerschein seit 124 Monaten ($SD = 115$, $Min = 10$, $Max = 548$, $n = 131$) und verfügten über eine durchschnittliche Gesamtfahrerfahrung von 175 520 km ($SD = 206\,991$, $Min = 5000$, $Max = 1\,500\,000$, $n = 127$).

Ergebnisse

Die Beziehung der manifesten Variablen zu den latenten Variablen sowie der latenten Variablen untereinander ist in dem Mess- und Strukturmodell in Abbildung 6.2 dargestellt. Entsprechend der Ergebnisse in Kapitel 6.1.1.1 ist davon auszugehen, dass die drei latenten Faktoren nicht unabhängig voneinander sind, sondern miteinander korrelieren. In Tabelle B. 13 in Anhang B ist aufgeführt, wie häufig die Teilnehmer der Umfrage nach eigener Einschätzung im Schnitt ein bestimmtes Fehlverhalten im Straßenverkehr zeigten. Die Berechnung der deskriptiven Statistiken erfolgte mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 22. Zur Identifizierung der Modellparameter wurde die Maximum-Likelihood-Methode gewählt. Um die unbekanntes Modellparameter schätzen zu können, wurde für jede latente Variable das reliabelste Item aus Kapitel 6.1.1.1 als Referenzvariable bestimmt und dessen Ladung auf eins fixiert (Bühner, 2011). Zudem wurden die Ladungen der Fehlervariablen der einzelnen Items ebenfalls auf eins festgelegt (siehe Abbildung 6.2).

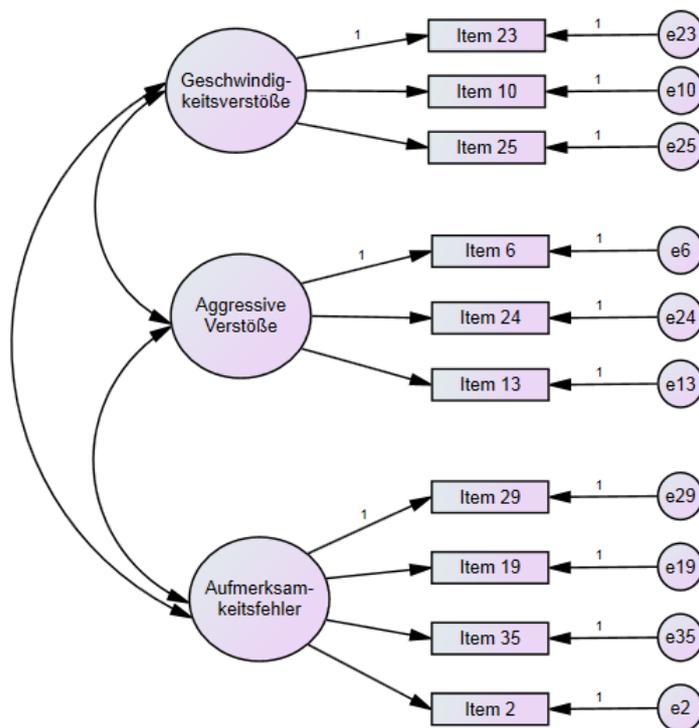


Abbildung 6. 2: Mess- und Strukturgleichungsmodell mit den in Kapitel 6.1.1.1 extrahierten drei latenten sowie zehn manifesten Variablen

Voraussetzung für die Anwendung der Maximum-Likelihood-Methode ist das Vorliegen einer multivariaten Normalverteilung der Items. Mit Hilfe des Mardia-Tests kann überprüft werden, ob eine multivariate Normalverteilung der Items vorliegt (Bühner, 2011, S. 432). Ist dies nicht der Fall, empfiehlt es sich nach Bühner (2011, S. 432) das Bollen-Stine-Bootstrap-Verfahren anzuwenden, um einen korrigierten p-Wert für den χ^2 -Test zu erhalten. Die konfirmatorische Faktorenanalyse wurde mit dem Statistikprogramm IBM SPSS AMOS 22 durchgeführt.

In Abbildung 6.3 ist das dreifaktorielle DBQ-Modell mit den geschätzten Faktorladungen dargestellt. Wie Abbildung 6.3 entnommen werden kann, laden v. a. die Items des Faktors Geschwindigkeitsverstöße deutlich auf den eigenen Faktor, wohingegen die Items der beiden übrigen Faktoren weniger stark auf den jeweiligen Faktor laden. Eine Ausnahme bildet das Item 35, das mit 1.22 die höchste Faktorladung besitzt.

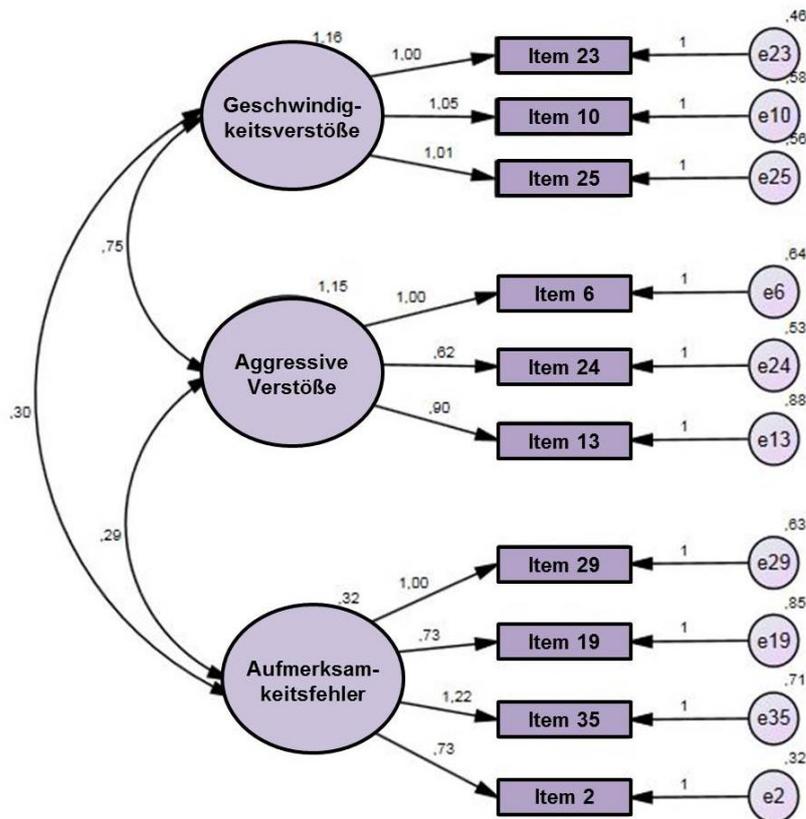


Abbildung 6. 3: Dreifaktorielles DBQ-Modell mit den per Maximum-Likelihood-Methode geschätzten unstandardisierten Faktorladungen

Die Überprüfung des Modell-Fits erfolgte zum einen inferenzstatistisch mittels eines χ^2 -Tests (Bühner, 2011). Zum anderen wurden verschiedene Fit-Indizes berechnet, anhand derer die Güte des Modells unabhängig von der Stichprobengröße ermittelt werden kann (Bühner, 2011, S. 418). Entsprechend Beauducel und Wittmann (2005, zitiert nach Bühner, 2011, S. 425) sollten folgende Fit-Indizes zur Beurteilung der Modellgüte angegeben werden: χ^2 -Wert, inklusive p-Wert, CFI (Comparative-Fit-Index), RMSEA (Root-Mean-Square-Error of Approximation) und der SRMR (Standardized-Root-Mean-Residual). Zudem empfiehlt Bühner (2011, S. 419) zur Beurteilung des Modell-Fits die Signifikanztests für die zu schätzenden Modellparameter heranzuziehen.

Entsprechend der Ergebnisse des χ^2 -Tests muss das vorgeschlagene dreifaktorielle Modell nicht abgelehnt werden ($\chi^2(32) = 41.61, p = .12$). Da laut Mardia-Test (siehe Tabelle B. 14 in Anhang B) die Voraussetzung der multivariaten Normalverteilung nicht erfüllt war (multivariate Kurtosis = 19.70, $z = 7.28, p < .001$), wurde der p-Wert mit Hilfe

des Bollen-Stine-Bootstrap-Verfahrens korrigiert. Auch bei einem korrigierten p -Wert von .36 muss das Modell nicht abgelehnt werden. Mit einem RMSEA⁹ von .048 (CI90: .00 - .086), einem CFI¹⁰ von .98 sowie einem SRMR¹¹ von .045 werden die von Hu und Bentler (1999, zitiert nach Bühner, 2011, S. 458) vorgeschlagenen Cut-off-Werte erfüllt, so dass von einem guten Modell-Fit ausgegangen werden kann.

In Tabelle B. 15 in Anhang B sind zudem die standardisierten partiellen Regressionsgewichte der einzelnen Items angegeben. Es wird ersichtlich, dass alle Faktorladungen auf die drei Faktoren „Geschwindigkeitsverstöße“, „aggressive Verstöße“ sowie „Aufmerksamkeitsfehler“ hoch signifikant sind ($p < .001$). Insgesamt kann auch bezüglich der Ladungen von einem lokalen Modell-Fit ausgegangen werden. Auch die Werte der in Tabelle B. 16 in Anhang B angegebenen standardisierten residualen Kovarianzmatrix liefern keine Hinweise für einen grenzwertigen Modell-Fit. Wie von Bühner (2011, S. 459) vorgeschlagen, liegen alle standardisierten Residuen innerhalb der Grenzen von $[-1.96; 1.96]$.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sowohl der χ^2 -Test als auch die berechneten Fit-Indizes auf einen guten Modell-Fit hindeuten. Eine Ablehnung des Modells ist daher nicht erforderlich.

Zusammenfassung und Diskussion

Zur Entwicklung einer validen deutschen DBQ-Version sollte die in Kapitel 6.1.1.1 gefundene Faktorstruktur mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse bestätigt werden. In die Analyse gingen die drei Faktoren Geschwindigkeitsverstöße (Item 10, 23, 25), aggressive Verstöße (Item 6, 13, 24) sowie Aufmerksamkeitsfehler (Item 2, 19, 29, 35) ein.

Wie in Kapitel 6.1.1.1 stellte das Nicht-Einhalten der zulässigen Geschwindigkeitsbegrenzungen in verschiedenen Situationen das häufigste Fehlverhalten der Fahrer dar. Sowohl die Ergebnisse des χ^2 -Tests als auch die berechneten Fit-Indizes CFI, RMSEA, SRMR sowie die Signifikanztests für die zu schätzenden Modellparameter deuten auf einen guten Modell-Fit hin. Eine Ablehnung des dreifaktoriellen Modells erscheint daher nicht notwendig. Betrachtet man jedoch die Grenzen des 90-prozentigen Konfidenzintervalls des RMSEA (CI90: .00 - .086), wird deutlich, dass der Modell-Fit mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auch außerhalb der Population bzw. über dem Cut-off-Wert

⁹ Bei Stichprobengrößen ≤ 250 sollte der RMSEA $< .08$ sein, um von einem guten Modell-Fit sprechen zu können (Bühner, 2011, S. 425).

¹⁰ Der CFI sollte $\geq .95$ sein, um von einem guten Modell-Fit sprechen zu können (Bühner, 2011, S. 427).

¹¹ Der SRMR sollte $\leq .11$ sein, um von einem guten Modell-Fit sprechen zu können (Bühner, 2011, S. 427).

von 0.08 liegt (vgl. Bühner, 2011). Wie bereits in Kapitel 6.1.1.1 gilt es zudem einige methodische Einschränkungen bei der Interpretation der Ergebnisse, wie eine relativ geringe Stichprobengröße sowie einen geringen Altersdurchschnitt der Stichprobe, zu berücksichtigen.

Ziel des in den Kapiteln 6.1.1.1 und 6.1.1.2 beschriebenen Vorgehens war die Entwicklung einer validen deutschen DBQ-Version zum Vergleich des fehlerhaften Fahrverhaltens zwischen verschiedenen Fahrerpopulationen. Nachdem die drei in Kapitel 6.1.1.1 extrahierten Faktoren mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse bestätigt werden konnten und insgesamt von einem guten Modell-Fit ausgegangen werden kann, wird die deutsche DBQ Version im Folgenden eingesetzt, um das Fahrverhalten junger, unerfahrener Fahrer mit dem erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe zu vergleichen, um so erste Hinweise auf den zielgruppenspezifischen Assistenzbedarf junger, unerfahrener Fahrer zu erhalten.

6.1.2 Untersuchung des Fahrverhaltens junger, unerfahrener Fahrer auf Basis der drei DBQ-Faktoren

6.1.2.1 Fragestellungen und Hypothesen

Für die Entwicklung des zielgruppenspezifischen Assistenzbedarfs ist eine ganzheitliche Betrachtung der Fahraufgabe zwingend erforderlich (vgl. auch Brown, 1982 sowie Fuller, 1984). Wie bereits erwähnt, stellt der DBQ ein einfaches und nützliches Instrument dar, um sowohl das Fahrkönnen als auch den Fahrstil zu erfassen. Der DBQ bietet somit eine gute Möglichkeit, in einem ersten Schritt das Fahrverhalten junger, unerfahrener Fahrer mit dem erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe zeit- und kostengünstig zu vergleichen.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, junge, unerfahrene Fahrer hinsichtlich ihrer Ausprägungen auf den drei DBQ-Faktoren Geschwindigkeitsverstöße, aggressive Verstöße sowie Aufmerksamkeitsfehler mit denen erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe zwischen 25 und 40 Jahren zu vergleichen. Entsprechend der Empfehlung von Fastenmeier (1995) galt ein Fahrer erst dann als erfahren, wenn er mindestens 100 000 km seit Führerscheinbesitz zurückgelegt hatte. In die Gruppe der jungen, unerfahrenen Fahrer wurden dagegen nur Personen aufgenommen, die maximal über 50 000 km Fahrerfahrung verfügten und nicht älter als 24 Jahre waren.

Entsprechend der Ergebnisse von Laapotti et al. (2001), dass junge, unerfahrene Fahrer auf allen vier Hierarchieebenen (siehe Kapitel 4.2) vermehrt Probleme aufweisen, ergaben sich zusammenfassend folgende drei Forschungshypothesen:

- (1) Junge, unerfahrene Fahrer weisen mehr Geschwindigkeitsverstöße auf als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.
- (2) Junge, unerfahrene Fahrer weisen mehr aggressive Verstöße auf als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.
- (3) Junge, unerfahrene Fahrer weisen mehr Aufmerksamkeitsfehler auf als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.

6.1.2.2 Gesamtstichprobe

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurden die in Kapitel 6.1.1.1 und 6.1.1.2 beschriebenen Stichproben zu einer großen Gesamtstichprobe zusammengefasst. Insgesamt lagen somit Datensätze von 631 Personen vor, die entsprechend ihrer Fahrerfahrung und ihres Alters in zwei Gruppen eingeteilt wurden. Fahrer über 40 Jahre wurden von der Analyse ausgeschlossen, da nur Personen der mittleren Altersgruppe betrachtet werden sollten, da diese noch nicht von altersbedingten Einschränkungen betroffen sind und die sicherste Fahrergruppe darstellen (Abdel-Aty et al., 1998). Die untere Altersgrenze für erfahrene Fahrer wurde auf 25 Jahre festgesetzt, da Hansjosten und Schade (1997, S. 58) nachweisen konnten, dass Fahrer ab dem 25. Lebensjahr weniger Verkehrsdelikte begehen. Zudem wurden Datensätze nicht berücksichtigt, bei denen Angaben zum Alter bzw. zur Gesamtfahrerfahrung fehlten. Somit gingen 315 Datensätze in die weitere Analyse ein, die sich wie folgt auf die beiden Fahrergruppen verteilten:

(1) Unerfahrene Fahrer

Insgesamt konnten 116 Personen der Gruppe der unerfahrenen Fahrer zugeordnet werden, darunter 37 Frauen. Im Schnitt waren die unerfahrenen Fahrer 21 Jahre alt ($SD = 1.42$, $Min = 18$, $Max = 24$) und verfügten über eine Gesamtfahrerfahrung von 30 373 km ($SD = 14\ 857$, $Min = 300$, $Max = 50\ 000$) seit Führerscheinbesitz.

(2) Erfahrene Fahrer

Die Gruppe der erfahrenen Fahrer bestand aus 199 Personen, darunter 46 Frauen. Das durchschnittliche Alter lag bei 30 Jahren ($SD = 4.05$, $Min = 25$, $Max = 40$). Die durchschnittliche Gesamtfahrerfahrung seit Führerscheinwerb betrug 281 121 km ($SD = 281 358$, $Min = 100 000$, $Max = 3 000 000$).

6.1.2.3 Ergebnisse

Hauptziel der vorliegenden Untersuchung war es, herauszufinden, ob sich junge, unerfahrene Fahrer in ihrem Fehlverhalten im Straßenverkehr von erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe unterscheiden. Hierzu wurden zunächst die Ausprägungen der beiden Fahrergruppen auf den drei Faktoren Geschwindigkeitsverstöße, aggressive Verstöße sowie Aufmerksamkeitsfehler berechnet. Zur Berechnung wurden die Ausprägungen der auf dem jeweiligen Faktor ladenden Items summiert und anschließend durch die Anzahl der beteiligten Items dividiert, so dass pro Faktor Werte zwischen null und fünf erreicht werden konnten. Auf die Berücksichtigung von Faktorladungen wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit mit anderen Studien analog zu Reason et al. (1990) verzichtet. Im Anschluss daran wurden die beiden Fahrergruppen hinsichtlich ihrer Ausprägung auf den drei DBQ Faktoren mit Hilfe von T-Tests für unabhängige Stichproben bei einem α -Fehlerniveau von 5 % verglichen. Eine Korrektur der Freiheitsgrade fand statt, sofern die Annahme der Varianzhomogenität nicht erfüllt war.

Eine Übersicht der Ausprägungen auf den einzelnen Items für beide Fahrergruppen befindet sich in Anhang B, Tabelle B. 17. In Abbildung 6. 4 sind die beiden Fahrergruppen hinsichtlich ihrer Ausprägungen auf den drei Faktoren einander gegenübergestellt.

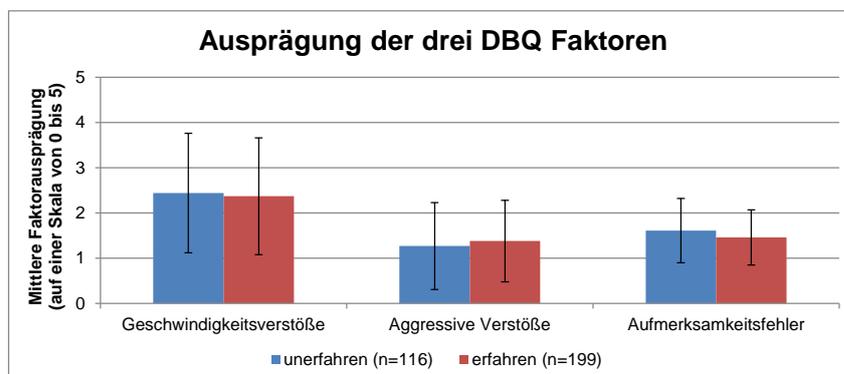


Abbildung 6. 4: Vergleich der beiden Fahrergruppen hinsichtlich ihrer Ausprägungen auf den drei DBQ Faktoren (Fehlerbalken = SD)

Wie Abbildung 6. 4 entnommen werden kann, unterschieden sich die beiden Fahrergruppen nicht darin, wie häufig sie angaben aggressives Fehlverhalten im Straßenverkehr zu zeigen ($t(313) = -1.03, p = .30$). Auch bezüglich des selbst eingeschätzten Vorkommens von Geschwindigkeitsverstößen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen unerfahrenen und erfahrenen Fahrern festgestellt werden ($t(313) = 0.48, p = .63$). Tendenziell berichteten die unerfahrenen Fahrer häufiger als die erfahrenen Fahrer, dass ihnen Aufmerksamkeitsfehler im Straßenverkehr unterlaufen sind. Signifikante Unterschiede konnten jedoch auch hier nicht festgestellt werden ($t(211.94) = 1.84, p = .07$).

6.1.2.4 Zusammenfassung und Diskussion

Bisher werden Fahrerassistenzsysteme meist so ausgelegt, dass der größte Teil der Fahrer dadurch unterstützt wird. Eine Anpassung an den Fahrstil sowie das Fahrkönnen der Fahrer findet dagegen kaum statt. Dies erscheint vor dem Hintergrund der hohen Unfallbeteiligung junger, unerfahrener Fahrer jedoch dringend notwendig. Ziel der vorliegenden Untersuchung war daher der Vergleich des Fahrkönnens sowie des Fahrstils zwischen jungen, unerfahrenen Fahrern und erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe, um daraus in einem ersten Schritt den zielgruppenspezifischen Assistenzbedarf für die junge, unerfahrene Fahrergruppe ableiten zu können.

Es zeigte sich jedoch, dass sich die beiden Fahrergruppen nicht grundlegend in ihrem selbst berichteten Fahrverhalten unterscheiden haben. Sowohl unerfahrene als auch erfahrene Fahrer gaben an am häufigsten Geschwindigkeitsverstöße zu begehen, gefolgt von Aufmerksamkeitsfehlern. Aggressive Verstöße wurden dagegen von beiden Fahrergruppen nur selten berichtet. Hinsichtlich der Häufigkeit begangener Geschwindigkeits- sowie aggressiver Verstöße konnten zwischen den beiden Fahrergruppen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Entgegen der Feststellung von de Winter und Dodou (2010), dass zwischen dem Alter der Fahrer und der Anzahl an Verstößen eine negative Korrelation besteht, müssen die Hypothesen 1 und 2 aufgrund der vorliegenden Ergebnisse abgelehnt werden. Tendenziell begingen die jungen, unerfahrenen Fahrer mehr Aufmerksamkeitsfehler als die Gruppe der erfahrenen Fahrer. Signifikante Unterschiede lagen jedoch auch hier nicht vor. Hypothese 3 ist daher ebenfalls abzulehnen. Die Ergebnisse von Reason et al. (1990), dass die Fehlerhäufigkeit mit dem Alter der Fahrer abnimmt, konnten daher nicht repliziert werden.

Für die Unterschiede der hier vorliegenden Ergebnisse zu bisherigen Forschungserkenntnissen kommen mehrere Ursachen in Frage. Beispielsweise wurden in der vorliegenden Untersuchung Unerfahrenheit und Erfahrung nicht allein über das Alter der Fahrer definiert, sondern zusätzlich die Gesamtfahrerfahrung in km seit Führerscheinbesitz mitberücksichtigt. Das Fahrverhalten junger Fahrer, die bereits über viel Fahrerfahrung besitzen, wurde dagegen nicht betrachtet. Zudem muss darauf hingewiesen werden, dass mit einem durchschnittlichen Alter von 30 Jahren ($SD = 4.05$) auch die Gruppe der erfahrenen Fahrer relativ jung war. Da Unerfahrenheit jedoch maßgeblich über die Gesamtfahrerfahrung in km definiert und kontrolliert wurde, scheint diese Ursache als vernachlässigbar. Weitere Gründe für die Unterschiede der Studienergebnisse zu bisherigen Forschungserkenntnissen könnten in den verwendeten Verhaltensweisen (Items) liegen. So wurden nur Verhaltensweisen in die DBQ-Version aufgenommen, die zumindest ab und zu von Befragten gezeigt werden. Verhaltensweisen, die (fast) nie vorkommen, wurden ausgeschlossen, wohingegen sie in anderen Studien durchaus berücksichtigt wurden. Darüber hinaus könnte auch die in Deutschland vorherrschende Verkehrskultur ursächlich für die abweichenden Forschungsergebnisse sein. Beispielsweise ist es denkbar, dass sich junge, unerfahrene Fahrer aufgrund ihrer Lernerfahrungen als Beifahrer oder auch während der Fahrausbildung sehr früh den Fahrstil erfahrener Fahrer aneignen. Beinahe täglich lässt sich auch als nicht aktiver Fahrer erleben, dass v. a. Geschwindigkeitsverstöße im Straßenverkehr vielmehr den Normalfall als die Ausnahme darstellen und zudem nur sehr selten geahndet werden. Zu berücksichtigen gilt es zudem, dass es sich bei dem DBQ um eine rein subjektive Erfassung der Häufigkeit und Ausprägung des Fahrstils und Fahrkönnens handelt. Inwieweit die Selbstauskunft Verzerrungen bzw. Effekten der sozialen Erwünschtheit unterliegt, lässt sich nur schwer feststellen. Die Überprüfung der hier gefundenen Erkenntnisse durch objektive Daten ist daher unumgänglich.

Dennoch können folgende zentrale Erkenntnisse aus der vorliegenden Untersuchung abgeleitet werden, die als Basis für die Entwicklung effektiver Strategien für Fahrerassistenzsysteme dienen:

- Unterschiede zwischen den Fahrergruppen sind vernachlässigbar.
- Sowohl junge, unerfahrene als auch erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe begehen am häufigsten Geschwindigkeitsverstöße, gefolgt von Aufmerksamkeitsfehlern.
- Aggressive Verstöße kommen bei beiden Fahrergruppen nur selten vor.

Im Fokus geeigneter Präventionsmaßnahmen sollte daher in erster Linie die Unterstützung bei der Wahl der richtigen Geschwindigkeit sowie die Gewährleistung eines angemessenen Aktivierungsniveaus der Fahrer stehen. Zudem deuten die Ergebnisse darauf hin, dass junge, unerfahrene Fahrer sowie erfahrene Fahrer von denselben Unterstützungsmaßnahmen profitieren könnten. Eine spezifische Auslegung von Fahrerassistenzsystemen für junge, unerfahrene Fahrer erscheint dagegen auf Basis der Untersuchung nicht zwingend notwendig.

Wie bereits erwähnt, stellt der DBQ, der allein auf der Analyse subjektiver Daten beruht, nur einen ersten Schritt zur Untersuchung des Fahrkönnens und Fahrstils junger, unerfahrener Fahrer dar. Eine gezielte bzw. vertiefte Analyse einzelner Einflussvariablen auf das hohe Unfallrisiko junger, unerfahrener Fahrer, insbesondere der Gefahrenwahrnehmung und eines riskanten Fahrstils, ist mittels des DBQ nicht möglich. Beispielsweise liefert der DBQ erste Hinweise dafür, dass sich junge, unerfahrene Fahrer nicht von erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe hinsichtlich der selbst berichteten Anzahl an Aufmerksamkeitsfehlern im Straßenverkehr unterscheiden. Beide Fahrergruppen scheinen demzufolge nicht immer ihre volle Aufmerksamkeit dem Verkehrsgeschehen zu widmen. Inwiefern sich jedoch die Gefahrenwahrnehmung zwischen jungen, unerfahrenen und erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe unterscheidet und wie genau sich dies im Fahr- und Blickverhalten anhand objektiver Parameter ausdrückt, lässt sich mit dieser Methode nicht beantworten. Äquivalent verhält es sich für die Untersuchung des riskanten Fahrverhaltens junger, unerfahrener Fahrer im Vergleich zur erfahrenen Fahrergruppe mittleren Alters. Beide Gruppen gaben im DBQ an, häufig die erlaubte Geschwindigkeit zu überschreiten. In welchen Situationen dies geschieht, wie sehr die erlaubte Geschwindigkeit überschritten wird und ob sich daraus gefährliche Situationen ergeben, darüber gibt der DBQ keine Auskunft. Daher wird in einem nächsten Schritt im realen Straßenverkehr untersucht, inwiefern sich die jungen, unerfahrenen Fahrer hinsichtlich der Gefahrenwahrnehmung und eines riskanten Fahrstils von den erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe anhand objektiver Parameter unterscheiden, um daraus weitere Ableitungen hinsichtlich des zielgruppenspezifischen Assistenzbedarfs generieren zu können.

6.2 Untersuchung der Gefahrenwahrnehmung und des Fahrstils junger, unerfahrener Fahrer im realen Straßenverkehr (Studie 1)

6.2.1 Forschungsziel und Hypothesen

Wie in Kapitel 6.1.2.4 dargelegt, liefern die Ergebnisse des DBQ erste Hinweise darauf, dass sich junge, unerfahrene Fahrer nicht hinsichtlich im Straßenverkehr begangener Aufmerksamkeitsfehler und eines auf Geschwindigkeitsverstößen basierten Fahrstils von erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe unterscheiden. Um detailliertere Informationen bzgl. der Gefahrenwahrnehmung sowie des Fahrstils junger, unerfahrener Fahrer im Vergleich zu erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe zu generieren, wurde im nächsten Schritt eine Studie im realen Straßenverkehr durchgeführt. Ziel dieser Studie war es, Defizite in der Gefahrenwahrnehmung sowie die Ausprägung eines riskanten Fahrstils bei der jungen, unerfahrenen Fahrergruppe anhand weniger objektiver Fahrparameter aufzudecken, um daraus Strategien für die spezifische Auslegung von Fahrerassistenzsystemen ableiten zu können.

Entsprechend der Ergebnisse der Detailunfallanalyse liegt das hohe Unfallrisiko junger Fahrer v. a. in Fehlern des Informationsverarbeitungsprozesses und damit in wichtigen Teilprozessen der Gefahrenwahrnehmung begründet (vgl. Kapitel 3.4). Hierbei scheinen in erster Linie die Wahl einer effizienten Beobachtungsstrategie sowie die richtige Beurteilung handlungsrelevanter Informationen den jungen Fahrern Probleme zu bereiten. Zur Untersuchung der Fragestellung, inwiefern sich die Gefahrenwahrnehmung junger, unerfahrener Fahrer von der Gefahrenwahrnehmung erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe unterscheidet, wurden daher vier Verkehrssituationen ausgewählt, die bei Nichtbeachtung potenzieller Gefahren ein gewisses Unfallrisiko beinhalten.

Wie in Kapitel 5.1 dargelegt, wurde der Einfluss der Expertise auf den Prozess der Gefahrenwahrnehmung bereits mehrfach untersucht. Beispielsweise konnten Borowsky et al. (2010) zeigen, dass unerfahrene Fahrer potenzielle Gefahren häufiger nicht wahrnehmen, v. a. wenn nur wenig saliente Gefahrenreize vorliegen. Laut Crundall und Underwood (1998) lassen sich bei jungen, unerfahrenen Fahrern zudem längere Fixationszeiten auf potenziell gefährliche Objekte beobachten, was sie darauf zurückführen, dass unerfahrene Fahrer noch mehr Zeit für die Verarbeitung der Informationen benötigen. Mit zunehmender Erfahrung verwenden die Fahrer dagegen effizientere Suchstrategien und lernen bestimmte Verkehrsbereiche mit bestimmten Gefahren in Verbindung zu bringen (vgl. Deery, 1999). Scialfa et al. (2012) konnten zudem zeigen, dass unerfahrene Fahrer im Allgemeinen langsamer auf eine potenzielle

Gefahr reagieren als erfahrene Fahrer. Huestegge et al. (2010) konnten nachweisen, dass unerfahrene Fahrer die potenzielle Gefahr genauso schnell erkennen wie erfahrene Fahrer, jedoch mehr Zeit benötigen, um diese Information entsprechend zu verarbeiten und darauf zu reagieren.

Zu berücksichtigen bleibt jedoch, dass es sich bei den hier beschriebenen Studien hauptsächlich um reine Laborstudien handelte, die zum Teil sehr künstliche Reaktionen von den Probanden erforderten (z. B. Tastendruck bei Huestegge et al., 2010). Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das Verhalten im realen Straßenverkehr stand daher im Vordergrund der vorliegenden Untersuchung. Basierend auf den bisherigen Forschungsergebnissen sowie den Ergebnissen aus der Detailunfallanalyse ergaben sich für die vorliegende Studie folgende Forschungshypothesen:

- (1) Junge, unerfahrene Fahrer betrachten den potenziellen Gefahrenbereich kürzer als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.
- (2) Junge, unerfahrene Fahrer betrachten die potenzielle Gefahr länger als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.
- (3) Junge, unerfahrene Fahrer erkennen die potenzielle Gefahr später als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.
- (4) Junge, unerfahrene Fahrer interpretieren die potenziell riskante Verkehrssituation häufiger falsch als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe und reagieren daher nicht angemessen auf die potenzielle Gefahr.
- (5) Junge, unerfahrene Fahrer reagieren später auf die potenzielle Gefahr als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.

Entsprechend dem Modell der Gefahrenwahrnehmung von Deery (1999) bestimmen jedoch neben der Wahrnehmung der potenziellen Gefahr auch das subjektiv wahrgenommene Risiko der Situation sowie allgemein die Höhe des subjektiv akzeptierten Risikos die Reaktion auf eine potenzielle Gefahr. Defizite junger, unerfahrener Fahrer können daher neben Problemen bei der Gefahrenwahrnehmung auch in einer hohen subjektiven Risikoakzeptanz begründet sein. So konnten beispielsweise Scialfa et al. (2012) zeigen, dass unerfahrene Fahrer potenziell gefährliche Situationen als weniger kritisch einstufen als erfahrene Fahrer. Zudem schreibt Deery (1999) jungen Fahrern im Allgemeinen eine höhere Risikoakzeptanz zu als älteren Fahrern. Ziel der vorliegenden Studie war daher auch der Vergleich der beiden Fahrergruppen hinsichtlich ihrer Risikobewertung der vier Situationen sowie ihrer

allgemeinen subjektiven Risikoakzeptanz. Konkret ergaben sich folgende Forschungshypothesen:

- (6) Junge, unerfahrene Fahrer schätzen das Risiko der potenziell gefährlichen Situationen geringer ein als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.
- (7) Junge, unerfahrene Fahrer verfügen über eine höhere subjektive Risikoakzeptanz als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.

Wie bereits erwähnt, wäre die Fokussierung auf die Gefahrenwahrnehmung und damit einen Teilaspekt des Fahrkönnens bei Weitem zu einseitig, wenn es um eine ganzheitliche Betrachtung der Fahraufgabe geht. Auch Gregersen und Bjurulf (1996) oder Hatakka et al. (2002) betonen die Notwendigkeit ebenfalls den Fahrstil der Fahrer zu berücksichtigen, der vielmehr durch persönliche Motive und Ziele als durch Können und Expertise geprägt ist. Vor allem bei jungen Fahrern wird ein riskanter Fahrstil häufig als Unfallursache angesehen (vgl. z. B. Jonah, 1986). Auch die DBQ-Ergebnisse aus Kapitel 6.1.2.3 legen den Schluss nahe, dass Geschwindigkeitsverstöße die häufigsten Verstöße bei jungen, unerfahrenen Fahrern darstellen. Insgesamt konnten jedoch bezogen auf Geschwindigkeits- sowie aggressive Verstöße keine Unterschiede zwischen jungen, unerfahrenen Fahrern sowie erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe gefunden werden. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass die Erfassung des Fahrstils mittels des DBQ auf einer reinen Selbstauskunft der Probanden basierte. Weiteres Ziel der vorliegenden Studie war es daher, zu untersuchen, inwiefern sich der Fahrstil der beiden Fahrergruppen im realen Straßenverkehr hinsichtlich objektiver Fahrparameter unterscheidet. Im Fokus stand dabei die Untersuchung des Geschwindigkeitsverhaltens der Probanden, da es bei beiden Fahrergruppen entsprechend der Ergebnisse aus Kapitel 6.1.2.3 die häufigste Verstoßkategorie darstellte. Daher wurde der Fahrstil der Probanden mit Hilfe objektiver Fahrparameter in drei verschiedenen Verkehrssituationen im realen Straßenverkehr erfasst. Da jungen Fahrern häufiger ein riskanter Fahrstil zugeschrieben wird als anderen Fahrergruppen (vgl. z. B. Reason et al., 1990), ergab sich konkret folgende zusätzliche Forschungshypothese:

- (8) Junge, unerfahrene Fahrer fahren in den drei Verkehrssituationen häufiger zu schnell als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.

6.2.2 Methodik¹²

6.2.2.1 Experimentelles Design

Ziel der Studie war es, herauszufinden, ob sich unerfahrene Fahrer im Alter zwischen 18 und 24 Jahren hinsichtlich ihrer Gefahrenwahrnehmung, ihrer subjektiven Risikobereitschaft sowie ihres Fahrstils im Straßenverkehr von erfahrenen Fahrern zwischen 25 und 40 Jahren unterscheiden. Die Altersgrenze für erfahrene Fahrer wurde analog zum Vorgehen in Kapitel 6.1.2 auf 25 und 40 Jahre festgesetzt. Des Weiteren wurde entsprechend Fastenmeier (1995) festgelegt, dass mindestens 100 000 km Gesamtfahrfahrung seit Führerscheinerwerb notwendig sind, um als erfahrener Fahrer zu gelten. Wie bereits in Kapitel 6.1.2 durften die unerfahrenen Fahrer maximal über 50 000 km Fahrfahrung verfügen. Basierend auf der Feststellung von McKnight und McKnight (2003), dass geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Verursachung von Verkehrsunfällen nur von geringer Größe sind, wurde auf eine Unterscheidung zwischen Männern und Frauen verzichtet.

6.2.2.1.1 Erhebung Gefahrenwahrnehmung

Zur Untersuchung der Gefahrenwahrnehmung wurde das Fahr- und Blickverhalten der jungen, unerfahrenen Fahrer in vier potenziell kritischen Verkehrssituationen mit dem Verhalten erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe verglichen. Die Fahrsituationen wurden so gewählt, dass sie zum einen sicher und reproduzierbar im realen Straßenverkehr durchgeführt werden konnten, zum anderen aber auch eine vorausschauende und sichere Fahrweise erforderten, um die Gefahr eines Unfalls zu minimieren. Im Fokus stand hierbei die Führungsebene der Fahraufgabe (vgl. Kapitel 4.1), da ihr aufgrund der geringen Antizipationszeit eine besondere Bedeutung hinsichtlich der Verkehrssicherheit zukommt.

Aufgrund der höheren Informationsfülle und den dadurch bedingten komplexeren Verkehrssituationen und kürzeren Antwortzeiten für die Fahrer wurden zur Untersuchung der Fragestellungen vier urbane Verkehrsszenarien ausgewählt. In Abbildung 6. 5 sind die vier Fahrsituationen schematisch dargestellt.

¹² Teile des hier beschriebenen Experimentes wurden bereits in Karl und Färber (2013) veröffentlicht.

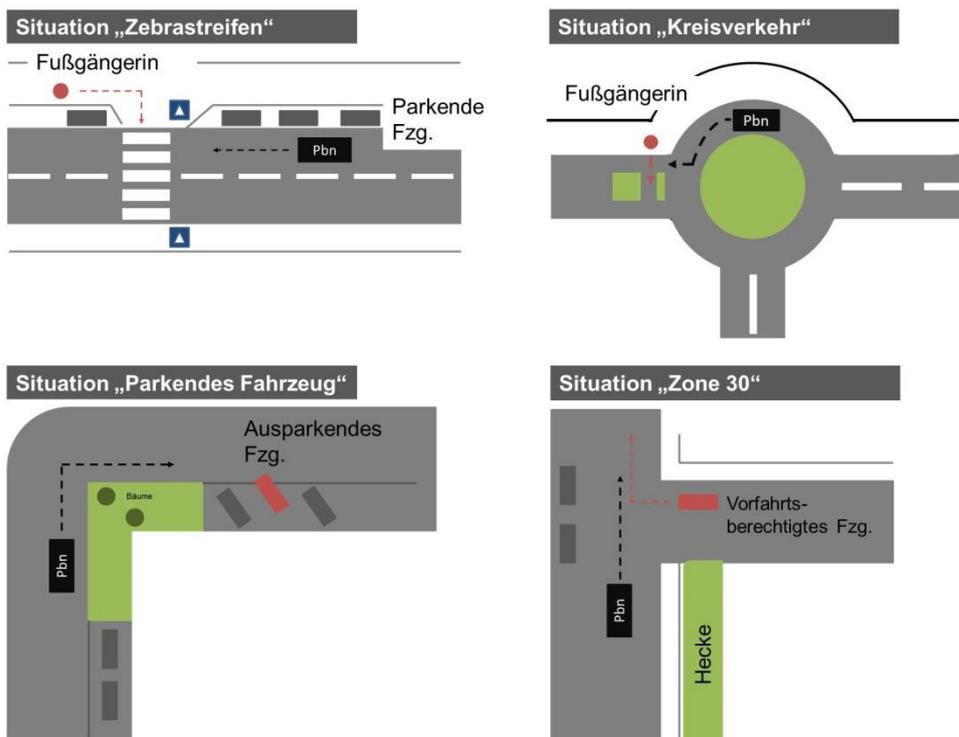


Abbildung 6. 5: Schematische Darstellung der vier Fahrsituationen (z. T. entnommen aus Karl & Färber, 2013, S. 149)

Alle vier Situationen fanden in einem Wohngebiet statt. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit betrug in der Situation „Zebrastreifen“, „Parkendes Fahrzeug“ sowie „Zone 30“ 30 km/h sowie in der Situation „Kreisverkehr“ 50 km/h. Mit Hilfe trainierter Verkehrsteilnehmer wurde sichergestellt, dass die vier Verkehrssituationen für alle Fahrer gleich dargestellt werden konnten.

(1) Situation „Zebrastreifen“

Die Situation bestand aus einer sich rasch nähernden Fußgängerin, die vor dem Fahrzeug der Probanden einen Zebrastreifen überqueren wollte. Die Sicht der Probanden auf die Fußgängerin wurde zu keiner Zeit behindert. Da die Fußgängerin zu Beginn der Situation jedoch parallel zur Straße lief, war zunächst nicht ersichtlich, ob diese den Zebrastreifen überqueren möchte. Die Vorfahrt lag in dieser Situation bei der Fußgängerin. Als Fixpunkt für die Analyse der Blickdaten wurde das Ankommen der Fußgängerin am Zebrastreifen gewählt. In die Auswertung flossen jeweils sechs Sekunden vor sowie eine Sekunde nach dem Fixpunkt ein (siehe auch Karl & Färber, 2013, S. 150).

(2) Situation „Parkendes Fahrzeug“

Bei dieser Situation handelte es sich um ein Fahrzeug, das rückwärts aus einer schrägen Parklücke ausparkte. Die Sicht der Probanden auf das ausparkende Fahrzeug war zum einen durch eine Kurve, zum anderen durch zwei Bäume am Straßenrand sowie weitere parkende Fahrzeuge verdeckt, so dass das ausparkende Fahrzeug erst zu einem späten Zeitpunkt gesehen werden konnte. Die Vorfahrt lag bei den Probanden. Als Fixpunkt für die Analyse der Blickdaten wurde der Zeitpunkt gewählt, an dem das ausparkende Fahrzeug zum ersten Mal zwischen den Bäumen zu sehen war. Davon ausgehend wurden die Blicke der folgenden sechs Sekunden ausgewertet (siehe auch Karl & Färber, 2013, S. 150).

(3) Situation „Zone 30“

Hierbei handelte es sich um eine schlecht einsehbare Rechts-vor-Links Kreuzung in einer Zone 30. Aufgrund einer ca. zwei Meter hohen Hecke war die Kreuzung für die Probanden sehr schwer einsehbar. Gleichzeitig mit den Probanden näherte sich ein weiteres Fahrzeug der Rechts-vor-Links-Kreuzung, welches diese nach links abbiegend überqueren wollte. In dieser Situation hatten die Probanden keine Vorfahrt. Als Fixpunkt für die Analyse der Blickdaten wurde der Zeitpunkt gewählt, an dem das von rechts kommende Fahrzeug zum ersten Mal für den Fahrer zu sehen war. Ausgehend von diesem Fixpunkt wurden jeweils die Blicke der drei Sekunden vor sowie zwei Sekunden nach dem Fixpunkt ausgewertet (siehe auch Karl & Färber, 2013, S. 150).

(4) Situation „Kreisverkehr“

Bei dieser Situation handelte es sich um einen Kreisverkehr am Ortsausgang, der von den Probanden an der zweiten Ausfahrt verlassen werden sollte. Gleichzeitig wollte eine Fußgängerin die Fahrbahn an dieser Stelle überqueren. Der Fußgängerüberweg war durch eine Verkehrsinsel gekennzeichnet. Die Vorfahrt lag jedoch bei den Probanden. Die Sicht der Probanden auf die Fußgängerin war zu keiner Zeit eingeschränkt. Da sich die Fußgängerin jedoch zunächst parallel zur Fahrbahn bewegte, war die Absicht der Fußgängerin diese zu überqueren erst zu einem späten Zeitpunkt für die Probanden erkennbar. Als Fixpunkt für die Analyse der Blickdaten wurde der Zeitpunkt gewählt, an dem die Fußgängerin den Fußgängerüberweg erreichte. Ausgehend von diesem Fixpunkt flossen die sechs Sekunden davor sowie eine Sekunde danach in die Auswertung ein.

Zur Untersuchung inwiefern sich die Gefahrenwahrnehmung junger, unerfahrener Fahrer von der Gefahrenwahrnehmung erfahrener Fahrer zwischen 25 und 40 Jahren unterscheidet, wurden pro Fahrmanöver relevante Fahr- und Blickverhaltensparameter ausgewertet. Die abhängigen Variablen für die vier Verkehrssituationen sind in Tabelle 6. 4 zusammengefasst.

Tabelle 6. 4: Abhängige Variablen Gefahrenwahrnehmung – Erhobene Fahr- und Blickverhaltensparameter (z. T. entnommen aus Karl & Färber, 2013, S. 151)

Abhängige Variable Gefahrenwahrnehmung	Kurzbeschreibung
Erste Fixation auf potenzielle Gefahr (ms)	Zeit Situationsbeginn (jeweils ausgehend vom Fixpunkt) bis zur ersten Fixation der potenziellen Gefahr
Anzahl Fixationen auf potenzielle Gefahr (Häufigkeiten)	Anzahl der Fixationen auf die potenzielle Gefahr
Anzahl Fixationen auf potenziellen Gefahrenbereich (Häufigkeiten)	Anzahl der Fixationen auf den potenziellen Gefahrenbereich
Gesamtfixationsdauer potenzielle Gefahr (ms)	Gesamtzeit, in der ein Proband die potenzielle Gefahr betrachtete
Gesamtfixationsdauer potenzieller Gefahrenbereich (ms)	Gesamtzeit, in der ein Proband den potenziellen Gefahrenbereich betrachtete
Fahrverhalten (Häufigkeiten)	Pro Verkehrssituation wurde betrachtet, wie viele Personen einer Fahrergruppe dem anderen Verkehrsteilnehmer Vorfahrt gewährten
Reaktionszeit Bremsbeginn (ms)	Ausgehend von der ersten Fixation auf die potenzielle Gefahr wurde die Zeit bis zum Bremsbeginn bestimmt

6.2.2.1.2 Erhebung subjektive Risikobereitschaft

Die subjektive Risikobereitschaft der Probanden wurde mittels des Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr (Hergovich, Arendasy, Sommer, & Bogner, 2007) erfasst. Hierzu wurden den Probanden 24 verschiedene Verkehrssituationen per Video gezeigt. Dabei mussten die Studienteilnehmer pro Verkehrssituation per Tastendruck angeben, ab welcher Entfernung zur potenziellen Gefahr sie ein bestimmtes Fahrmanöver nicht mehr

durchführen würden (Hergovich et al., 2007, S. 22). Für jede Verkehrssituation wurde jeweils die Zeit (in Sekunden) vom Beginn des Videos bis zum Tastendruck der Person gemessen. Dabei gilt: je mehr Zeit die Probanden verstreichen lassen, desto kleiner ist die Entfernung zur potenziellen Gefahr und desto risikobereiter ist der Proband (siehe auch Karl & Färber, 2013, S. 152). Aus den Werten der 24 Verkehrssituationen wurde pro Proband ein durchschnittlicher Risikoindex berechnet.

Zusätzlich wurden die Probanden zur Erfassung des subjektiv wahrgenommenen Risikos der Verkehrssituation am Ende der Versuchsfahrt aufgefordert pro Situation auf einer fünf-stufigen Skala von „gar nicht wahrscheinlich“ bis „sehr wahrscheinlich“ zu beurteilen, für wie wahrscheinlich sie es hielten, dass in dieser Situation ein Unfall passiert. Zur Erinnerung wurde den Probanden jeweils ein kurzer Videoausschnitt der Verkehrssituation gezeigt.

6.2.2.1.3 Erhebung Fahrstil

Zur Untersuchung des objektiven Fahrstils wurde das Fahrverhalten der Probanden in drei verschiedenen Fahrsituationen betrachtet. Hierbei sollte, entsprechend der Ergebnisse von Schulz und Fröming (2008), untersucht werden, wie schnell – betrachtet wurde die Maximalgeschwindigkeit – die Probanden die Situationen durchfahren haben. Alle drei Situationen wurden im realen Straßenverkehr ohne Beteiligung zusätzlicher instruierter Verkehrsteilnehmer erhoben. Die drei Verkehrssituationen waren:

- (1) Situation „Ortseinfahrt“
- (2) Situation „Ortsausgang“
- (3) Situation „Kreisverkehr“

Jede der drei Situationen wurde insgesamt zwei Mal durchfahren. Eine Übersicht der erhobenen abhängigen Variablen befindet sich in Tabelle 6. 5.

Tabelle 6. 5: Abhängige Variablen riskanter Fahrstil – Erhobene Fahrverhaltensparameter

Abhängige Variable riskanter Fahrstil	Kurzbeschreibung
Maximale Geschwindigkeit Ortseingang	Erfasst wurde die maximale Geschwindigkeit, die der Proband auf Höhe des Ortseingangsschildes fuhr
Maximale Geschwindigkeit Ortsausgang	Erfasst wurde die maximale Geschwindigkeit, die der Proband auf Höhe des Ortsausgangsschildes fuhr
Maximale Geschwindigkeit Kreisel	Erfasst wurde die maximale Geschwindigkeit, die der Proband beim Einlenken in den Kreisel fuhr

6.2.2.2 Versuchsaufbau¹³

Die Versuche fanden im realen Straßenverkehr in unmittelbarer Umgebung der Universität der Bundeswehr München statt. Versuchsfahrzeug war ein Audi A6 Avant der Baureihe C6. Im Kofferraum befanden sich ein Messrechner zur Aufzeichnung der CAN-Daten sowie eine inertielle Messplattform (IMU) zur Bestimmung der Position des Fahrzeugs. Mittels Vector CANape wurden die Fahrzeugdaten (Geschwindigkeit, Lenkwinkel, Fahrpedalstellung, Position, etc.) mit einer Frequenz von 100 Hz aufgezeichnet. Zusätzlich waren drei Kameras im Fahrzeug installiert, die der zeitsynchronen Dokumentation des Verhaltens der Probanden sowie des Verkehrsgeschehens dienten. Die Portraitkamera war auf den Kopf der Probanden gerichtet und diente als Kontrolle des Blick- und Kopfverhaltens. Mittels einer Fußraumkamera konnten Brems- und Beschleunigungsvorgänge der Probanden festgehalten werden. Die Szenenkamera dokumentierte zusätzlich das Verkehrsgeschehen unmittelbar vor dem Versuchsfahrzeug. Im Fond des Versuchsfahrzeugs befand sich ein weiterer Messrechner, der der Aufzeichnung der Blickdaten mittels der SMI Eye Tracking Glasses diente. Das Messprinzip der mobilen Eye Tracking Glasses basiert auf dem Pupillentracking beider Augen. Gleichzeitig wird der Parallaxefehler korrigiert (SensoMotoric Instruments, 2012). Über die an der Eye

¹³ Zur Beschreibung des Versuchsaufbaus siehe auch Karl und Färber (2013, S. 151).

Tracking Brille angebrachte Frontkamera war es möglich neben den Blickdaten zeitsynchron die von den Probanden betrachtete Szenerie aufzuzeichnen. Dadurch konnten bei der anschließenden Datenauswertung die Blicke konkreten Objekten zugeordnet werden. Mittels dem Programm iView X™ wurden die Blickdaten mit einer Frequenz von 30 Hz erfasst. Zur Auswertung der Bremsreaktionszeiten wurden die Fahr- und Blickdaten manuell mittels der beiden Szenenvideos synchronisiert (siehe auch Karl & Färber, 2013, S. 151).

6.2.2.3 *Versuchsablauf*

Die Versuche fanden von Montag bis Freitag zwischen 09.00 und 17.00 Uhr im realen Straßenverkehr statt und gliederten sich in zwei Teile. Der gesamte Versuch dauerte jeweils ca. 2.5 Stunden. Um möglichst natürliches Fahrverhalten zu gewährleisten, wurde den Probanden im Rahmen einer Coverstory (siehe Anhang C, Abbildung C. 1) erklärt, dass mit Hilfe dieser Studie untersucht werden sollte, inwiefern sich die Bedienung des fahrzeuginternen Navigationssystems auf das Fahr- und Blickverhalten auswirkt. Während des ersten Teils der Versuchsfahrt bekamen die Probanden daher vom Versuchsleiter verschiedene Bedienungsaufgaben gestellt (z. B. Zieleingabe). Es wurde jedoch darauf geachtet, dass während der vier Fahrsituationen keine Nebentätigkeiten von den Probanden bearbeitet wurden. Darüber hinaus erhielten die Probanden keinerlei Instruktionen in Bezug auf ihr Fahrverhalten. Vor der Einweisung ins Versuchsfahrzeug wurden die Probanden gebeten einen kurzen demographischen Fragebogen auszufüllen (siehe Anhang C, Abbildung C. 2). Danach konnten sich die Probanden auf der Teststrecke der Universität der Bundeswehr München mit dem Versuchsfahrzeug vertraut machen. Hierzu durchfuhren sie verschiedene standardisierte Fahrmanöver (z. B. Bremsen aus 60 km/h, Einparken in eine Parklücke, etc.), um die Abmessungen des Fahrzeugs sowie seine Fahreigenschaften kennenzulernen. Vor dem Anlegen und der Kalibrierung des Eye Tracking Systems, erfolgte zunächst die Einweisung in die Bedienung des Navigationssystems. Nach erfolgreicher Kalibrierung des Eye Tracking Systems begann der erste Teil der Versuchsfahrt. Während dieses Teils durchfuhr jeder Proband alle vier Verkehrssituationen. Die Reihenfolge der Fahrsituationen wurde mittels der Methode des lateinischen Quadrats ausbalanciert, um Positionseffekte zu verhindern. Im zweiten Teil der Versuchsfahrt fuhren die Probanden eine zuvor festgelegte Versuchsstrecke im Umkreis der Universität der Bundeswehr München ab, um den Fahrstil der Probanden während einer freien Versuchsfahrt zu erfassen. Die Versuchsstrecke beinhaltete mehrere Ortsein- sowie Ortsausgänge, Landstraßenabschnitte sowie Abschnitte

innerorts mit jeweils verschiedenen Geschwindigkeitsbegrenzungen. Im Anschluss an die Versuchsfahrt wurden die Probanden gebeten in einem Versuchsraum der Universität der Bundeswehr München den Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr zu bearbeiten. Darüber hinaus wurden sie aufgefordert für jede der vier Verkehrssituationen zu beurteilen, wie wahrscheinlich sie es hielten, dass in dieser Situation ein Unfall passiert (siehe Anhang C, Abbildung C. 3). Zur leichteren Erinnerung wurde den Probanden jeweils vorab ein kurzes Video über die Situation gezeigt. Danach wurden die Probanden über den eigentlichen Versuchszweck aufgeklärt und es wurde ihnen eine Aufwandsentschädigung von 25 € ausgehändigt (siehe auch Karl & Färber, 2013, S. 151f).

6.2.2.4 Stichprobe

Insgesamt nahmen 48 Probanden an der Untersuchung teil, die sich in zwei Fahrergruppen einteilen ließen:

(1) Unerfahrene Fahrer im Alter von 18 bis 24 Jahre ($n = 24$)

Die Gruppe der unerfahrenen Fahrer war durchschnittlich 20.42 Jahre ($Min = 18$, $Max = 24$, $SD = 1.1$) alt mit einer mittleren Gesamtfahrfahrung von 35 041 km ($SD = 9457$, $Min = 12 000$, $Max = 48 000$) seit Führerscheinerwerb.

(2) Erfahrene Fahrer im Alter von 25 bis 40 Jahre ($n = 24$)

Im Schnitt waren die erfahrenen Fahrer 30.17 Jahre ($Min = 27$, $Max = 40$, $SD = 3.2$) alt und verfügten über eine durchschnittliche Gesamtfahrfahrung von 272 708 km ($SD = 115 768$, $Min = 120 000$, $Max = 600 000$).

In beiden Gruppen nahmen jeweils 8 Frauen an der Untersuchung teil. Alle Probanden verfügten über eine normale bzw. mittels Kontaktlinsen korrigierte Sehfähigkeit. Personen mit Brille wurden aufgrund der Eye Tracking Glasses von dem Versuch ausgeschlossen.

6.2.3 Ergebnisse¹⁴

6.2.3.1 Ergebnisse Gefahrenwahrnehmung

Zur Untersuchung der Gefahrenwahrnehmung wurde das Fahr- und Blickverhalten der jungen, unerfahrenen Fahrer in vier potenziell kritischen Verkehrssituationen mit der Gefahrenwahrnehmung erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe verglichen. Die vier Verkehrssituationen waren so gewählt, dass das Unfallrisiko auf ein Minimum reduziert werden konnte, indem die Probanden dem jeweils beteiligten Verkehrsteilnehmer die Vorfahrt gewährten. Zur genaueren Untersuchung des Verhaltens der beiden Fahrergruppen in den vier Verkehrssituationen wurden verschiedene Blick- und Fahrverhaltensparameter genauer betrachtet. Versuchspersonen, deren Blicke nicht eindeutig einem Objekt zugeordnet werden konnten, wurden aus der jeweiligen Situationsanalyse ausgeschlossen. Die Trackingrate des Eye Tracking Systems betrug über alle Situationen und Probanden hinweg im Schnitt 96 % ($SD = 4.70$). Ebenso wurden Versuchspersonen, bei denen die Durchführung der Verkehrssituationen durch andere Verkehrsteilnehmer gestört wurde, von der weiteren Analyse ausgeschlossen (die jeweiligen Stichprobengrößen sind in den entsprechenden Abbildungen aufgeführt).

Mit Hilfe von T-Tests für unabhängige Stichproben wurde bei einem α -Fehlerniveau von 5 % untersucht, ob sich die beiden Fahrergruppen hinsichtlich ihrer Fixationshäufigkeit sowie Fixationsdauer auf die potenzielle Gefahr sowie den potenziellen Gefahrenbereich in den vier Verkehrssituationen statistisch signifikant voneinander unterscheiden.

In Abbildung 6. 6 sind zunächst die Ergebnisse des Vergleichs der Fixationshäufigkeiten dargestellt. In der Situation „Zebrastrreifen“ fixierten die erfahrenen Fahrer mit durchschnittlich 2.83 Fixationen ($SD = 1.90$) den potenziellen Gefahrenbereich (Zebrastrreifen) tendenziell etwas häufiger als die unerfahrene Fahrergruppe ($M = 2.17$; $SD = 2.32$). Es handelt sich hierbei jedoch nicht um einen signifikanten Unterschied ($t(46) = -1.09$, $p = .28$). Auch bezüglich der mittleren Fixationshäufigkeit auf die potenzielle Gefahr (Person) konnten in der Situation „Zebrastrreifen“ keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fahrergruppen gefunden werden ($t(46) = 0.59$, $p = .56$). Dagegen betrachteten die erfahrenen Fahrer in der Situation „Parkendes Fahrzeug“ sowohl den potenziellen Gefahrenbereich (Kurve) als auch die potenzielle Gefahr (ausparkendes Fahrzeug) häufiger als die unerfahrene Fahrergruppe. Ein signifikanter Unter-

¹⁴ Teile der hier beschriebenen Ergebnisse wurden bereits in Karl und Färber (2013) veröffentlicht.

schied konnte jedoch nur hinsichtlich der durchschnittlichen Fixationsanzahl auf den potenziellen Gefahrenbereich ($t(39) = -2.36, p = .02, r = .35$), nicht jedoch hinsichtlich der mittleren Fixationshäufigkeit auf die potenzielle Gefahr ($t(39) = -1.53, p = .13$) festgestellt werden. In der Situation „Zone 30“ konnten weder hinsichtlich der durchschnittlichen Fixationsanzahl auf den potenziellen Gefahrenbereich (Kreuzung; $t(45) = 0.22, p = .83$) noch bezüglich der mittleren Fixationsanzahl auf die potenzielle Gefahr (Auto; $t(45) = 0.04, p = .97$) signifikante Unterschiede festgestellt werden. In der Situation „Kreisverkehr“ betrachteten die erfahrenen Fahrer sowohl den potenziellen Gefahrenbereich (Überwegsbereich, $t(31) = -1.55, p = .13$) als auch die potenzielle Gefahr (Fußgängerin, $t(42) = -1.68, p = .10$) tendenziell (jedoch nicht signifikant) häufiger als die unerfahrene Fahrergruppe.

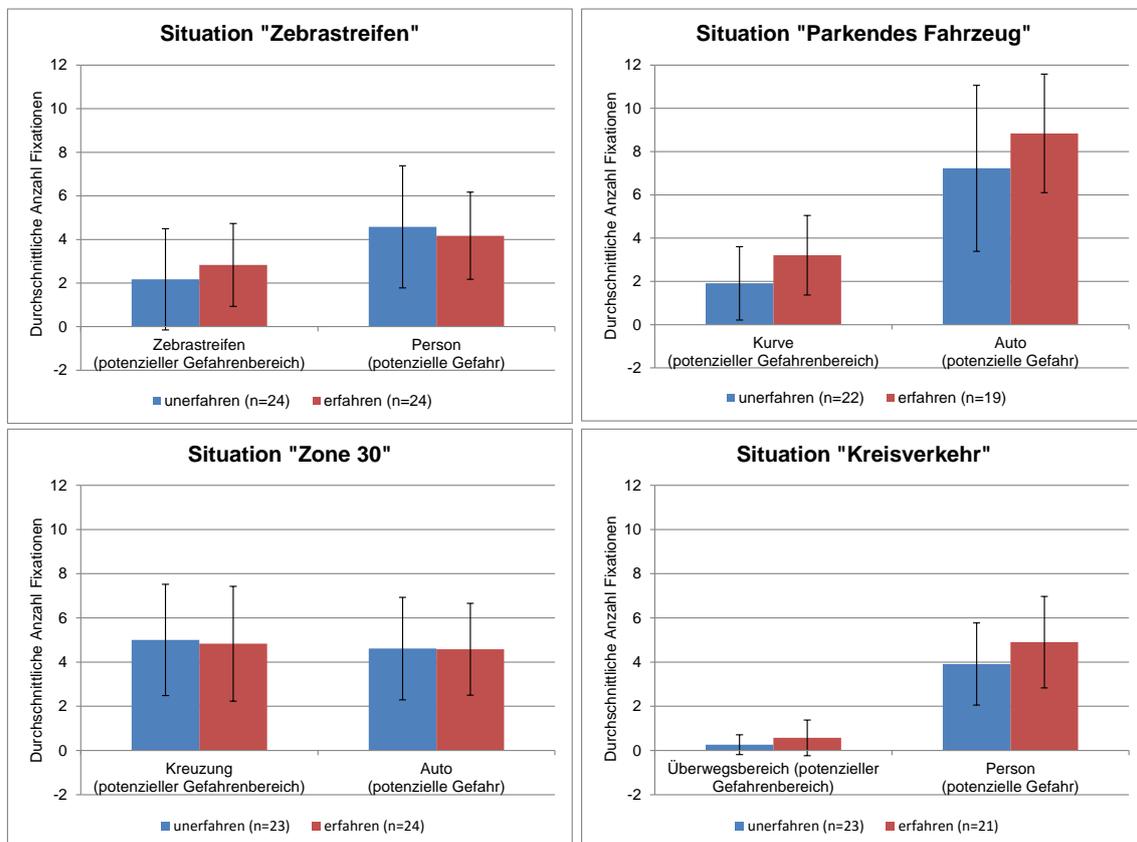


Abbildung 6. 6: Vergleich der durchschnittlichen Fixationshäufigkeit auf den potenziellen Gefahrenbereich sowie die potenzielle Gefahr in den vier Verkehrssituationen (Fehlerbalken = SD)

Neben der durchschnittlichen Fixationshäufigkeit auf den potenziellen Gefahrenbereich sowie die potenzielle Gefahr wurden die beiden Fahrergruppen zudem hinsichtlich ihrer mittleren Gesamtfixationszeiten auf diese beiden Bereiche verglichen (siehe Abbil-

dung 6. 7). Auch hinsichtlich der durchschnittlichen Gesamtfixationsdauer konnten zwischen den beiden Fahrergruppen in den vier Verkehrssituationen keinerlei signifikante Unterschiede festgestellt werden: weder in der Situation „Zebrastrreifen“ ($t(46) = -0.24$, $p = .81$), in der Situation „Parkendes Fahrzeug“ ($t(39) = -1.36$, $p = .18$), in der Situation „Zone 30“ ($t(45) = -0.76$, $p = .45$) noch in der Situation „Kreisverkehr“ ($t(31) = -1.60$, $p = .12$) betrachteten die erfahrenen Fahrer den potenziellen Gefahrenbereich signifikant länger als die unerfahrene Fahrergruppe. Ebenso betrachteten die erfahrenen Fahrer die potenzielle Gefahr weder in der Situation „Zebrastrreifen“ ($t(46) = 0.11$, $p = .92$), noch in den Situationen „Parkendes Fahrzeug“ ($t(31) = 0.27$, $p = .79$), „Zone 30“ ($t(45) = -0.37$, $p = .71$) oder „Kreisverkehr“ ($t(42) = -1.09$, $p = .28$) signifikant länger als die unerfahrene Vergleichsgruppe.

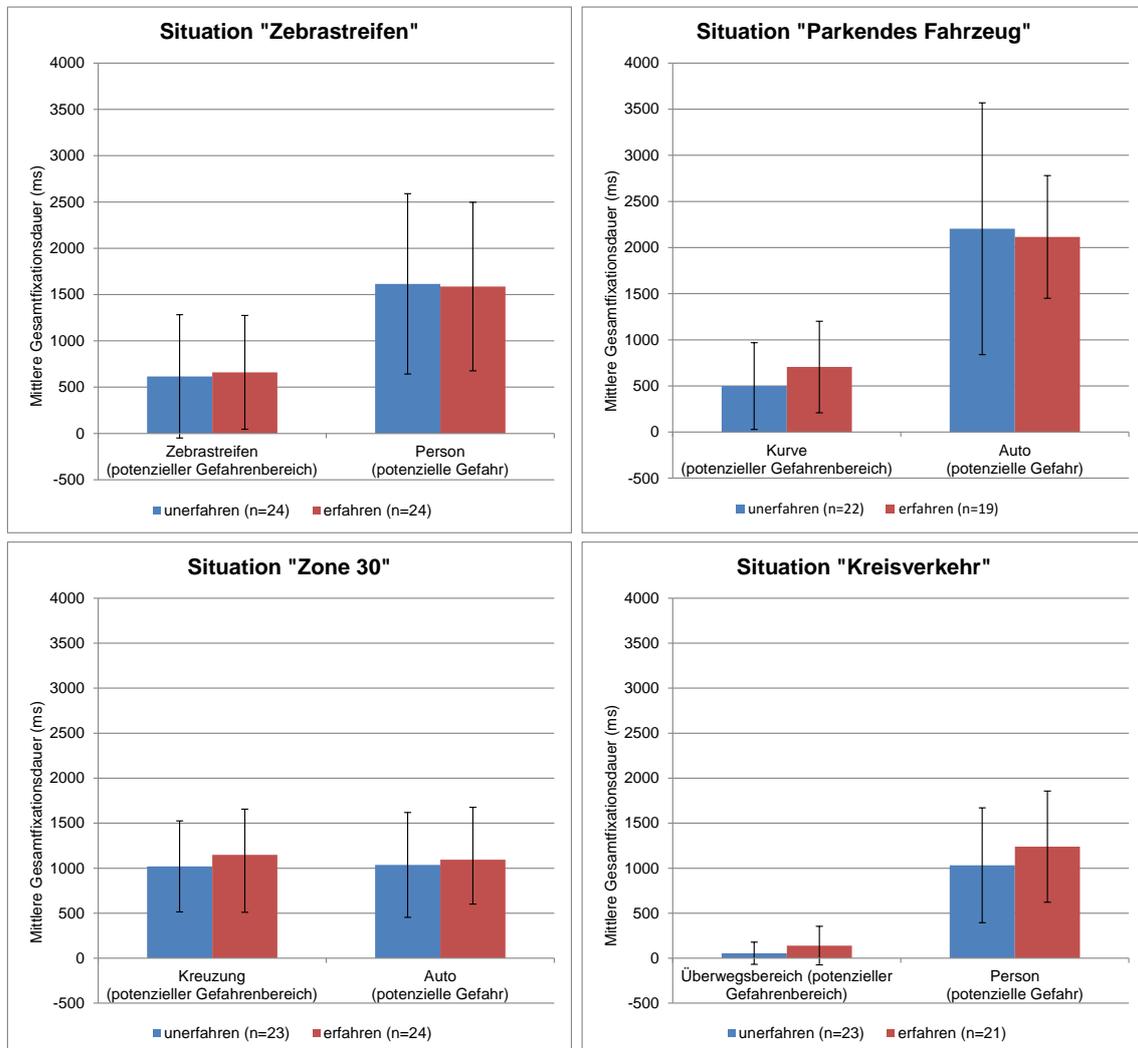


Abbildung 6. 7: Vergleich der durchschnittlichen Gesamtfixationsdauer (in ms) auf den potenziellen Gefahrenbereich sowie die potenzielle Gefahr in den vier Verkehrssituationen (Fehlerbalken = SD)

Darüber hinaus wurde untersucht, ob sich die beiden Fahrergruppen darin unterscheiden, wie früh sie die potenzielle Gefahr in der jeweiligen Verkehrssituation wahrgenommen haben. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Abbildung 6. 8 zusammengefasst.

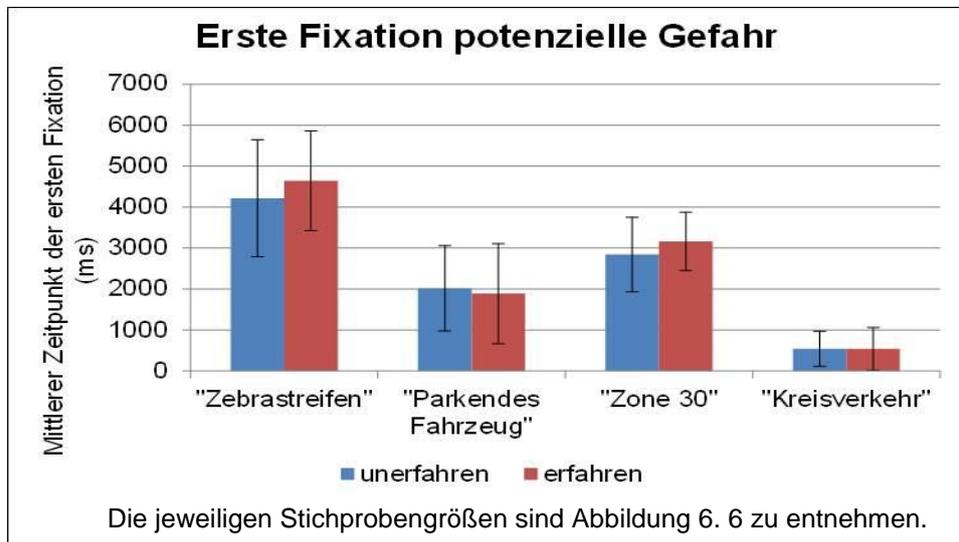


Abbildung 6. 8: Vergleich der ersten Fixation auf die potenzielle Gefahr in den vier Verkehrssituationen (Fehlerbalken = SD)

Aus Abbildung 6. 8 wird ersichtlich, dass die unerfahrenen Fahrer sowohl in der Situation „Zebrastreifen“ als auch in der Situation „Zone 30“ die potenzielle Gefahr tendenziell früher betrachteten als die erfahrene Fahrergruppe. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fahrergruppen konnten jedoch weder in der Situation „Zebrastreifen“ ($t(46) = -1.11, p = .27$), der Situation „Parkendes Fahrzeug“ ($t(39) = 0.37, p = .72$), der Situation „Zone 30“ ($t(45) = -1.34, p = .19$) noch der Situation „Kreisverkehr“ ($t(42) = 0.01, p = .99$) festgestellt werden.

Um zu überprüfen, ob sich die unerfahrenen Fahrer in den vier Verkehrssituationen anders verhalten als erfahrene Fahrer, wurde pro Verkehrssituation mittels eines χ^2 -Tests bei einem α -Fehlerniveau von 5 % überprüft, ob sich hinsichtlich der Häufigkeitsverteilung der beiden Verhaltensweisen „Vorfahrt gewähren“ und „keine Vorfahrt gewähren“ signifikante Unterschiede finden lassen. Abbildung 6. 9 fasst das jeweils aufgetretene Verhalten der beiden Fahrergruppen in den vier Verkehrssituationen grafisch zusammen. Wie aus Abbildung 6. 9 ersichtlich wird, gewährten in allen vier Verkehrssituationen tendenziell mehr erfahrene Fahrer die Vorfahrt als unerfahrene Fahrer. Die größten Unterschiede zeigten sich hierbei in der Situation „Kreisverkehr“: während nur fünf

unerfahrene Fahrer die Fußgängerin die Straße überqueren ließen, waren es bei den erfahrenen Fahrern doppelt so viele. Die gefundenen Unterschiede waren jedoch nicht signifikant ($\chi^2(1) = 1.87, p = .17$). Auch in den verbleibenden drei Verkehrssituationen „Zebrastreifen“ ($\chi^2(1) = 2.16, p = .14$), „Parkendes Fahrzeug“ ($\chi^2(1) = 0.11, p = .75$) sowie „Zone 30“ ($\chi^2(1) = 1.50, p = .22$) konnten keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Häufigkeitsverteilung der beiden Verhaltensweisen gefunden werden.

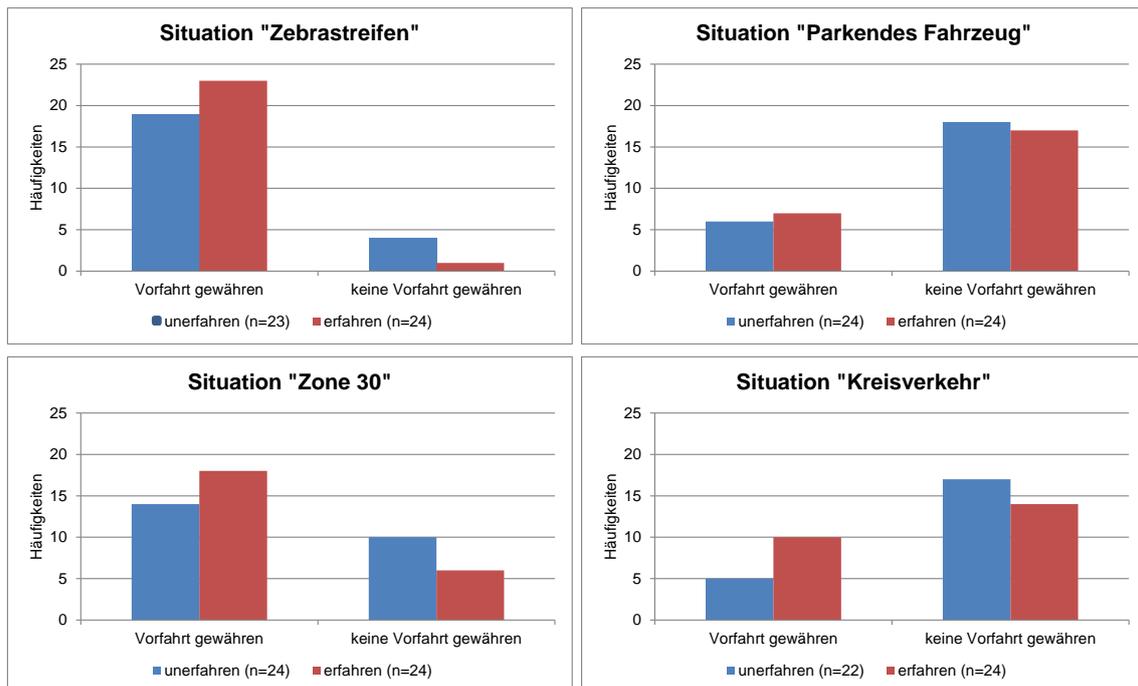


Abbildung 6. 9: Vergleich des Fahrverhaltens der beiden Fahrergruppen in den vier Verkehrssituationen

Zusätzlich wurde untersucht, inwiefern sich die Bremsreaktionszeiten unerfahrener Fahrer von denen erfahrener Fahrer unterscheiden. Hierzu wurden nur Probanden in die Analyse einbezogen, die in der jeweiligen Verkehrssituation dem anderen Verkehrsteilnehmer durch ein eingeleitetes Bremsmanöver die Vorfahrt gewährten. In den Situationen „Parkendes Fahrzeug“ sowie „Kreisverkehr“ gewährten sowohl in der unerfahrenen als auch in der erfahrenen Fahrergruppe maximal 10 Personen dem beteiligten Verkehrsteilnehmer die Vorfahrt. Daher wurden diese beiden Situationen aufgrund der zu geringen Datenbasis von einer weiterführenden Analyse der Bremsreaktionszeiten ausgeschlossen. Wie aus Abbildung 6. 10 ersichtlich wird, bremsten die erfahrenen Fahrer

($n = 22$) in der Situation „Zebrastreifen“ durchschnittlich etwas schneller als die unerfahrene Fahrergruppe ($n = 18$), nachdem sie die potenzielle Gefahr das erste Mal fixiert hatten. Der gefundene Unterschied war jedoch nicht signifikant ($t(38) = 1.42, p = .17$). In der Situation „Zone 30“ begannen beide Fahrergruppen bereits mit ihrem Bremsmanöver, bevor die potenzielle Gefahr zum ersten Mal fixiert wurde. Auffällig ist hierbei, dass die unerfahrenen Fahrer ($n = 13$) mit durchschnittlich 1596 ms ($SD = 432$) vor der ersten Fixation des von rechts kommenden Fahrzeugs ca. 200 ms früher zu bremsen begannen als die erfahrene Fahrergruppe ($n = 18$). Jedoch handelte es sich auch hier um einen nicht signifikanten Unterschied¹⁵ ($z = -0.48, p = .63$).

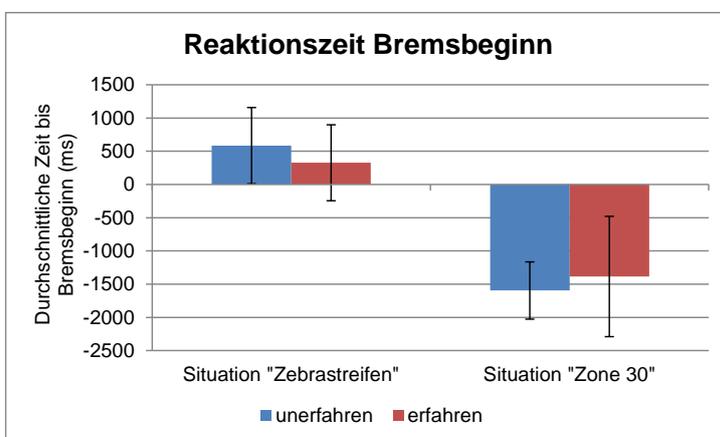


Abbildung 6. 10: Vergleich der durchschnittlichen Bremsreaktionszeiten in den Verkehrssituationen „Zebrastreifen“ und „Zone 30“ (Fehlerbalken = SD)

6.2.3.2 Ergebnisse subjektive Risikobereitschaft

Zur Erfassung der Risikowahrnehmung wurden die beiden Fahrergruppen hinsichtlich ihrer Risikobewertung der vier Situationen verglichen. In Abbildung 6. 11 sind die Ergebnisse der Bewertung der Unfallwahrscheinlichkeit für die vier Verkehrssituationen dargestellt.

Betrachtet man die Ergebnisse in Abbildung 6. 11 fällt auf, dass tendenziell mehr erfahrene als unerfahrene Fahrer die Unfallwahrscheinlichkeit als sehr gering einstufen. Dies scheint v. a. in den Situationen „Zebrastreifen“ und „Kreisverkehr“ der Fall zu sein. Zudem beurteilten sehr viel mehr unerfahrene (45.9 %) als erfahrene Fahrer (16.7 %) das Unfallrisiko in der Situation „Zone 30“ als eher bis sehr wahrscheinlich. Mit Hilfe

¹⁵ Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurde statt eines T-Tests für unabhängige Stichproben der nonparametrische Mann-Whitney-Test gerechnet.

eines Mann-Whitney-Tests für zwei unabhängige Stichproben wurden die gefundenen Unterschiede bei einem α -Fehlerniveau von 5 % auf Signifikanz überprüft. Es zeigte sich lediglich in der Situation „Zone 30“ ein signifikanter Unterschied ($z = -2.15$, $p = .03$, $r = -.31$). Weder in der Situation „Zebrastrreifen“ ($z = -1.18$, $p = .24$), der Situation „Parkendes Fahrzeug“ ($z = -0.58$, $p = .56$) noch der Situation „Kreisverkehr“ ($z = -1.27$, $p = .21$) unterschieden sich die Unfallbeurteilungen der unerfahrenen Fahrer von denen der erfahrenen Gruppe.

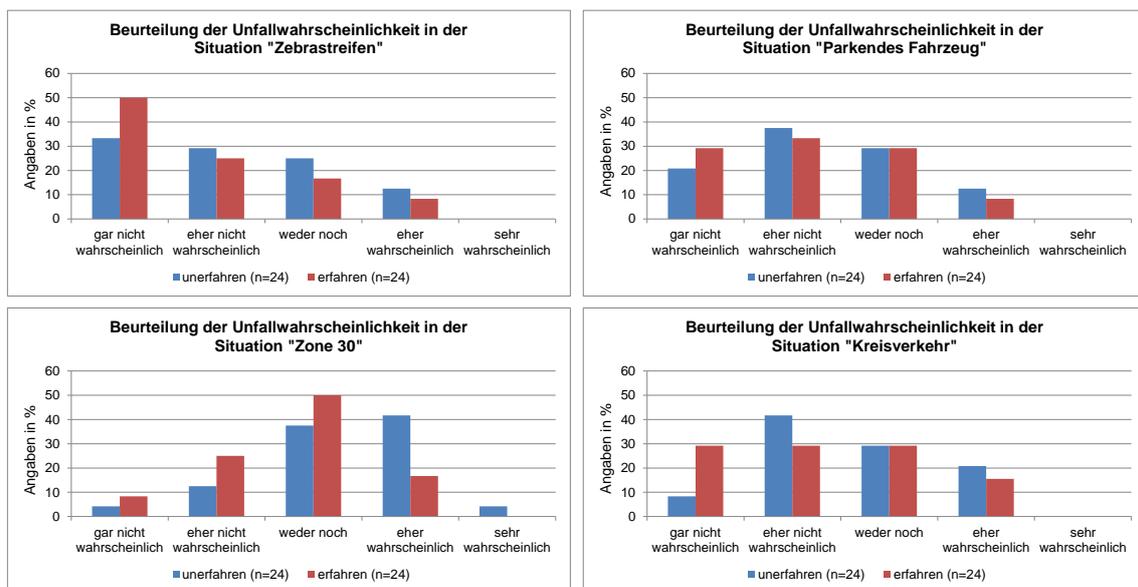


Abbildung 6. 11: Vergleich der subjektiven Beurteilung der Unfallwahrscheinlichkeit in den vier Verkehrssituationen

Die allgemeine subjektive Risikoakzeptanz der beiden Fahrergruppen wurde mittels des Wiener Risikobereitschaftstests Verkehr erfasst. Das Vorhandensein etwaiger Unterschiede zwischen unerfahrenen und erfahrenen Fahrern wurde mittels eines T-Tests für unabhängige Stichproben bei einem α -Fehlerniveau von 5 % überprüft. In Abbildung 6. 12 sind die Ergebnisse des Wiener Risikobereitschaftstests Verkehr grafisch dargestellt. Wie aus Abbildung 6. 12 entnommen werden kann, verfügte die unerfahrene Fahrergruppe über eine signifikant höhere Risikobereitschaft als die Gruppe der erfahrenen Fahrer ($t(46) = 2.05$, $p = .046$, $r = .29$). Im Schnitt gaben die unerfahrenen Fahrer pro Verkehrssituation erst nach 9.44 Sekunden ($SD = 0.58$) an, dass sie das Fahrmanöver nicht mehr ausführen würden, wohingegen es bei der erfahrenen Fahrergruppe durchschnittlich nur 8.61 Sekunden ($SD = 0.81$) waren.

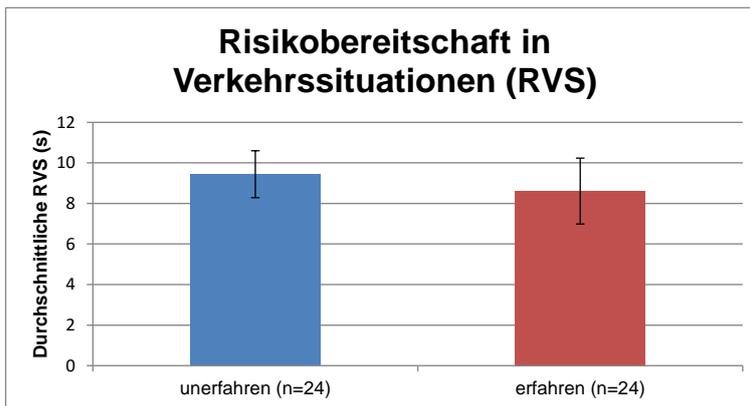


Abbildung 6. 12: Vergleich der Risikobereitschaft in Verkehrssituationen (Fehlerbalancen = SD)

6.2.3.3 Ergebnisse Fahrstil

Zur Untersuchung des objektiven Fahrstils wurde das Fahrverhalten der beiden Fahrergruppen in drei verschiedenen Fahrsituationen betrachtet und pro Situation mittels eines T-Tests für unabhängige Stichproben bei einem α -Fehlerniveau von 5 % statistisch miteinander verglichen. Im Vordergrund der Untersuchung stand hierbei wie dynamisch – in Bezug auf die Maximalgeschwindigkeit – die Probanden die Situationen durchfahren haben. Pro definierter Fahrsituation wurden jeweils zwei entsprechende Verkehrssituationen hinsichtlich der maximal vorliegenden Geschwindigkeit ausgewertet.

In Abbildung 6. 13 sind die Ergebnisse für die Situation „Ortseingang“ grafisch zusammengefasst. Wie aus Abbildung 6. 13 ersichtlich wird, lag bei beiden Fahrergruppen sowohl auf Höhe des Ortseingangs der Ortschaft 1 als auch der Ortschaft 2 eine leicht erhöhte Geschwindigkeit von ca. 60 km/h vor. Signifikante Unterschiede bezüglich der mittleren maximalen Geschwindigkeit auf Höhe des Ortseingangs konnten jedoch weder für Ortschaft 1 ($t(46) = 0.85, p = .40$) noch für Ortschaft 2 ($t(46) = -1.49, p = .14$) zwischen den beiden Fahrergruppen festgestellt werden.

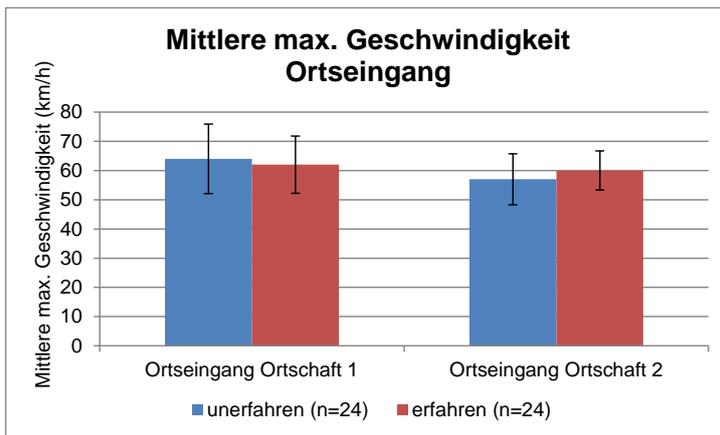


Abbildung 6. 13: Vergleich der mittleren maximalen Geschwindigkeit auf Höhe des Ortseinganges (Fehlerbalken = SD)

Zu ähnlichen Resultaten führte auch die Untersuchung der maximalen Geschwindigkeit auf Höhe des Ortsausgangs. Auch hier wurden zwei verschiedene Ortsausgänge betrachtet. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Abbildung 6. 14 dargestellt. Während auf Höhe des Ortsausgangs in Ortschaft 1 beide Fahrergruppen eine leicht überhöhte Geschwindigkeit aufwiesen, lag die Geschwindigkeit sowohl der unerfahrenen als auch der erfahrenen Fahrer auf Höhe des Ortsausgangs 2 nicht oberhalb der erlaubten Geschwindigkeit von 50 km/h. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fahrergruppen konnten weder für Ortschaft 1 ($t(46) = 0.80, p = .43$) noch für Ortschaft 2 ($t(46) = 1.81, p = .08$) gefunden werden.

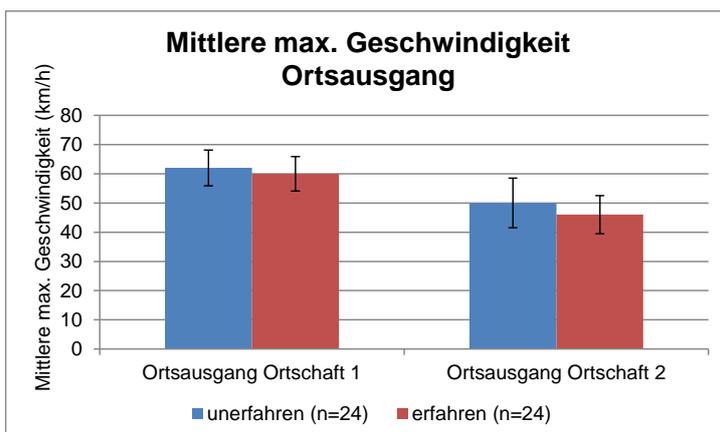


Abbildung 6. 14: Vergleich der mittleren maximalen Geschwindigkeit auf Höhe des Ortsausgangs (Fehlerbalken = SD)

Neben der Untersuchung der maximalen Geschwindigkeit auf Höhe des Ortseingangs sowie des Ortsausgangs wurde zudem die maximale Geschwindigkeit beim Einlenken in einen Kreisverkehr zur Bestimmung des Fahrstils betrachtet. Aufgrund der Behinderung durch vorausfahrende Fahrzeuge und einer daraus resultierenden geringen Stichprobengröße konnte jedoch nur ein Kreisverkehr statt der geplanten zwei ausgewertet werden. Zudem mussten aufgrund derselben Problematik bei dem verbliebenen Kreisverkehr zwei Probanden der unerfahrenen Fahrergruppe sowie drei Probanden der erfahrenen Fahrergruppe ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6. 15 dargestellt.

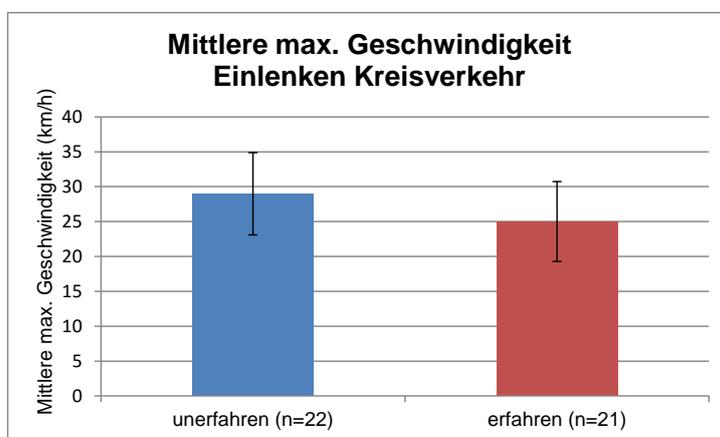


Abbildung 6. 15: Vergleich der mittleren maximalen Geschwindigkeit beim Einlenken in den Kreisverkehr (Fehlerbalken = SD)

Wie Abbildung 6. 15 entnommen werden kann, weisen die unerfahrenen Fahrer mit 29 km/h ($SD = 5.90$) im Schnitt eine höhere maximale Geschwindigkeit beim Einlenken in den Kreisverkehr auf als die erfahrene Fahrergruppe ($M = 25$; $SD = 5.72$; $t(41) = 2.27$, $p = 0.03$, $r = .33$).

6.2.4 Zusammenfassung und Diskussion

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei der Fahraufgabe um eine komplexe senso-motorische Aufgabe. Entsprechend der in den Kapiteln 4.1 und 4.2 beschriebenen Fahrerverhaltensmodelle ist davon auszugehen, dass unerfahrene Fahrer auf allen hierarchischen Ebenen im Vergleich zu erfahrenen Fahrern Defizite aufweisen. Im Hinblick auf die Unterstützung durch Fahrerassistenzsysteme kommt der Führungsebene der Fahraufgabe jedoch eine besondere Bedeutung zu, da den Fahrern i. d. R. nur wenige

Sekunden für die Entscheidung des richtigen Manövers zur Verfügung stehen. Eine vorausschauende Wahrnehmung und entsprechende Interpretation der Situation ist daher Pflicht für eine angemessene Situationsbewältigung (vgl. auch Donges, 2012).

Ziel der vorliegenden Studie war es, zum einen die Gefahrenwahrnehmung sowie das daraus resultierende Fahrverhalten junger, unerfahrener Fahrer in vier potenziell kritischen Verkehrssituationen zu untersuchen und dem Verhalten der erfahrenen Fahrergruppe mittleren Alters gegenüberzustellen. Zum anderen wurde der Fahrstil der beiden Fahrergruppen genauer untersucht, um auch höhere Ebenen der Fahrerverhaltensmodelle zu berücksichtigen.

Im Allgemeinen zeigte sich, dass sich das Fahr- und Blickverhalten der jungen, unerfahrenen Fahrer in den vier potenziell kritischen Verkehrssituationen nicht grundlegend vom Verhalten erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe unterschieden hat (siehe auch Karl & Färber, 2013, S. 156). Betrachtet man die Fixationsanzahl sowie die Gesamtfixationsdauer auf den potenziellen Gefahrenbereich in den vier Verkehrssituationen, lassen sich lediglich in der Situation „Parkendes Fahrzeug“ signifikante Unterschiede zwischen den beiden Fahrergruppen feststellen. Insgesamt betrachteten die erfahrenen Fahrer in dieser Situation den potenziellen Gefahrenbereich signifikant häufiger als die unerfahrene Fahrergruppe. Betrachtet man die durchschnittliche Gesamtfixationsdauer auf den potenziellen Gefahrenbereich, fixierten erfahrene Fahrer diesen in der Situation „Parkendes Fahrzeug“ auch tendenziell länger als unerfahrene Fahrer. Ein ähnliches Bild ergibt sich in der Situation „Kreisverkehr“. Obwohl beide Fahrergruppen dem potenziellen Gefahrenbereich sehr wenig Aufmerksamkeit schenkten, betrachteten ihn die erfahrenen Fahrer mehr als doppelt so lange wie die unerfahrene Fahrergruppe. Im Gegensatz zu den Situationen „Zebrastreifen“ sowie „Zone 30“ handelte es sich bei den Situationen „Parkendes Fahrzeug“ sowie „Kreisverkehr“ um Situationen, für die keine klare Verhaltensregel vorlag. Sowohl in der Situation „Parkendes Fahrzeug“ als auch in der Situation „Kreisverkehr“ lag die Vorfahrt bei den Probanden. Der potenzielle Gefahrenbereich bot zudem wenig saliente Hinweisreize, die auf eine Gefährdung schließen ließen. Für junge, unerfahrene Fahrer scheint es daher aufgrund der mangelnden Fahrpraxis und bisher seltenen Konfrontation mit derartigen Situationen schwieriger, diese Bereiche als potenziell gefährlich zu erkennen. Zu einer ähnlichen Einschätzung kamen auch Borowsky et al. (2010). Sie konnten zeigen, dass unerfahrene Fahrer v. a. dann Probleme haben potenzielle Gefahren zu erkennen, wenn nur wenig saliente Gefahrenreize vorliegen. Es bleibt jedoch zu berücksichtigen, dass es sich bei der hier vorliegenden Studie lediglich um tendenzielle Unterschiede handelte. Statistisch signifikant unterschieden sich die beiden Fahrergruppen hinsichtlich ihrer Gesamtfixationsdauer

auf den potenziellen Gefahrenbereich in keiner der vier Situationen voneinander. Hypothese 1 muss damit abgelehnt werden.

Ein ähnliches Bild ergibt sich, wenn man die Fixationsanzahl sowie Gesamtfixationsdauer auf die potenzielle Gefahr betrachtet. Entgegen den Ergebnissen von Crundall und Underwood (1998) unterschieden sich die beiden Fahrergruppen in keiner der vier Situationen darin, wie viel Aufmerksamkeit sie der potenziellen Gefahr zukommen ließen. Hypothese 2 muss somit ebenfalls abgelehnt werden. Betrachtet man die Fixationshäufigkeiten sowie -dauer auf die potenziellen Gefahren genauer, lassen sich Hinweise darauf finden, dass v. a. situative Faktoren ausschlaggebend für das Maß an Aufmerksamkeitszuwendung waren. So fixierten beide Fahrergruppen in der Situation „Parkendes Fahrzeug“ die potenzielle Gefahr in etwa doppelt so oft wie in den drei anderen Situationen. Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei der Situation „Parkendes Fahrzeug“ um eine Situation, die zum einen keine klare Verhaltensregel enthält und zum anderen nicht so häufig im Straßenverkehr vorkommt wie die restlichen drei Situationen. Zudem ist es in dieser Situation dem Fahrer nicht möglich Blickkontakt mit dem Fahrer des anderen Fahrzeugs aufzunehmen. Daher ist es für die Probanden sehr schwierig zu beurteilen, wie sich der Fahrer des anderen Fahrzeugs verhalten wird. Der erhöhte Aufmerksamkeitsfokus auf die potenzielle Gefahr erscheint daher als logische Konsequenz.

Entgegen der Feststellung von Deery (1999), dass unerfahrene Fahrer potenzielle Gefahren später wahrnehmen als erfahrene Fahrer, konnten in der vorliegenden Studie keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Zeit bis zur ersten Fixation der potenziellen Gefahr in den vier Situationen festgestellt werden. Auch Hypothese 3 muss daher abgelehnt werden. Betrachtet man die vier untersuchten Situationen jedoch genauer, lassen sich auch hier Hinweise darauf finden, dass neben der Erfahrung der Probanden auch situative Faktoren eine Rolle spielen. So fällt auf, dass junge, unerfahrene Fahrer in den beiden Verkehrssituationen „Zebrastreifen“ sowie „Zone 30“ die potenzielle Gefahr tendenziell bereits vor den erfahrenen Fahrern erkannt haben. Sowohl Situation „Zebrastreifen“ als auch „Zone 30“ stellen bereits während der Fahrausbildung gut gelernte und häufig vorkommende Verkehrssituationen dar. Zudem handelte es sich bei diesen beiden Situationen um Verkehrssituationen mit einer klaren Vorfahrts- und damit Verhaltensregel. Es ist daher davon auszugehen, dass junge, unerfahrene Fahrer genau wissen, worauf sie in diesen Situationen achten müssen. Die tendenziellen Nachteile der erfahrenen Fahrer dagegen könnten auf die Adaptation eines nachlässigen Fahrstils zurückzuführen sein. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Huestegge et al. (2010), die zeigen konnten, dass unerfahrene Fahrer potenzielle Gefahren genauso schnell erkennen können wie erfahrene Fahrer.

In allen vier Verkehrssituationen konnten die Probanden durch ein „Vorfahrt gewähren“ das Unfallrisiko auf ein Minimum reduzieren. Bezogen auf die beiden Verhaltensoptionen „Vorfahrt gewähren“ sowie „Vorfahrt nicht gewähren“ unterschieden sich die beiden Fahrergruppen in keiner der vier Verkehrssituationen signifikant voneinander. Obwohl „Vorfahrt gewähren“ die sicherste Option darstellte, wählten beide Fahrergruppen in etwa gleich häufig die schlechtere Alternative. Auch hier spielen situative Faktoren eine große Rolle. Während in den Situationen „Parkendes Fahrzeug“ sowie „Kreisverkehr“ die Vorfahrt bei den Probanden lag, war diese in den Situationen „Zebrastreifen“ sowie „Zone 30“ klar zugunsten der beteiligten Verkehrsteilnehmer geregelt. Dementsprechend gewährten beide Fahrergruppen in diesen zwei Situationen häufiger die Vorfahrt. Dennoch fällt auf, dass tendenziell mehr unerfahrene Fahrer den beteiligten Verkehrsteilnehmern die Vorfahrt nicht gewährten und damit auch ein höheres Unfallrisiko in Kauf nahmen. Da es sich jedoch lediglich um Tendenzen handelte, muss auch Hypothese 4 abgelehnt werden.

Zusätzlich wurden die beiden Fahrergruppen hinsichtlich ihrer Reaktionszeit zwischen der ersten Fixation der potenziellen Gefahr sowie der darauffolgenden Bremsreaktion verglichen. Aufgrund der zu geringen Stichprobengröße in den Situationen „Parkendes Fahrzeug“ sowie „Kreisverkehr“ konnten nur die beiden Situationen „Zebrastreifen“ und „Zone 30“ betrachtet werden. Entgegen den Ergebnissen von Huestegge et al. (2010), die zeigen konnten, dass unerfahrene Fahrer längere Reaktionszeiten zwischen erster Fixation und Reaktion aufweisen, konnten in der vorliegenden Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fahrergruppen festgestellt werden. Vielmehr reagierten die jungen, unerfahrenen Fahrer in der Situation „Zone 30“ tendenziell bereits 200 ms vor den erfahrenen Fahrer auf die potenzielle Gefahr. Auch hier zeigte sich, dass junge, unerfahrene Fahrer v. a. in gut gelernten Situationen durchaus erfahrenen Fahrern überlegen sein können.

Entsprechend dem Modell der Gefahrenwahrnehmung von Deery (1999) spielen neben der Wahrnehmung von potenziellen Gefahren auch die subjektive Risikobewertung der Situation sowie die Höhe des allgemein akzeptierten subjektiven Risikos eine Rolle. Betrachtet man die Ergebnisse der Situationsbewertungen, fällt auf, dass lediglich in der Situation „Zone 30“ ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Fahrergruppen festgestellt werden konnte. Entgegen Hypothese 6, dass junge, unerfahrene Fahrer potenziell gefährliche Situationen als weniger kritisch bewerten als erfahrene Fahrer (vgl. auch Scialfa et al., 2012), zeigte sich jedoch, dass mehr unerfahrene Fahrer das Unfallrisiko in dieser Situation als eher bis sehr wahrscheinlich einstufen als erfahrene Fahrer. Dies könnte darin begründet sein, dass die hohe Hecke einen sehr salienten Hinweisreiz

darstellte, der von den jungen, unerfahrenen Fahrern eher als bedrohlich wahrgenommen wurde. Ansonsten unterschieden sich die Fahrergruppen nicht hinsichtlich ihrer Situationsbewertungen.

Neben der subjektiven Risikobewertung der Situationen wurden die beiden Fahrergruppen mit Hilfe des WRBTV hinsichtlich ihres allgemeinen subjektiv akzeptierten Risikoniveaus verglichen. Entsprechend Hypothese 7 verfügten die jungen, unerfahrenen Fahrer über eine signifikant höhere subjektive Risikobereitschaft im Straßenverkehr als die erfahrenen Fahrer. Durchschnittlich verstrich ca. eine Sekunde mehr Zeit bis die unerfahrene Fahrergruppe angab, ein bestimmtes Fahrmanöver nicht mehr ausführen zu wollen. Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von ca. 50 km/h stehen unerfahrenen Fahrern somit bereits 14 Meter weniger zur Entschärfung der Situation zur Verfügung. Kommen noch weitere Defizite unerfahrener Fahrer hinzu (z. B. Probleme bei der Auswahl der richtigen Reaktion), kann schnell eine unfallkritische Situation entstehen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die unerfahrene Fahrergruppe bezüglich der Wahrnehmung, Risikobeurteilung sowie Reaktion auf potenzielle Gefahren in der vorliegenden Untersuchung nicht grundlegend von den erfahrenen Fahrern unterschieden hat. Tendenziell zeigte sich, dass junge, unerfahrene Fahrer in gut gelernten, klar geregelten Verkehrssituationen den erfahrenen Fahrern teilweise sogar überlegen waren. Probleme scheinen der unerfahrenen Fahrergruppe dagegen Situationen mit wenig salienten Gefahrenreizen sowie ohne klare Verhaltensregel zu bereiten. Die jungen, unerfahrenen Fahrer verfügten im Allgemeinen jedoch über eine höhere subjektive Risikoakzeptanz als die erfahrenen Fahrer der mittleren Altersgruppe.

Neben der Gefahrenwahrnehmung wurden die unerfahrenen, jungen Fahrer zudem hinsichtlich ihres objektiven Fahrstils mit der erfahrenen Fahrergruppe mittleren Alters verglichen. Da bereits mehrfach nachgewiesen werden konnte, dass der Fahrstil junger Fahrer häufig durch zu schnelles Fahren geprägt ist (vgl. z. B. Bina et al., 2006) und Unfälle junger Fahrer zudem häufig auf zu schnelles Fahren zurückgeführt werden können (vgl. z. B. Clarke et al., 2005), wurde das Geschwindigkeitsverhalten junger, unerfahrener Fahrer in verschiedenen Situationen dem Verhalten erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe gegenübergestellt. Es zeigte sich beispielsweise, dass beide Fahrergruppen auf Höhe des Ortseingangs noch ca. 10 km/h schneller als erlaubt unterwegs waren. Ein ähnliches Bild ergab sich bezüglich der Situation Ortsausgang. Allerdings ließ sich hier, wie bereits bei der Untersuchung der vier potenziell kritischen Fahrsituationen feststellen, dass auch situative Faktoren eine große Rolle spielen. Beispielsweise ließ sich eine erhöhte Geschwindigkeit bei beiden Fahrergruppen lediglich auf Höhe des

Ortsausganges der Ortschaft 1 feststellen, nicht jedoch bei Ortschaft 2. Insgesamt konnten bezüglich der Wahl der gefahrenen Geschwindigkeit in den untersuchten Situationen keine signifikanten Unterschiede zwischen jungen, unerfahrenen und erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe festgestellt werden. Anders verhält es sich bei der Analyse der gefahrenen Geschwindigkeit beim Einlenken in den Kreisverkehr. Hier zeigte die junge, unerfahrene Fahrergruppe einen dynamischeren Fahrstil als die erfahrene Fahrergruppe zwischen 25 und 40 Jahren. Obwohl es sich hier um einen mittleren Effekt handelt, deuten die objektiven Ergebnisse dennoch in ihrer Gesamtheit darauf hin, dass sich das Geschwindigkeitsverhalten der jungen, unerfahrenen Fahrer nicht grundlegend von dem der erfahrenen Fahrergruppe mittleren Alters unterscheidet. Hypothese 8 ist daher abzulehnen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass beide Fahrergruppen einen durch Geschwindigkeitsverstöße gekennzeichneten Fahrstil aufweisen. Dabei unterscheiden sich junge, unerfahrene Fahrer in ihrem Fahrstil nicht von der erfahrenen Fahrergruppe zwischen 25 und 40 Jahren. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen von Boyce und Geller (2002), die nachweisen konnten, dass Fahrer der jungen Altersgruppe öfter zu schnell fahren als Fahrer der mittleren Altersgruppe. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass Boyce und Geller (2002) das Geschwindigkeitsverhalten der Fahrer über einen längeren Zeitraum betrachteten und zudem keine Beobachtung durch einen Versuchsleiter stattfand. Zudem konnten auch Boyce und Geller (2002) feststellen, dass beide Fahrergruppen häufiger zu schnell unterwegs sind.

Die hier vorgestellten Ergebnisse widersprechen z. T. den bisherigen Forschungsergebnissen, dass junge Fahranfänger auf allen Hierarchieebenen der Fahraufgabe mehr Probleme aufweisen (z. B. Laapotti et al., 2001). Mögliche Ursachen hierfür könnten zum einen in der Stichprobenauswahl begründet liegen. So verwenden verschiedene Forschergruppen unterschiedliche Einschlusskriterien zur Definition der beiden Gruppen unerfahrene sowie erfahrene Fahrer. Beispielsweise war auch die Gruppe der erfahrenen Fahrer bei Huestegge et al. (2010) mit einem Durchschnittsalter von 24 Jahren sehr jung und verfügte nur über eine Gesamtfahrerfahrung von 22 942 km. Scialfa et al. (2012) definierten die Fahrerfahrung beispielsweise lediglich über die Dauer des Führerscheinbesitzes, nicht jedoch über die Menge an gefahrenen Kilometern. Zum anderen könnte die fehlende Replikation bisheriger Forschungsergebnisse in der Verwendung unterschiedlicher Forschungsmethoden begründet sein. Beispielsweise handelte es sich bei Huestegge et al. (2010) oder auch Scialfa et al. (2012) um reine Laborexperimente.

Obwohl sich die beiden Fahrergruppen nicht grundlegend hinsichtlich ihres Fahr- und Blickverhaltens sowie ihres Fahrstils unterscheiden haben, lassen sich aus den Ergebnissen dennoch wertvolle Hinweise für die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen generieren. Grundlage bilden folgende zentrale Erkenntnisse:

- Sowohl junge, unerfahrene als auch erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe betrachten den potenziellen Gefahrenbereich v. a. in Situationen mit wenig salienten Hinweisreizen selten.
- Sowohl bei jungen, unerfahrenen als auch erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe bestimmen situative Faktoren, welche Bereiche des Straßenverkehrs betrachtet werden.
- Situationen mit klaren Verhaltensregeln helfen beiden Fahrergruppen schnell und richtig zu reagieren.
- Saliente Hinweisreize begünstigen bei beiden Fahrergruppen die Beurteilung der Situation als potenziell gefährlich.
- Junge, unerfahrene Fahrer verfügen über eine höhere subjektive Risikoakzeptanz als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.
- Beide Fahrergruppen missachten geltende Geschwindigkeitsbegrenzungen im gleichen Ausmaß.

Wie bereits in Kapitel 6.1.2.3 deuten die Ergebnisse darauf hin, dass junge, unerfahrene sowie erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe im Allgemeinen von den gleichen Unterstützungsmaßnahmen profitieren würden. Basierend auf den Ergebnissen, sollte im Mittelpunkt dieser v. a. die Wahl des richtigen Aufmerksamkeitsfokusses sowie die Wahl der richtigen Verhaltensstrategie stehen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse gilt es jedoch einige methodische Einschränkungen zu berücksichtigen. So wurde die Studie im realen Straßenverkehr durchgeführt. Trotz standardisierter Verkehrssituationen können daher Störfaktoren nie zu 100 % ausgeschlossen werden. Zudem waren die Situationen so gewählt, dass zu keiner Zeit ein Sicherheitsrisiko für die Probanden und beteiligten Verkehrsteilnehmer bestand. Dementsprechend gestalteten sich die Situationen z. T. als wenig komplex bzw. wenig zeitkritisch. Vor allem bei den Situationen „Zebrastrifen“ sowie „Zone 30“ handelte es sich um einfach strukturierte Situationen mit klaren Verhaltensregeln. Fehlende Unterschiede bzgl. der Gefahrenwahrnehmung könnten daher in der Wahl wenig zeitkritischer Situationen begründet sein. Aufgrund der geringeren Fahrerfahrung ist entsprechend dem Drei-Ebenen-Modell der Fahraufgabe (vgl. Kapitel 4.1) davon auszugehen, dass junge,

unerfahrene Fahrer v. a. in Verkehrssituationen Defizite aufweisen, in denen dem Fahrer nur wenige Sekunden zur Verfügung stehen, um die potenzielle Gefahr wahrzunehmen und angemessen darauf zu reagieren. Eine Untersuchung von Verkehrssituationen, die aufgrund einer höheren Zeitkritikalität eine stärkere Verkehrsgefährdung beinhalten, war jedoch aufgrund der Durchführung im realen Straßenverkehr nicht möglich. Daher wurde im nächsten Schritt die Gefahrenwahrnehmung junger, unerfahrener Fahrer mit Hilfe des Vehicle in the Loop (VIL) in vier zeitkritischen Situationen untersucht und der Gefahrenwahrnehmung der erfahrenen Fahrergruppe mittleren Alters gegenübergestellt. Das VIL als Versuchsumgebung bietet den Vorteil das Verhalten in kritischen Verkehrssituationen standardisiert und ohne Gefährdung der Fahrer sowie weiterer Verkehrsteilnehmer zu untersuchen, ohne jedoch auf die reale Fahrdynamik verzichten zu müssen (Berg, Karl, & Färber, 2011, S. 143; Karl, Berg, Rüter, & Färber, 2013, S. 42).

6.3 Untersuchung der Gefahrenwahrnehmung und des daraus resultierenden Fahrverhaltens junger, unerfahrener Fahrer mit Hilfe des Vehicle in the Loop (Studie 2)

6.3.1 Forschungsziel, Fragestellungen und Forschungshypothesen

Obwohl zwischen dem Fahr- und Blickverhalten junger, unerfahrener sowie erfahrener Fahrer der mittleren Altersgruppe keine signifikanten Unterschiede gefunden werden konnten, liefern die Ergebnisse der in Kapitel 6.2 vorgestellten Studie Hinweise darauf, dass junge, unerfahrene Fahrer v. a. in unbekanntem Situationen sowie Situationen, für die weder saliente Gefahrenreize noch klare Verkehrsregeln vorliegen, Defizite in ihrem Fahr- und Blickverhalten aufweisen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass die jungen, unerfahrenen Fahrer umso größere Probleme bei der Situationsbewältigung haben, je weniger Zeit ihnen für die Gefahrenwahrnehmung und eine entsprechende Reaktion darauf zur Verfügung steht (vgl. Kapitel 4.1). Aufgrund der Durchführung im realen Straßenverkehr konnten jedoch nur wenig (zeit-)kritische Situationen untersucht werden. Um detailliertere Informationen bzgl. der Gefahrenwahrnehmung und des daraus resultierenden Fahrverhaltens junger, unerfahrener Fahrer in (zeit-)kritischeren Situationen zu generieren, wurde daher eine Studie im VIL durchgeführt. Analog zu der in Kapitel 6.2 vorgestellten Studie sollten in dieser zweiten Studie Defizite in der Gefahrenwahrnehmung und des daraus resultierenden Fahrverhaltens junger, unerfahrener Fahrer in kritischen Verkehrssituationen aufgedeckt werden, um daraus Strategien für den Einsatz

von Fahrerassistenzsystemen für junge, unerfahrene Fahrer ableiten zu können. Im Gegensatz zu Studie 1 ging von den Verkehrssituationen in Studie 2 jedoch eine höhere Kritikalität aus. Nur durch einen schnellen Bremsingriff der Fahrer konnte ein Unfall sicher verhindert werden. Zudem handelte es sich bei den Situationen (mit Ausnahme der Situation „Bremsung“, siehe Kapitel 6.3.2.1) um Verkehrssituationen, mit denen v. a. die unerfahrene, junge Fahrergruppe bisher selten konfrontiert gewesen sein dürfte. Wie bereits erwähnt (vgl. Kapitel 5.1), nehmen unerfahrene Fahrer potenzielle Gefahren häufiger erst spät bzw. nicht wahr (Borowsky et al., 2010; Fisher, Pollatsek, & Pradhan, 2006) und weisen darüber hinaus Defizite in der Nutzung des peripheren Sehfeldes auf. Beispielsweise betrachten sie häufiger nur einen kleinen Bereich vor ihrem Fahrzeug (Falkmer & Gregersen, 2001; Mourant & Rockwell, 1972) und erkennen Objekte in der Peripherie später und seltener als erfahrene Fahrer (Crundall et al., 1999, 2002; Patten, Kircher, Östlund, Nilsson, & Svenson, 2006). Es ist anzunehmen, dass junge, unerfahrene Fahrer v. a. in Verkehrssituationen, in denen sich der Gefahrenreiz in der Peripherie befindet, vermehrt Probleme haben und langsamer auf die Gefahr reagieren. Daher befand sich der Gefahrenreiz in zwei Verkehrssituationen (Situation „Hirsch“ sowie Situation „Vorfahrt“, siehe Kapitel 6.3.2.1) zunächst nicht im direkten Sichtbereich vor dem Fahrzeug.

Zudem sollten noch einmal die Ergebnisse von Huestegge et al. (2010) sowie Scialfa et al. (2012) in einem kontrollierten Fahrexperiment überprüft werden. Laut Huestegge et al. (2010) lassen sich die langsameren Reaktionszeiten unerfahrener Fahrer in erster Linie darauf zurück führen, dass Fahranfänger mehr Zeit zur Verarbeitung sowie Übersetzung der wahrgenommenen Informationen in eine adäquate Reaktion benötigen. Nach dem Erkennen der potenziellen Gefahr muss diese zunächst als bedrohlich klassifiziert werden und in eine entsprechende Fahrhandlung überführt werden. Ein Maß, das sich zur Beschreibung der Kritikalität von Bremsreaktionen und damit der Klassifikationsleistung des Fahrers eignet, stellt die Pedalwechselzeit dar, welche die benötigte Zeit für den Wechsel vom Gas- auf das Bremspedal bezeichnet (Schmitt, Brey, Maurer, & Färber, 2007). Beispielsweise konnten Schmitt et al. (2007) zeigen, dass in Notsituationen im Vergleich zum Bremsen in Kolonnenfahrten signifikant kürzere Pedalwechselzeiten zu beobachten sind. Schmitt et al. (2007) führten dabei die schnelleren Pedalwechselzeiten in Notsituationen auf das Ablaufen reflexartiger Efferenzen zurück, wohingegen das Bremsverhalten während einer Kolonnenfahrt auf dem Ablaufen bewusster Prozesse basiere (S. 82). Da junge, unerfahrene Fahrer entsprechend Laapotti et al. (2001) auf allen Ebenen des Vier-Ebenen-Modells des Fahrverhaltens von Keskinen

(1996) Probleme aufweisen, ist davon auszugehen, dass sich dies auch in verlangsamten Pedalwechselzeiten niederschlägt.

Neben der Klassifikation der Verkehrssituation als sicherheitskritisch und der Entscheidung für eine schnelle Bremsreaktion zur Entschärfung der Situation spielt hinsichtlich der sicheren Unfallvermeidung auch die Stärke der Bremsreaktion eine Rolle. Viele Fahrer bremsen im Falle einer Notsituation jedoch nicht stark genug und nutzen dadurch nicht die größtmögliche Verzögerungsleistung ihres Fahrzeugs aus (Kopischke, 2000; Weiße, 2003). Auch hier scheint die Erfahrung der Fahrer eine entscheidende Rolle zu spielen. So bremsen beispielsweise Fahrexperten in einer Notsituation stärker als gewöhnliche Fahrer (Breuer, Faulhaber, Frank, & Gleissner, 2007, S. 2, Figure1). Es ist daher davon auszugehen, dass insbesondere junge, unerfahrene Fahrer in kritischen Verkehrssituationen Defizite bei der Ausführung der Fahraufgabe aufweisen und nicht stark genug bremsen.

Zusammenfassend ergaben sich für die vorliegende Studie daher folgende Forschungshypothesen:

- (1) Junge, unerfahrene Fahrer zeigen im Vergleich zu erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe langsamere Pedalwechselzeiten.
- (2) Junge, unerfahrene Fahrer bremsen später als Reaktion auf die unmittelbare Gefahr als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.
- (3) Junge, unerfahrene Fahrer bremsen bei Gefahr weniger stark ab als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe.

6.3.2 Methodik

6.3.2.1 Experimentelles Design

Ziel der Studie war es, herauszufinden, ob sich unerfahrene Fahrer im Alter zwischen 18 und 24 Jahren hinsichtlich ihrer Reaktion auf eine potenzielle Gefahr in zeitkritischen Fahrsituationen von erfahrenen Fahrern über 25 Jahren unterscheiden.

Für die Differenzierung zwischen erfahrenen und unerfahrenen Fahrern wurden, mit einer Ausnahme, die gleichen Kriterien angesetzt wie bereits in Studie 1 (vgl. Kap. 6.2.2.4). Da auch die erfahrene Fahrergruppe in Studie 1 mit einem Altersdurchschnitt von 30 Jahren ($SD = 3.2$) sehr jung war, was für das Fehlen von Unterschieden im Fahr- und Blickverhalten zwischen unerfahrenen und erfahrenen Fahrern mitverantwortlich

sein könnte, wurde die Altersgrenze für die erfahrene Fahrergruppe auf 60 Jahre angehoben. Fahrer über 60 wurden weiterhin bewusst aus der Studie ausgeschlossen, um altersbedingten Einschränkungen vorzubeugen.

Zur Untersuchung des Reaktionsverhaltens wurde das Fahrverhalten der 18- bis 24-jährigen in vier kritischen Verkehrssituationen mit dem von über 25-jährigen Fahrern verglichen. Im Fokus stand hierbei, analog zu der vorhergehenden Studie, die Führungsebene der Fahraufgabe. Basierend auf situativen Faktoren hatte der Fahrer in den vier zu untersuchenden Situationen nur wenige Sekunden zur Verfügung, um diese wahrzunehmen und entsprechend darauf zu reagieren. In Abbildung 6. 16 sind die vier Fahrsituationen schematisch dargestellt.

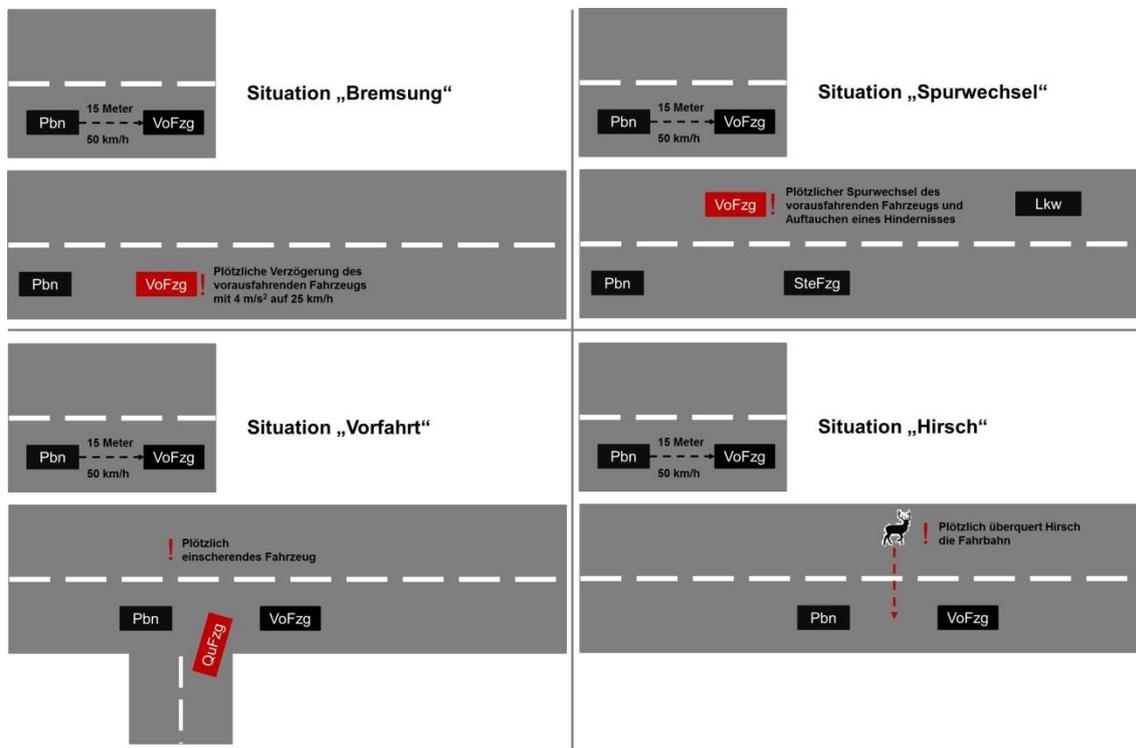


Abbildung 6. 16: Schematische Darstellung der vier Fahrsituationen im Vehicle in the Loop (VoFzg = vorausfahrendes Fahrzeug, SteFzg = stehendes Fahrzeug, QuFzg = querendes Fahrzeug, Pbn = Probanden)

Alle vier Fahrsituationen fanden auf der langen Geraden der Teststrecke der Universität der Bundeswehr München statt. Ausgangssituation jeder der vier Fahrsituationen war eine Folgefahrt, bei der die Aufgabe der Probanden darin bestand, einem mit 50 km/h vorausfahrenden Fahrzeug mit einem konstanten Abstand von 15 Metern zu folgen. Um für alle Probanden gleiche Ausgangsbedingungen zu schaffen, unterstützte der

Versuchsleiter zu Beginn einer jeden Folgefahrt beim Einstellen des richtigen Abstandes. Bezüglich der zu durchfahrenden Fahrsituationen erhielten die Probanden keine weiteren Informationen. Die vier Fahrmanöver waren so gewählt, dass ein schnelles Abbremsen der Probanden auf jeden Fall zur Vermeidung eines Unfalls führte.

(1) Situation „Bremsung“

Die Situation bestand aus einer plötzlichen Bremsung des vorausfahrenden Fahrzeugs, welches mit 4 m/s^2 auf 25 km/h verzögerte. Die Sicht der Probanden auf das vorausfahrende Fahrzeug war nicht eingeschränkt. Als Fixpunkt für die Auswertung der Fahrdaten wurde der Beginn der Verzögerung des vorausfahrenden Fahrzeugs bestimmt.

(2) Situation „Spurwechsel“

Die Situation bestand darin, dass das vorausfahrende Fahrzeug einen plötzlichen Spurwechsel vollzog, um ein stehendes Fahrzeug zu umfahren. Durch den Spurwechsel wurde für die Probanden die Sicht auf das auf ihrem Fahrstreifen befindliche, stehende Fahrzeug frei. Gleichzeitig näherte sich auf dem Gegenfahrstreifen mit 50 km/h ein Lkw, der für das vorausfahrende Fahrzeug jedoch keine Gefahr darstellte. Ein Umfahren des stehenden Fahrzeugs durch die Probanden sollte durch den entgegenkommenden Lkw jedoch verhindert werden. Als Fixpunkt für die Auswertung der Fahrdaten wurde der Beginn des Spurwechsels durch das vorausfahrende Fahrzeug festgelegt.

(3) Situation „Vorfahrt“

Die Fahrsituation bestand darin, dass ein von rechts kommendes, nicht vorfahrtberechtigtes Fahrzeug plötzlich direkt vor den Probanden einscherte und ihnen die Vorfahrt nahm. Beim Passieren der Kreuzung durch das vorausfahrende Fahrzeug stand das querende Fahrzeug zunächst noch passiv an der Kreuzung. Als Fixpunkt für die Auswertung der Fahrdaten wurde das Beschleunigen des querenden Fahrzeugs bestimmt.

(4) Situation „Hirsch“

In dieser Situation überquerte ein Hirsch plötzlich direkt vor den Probanden die Fahrbahn, nachdem er zunächst ein paar Meter parallel zu dieser gelaufen war. Zu Beginn der Situation stand der Hirsch bewegungslos in einem kleinen Waldstück neben der Straße. Der Hirsch bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von 15 km/h . Da der Hirsch zunächst über den entgegengesetzten Fahrstreifen lief, bevor er auf den Fahrstreifen der Probanden gelangte, war er bereits früh für die Probanden sichtbar. Als Fixpunkt für

die Auswertung der Fahrdaten wurde der Zeitpunkt festgelegt, an dem der Hirsch begann parallel zur Fahrbahn loszulaufen.

Zur Untersuchung inwiefern sich das Fahrverhalten der 18- bis 24-jährigen Fahrer in den vier kritischen Verkehrssituationen von dem Verhalten der 25- bis 60-jährigen Fahrer unterscheidet, wurden pro Fahrmanöver relevante Fahrverhaltensparameter ausgewertet. Die abhängigen Variablen für die vier Verkehrssituationen sind in Tabelle 6. 6 zusammengefasst.

Tabelle 6. 6: Abhängige objektive Variablen – Erhobene Fahrverhaltensparameter in den vier Verkehrssituationen

Abhängige Variable	Kurzbeschreibung
Reaktionszeit Bremsbeginn	Zeit zwischen situationsspezifischem Fixpunkt und Betätigung des Bremspedals durch den Probanden
Pedalwechselzeit	Zeit zwischen Loslassen des Gaspedals um mindestens 1 % und Betätigung des Bremspedals (Bremsdruck > 2.5 bar)
Maximaler Bremsdruck	Maximaler Bremsdruck, der in der jeweiligen Situation nach Bremsbeginn ausgeübt wurde

6.3.2.2 Versuchsaufbau

Die Versuche fanden im VIL auf der Teststrecke der Universität der Bundeswehr München statt. Die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Fahrsituationen konnten so realistisch, jedoch ohne Gefährdung der Probanden sowie weiterer Verkehrsteilnehmer, dargestellt werden. Zunächst wurde das VIL von Bock mit einer erweiterten Realität eingesetzt und validiert (Bock, 2008; Bock, Maurer, & Färber, 2007), später jedoch von der Carmeq GmbH als Patentlizenznehmer mit einer virtuellen Realität betrieben. Seitdem wird es kontinuierlich von der Carmeq GmbH und der Universität der Bundeswehr München weiterentwickelt (Berg, Milhoff, & Färber, 2013; Starke & Hänsel, 2011) sowie seine Validität für den Einsatz zur Untersuchung des Fahrverhaltens in Längs- und Querszenarien nachgewiesen (Berg et al., 2011; Karl et al., 2013; Rüger, Purucker, Schneider, Neukum, & Färber, 2014; Sieber et al., 2013).

Im Folgenden wird der Aufbau des verwendeten VIL kurz beschrieben. Eine detaillierte Beschreibung des VIL findet sich bei Berg (2014). In Abbildung 6. 17 ist der technische Aufbau des VIL schematisch dargestellt.

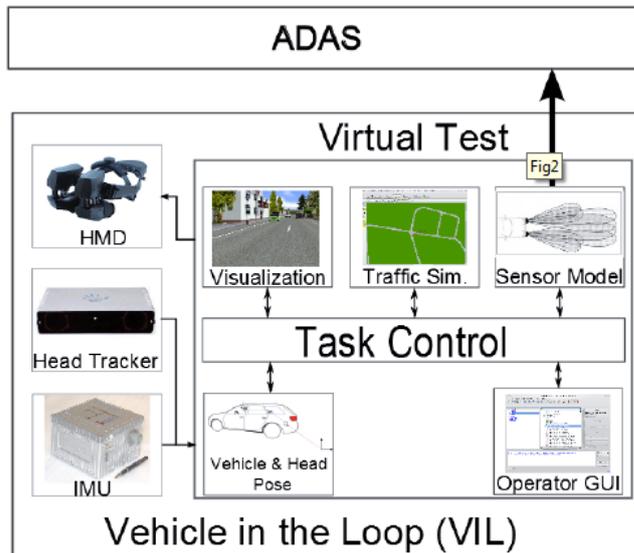


Abbildung 6. 17: Technischer Aufbau des VIL (aus Karl et al., 2013, S. 44; Sieber et al., 2013, S. 1101)

Das VIL basiert auf der Software „Virtual Test Drive“ (VTD), die zur Verwirklichung der Verkehrsumfeldsimulation, bestehend aus Visualisierung, Verkehrssimulation sowie einzelner Sensormodellkomponenten, dient. Im Versuch kam die VTD Version 1.1 zum Einsatz. Mittels eines Head mounted Displays (HMD) erfolgte die Darstellung der virtuellen Welt sowie des simulierten Verkehrs. Der visuelle Kanal der Probanden war dadurch komplett entkoppelt von der Realität. Zudem war es den Probanden nicht möglich den Innenraum des Fahrzeugs zu sehen. Dieser wurde auch nicht in der virtuellen Simulation nachgebildet. Zur Untersuchung der in Kapitel 6.3.1 beschriebenen Fragestellungen kam das HMD nVisor SX111 mit einem vertikalen Field of View von 64° sowie einem horizontalen Field of View von 102° zum Einsatz. Die technischen Daten des HMD sind in Tabelle 6. 7 dargestellt¹⁶.

¹⁶ Im Rahmen der hier vorgestellten Studie kam noch ein weiteres HMD mit einem kleineren visuellen Sichtfeld und zwei möglichen Betriebsmodi zum Einsatz. Der Vergleich der insgesamt drei verschiedenen HMD-Konfigurationen ist jedoch nicht Fokus der vorliegenden Arbeit. Eine ausführliche Beschreibung beider HMD sowie der drei möglichen HMD-Konfigurationen findet sich bei Berg (2014, S. 69ff).

Tabelle 6. 7: Technische Daten des verwendeten HMD

	nVisor SX111
Leuchtdichte (cd/m ²)	17
Kontrast	≥ 100:1
Auflösung	1280 x 1024
Pixeldichte (Bogenminute pro Pixel)	3,6
Horizontales Field of View (°)	102
Vertikales Field of View (°)	64
Mögliche Betriebsmodi	Stereo

Als Basis der Verkehrssimulation fungierte das Testgelände der Universität der Bundeswehr München, wobei der Streckenverlauf der Simulation dem realen Streckenverlauf der Teststrecke entsprach. Die Position des Fahrzeugs wurde dabei über eine inertielle Messplattform (IMU) bestimmt, die im Kofferraum des Fahrzeugs verbaut war. Zur Bestimmung der aktuellen Fahrersicht wurde ein Wide Field Personal Space Tracker mit einer 360° Abdeckung verwendet. Sämtliche Positions- sowie Blickrichtungsdaten wurden über eine spezielle Softwareschnittstelle in die Simulation eingebunden. Die daraus resultierende Latenz zwischen Kopfbewegungen der Probanden sowie dem Update der virtuellen Blickperspektive betrug ca. 130 ms. Über eine CAN-Schnittstelle war es möglich auf die zur Untersuchung der Fragestellungen notwendigen objektiven Fahrparameter zuzugreifen. Sämtliche Fahrzeug- sowie Simulationsdaten wurden während der Versuchsfahrten zeitsynchron mit einer Frequenz von 60 Hz aufgezeichnet. Als Versuchsfahrzeug diente ein Audi A6 Avant der Baureihe C7, in dessen Kofferraum der VIL-Rechner zur Verkehrsumfeldsimulation integriert war.

6.3.2.3 *Versuchsablauf*

Die Versuche fanden von montags bis freitags zwischen 08.00 und 19.00 Uhr auf der langen Geraden (ca. 1,5 km) der Teststrecke der Universität der Bundeswehr München statt. Insgesamt wurde jeder Proband zu drei¹⁷ Terminen von je ca. 45 Minuten eingeladen. Um Gewöhnungseffekte ans VIL auszuschließen, fanden die einzelnen Termine in einem Abstand von zwei Wochen statt. An jedem dieser Termine lernte der Proband eine HMD-Konfiguration kennen. Um zu gewährleisten, dass die Probanden in den vier Fahrsituationen möglichst natürliches Verhalten zeigen, wurde den Probanden im Rahmen einer Coverstory (Anhang D, Abbildung D. 1) erklärt, dass mit Hilfe dieser Studie herausgefunden werden sollte, welches HMD für den Einsatz im VIL am besten geeignet ist. Um Reihenfolge- und Positionseffekte zu vermeiden, wurde sowohl die Reihenfolge der HMD-Konfigurationen als auch die Reihenfolge der Fahrsituationen systematisch variiert und ausbalanciert.

Nach der Begrüßung und allgemeinen Instruktion der Probanden wurden diese gebeten zunächst einen kurzen demographischen Fragebogen auszufüllen (siehe Anhang D, Abbildung D. 2). Im Anschluss daran wurde ihnen mittels eines kurzen Videos zunächst die Funktionsweise des VIL erklärt. Danach hatten die Probanden die Gelegenheit sich in einer ca. 10-minütigen Einführungsfahrt mit dem Versuchsfahrzeug vertraut zu machen. Daran anschließend fand die Einführung ins VIL statt, die ebenfalls ca. zehn Minuten in Anspruch nahm. Zunächst hatten die Probanden die Möglichkeit sich in einer freien Fahrt an das Fahren mit dem VIL zu gewöhnen. Im Anschluss daran wurden sie gebeten einem Fahrzeug mit einer konstanten Geschwindigkeit von 50 km/h und einem Abstand von 15 Metern zu folgen, wobei der Versuchsleiter den Probanden dabei behilflich war den richtigen Abstand zu halten. Danach fanden die eigentlichen Versuchsfahrten statt und die Probanden durchfuhren die in Kapitel 6.3.2.1 beschriebenen Fahrmanöver sowie zwei zusätzliche Folgefahrten. Nach jedem Fahrmanöver wurden die Probanden gebeten die eben durchfahrene Situation kurz hinsichtlich Kritikalität, Wahrnehmbarkeit und der erlebten Anstrengung zu bewerten sowie einen Fragebogen zur Simulator Sickness auszufüllen¹⁸. Im Anschluss an die erste Versuchsfahrt wurde der

¹⁷ Insgesamt lernte jeder Proband jede der drei möglichen HMD-Konfigurationen kennen – d.h. die Probanden durchfuhren die Situationen mit allen drei HMD-Konfigurationen an drei verschiedenen Terminen im Abstand von ca. zwei Wochen. Da die Unterscheidung zwischen den drei HMD-Konfigurationen für die vorliegende Untersuchung jedoch nicht relevant ist, wird im weiteren Verlauf der Arbeit auf eine vergleichende Darstellung verzichtet. Eine Gegenüberstellung der drei Konfigurationen findet sich bei Berg (2014).

¹⁸ Die Auswertung der subjektiven Situationsbeurteilung sowie der Simulator Sickness ist für die Beantwortung der vorliegenden Fragestellungen nicht relevant und wird daher nicht weiter behandelt. Die Ergebnisse hierzu sind ausführlich bei Berg (2014) dargestellt.

Proband verabschiedet und ein Folgetermin vereinbart. Die beiden folgenden Termine verliefen, bis auf die Eingewöhnungsphase, äquivalent zum ersten Termin. Am Ende des dritten Termins wurden die Probanden über den Versuchszweck aufgeklärt und ihnen wurde eine Aufwandsentschädigung von 50 € ausgehändigt.

6.3.2.4 Stichprobe

Insgesamt nahmen 48 Probanden an der Untersuchung teil, die sich in zwei Fahrergruppen einteilen ließen:

(1) Unerfahrene Fahrer im Alter von 18 bis 24 Jahre ($n = 24$)

Das durchschnittliche Alter der Gruppe der unerfahrenen Fahrer betrug 21.46 Jahre ($Min = 19$, $Max = 23$, $SD = 1.14$) mit einer mittleren Gesamtfahrfahrung von 31 062 km ($SD = 14 622$, $Min = 1 500$, $Max = 48 000$) seit Führerscheinerwerb. Insgesamt waren 11 der unerfahrenen Probanden weiblich.

(2) Erfahrene Fahrer im Alter von 25 bis 60 Jahre ($n = 24$)

Im Schnitt waren die erfahrenen Fahrer 31.29 Jahre ($Min = 26$, $Max = 55$, $SD = 7.01$) alt und verfügten über eine durchschnittliche Gesamtfahrfahrung von 290 833 km ($SD = 207 237$, $Min = 110 000$, $Max = 900 000$). Zwei der 24 Probanden in der Gruppe der erfahrenen Fahrer waren weiblich.

Alle Probanden verfügten über eine normale bzw. mittels Kontaktlinsen korrigierte Sehfähigkeit. Personen mit Brille wurden aufgrund der Notwendigkeit ein HMD zu tragen von dem Versuch ausgeschlossen.

6.3.3 Ergebnisse

Zur Untersuchung des aus der Gefahrenwahrnehmung resultierenden Fahrverhaltens in den vier kritischen Fahrsituationen wurde das Fahrverhalten der 18- bis 24-Jährigen mit dem der mittleren Altersgruppe verglichen. Dabei sollte überprüft werden, ob junge, unerfahrene Fahrer langsamer bzw. schwächer auf potenzielle Gefahren reagieren als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe. Mittels T-Tests für unabhängige Stichproben wurde bei einem α -Fehlerniveau von 5 % jeweils verglichen, ob sich die Pedalwechselzeiten, die Bremsreaktionszeiten sowie der maximale Bremsdruck der jungen, unerfahrenen Fahrer von den erfahrenen Fahrern über 25 Jahren in den einzelnen Fahrsituationen voneinander unterscheiden. In die Analyse gingen jeweils nur die Probanden ein,

die in der jeweiligen Fahrsituation mit einer Bremsung reagierten und keine fehlenden Werte in den einzelnen Bedingungen aufwiesen (die einzelnen Stichprobengrößen sind den entsprechenden Abbildungen zu entnehmen).

In Abbildung 6. 18 sind die Reaktionszeiten der beiden Fahrergruppen zusammenfassend dargestellt.

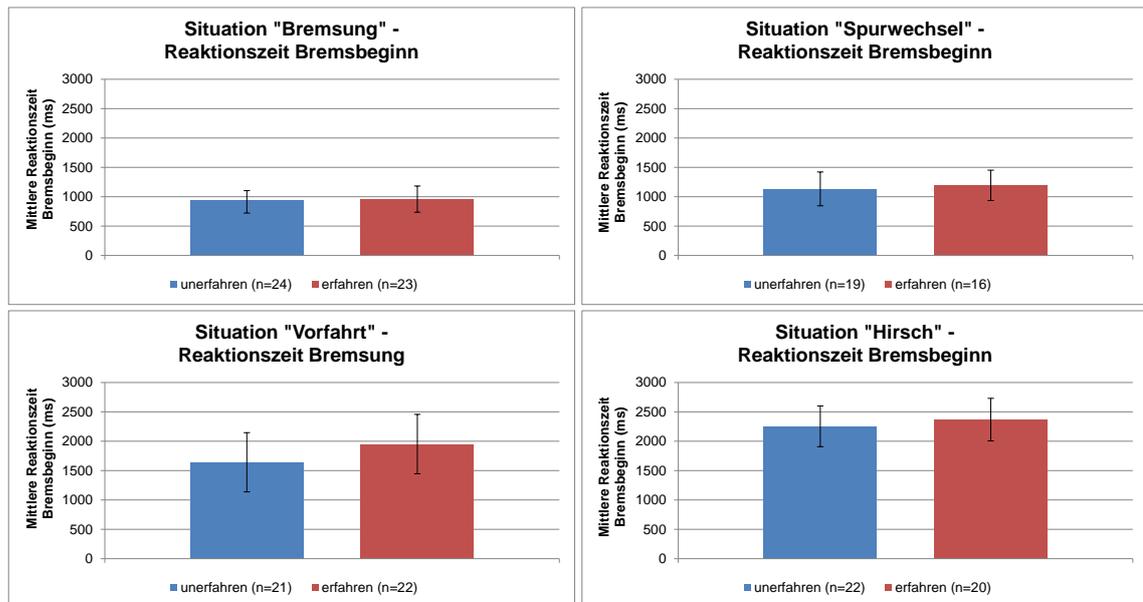


Abbildung 6. 18: Vergleich der durchschnittlichen Reaktionszeit Bremsbeginn (in ms) auf die potenzielle Gefahr in den vier Fahrsituationen (Fehlerbalken = SD)

Wie aus Abbildung 6. 18 ersichtlich wird, reagierte die unerfahrene, junge Fahrergruppe in keiner der vier Fahrsituationen signifikant langsamer als die erfahrenen Fahrer der mittleren Altersgruppe. Tendenziell wiesen die jungen, unerfahrenen Fahrer in der Situation „Vorfahrt“ sogar kürzere Reaktionszeiten auf als die erfahrene Fahrergruppe mittleren Alters. Die Ergebnisse der berechneten T-Tests für unabhängige Stichproben sind in Tabelle D. 1, Anhang D aufgeführt. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurde die Situation Spurwechsel mit Hilfe des nonparametrischen Mann-Whitney-Tests ausgewertet. Die Ergebnisse hierzu befinden sich in Tabelle D. 2, Anhang D.

Abbildung 6. 19 fasst die mittleren Pedalwechselzeiten für die erfahrene sowie unerfahrene Fahrergruppe in den vier Verkehrssituationen zusammen. Die Ergebnisse der berechneten T-Tests für unabhängige Stichproben sind in Tabelle D. 3, Anhang D aufgeführt. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurde die Situation Spurwechsel wie-

derum mit Hilfe des nonparametrischen Mann-Whitney-Tests ausgewertet. Die Ergebnisse hierzu befinden sich in Tabelle D. 4, Anhang D. Wie Abbildung 6. 19 entnommen werden kann, unterschieden sich die beiden Fahrergruppen in keiner der vier Fahrsituationen signifikant bzgl. der mittleren Pedalwechselzeit voneinander. Tendenziell wies die junge, unerfahrene Fahrergruppe in der Situation „Spurwechsel“ mit durchschnittlich 522 ms ($SD = 208$) im Vergleich zu 431 ms ($SD = 136$) jedoch eine etwas größere Pedalwechselzeit auf.

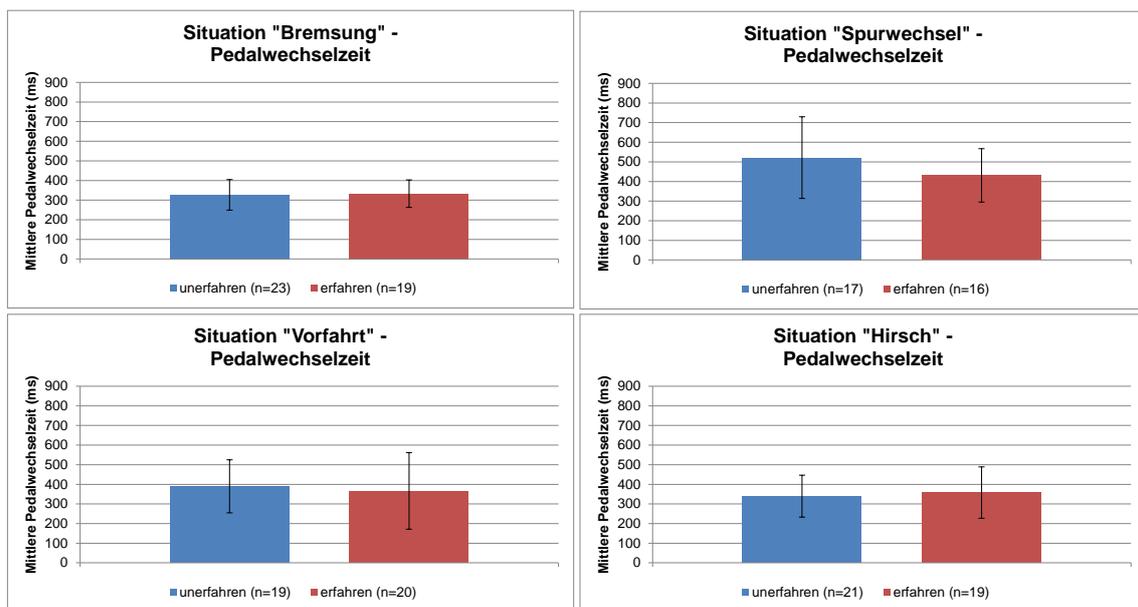


Abbildung 6. 19: Vergleich der durchschnittlichen Pedalwechselzeit (in ms) in den vier Fahrsituationen (Fehlerbalken = SD)

Darüber hinaus wurde untersucht, ob sich die beiden Fahrergruppen in der Stärke ihrer Bremsreaktion voneinander unterscheiden (siehe Abbildung 6. 20). Wie aus Abbildung 6. 20 ersichtlich wird, ließen sich in keiner der vier Fahrsituationen signifikante Unterschiede bezüglich des mittleren maximalen Bremsdrucks zwischen den unerfahrenen und den erfahrenen Fahrern finden. Die Ergebnisse der berechneten T-Tests für unabhängige Stichproben sowie des berechneten Mann-Whitney-Tests für die Situation Spurwechsel sind in den Tabellen D. 5 und D. 6 in Anhang D aufgeführt.

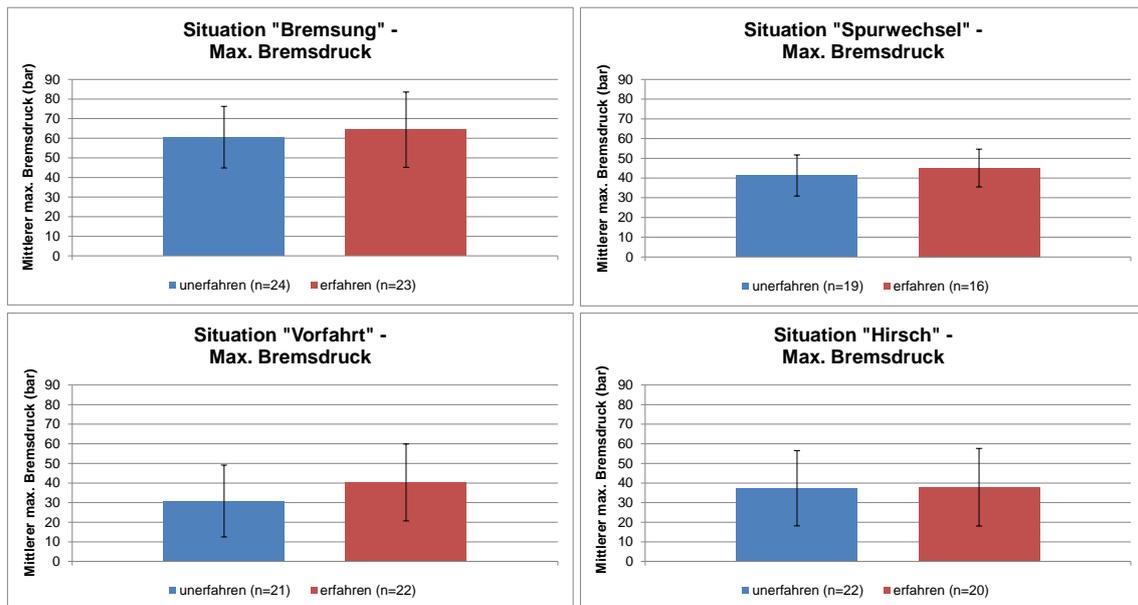


Abbildung 6. 20: Vergleich des mittleren maximalen Bremsdrucks (in bar) als Reaktion auf die potenzielle Gefahr in den vier Fahrsituationen (Fehlerbalken = SD)

6.3.4 Exkurs – Situation „Spurwechsel“

Wie bereits erwähnt, waren die vier Fahrsituationen so gewählt, dass ein schnelles Abbremsen der Probanden auf jeden Fall zur Unfallvermeidung führt. Um auch in der Situation „Spurwechsel“ ein Abbremsen der Probanden zu garantieren, sollte das Umfahren des Hindernisses durch einen entgegenkommenden Lkw verhindert werden. Trotz dieser Maßnahme entschieden sich 21 % der unerfahrenen sowie 25 % der erfahrenen Fahrer dem stehenden Fahrzeug auszuweichen und dieses ebenfalls zu umfahren. Insgesamt kam es dadurch in der Fahrergruppe der unerfahrenen Fahrer in 8 % sowie bei den erfahrenen Fahrern in 4 % der Fahrten zu einer Kollision mit dem entgegenkommenden Lkw.

6.3.5 Zusammenfassung und Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war es, zu untersuchen, inwiefern sich junge, unerfahrene Fahrer in ihrer Gefahrenwahrnehmung und dem daraus resultierenden Fahrverhalten von erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe in vier zeitkritischen Verkehrssituationen unterscheiden, um daraus den spezifischen Unterstützungsbedarf durch Fahrerassistenzsysteme für die unerfahrene Fahrergruppe generieren zu können. Die Situationen waren dabei so gewählt, dass ein Unfall durch einen schnellen Bremseneingriff verhindert werden konnte. Innerhalb weniger Sekunden mussten die Fahrer zum einen die potenzielle Gefahr erkennen, richtig als gefährlich klassifizieren, sich für eine schnelle Bremsreaktion entscheiden sowie diese in angemessener Stärke ausführen.

Entsprechend zahlreicher Studien weisen junge, unerfahrene Fahrer auf allen hierarchischen Ebenen der Fahraufgabe Defizite auf (vgl. z. B. Laapotti et al., 2001), was als einer der Hauptgründe für das hohe Unfallrisiko dieser Fahrergruppe angesehen werden kann. Daher wurde angenommen, dass junge, unerfahrene Fahrer im Vergleich zu erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe in den vier untersuchten Verkehrssituationen langsamere Pedalwechselzeiten zeigen (Hypothese 1), später beginnen zu bremsen (Hypothese 2) sowie weniger stark bremsen (Hypothese 3). Da junge, unerfahrene Fahrer häufiger nur auf einen kleinen Bereich vor ihrem Fahrzeug und weniger auf Objekte in der Peripherie achten (vgl. z. B. Falkmer & Gregersen, 2001; Mourant & Rockwell, 1972), sollten die Defizite dieser Fahrergruppe insbesondere in den beiden Situationen „Hirsch“ sowie „Vorfahrt“ zum Vorschein kommen. In beiden Verkehrssituationen befand sich der Gefahrenreiz zunächst nicht im direkten Sichtfeld vor dem Fahrzeug. Es war daher davon auszugehen, dass v. a. die jungen, unerfahrenen Fahrer erst spät die Kritikalität der Situation erkennen.

Die statistische Analyse der Daten ergab jedoch, dass keine der drei Hypothesen bestätigt werden konnte. In keiner der vier Verkehrssituationen unterschied sich das Fahrverhalten der jungen, unerfahrenen Probanden von dem Fahrverhalten der erfahrenen Fahrergruppe mittleren Alters. Tendenzielle Unterschiede hinsichtlich der Bremsreaktionszeit ließen sich zwischen den beiden Fahrergruppen lediglich in der Situation „Vorfahrt“ finden. Entgegen der Annahme, dass junge, unerfahrene Fahrer aufgrund von Defiziten in der Nutzung des peripheren Sichtfeldes insbesondere in dieser Situation langsamer reagieren als erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe, zeigten sich die unerfahrenen, jungen Fahrer in dieser Situation vielmehr leicht überlegen und reagierten mit durchschnittlich 1642 ms (SD = 504) im Vergleich zu 1952 ms (SD = 506) tendenziell schneller als die erfahrene Fahrergruppe mittleren Alters. Der Unterschied war jedoch

nicht statistisch signifikant. Betrachtet man die durchschnittlichen Bremsreaktionszeiten (siehe Abbildung 6. 18), lässt sich zusammenfassend festhalten, dass beide Fahrergruppen situationsangepasste Bremsreaktionszeiten zeigten.

Hinsichtlich der Fragestellung, ob eine geringe Fahrerfahrung mit Defiziten in der Reaktion auf Gefahrenreize einhergeht, ergibt sich bislang kein einheitliches Bild. Beispielsweise reagierten auch bei Crundall et al. (1999), wie in der vorliegenden Studie, unerfahrene Fahrer nicht signifikant langsamer auf periphere Reize als die erfahrene Fahrergruppe. Signifikante Unterschiede bezüglich der Reaktionsgeschwindigkeit auf periphere Reize zeigten sich bei Crundall et al. (1999) nur zwischen Nicht-Fahrern sowie der unerfahrenen und erfahrenen Fahrergruppe. Darüber hinaus deuten die Ergebnisse von Crundall et al. (1999) darauf hin, dass neben der Fahrerfahrung die Situationskomplexität maßgeblich Einfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit nimmt. Unabhängig von der Fahrerfahrung zeigten alle Gruppen langsamere Reaktionszeiten auf periphere Reize in anspruchsvollen Fahrsituationen. Zudem konnten Huestegge et al. (2010) zeigen, dass die Reaktionszeiten auf einen Gefahrenreiz in Abhängigkeit der Kritikalität der Situation variieren, unabhängig von der Fahrerfahrung der Probanden. Auch die eigenen Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Zeitkritikalität der Situation unabhängig von der Fahrerfahrung die Reaktionszeiten maßgeblich beeinflusst. So reagierten sowohl junge, unerfahrene als auch erfahrene Fahrer der mittleren Altersgruppe in der Situation „Bremsung“ mehr als doppelt so schnell als in der Situation „Hirsch“. Da der Hirsch zunächst über den entgegengesetzten Fahrstreifen lief, hatten die Fahrer auch mehr Zeit zur Verfügung, um die Situation adäquat einzuschätzen und entsprechend darauf zu reagieren.

Die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Ergebnisse stehen jedoch im Widerspruch zu verschiedenen Forschungsarbeiten, die nachweisen konnten, dass eine geringe Fahrerfahrung mit Defiziten in der Reaktion auf Gefahrenreize einhergeht, insbesondere, wenn sich diese zunächst in der Peripherie befinden (z. B. Crundall et al., 2002; Huestegge et al., 2010; Patten et al., 2006; Scialfa et al., 2012). Ursächlich hierfür könnte die Verwendung unterschiedlicher Forschungsmethoden sein. Beispielsweise mussten die Probanden bei Patten et al. (2006) im Rahmen einer Nebenaufgabe auf Lichtreize in der Peripherie reagieren, während ihre Hauptaufgabe im Fahren bzw. Erkennen von Gefahrenreizen bestand. Im Gegensatz dazu standen die peripheren Reize in der vorliegenden Studie im unmittelbaren Zusammenhang mit der Fahr- und somit mit der Hauptaufgabe. Wie bereits bei Studie 1 diskutiert, könnte die fehlende Replikation der Ergebnisse auch auf die unterschiedliche Definition der Fahrerfahrung sowie die Methodik zur Untersuchung der Gefahrenwahrnehmung zurückzuführen sein. Betrachtet man die Ergebnisse von Scialfa et al. (2012) genauer, fällt zudem auf, dass nur für acht von 100

untersuchten Situationen Unterschiede zwischen der erfahrenen und der unerfahrenen Gruppe festgestellt werden konnten. Angesichts der großen Anzahl durchgeführter T-Tests ist daher vielmehr davon auszugehen, dass es sich bei Scialfa et al. (2012) um rein zufällige Effekte im Sinne eines α -Fehlers handelte und damit auch hier keine Unterschiede zwischen unerfahrenen und erfahrenen Fahrern gefunden werden konnten.

Auch hinsichtlich der Pedalwechselzeiten unterschieden sich die beiden Fahrergruppen nicht signifikant voneinander. Tendenzielle Unterschiede zwischen den beiden Fahrergruppen ließen sich lediglich in der Situation „Spurwechsel“ finden, in der junge, unerfahrene Fahrer durchschnittlich eine etwas längere Pedalwechselzeit aufwiesen. Die Situation „Spurwechsel“ stellte die Situation mit der höchsten Komplexität dar. Durch den plötzlichen Spurwechsel des vorausfahrenden Fahrzeugs wurde für die Fahrer das Hindernis auf dem eigenen Fahrstreifen erst sehr spät sichtbar. Zudem war für die Probanden nicht sofort erkennbar, dass ein Spurwechsel für sie selbst aufgrund des entgegenkommenden Lkw keine sichere Option darstellte. Die leicht erhöhten Pedalwechselzeiten der unerfahrenen, jungen Fahrer könnten daher darauf hindeuten, dass sie in dieser Situation vermehrt Probleme bei der schnellen Beurteilung der Situation sowie der richtigen Handlungsauswahl hatten. Es bleibt jedoch zu berücksichtigen, dass der gefundene Unterschied nicht signifikant war.

In der Gesamtheit der Ergebnisse bezüglich der Pedalwechselzeiten drückt sich vielmehr aus, dass beide Fahrergruppen über eine angemessene Einschätzung der Situationskritikalität verfügten. Analog zu den Bremsreaktionszeiten zeigten sich die kürzesten Pedalwechselzeiten entsprechend der höchsten Situationskritikalität in der Situation „Bremsung“. Mit einer durchschnittlichen Pedalwechselzeit von ca. 300 ms ist sie mit den von Breyer (2011) ermittelten Pedalwechselzeiten, die bei Bremsmanövern in Notsituationen im Straßenverkehr bei 50 bzw. 30 km/h auftreten, vergleichbar. Entsprechend der geringeren Kritikalität liegen die Pedalwechselzeiten in den Situationen „Spurwechsel“, „Hirsch“ sowie „Vorfahrt“ in beiden Fahrergruppen geringfügig höher. Gemäß den Ergebnissen von Schmitt et al. (2007) handelte es sich bei den vier untersuchten Bremsreaktionen jedoch nicht um echte Notbremsungen. Laut Schmitt et al. (2007) sind in Notbremssituationen Pedalwechselzeiten von ca. 182 ms zu beobachten, während bei Bremsungen in Kolonnensituationen Pedalwechselzeiten von ca. 339 ms zu verzeichnen sind. Es ist daher möglich, dass Bremsreaktionen dieser Kritikalität auch für die unerfahrene Fahrergruppe bereits zum Fahralltag gehören, so dass auch sie auf vorhandene Verhaltensroutinen zur Situationsbewältigung zurückgreifen konnten.

Auch die Ergebnisse bezüglich der Stärke der jeweiligen Bremsreaktionen deuten in diese Richtung. So konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fahrergruppen hinsichtlich des mittleren maximalen Bremsdrucks in den vier Situationen festgestellt werden. Vielmehr bremsten beide Fahrergruppen wiederum in Abhängigkeit der Verkehrssituation unterschiedlich stark ab. Mit ca. 60 bar zeigten sowohl unerfahrene als auch erfahrene Fahrer die stärkste Bremsleistung in der Situation „Bremsung“. Aufgrund des abrupt abbremsenden, vorausfahrenden Fahrzeugs sowie des geringen Abstandes zu diesem beinhaltete diese Situation – wie bereits erwähnt – den größten Anforderungscharakter. Vergleicht man die Stärke der jeweiligen Bremsreaktion mit den Ergebnissen von Breyer (2011), der für seine Notsituationen je nach Kritikalität im Mittel Bremsintensitäten zwischen 29.5 und 62.2 bar messen konnte, lässt sich festhalten, dass es sich bei den hier untersuchten Bremssituationen durchaus um kritische Fahrsituationen handelte. Jedoch war es nicht nötig, die volle Bremskraft des Fahrzeugs auszuschöpfen. Da es sich bei den untersuchten Bremsreaktionen nicht um Fahrverhalten an den physikalischen Grenzen des Fahrzeugs, sondern vielmehr um gelegentlich im Fahralltag auftretende kritische Bremsmanöver handelte, ist es möglich, dass auch die junge, unerfahrene Fahrergruppe bereits über entsprechende Verhaltensroutinen verfügte.

Unabhängig von den zu untersuchenden Hypothesen ist es erwähnenswert, dass es in der Situation „Spurwechsel“ sowohl bei Fahrten der unerfahrenen (8%) als auch der erfahrenen Fahrer (4%) zu Kollisionen mit dem entgegenkommenden Lkw kam. Insgesamt entschieden sich 21 % der unerfahrenen sowie 25 % der erfahrenen Fahrer für die nicht sichere Alternative das stehende Hindernis zu umfahren anstatt bis zum Stillstand abzubremsen. Obwohl dies nicht Teil des Hypothesentests war, lässt sich festhalten, dass auch hier keine Unterschiede zwischen der erfahrenen sowie unerfahrenen Fahrergruppe vorlagen. In beiden Gruppen lassen sich Personen finden, die in der Kürze der Zeit dieselbe falsche Entscheidung trafen, welche zu einem Unfall führte.

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind jedoch einige methodische Einschränkungen zu berücksichtigen. Beispielsweise konnten aufgrund der Verwendung eines HMD die Blickbewegungen der Probanden nicht erfasst werden. Dadurch war es nicht möglich zu bestimmen, wann die Probanden zum ersten Mal den Gefahrenreiz betrachtet haben bzw. ob sich das Blickverhalten der jungen, unerfahrenen Probanden vermehrt auf den Bereich vor ihrem Fahrzeug beschränkte.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass – wie bereits in Studie 1 – keine grundlegenden Unterschiede in der Gefahrenwahrnehmung und dem daraus resultierenden Fahrverhalten zwischen den unerfahrenen sowie erfahrenen Fahrern festgestellt werden konnten. Dennoch können aus den Ergebnissen Hinweise für die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen abgeleitet werden. Grundlage hierfür bilden die folgenden Ergebnisse der zweiten Studie:

- Sowohl unerfahrene als auch erfahrene Fahrer zeigen bezogen auf
 - die Pedalwechselzeit
 - die Bremsreaktionszeit
 - den maximalen Bremsdrucksituationsangepasstes Bremsverhalten.
- Insbesondere komplexe Verkehrssituationen bereiten beiden Fahrergruppen Probleme.
- Sowohl bei der unerfahrenen als auch der erfahrenen Fahrergruppe kommt es aufgrund der Wahl einer falschen Handlungsalternative zu Unfällen.

Die Ergebnisse stehen somit im Einklang mit den vorhergehenden Ergebnissen aus Kapitel 3.4.2 sowie den Kapiteln 6.1.2.3 und 6.2.3. In den untersuchten Situationen zeigten sich keine grundlegenden Unterschiede zwischen unerfahrenen sowie erfahrenen Fahrern. Vielmehr deuten auch die Ergebnisse aus Studie 2 darauf hin, dass beide Fahrergruppen von den gleichen Unterstützungsmaßnahmen profitieren würden. Auf Basis der Ergebnisse aus Studie 2 sollten diese v. a. bei der Wahl der richtigen Verhaltensstrategie den Fahrer unterstützen. Zudem kann im Notfall eine Unterstützung hinsichtlich der Reaktionsausführung, zum Beispiel bzgl. Schnelligkeit sowie Stärke der Bremsreaktion, sinnvoll sein.

Ziel der in Kapitel 6 vorgestellten Untersuchungen war es, die Gefahrenwahrnehmung, das daraus resultierende Fahrverhalten sowie den Fahrstil der jungen, unerfahrenen Fahrer zu untersuchen und der erfahrenen Fahrergruppe gegenüberzustellen, um ein umfassendes Bild hinsichtlich der spezifischen Defizite der jungen, unerfahrenen Fahrer bei der Ausübung der Fahraufgabe zu erhalten. Basierend auf den Ergebnissen der Detailunfallanalyse (Kapitel 3) sowie der vorgestellten empirischen Untersuchungen zum Vergleich der Gefahrenwahrnehmung und des Fahrstils der beiden Fahrergruppen (Kapitel 6), wird nun im dritten Teil der Arbeit zunächst die Frage nach der Notwendigkeit zielgruppenspezifischer Auslegungen von Fahrerassistenzsystemen beantwortet. Im

Eigene Studien zur Untersuchung ausgewählter Defizite junger, unerfahrener Fahrer

Anschluss daran werden einige Empfehlungen hinsichtlich spezifischer Funktionsausprägungen und Eingriffsstrategien von Fahrerassistenzsystemen für junge, unerfahrene Fahrer abgeleitet.

Teil III:

Der spezifische Assistenzbedarf junger, unerfahrener Fahrer

7 Zielgruppenspezifische Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme

Fahrerassistenzsystemen wird im Allgemeinen ein hohes Unfallvermeidungspotenzial zugesprochen (vgl. z. B. Vollrath et al., 2006; Chiellino et al., 2010). Einerseits können Fahrerassistenzsysteme dazu beitragen, Gefahrensituationen von vornherein zu vermeiden. Andererseits können sie den Fahrer bei der Situationsbewältigung unterstützen, falls es dennoch zu einer kritischen Verkehrssituation kommen sollte (Winner, 2002). Ein besonders hohes Potenzial geht dabei von Assistenzsystemen aus, die direkt an die spezifischen Bedürfnisse und Defizite der Zielgruppe angepasst sind (Bengler et al., 2014). Obwohl das Unfallrisiko junger, unerfahrener Fahrer immer noch extrem hoch ist, standen sie bisher nicht im Fokus der Fahrerassistenzsystementwicklung. Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, den zielgruppenspezifischen Assistenzbedarf für die junge, unerfahrene Fahrergruppe herauszuarbeiten.

In Kapitel 7.1 erfolgt zunächst eine kurze Definition sowie Klassifizierung aktuell auf dem Markt befindlicher Fahrerassistenzsysteme. Danach wird in Kapitel 7.2 diskutiert, inwiefern sich die jungen, unerfahrenen Fahrer in ihrem Unterstützungsbedarf von dem erfahrener „Durchschnittsfahrer“ der mittleren Altersgruppe unterscheiden. Daran anschließend werden in Kapitel 7.3, basierend auf den in Teil I und Teil II vorgestellten Studien, spezifische Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme abgeleitet, die insbesondere junge, unerfahrene Fahrer bei der Bewältigung der Fahraufgabe unterstützen können und dadurch das Potenzial haben, das hohe Unfallrisiko dieser Fahrergruppe nachhaltig zu senken. Teil III endet mit einem kurzen Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf.

7.1 Fahrerassistenzsysteme – Begriffsdefinition und Klassifizierung

Entsprechend dem Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS unterstützen Fahrerassistenzsysteme den Fahrer bei seiner primären Fahraufgabe. Dabei informieren und warnen sie ihn, geben Rückmeldung bezüglich verschiedener Fahrerhandlungen, erhöhen den Fahrkomfort und reduzieren die mentale Beanspruchung (Response 3, 2009, S. 4). Seit den 1990er Jahren halten Fahrerassistenzsysteme zunehmend Einzug ins Fahrzeug. Dabei tragen sie durch die Übernahme beanspruchender Tätigkeiten

beispielsweise zur Erhöhung des Fahrkomforts bei (Winner, 2002). Viel wichtiger ist jedoch ihre Funktion zur Erhöhung der aktiven Sicherheit durch Unterstützung des menschlichen Leistungsvermögens bei der Bewältigung der Fahraufgabe einzuschätzen (Bengler et al., 2014; Winner, 2002). Dementsprechend werden Fahrerassistenzsysteme häufig dahingehend klassifiziert, auf welcher der drei Ebenen der Fahraufgabe sie den Fahrer unterstützen (vgl. Kapitel 4.1). Darüber hinaus findet üblicherweise eine Klassifikation hinsichtlich des Grades ihrer Unterstützung statt. Entsprechend Gasser et al. (2012) ist dabei zwischen manuellem, assistiertem, teil-, hoch- sowie vollautomatisiertem Fahren zu unterscheiden. Wie Lorenz (2014, S. 28) anmerkt, ist diese Einteilung jedoch in erster Linie für Fahrerassistenzsysteme geeignet, die den Fahrkomfort erhöhen. Fahrerassistenzsysteme, die primär der Verbesserung der Verkehrssicherheit dienen, sollten dagegen zusätzlich, entsprechend der Einteilung von Donges (1999, S. 121) sowie Braess und Donges (2006, S. 11f), hinsichtlich der Art ihrer Unterstützung (siehe Abbildung 7. 1) klassifiziert werden (Lorenz, 2014).

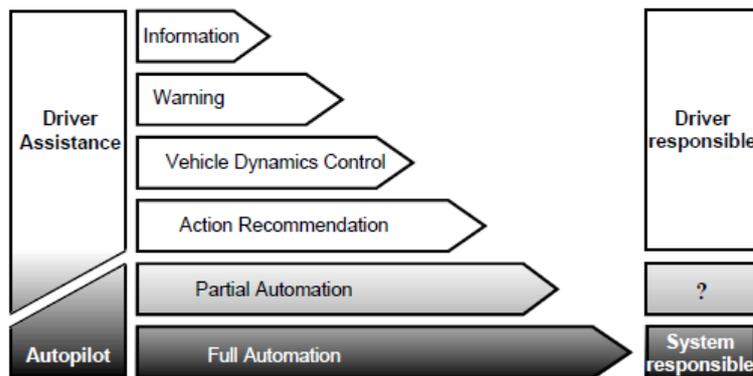


Abbildung 7. 1: Klassifizierung von Fahrerassistenzsystemen entsprechend Donges (1999, S. 121)

Informationssysteme liefern dem Fahrer zusätzliche, situationsrelevante Informationen, auf die er seine Wahrnehmung sowie Situationsinterpretation stützen kann. Warnsysteme dagegen geben dem Fahrer Hinweise hinsichtlich des erforderlichen Eingriffs (Braess & Donges, 2006, S. 12). Bei der Fahrdynamikregelung handelt es sich um einen Eingriff des Fahrzeugs in die Fahrzeugdynamik zur Erhöhung der Stabilität und Steuerbarkeit in kritischen Situationen (Braess & Donges, 2006, S. 12). Unter Systemen auf der Ebene der intuitiven Handlungsempfehlung werden Systeme zusammengefasst, die dem Fahrer durch einen kurzen Eingriff die richtige Handlungsstrategie näherbringen

(z. B. Ruck am Fahrpedal bei Geschwindigkeitsüberschreitung). Darüber hinaus können teil- sowie vollautomatisierte Systeme unterschieden werden, die dem Fahrer bestimmte Teile bzw. die komplette Fahraufgabe abnehmen (Braess & Donges, 2006, S. 12).

Tabelle 7. 1 gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der auf dem Markt befindlichen sowie in naher Zukunft verfügbaren Fahrerassistenzsysteme, eingeteilt hinsichtlich der Art ihrer Unterstützung sowie der unterstützten Ebene der Fahraufgabe.

Tabelle 7. 1: Einteilung aktueller Fahrerassistenzsysteme nach der Art ihrer Unterstützung sowie der Ebene der Fahraufgabe (vgl. hierzu auch Braess & Donges, 2006, S. 12; Gründl, 2005, S. 47; Lorenz, 2014, S. 29)

Art der Unterstützung	Stabilisierungsebene	Führungsebene	Navigations-ebene
Information		Night Vision, Adaptives Kurvenlicht, Verkehrszeichenerkennung, Park Distance Control	Navigations-system, Stau-Info
Warnung		Spurwechselwarnung, Spurverlassenswarnung Auffahrwarnung, Curve Speed Warning Collision Warning Kreuzungsassistent	
Intuitive Handlungsempfehlung	Aktives Gaspedal, Aktives Lenkmoment, Aktives Bremspedal		
Fahrdynamikregelung	ABS, ASR, ESP		
Teilautomatisiert		Adaptive Cruise Control, Stauassistent Bremsassistent Plus	
Vollautomatisiert	Autonomer Notbremsassistent, Autonomes Ausweichen		Vollautomatisiertes Fahren

Bei den in Tabelle 7. 1 dargestellten Fahrerassistenzsystemen gilt es zu berücksichtigen, dass viele der Systeme nicht nur eine Ebene der Fahraufgabe bzw. eine Eingriffsstrategie bedienen, sondern gleichzeitig mehreren Zellen aus Tabelle 7. 1 zuzuordnen sind. Beispielsweise informieren in der Entwicklung befindliche Intelligent Speed Adaptation Systeme den Fahrer über aktuell geltende Geschwindigkeitsbegrenzungen, warnen bei Geschwindigkeitsüberschreitungen bzw. regulieren eigenständig die gefahrene Geschwindigkeit entsprechend geltender Verkehrsvorschriften (Vollrath et al., 2006). Darüber hinaus werden bei der in Tabelle 7. 1 dargestellten Einteilung die von Keskinen (1996) oder Hatakka et al. (1999) geforderten motivationalen Aspekte der Fahraufgabe nicht berücksichtigt. In diese Kategorie fallen beispielsweise Fahrerassistenzsysteme, die das Fahrverhalten der Fahrer aufzeichnen und kritisches Verhalten an den Fahrer rückmelden, um so langfristig eine positive Verhaltensänderung beim Fahrer (z. B. weniger Geschwindigkeitsverstöße) zu bewirken (siehe z. B. Toledo & Lotan, 2006).

Im Folgenden wird kurz anhand der in Teil I und Teil II vorgestellten Ergebnisse diskutiert, ob sich junge, unerfahrene Fahrer in ihrem Assistenzbedarf von erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe unterscheiden. Im Anschluss daran wird, basierend auf den vorgestellten Ergebnissen, abgeleitet, auf welchen Ebenen der Fahraufgabe junge, unerfahrene Fahrer eine bestimmte Art der Unterstützung benötigen (Kapitel 7.3).

7.2 Unterscheiden sich junge, unerfahrene Fahrer in ihrem Assistenzbedarf von erfahrenen Fahrern mittleren Alters?

Wie eingangs erwähnt wurde, blieben die Möglichkeiten technischer Assistenzsysteme zur Reduktion des hohen Verkehrsunfallrisikos junger, unerfahrener Fahrer bislang zum großen Teil ungenutzt (Krüger, 2010). Das überproportional hohe Unfallrisiko junger Fahrer zwischen 18 und 24 Jahren wird in erster Linie auf noch mangelnde Fahrerfahrung auf der einen Seite sowie auf das junge Alter und den damit verbundenen alterstypischen Einstellungen und Aktivitäten auf der anderen Seite zurückgeführt (vgl. Kapitel 1.2) und damit auf Ursachen, die bei erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppen keine große Bedeutung mehr haben dürften. Es ist daher nicht automatisch davon auszugehen, dass junge, unerfahrene Fahrer von aktuell verfügbaren Fahrerassistenzsystemen profitieren, die sich an den Bedürfnissen der kaufkräftigen mittleren Altersgruppen orientieren.

Bevor in Kapitel 7.3 Anforderungen an die Auslegung von Fahrerassistenzsystemen aus Sicht der jungen, unerfahrenen Fahrer abgeleitet werden, wird im Folgenden zunächst diskutiert, inwiefern sich der Assistenzbedarf dieser Fahrergruppe von dem Unterstützungsbedarf der erfahrenen Fahrergruppen mittleren Alters unterscheidet.

Betrachtet man die Ergebnisse der vorgestellten Detailunfallanalyse, lassen sich keine fundamentalen Unterschiede bei den Unfallursachen zwischen Fahrern der jungen und der mittleren Altersgruppe feststellen (siehe Kapitel 3). Bei beiden Gruppen sind Unfälle in erster Linie auf Fehler bei der Informationsaufnahme aufgrund von Ablenkung, einer zu geringen Aktivierung oder der Wahl eines falschen Aufmerksamkeitsfokusses zurückzuführen. Auch bei Graab et al. (2008) oder Chiellino et al. (2010) stellt eine fehlerhafte Informationsaufnahme die häufigste Unfallursache dar. Jedoch verzichteten die Autoren auf eine Unterscheidung zwischen erfahrenen und unerfahrenen Fahrern. Generell finden sich nur wenige Forschungsarbeiten, die das Unfallgeschehen junger Fahrer mit dem Unfallgeschehen älterer Fahrerpopulationen vergleichen. Eine isolierte Betrachtung der Verkehrsunfälle junger Fahrer gibt jedoch wenig Aufschluss darüber, ob diese von anderen technischen Unterstützungsmaßnahmen profitieren würden als der durchschnittlich erfahrene Fahrer. Die Ergebnisse von McGwin und Brown (1999), einer der wenigen Forschungsarbeiten, die das Unfallgeschehen verschiedener Altersgruppen betrachtete, zeigen, dass sich unerfahrene und erfahrene Fahrer nicht hinsichtlich der häufigsten Unfallursachen unterscheiden.

Damit im Einklang stehen auch die Ergebnisse der beiden vorgestellten empirischen Studien (siehe Kapitel 6.2 sowie 6.3). Hinsichtlich der Gefahrenwahrnehmung wurden keine grundlegenden Unterschiede zwischen jungen, unerfahrenen Fahrern sowie erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe gefunden. Die eigenen Forschungsergebnisse widersprechen damit jedoch z. T. bisherigen Erkenntnissen über das Blick- und Fahrverhalten junger, unerfahrener Fahrer in Gefahrensituationen (vgl. Kapitel 5.1). Dennoch finden sich auch in den in Kapitel 5.1 vorgestellten Studien Hinweise darauf, dass die Gefahrenwahrnehmung unerfahrener Fahrer nicht generell schlechter ist als die Gefahrenwahrnehmung erfahrener Fahrer. Beispielsweise konnten Borowsky et al. (2010) im Allgemeinen keine Unterschiede hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeit auf Gefahrenreize zwischen jungen Fahrern sowie Fahrern der mittleren Altersgruppe festmachen. Allerdings hatten junge Fahrer häufiger Probleme, Gefahrensituationen zu erkennen, die wenig saliente Hinweisreize bieten. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Sagberg und Bjørnskau (2006): generell reagierten unerfahrene Fahrer genauso schnell auf potenzielle Gefahrenreize wie erfahrene Fahrer. Schnellere Reaktionen erfahrener Fahrer zeigten sich nur in wenigen bestimmten Gefahrensituationen, die v. a.

die Antizipation des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer erforderten. Auch die Ergebnisse aus Studie 1 deuten darauf hin, dass junge Fahrer v. a. in neuen, unbekannt Situationen bzw. Situationen, die wenig saliente Gefahrenreize bieten, dem potenziellen Gefahrenbereich sowie der potenziellen Gefahr wenig Aufmerksamkeit schenken.

Obwohl insbesondere bei jungen Fahrern Verkehrsunfälle häufig auf einen riskanten Fahrstil zurückgeführt werden (z. B. Clarke et al., 2005; Jonah, 1986), konnten in der vorliegenden Arbeit auch hinsichtlich des Fahrstils keine Unterschiede zwischen unerfahrenen sowie erfahrenen Fahrern gefunden werden (siehe Kapitel 6.1.2.3 sowie 6.2.3.3). Vielmehr wiesen beide Gruppen einen durch Geschwindigkeitsverstöße geprägten Fahrstil auf.

Zusammenfassend lässt sich folglich festhalten, dass sich die junge, unerfahrene Fahrergruppe hinsichtlich der untersuchten Variablen nicht grundlegend in ihrer Gefahrenwahrnehmung und in ihrem Fahrstil von erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe unterscheidet. Zudem lassen sich Unfälle in beiden Fahrergruppen auf die gleichen Ursachenkategorien zurückführen. Es erscheint demnach als begingene junge, unerfahrene Fahrer keine anderen Fahrfehler als erfahrene Fahrer. Möglicherweise passieren ihnen diese jedoch häufiger als anderen Fahrerpopulationen. Ein Grund hierfür könnte sein, dass sie aufgrund mangelnder Fahrerfahrung häufiger in neue, unbekannt Situationen geraten, in denen sie nicht auf bereits vorhandene Verhaltensroutinen zurückgreifen können. Damit einhergeht, dass eine geringe Fahrleistung und damit Fahrerfahrung in allen Altersklassen mit einem hohen Unfallrisiko verknüpft ist (siehe z. B. Hakamies-Blomqvist, Raitanen, & O'Neill, 2002; Langford, Methorst, & Hakamies-Blomqvist, 2006). Unabhängig vom Alter ist das Unfallrisiko von Fahrern, die weniger als 3 000 km pro Jahr fahren, sechs Mal höher als von Fahrern, deren Kilometerleistung mehr als 14 000 km jährlich beträgt (Langford et al., 2006). Demzufolge muss das „Fahren nicht nur erlernt, sondern auch erhalten werden“ (Krüger, 2010, S. 4). Für die zukünftige Fahrerassistenzsystementwicklung empfiehlt es sich daher, weniger Systeme für bestimmte Fahrergruppen zu entwickeln als vielmehr Systeme, die an die spezifischen Bedürfnisse und Defizite eines jeden einzelnen Fahrers angepasst werden können.

In ihrer Gesamtheit deuten die vorliegenden Ergebnisse darauf hin, dass junge, unerfahrene Fahrer in gleichem Maße von bereits auf dem Markt befindlichen Fahrerassistenzsystemen profitieren können wie erfahrene Fahrer. Eigene bzw. an die spezifischen Defizite der Fahranfänger angepasste Fahrerassistenzsysteme erscheinen dagegen auf den ersten Blick nicht notwendig.

Dennoch werden im Folgenden auf Basis der in Teil I und II vorgestellten Ergebnisse Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht junger, unerfahrener Fahrer abgeleitet. Vor dem Hintergrund der gerade diskutierten Fragestellung gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass diese Anforderungen nicht nur der jungen, unerfahrenen Fahrergruppe nützen, sondern auch den erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe zugutekommen.

7.3 Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht junger, unerfahrener Fahrer

Die Ergebnisse internationaler Studien zum hohen Unfallrisiko 18- bis 24-jähriger Fahrer (siehe Kapitel 2.2) sowie der eigenen Detailunfallanalyse (siehe Kapitel 3) verdeutlichen, dass junge Fahrer in erster Linie Defizite auf der Führungsebene der Fahraufgabe aufweisen. Im Mittelpunkt entsprechender Fahrerassistenzsysteme sollte daher die Unterstützung bei der Führungsaufgabe stehen. Wie bereits im vorhergehenden Kapitel diskutiert, unterscheiden sich junge, unerfahrene Fahrer damit in ihrem Unterstützungsbedarf zunächst nicht von anderen Fahrergruppen, da entsprechend Donges (1999) eine erfolgreiche Bewältigung der Führungsaufgabe allgemein von zentraler Bedeutung für sicheres Fahren ist:

„... the guidance level of the driving task takes on enormous importance with regard to the safety of the driving process, because it is on this level that a decision is taken as to whether the driver can draw the necessary conclusions from the sensoric input information in time and whether the guidance variables selected by the driver lie in the objectively safe or unsafe zone.“ (Donges, 1999, S. 117)

Generell sollten Fahrerassistenzsysteme für alle Fahrergruppen so gestaltet sein, dass sie den Fahrer bei der Aufnahme relevanter Informationen aus der Verkehrsumgebung sowie bei der Wahl und Umsetzung der richtigen Handlungsstrategie unterstützen. Damit entsprechende Fahrerassistenzsysteme in unerwarteten, kritischen Situationen eine protektive Wirkung entfalten können, sollte dem Fahrer dazu eine Antizipationszeit von mindestens zwei bis drei Sekunden zugestanden werden (Donges, 2012, S. 22). Obwohl in den vorgestellten Untersuchungen keine Unterschiede zwischen erfahrenen und unerfahrenen Fahrern festgestellt werden konnten, gilt es dennoch zu überprüfen, ob im Speziellen junge, unerfahrene Fahrer aufgrund ihres geringeren Erfahrungshorizonts von einer etwas längeren Antizipationszeit profitieren würden.

Darüber hinaus deuten u. a. die Ergebnisse internationaler Studien zum Verkehrsunfallgeschehen junger Fahrer (z. B. Braitman et al., 2008; McKnight & McKnight, 2003)

darauf hin, dass diese v. a. bei ungünstigen Straßenverhältnissen oder der Ausführung von Notmanövern zudem von einer Unterstützung auf der Stabilisierungsebene profitieren würden. Da hier Reaktionen innerhalb weniger Zehntelsekunden gefordert sind, kann eine entsprechende Assistenz nur durch automatisch agierende Fahrerassistenzsysteme erfolgen (Donges, 2012, S. 22). Verfügbare Assistenzsysteme wie ESP oder ABS könnten folglich dazu beitragen, die hohe Anzahl bzw. die Folgen von Kontrollverlustunfällen bei jungen Fahrern zu reduzieren.

Des Weiteren konnte in Studie 1 (Kapitel 6.2) nachgewiesen werden, dass junge, unerfahrene Fahrer über eine höhere subjektive Risikobereitschaft im Straßenverkehr verfügen. Zudem deuten die Ergebnisse des DBQ darauf hin, dass sowohl der Fahrstil unerfahrener wie erfahrener Fahrer von einem riskanten Fahrverhalten, das sich in häufigen Geschwindigkeitsverstößen widerspiegelt, geprägt ist. Demzufolge sollten Fahrerassistenzsysteme entsprechend dem Vier-Ebenen-Modell von Keskinen (1996) auch die Ziele und Motive der jeweiligen Fahrer berücksichtigen und sie bei der Entwicklung eines verkehrsregelkonformen bzw. sicheren Fahrstils unterstützen. Auch hiervon können nicht nur die jungen, unerfahrenen Fahrer, sondern auch die erfahrenen Fahrer der mittleren Altersgruppe profitieren.

Aus der detaillierten Betrachtung der Ursachen von Verkehrsunfällen junger, unerfahrener Fahrer können darüber hinaus wichtige Hinweise bezüglich der Wahl geeigneter Eingriffsstrategien von Fahrerassistenzsystemen abgeleitet werden (siehe Tabelle 7. 2 sowie Tabelle 7. 3).

Tabelle 7. 2: Eingriffsstrategie von Fahrerassistenzsystemen in Abhängigkeit der Unfallursachen 18- bis 24-jähriger Fahrer – Teil 1

Einflussfaktoren der Unfallursachen	Indikatoren der Einflussfaktoren (Beispiele)	Eingriffsstrategie von Fahrerassistenzsystemen
Informationszugang (7.7 %)		
Informationen verdeckt durch fahrzeugexterne Objekte	Parkende, stehende oder fahrende Fahrzeuge	Information
Information verdeckt durch fahrzeuginterne Objekte	Fahrzeugsäulen oder andere Bauteile	Information
Informationsmaskierung	Nebel, Blendung	Information
Informationsaufnahme (39.3 %)		
Ablenkung im Fahrzeug	Mitfahrer, Bedienung von Geräten	Warnung
Ablenkung im Verkehrsraum	Personen	Warnung
Gedankliche / emotionale Ablenkung	Zeitdruck, Sorgen	Warnung
Aktivierung zu niedrig	Müdigkeit, Alkohol, Drogen	bei Müdigkeit Warnung, bei Alkohol / Drogen Einstellungsänderung (langfristig), vollautomatisierter Eingriff (kurzfristig)
Falscher Aufmerksamkeitsfokus	Fokus auf andere Verkehrsteilnehmer, falsche Beobachtungsstrategie	Information, z. T. Warnung

Tabelle 7. 3: Eingriffsstrategie von Fahrerassistenzsystemen in Abhängigkeit der Unfallursachen 18- bis 24-jähriger Fahrer – Teil 2

Einflussfaktoren der Unfallursachen	Indikatoren der Einflussfaktoren (Beispiele)	Eingriffsstrategie von Fahrerassistenzsystemen
Informationsverarbeitung (14.5 %)		
Falsche Erwartung bzgl. des Unfallortes oder des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer	Kommunikationsfehler	Intuitive Handlungsempfehlung, teilautomatisierter Eingriff
Fehleinschätzung anderer Verkehrsteilnehmer	Fehleinschätzung der Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer	Information, Warnung, teilautomatisierter Eingriff
Fehleinschätzung bzgl. des eigenen Fahrzeugs	Fahrzeugverhalten, Unterschätzung der eigenen Geschwindigkeit	Information, Warnung, Fahrdynamikregelung
Zielsetzung (7.7 %)		
Entscheidungsfehler	Falsches Manöver geplant	Intuitive Handlungsempfehlung, teilautomatisierter Eingriff, vollautomatisierter Eingriff
Bewusster Regelverstoß	Falsches Überholen, falsches Abbiegen, überhöhte Geschwindigkeit	Einstellungsänderung (langfristig), vollautomatisierter Eingriff (kurzfristig)

Wie aus den Tabellen 7. 2 sowie 7. 3 hervorgeht, besitzen Fahrerassistenzsysteme, die den Fahrer frühzeitig über potenzielle Gefahren informieren sowie bei ausbleibender Reaktion des Fahrers entsprechend warnen, ein hohes Potenzial zur Unfallvermeidung. Fahrerassistenzsysteme, die junge Fahrer bei der Handlungsauswahl unterstützen oder gar selbstständig eingreifen, erscheinen dagegen selten erforderlich. Weder die Ergebnisse der Detailunfallanalyse, noch der beiden durchgeführten Studien weisen darauf hin, dass junge, unerfahrene Fahrer vermehrt Probleme bei der Handlungsauswahl sowie -ausführung haben. Ein Großteil der Unfälle, die auf Fehler beim Informationszugang

oder der Informationsaufnahme zurückzuführen sind, könnte somit durch die Darbietung entsprechender Informationen bzw. Warnungen verhindert werden. Auch die Ergebnisse aus Studie 1 deuten darauf hin, dass junge Fahrer v. a. in neuen, unbekanntem Verkehrssituationen bzw. Situationen, die wenig saliente Gefahrenreize beinhalten, von einem Fahrerassistenzsystem profitieren würden, das sie bei der vorausschauenden Wahrnehmung potenzieller Gefahren unterstützt. Bereits auf dem Markt verfügbare Fahrerassistenzsysteme, die Fahrer in erster Linie vor potenziellen Gefahren warnen (wie z. B. Spurwechselwarner, Totwinkelassistenten, Auffahrwarner, Kollisionswarner, etc.) beinhalten daher ein großes Potenzial hinsichtlich der Reduktion des Unfallrisikos.

Im Folgenden werden darüber hinaus einige vielversprechende Möglichkeiten zur Unterstützung der Fahrer bei der Gefahrenwahrnehmung durch die Darbietung relevanter Informationen bzw. die Ausgabe entsprechender Warnungen vorgestellt.

Beispielsweise bietet das kontaktanaloge Head-up Display viel Potenzial, um zum einen mögliche Gefahren hervorzuheben und zum anderen den Aufmerksamkeitsfokus des Fahrers gezielt darauf zu lenken. Beim kontaktanalogen Head-up Display „erscheinen die dargestellten Informationen für den Fahrer so, als würden diese direkt mit der Fahrzeugumgebung verschmelzen. Dadurch kann der Fahrer vor allem den räumlichen Bezug der dargestellten Information direkt erfassen ohne wie bisher erst die abstrakte Darstellung in die Umwelt transferieren zu müssen“ (Jansen, 2013, S. 189). In dem Konzept des 360 Grad Urban Windshield von Jaguar Land Rover werden z. B. Verkehrsteilnehmer, die sich seitlich dem eigenen Fahrzeug nähern, mittels eines farbigen Rahmens markiert, um die Fahrer auf die potenzielle Gefahr aufmerksam zu machen (Jaguar Land Rover, 2014). Insbesondere für junge, unerfahrene Fahrer dürfte dies ein entscheidender Vorteil sein, da zum einen durch die Nutzung des Head-up Displays keine zusätzlichen Blickabwendungen von der Straße notwendig sind und zum anderen aufgrund der kontaktanalogen Darstellung die mentale Beanspruchung nicht zusätzlich erhöht wird. Bislang wurde das Potenzial eines kontaktanalogen Head-up Displays jedoch nur bei älteren Fahrergruppen untersucht. So konnten Roßner et al. (2013) bereits erste positive Effekte eines kontaktanalogen Hinderniswarners im Head-up Display auf das Fahrverhalten älterer Fahrer aufzeigen. Auch Schall Jr. et al. (2013) konnten nachweisen, dass ältere Fahrer potenzielle Gefahren öfter und schneller erkennen, wenn sie bei der Gefahrenwahrnehmung durch entsprechende Hinweise im Head-up Display unterstützt werden. Inwiefern diese Studienergebnisse auf die junge, unerfahrene Fahrergruppe übertragen werden können, muss jedoch erst noch überprüft werden.

Besonders vielversprechend sind in diesem Zusammenhang auch Assistenzsysteme, die ihre Warnstrategie zusätzlich an den Aufmerksamkeitszustand des Fahrers anpassen (Lorenz, 2014; Lorenz, Lindberg & Bengler, 2014). So konnten Lorenz et al. (2014) beispielsweise nachweisen, dass eine animierte Blickführung, welche die Aufmerksamkeit der Fahrer in Richtung des Kollisionsobjekts verschiebt, bei abgelenkten Fahrern zu kürzeren Blick- sowie Bremsreaktionszeiten führt als herkömmliche Kollisionswarnkonzepte. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass das Blickverhalten der Fahrer im Fahrzeug erfasst werden kann, um den aktuellen Aufmerksamkeitsfokus der Fahrer bestmöglich bestimmen zu können und die Warnstrategie entsprechend angepasst werden kann.

Auch die Assistenz durch die Ausgabe semantisch-akustischer Informationen (z. B. „Fußgänger!“) verspricht viel Potenzial hinsichtlich einer verbesserten Gefahrenwahrnehmung. Erste positive Effekte der Sprachwarnung konnten bereits innerhalb des Verbundprojekts UR:BAN im Projekt Mensch im Verkehr (Teilprojekt Stadtgerechte Mensch-Maschine-Interaktion) nachgewiesen werden (UR:BAN, 2014, S. 62).

Da hinsichtlich der Gefahrenwahrnehmung in den eigenen empirischen Studien (vgl. Kapitel 6.2 und 6.3) keine Unterschiede zwischen den jungen, unerfahrenen sowie erfahrenen Fahrern der mittleren Altersgruppe gefunden werden konnten, ist davon auszugehen, dass beide Altersgruppen von den hier vorgestellten Systemen zur Unterstützung der Gefahrenwahrnehmung profitieren könnten. Inwiefern insbesondere die junge, unerfahrene Fahrergruppe davon profitieren kann, muss jedoch erst noch untersucht werden.

Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass Unfälle, die auf einer fehlerhaften Informationsverarbeitung basieren, ebenfalls durch die Darbietung situationsrelevanter Informationen und damit durch Unterstützung bei der Situationsinterpretation verhindert werden könnten. Beispielsweise haben junge Fahrer oftmals Probleme die eigene Geschwindigkeit richtig einzuschätzen. Eine kurze Information, welche Geschwindigkeit für die aktuellen situativen Bedingungen (z. B. Straßenzustand, Straßenverlauf, Sichtverhältnisse, etc.) gerade angemessen ist, könnte die jungen Fahrer darin unterstützen, eine sichere Geschwindigkeit zu wählen. Auch hier ist auf Basis der in Teil I und Teil II vorgestellten Ergebnisse davon auszugehen, dass derartige Fahrerassistenzsysteme nicht nur der jungen, unerfahrenen Fahrergruppe zugutekommen würden. Nachfolgend werden einige vielversprechende Möglichkeiten zur Unterstützung bei der Wahl der richtigen Geschwindigkeit vorgestellt.

Einen ersten Schritt in diese Richtung stellen sog. Intelligent Speed Adaptation (ISA) Systeme dar, die den Fahrer visuell, auditiv oder haptisch über eine Geschwindigkeitsüberschreitung informieren bzw. durch einen Eingriff einen Geschwindigkeitsverstoß verhindern (siehe z. B. Adell & Várhelyi, 2008; Adell, Várhelyi, & Hjälmdahl, 2008; Hjälmdahl & Várhelyi, 2004; van der Pas, Kessels, Veroude, & van Wee, 2014; Warner & Åberg, 2008). Positive Effekte auf die mittlere gefahrene Geschwindigkeit (Adell et al., 2008), die Zahl der Geschwindigkeitsverstöße (Young, Regan, Triggs, Jontof-Hutter, & Newstead, 2010) sowie den Zeitanteil, währenddessen über der erlaubten Geschwindigkeit gefahren wird (Warner & Åberg, 2008), konnten bereits nachgewiesen werden. Young et al. (2010) stellten zudem fest, dass es zwischen unerfahrenen und erfahrenen Fahrern nur sehr geringe Unterschiede hinsichtlich der Effektivität eines ISA Systems gibt und beide Fahrergruppen von derartigen Systemen profitieren können.

Obwohl erste positive Effekte der ISA Systeme sowohl für unerfahrene als auch erfahrene Fahrer nachgewiesen werden konnten, besteht noch Optimierungsbedarf, so dass die Systeme von den Fahrern akzeptiert und genutzt werden. Beispielsweise stoßen ISA Systeme v. a. bei jüngeren Fahrern auf Akzeptanzprobleme (Adell & Várhelyi, 2008). Kritisch ist zudem zu sehen, dass bisher keine Langzeit- bzw. Lerneffekte nachgewiesen werden konnten (Adell et al., 2008; Warner & Åberg, 2008) und es bisweilen zu negativen Verhaltensadaptationen bei den Nutzern kam. So konnten Hjälmdahl und Várhelyi (2004) zeigen, dass die Fahrer bisweilen vergessen ihre Geschwindigkeit an geltende Geschwindigkeitsbegrenzungen anzupassen, sollten sie gerade nicht durch das System unterstützt werden. Im besten Fall müssen die Systeme so gestaltet werden, dass bei den Fahrern langfristig eine Einstellungsänderung hin zu einem an die situativen Umstände angepassten und regelkonformen Geschwindigkeitsverhalten eintritt. Beispielsweise könnten entsprechende Assistenzsysteme die Fahrer über bestehende ISA Systeme hinaus nicht nur bei einer Geschwindigkeitsüberschreitung warnen, sondern sie auch in bestimmten Situationen (z. B. schlechte Sichtverhältnisse, kurvige Landstraße) darüber informieren, warum eine gewisse Geschwindigkeit nicht überschritten werden sollte. Zum einen kann dadurch verhindert werden, dass bei den Fahrern das Gefühl der Systembevormundung auftritt, wenn nicht nur eine Geschwindigkeit vorgegeben, sondern auch eine plausible Begründung für eine bestimmte Geschwindigkeit mitgeliefert wird. Zum anderen können die Fahrer dadurch in ihrem Lernprozess unterstützt werden, so dass diese langfristig betrachtet die eigene Geschwindigkeit besser an situative Gegebenheiten anpassen können.

Die Ergebnisse des DBQ, der Untersuchung der subjektiven Risikobereitschaft sowie zahlreicher internationaler Studien zum hohen Unfallrisiko junger Fahrer deuten zudem darauf hin, dass diese von Fahrerassistenzsystemen profitieren würden, die sie bei der Entwicklung eines sicheren Fahrstils bezogen auf Fahren mit zu hoher Geschwindigkeit oder auch Fahren unter Alkohol- oder Drogeneinfluss unterstützen. Auch hier gilt es zu berücksichtigen, dass auf Basis der vorgestellten Ergebnisse nicht nur die jungen, unerfahrenen Fahrer von derartigen Fahrerassistenzsystemen profitieren könnten, sondern auch die erfahrene Fahrergruppe mittleren Alters, da auch bei diesen Fahrern ein riskanter Fahrstil eine nicht zu vernachlässigende Unfallursache darstellt. Im Folgenden werden daher einige vielversprechende Systeme zur Vermeidung eines riskanten Fahrstils vorgestellt und diskutiert.

Obwohl eingreifende Systeme, wie z. B. Intelligent Speed Adaptation Systeme (vgl. z. B. van der Pas et al., 2014) oder Alcolock-Systeme (siehe z. B. Bjerre, 2005), kurzfristig das Fahren mit zu hoher Geschwindigkeit bzw. unter Alkoholeinfluss verhindern können, dürfte die Erziehung zu einem sicheren Fahrstil nur langfristig über eine Einstellungsänderung bei den Fahrern zu bewerkstelligen sein. Hierbei könnten Fahrerassistenzsysteme hilfreich sein, die sicherheitsrelevante Fahrparameter, wie z. B. Fahren innerhalb der geltenden Geschwindigkeitsbegrenzungen, aufzeichnen und den Fahrern während bzw. im Anschluss an die Fahrt über geeignete Medien rückmelden, um die Fahrer bei ihrem Lernprozess zu unterstützen.

Erste positive Effekte von Feedback auf das Fahrverhalten konnten bereits in einem Modellprojekt in Israel nachgewiesen werden (Toledo & Lotan, 2006; Toledo, Musicant, & Lotan, 2008). Toledo et al. (2008) zeichneten mittels eines sogenannten In-vehicle data recorders Informationen über die Beschleunigung sowie die Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf, woraus sich ein allgemeiner Risikoindex berechnen ließ. Darüber hinaus erhielten die Fahrer entweder direkt im Fahrzeug bzw. im Anschluss an die Fahrt über eine eigene Webseite bzw. monatliche Berichte Feedback zu ihrem Fahrverhalten. Laut Toledo et al. (2008) kam es dadurch zu einer Reduktion des Risikoindex um bis zu 33 %.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit das Feedback an die Fahrer mit positiver bzw. negativer Verstärkung zu verknüpfen und sie dadurch zu einem sicheren Fahrstil zu bewegen. Aktuell wird beispielsweise versucht über sog. Pay-as-you-Speed bzw. Pay-as-you-Drive KfZ-Versicherungen eine Verhaltensänderung bei den Fahrern mittels finanzieller Anreize herbeizuführen (siehe z. B. Agerholm, Waagepetersen, Tradisauskas, Harms, & Lahrmann, 2008; Bolderdijk, Knockaert, Steg, & Verhoef, 2011; Lahrmann, Agerholm, Tradisauskas, Berthelsen, & Harms, 2012). So werden beispielsweise Geschwindigkeitsverstöße registriert und in Strafpunkte umgerechnet,

womit wiederum eine geringere Ersparnis bei der KfZ-Versicherung einhergeht (Agerholm et al., 2008). Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass es mittels positiver bzw. negativer Verstärkung bisher nicht gelungen ist, langfristig eine Einstellungsänderung hin zu einem regelkonformen Geschwindigkeitsverhalten zu erzielen. Positive Effekte auf das Geschwindigkeitsverhalten konnten nur für den Zeitraum der Systemnutzung nachgewiesen werden. Sobald das System nicht mehr genutzt wurde – und damit die positive Verstärkung für das regelkonforme Geschwindigkeitsverhalten entfiel – zeigten die Fahrer wieder so viele Geschwindigkeitsverstöße wie vor der Systemnutzung (Lahrmann, Agerholm, Tradisauskas, Berthelsen, & Harms, 2012). Kurzfristige finanzielle Anreize scheinen somit nicht ausreichend zu sein, um den Fahrstil der Fahrer langfristig positiv zu beeinflussen. Hinzu kommt, dass derartige Systeme aufgrund der Aufzeichnung des Fahrverhaltens auf enorme Akzeptanzbarrieren bei den Fahrern stoßen. So war es beispielsweise für Lahrmann, Agerholm, Tradisauskas, Næss, Juhl und Harms (2012) unmöglich, 300 junge Teilnehmer für ihr Projekt Pay-as-you-Speed zu finden. Um das Fahrverhalten junger, unerfahrener Fahrer dauerhaft mittels derartiger Fahrerassistenzsysteme positiv beeinflussen zu können, ist daher noch viel Forschungsarbeit hinsichtlich geeigneter Interaktions- und Feedbackmöglichkeiten notwendig. Angesichts der zunehmenden Verbreitung von Smartphones sowie der steigenden Nutzung sozialer Netzwerke können z. B. zur Rückmeldung des Fahrstils junger, unerfahrener Fahrer auch diese Feedbackmöglichkeiten in Betracht gezogen werden. So ist es beispielsweise denkbar, dass junge, unerfahrene Fahrer für die Einhaltung geltender Geschwindigkeitsbegrenzungen sowie eine umsichtige und angepasste Fahrweise virtuelle Punkte erwerben können. Mittels sozialer Netzwerke sowie speziell entwickelter Smartphone-Apps können sich die jungen, unerfahrenen Fahrer zudem leicht mit anderen Fahrern vergleichen und in eine Art positiven Wettstreit treten, der zu einem sicheren Fahrstil motiviert, da der Fahrer möglichst viele Punkte erreichen möchte. Im Bereich des ökologischen Fahrens gibt es hierzu bereits eine Vielzahl an Vergleichsmöglichkeiten (Spiegel online, 2012). Beispielsweise können sich Fiat-Fahrer in der Online-Community eco:Ville mit anderen Fiat-Fahrern hinsichtlich ihres Kraftstoffverbrauchs vergleichen (Fiat, 2016). Inwiefern sich diese Rückmeldungsmöglichkeiten zur Ausbildung eines sicheren Fahrstils eignen, muss jedoch erst noch überprüft werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Fahrer im Allgemeinen, insbesondere aber auch junge, unerfahrene Fahrer, von Fahrerassistenzsystemen profitieren können, die sie zunächst auf mögliche Gefahren hinweisen sowie bei ausbleibender Reaktion

bzw. Ablenkung entsprechende Warnungen aussprechen. Teilautomatisiert bzw. vollautomatisiert eingreifende Systeme erscheinen dagegen nicht notwendig und sollten daher nur zum Einsatz kommen, wenn nicht mehr genügend Reaktionszeit für die Fahrer zur Verfügung steht. Darüber hinaus versprechen Fahrerassistenzsysteme ein gewisses Potenzial zur Unfallvermeidung, die auf eine langfristige Verhaltensänderung der Fahrer hin zu einem sicheren Fahrstil abzielen.

Die Darbietung von situationsabhängigen Warnungen und Handlungsempfehlungen sowie der Hinweis auf einen zu riskanten Fahrstil entspricht dabei in erster Linie dem Verhalten eines guten, fahrerfahrenen Beifahrers (siehe auch Braess & Donges, 2006). Ein guter Beifahrer zeichnet sich dadurch aus, dass er den Verkehrsraum überwacht, Verkehrssituationen interpretiert und entsprechende Handlungsempfehlungen gibt, sollte er der Meinung sein, dass der Fahrer die Gefahr nicht wahrgenommen bzw. die Situation falsch eingeschätzt hat. Die Unterstützung durch einen guten Beifahrer erfolgt dabei nur in Situationen, in denen der Fahrer auch wirklich Unterstützung benötigt. Ein Beifahrer, der fortlaufend auf Gefahren aufmerksam macht und Hinweise zur Situationsbewältigung gibt, wird dagegen sehr schnell auf Widerstand seitens des Fahrers stoßen. Inwiefern sich ein fahrerfahrener Beifahrer protektiv auf das Fahrverhalten und den Fahrstil auswirken kann, wurde bereits im Rahmen des begleiteten Fahrens nachgewiesen (z. B. Gregersen et al., 2000; Funk & Grüniger, 2010). Beispielsweise konnten Gregersen et al. (2000) zeigen, dass ein früherer Beginn des begleiteten Fahrens mit 16 Jahren, und damit eine Verlängerung der Lernphase, zu einer Reduktion des Unfallrisikos dieser Fahrer um bis zu 40 % führt.

Fahrerassistenzsysteme für junge, unerfahrene Fahrer sollten daher in Anlehnung an einen guten, fahrerfahrenen Beifahrer gestaltet werden. Dementsprechend sollten die Fahrerassistenzsysteme über ein hohes Situationswissen verfügen (Braess & Donges, 2006, S. 4). Neben Wissen über die Position des eigenen Fahrzeugs, den Zustand des Fahrers und seine Handlungsabsichten, ist das Wissen über das Vorhandensein und Verhalten weiterer Verkehrsteilnehmer sowie über relevante situative Bedingungen (z. B. Wetter, Straßenzustand, etc.) unabdingbar. Neue Entwicklungen im Bereich der kooperativen Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern und der Verkehrsinfrastruktur, wie sie beispielsweise im Rahmen der Forschungsinitiative Ko-FAS (Ko-FAS, 2013) untersucht wurden, oder auch aktuelle Forschungsarbeiten im Bereich der Erkennung von Verhaltensintentionen, die beispielsweise innerhalb des Verbundprojekts UR:BAN im Projekt Mensch im Verkehr (Teilprojekt Verhaltensprädiktion und Intentionserkennung; UR:BAN, 2015) durchgeführt werden,

legen daher den Grundstein für die erfolgreiche Einführung von Fahrerassistenzsystemen mit einem hoch ausgeprägten Situationswissen.

Zudem sollte die Art der Einflussnahme durch die Fahrerassistenzsysteme ähnlich vertrauenswürdig und zurückhaltend sein wie die eines fahrerfahrenen, menschlichen Beifahrers (Braess & Donges, 2006, S. 4). Besonderes Augenmerk muss bei der Entwicklung der Assistenzsysteme daher auch auf die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle gelegt werden, um v. a. junge, unerfahrene Fahrer nicht durch die Vielzahl an Anzeigen und Warnungen zusätzlich zu beanspruchen bzw. zu verärgern. Fahrer- statt funktionsorientierte Informations- und Warnkonzepte sowie ein sinnvolles Informations- und Warnmanagement sind daher unerlässlich (siehe z. B. Färber, 2005; Lermer, 2010; Lermer, Eckstein, Müller, & Schumann, 2007; Petermann-Stock & Rhede, 2013; Rhede, Wäller, & Oel, 2011). Um zu verhindern, dass dem Fahrer zu viele Informationen gleichzeitig dargeboten werden, empfehlen Lermer et al. (2007) die Darbietung von Informationen und Warnungen unter Berücksichtigung der Zeitkritikalität, der Fahrerleistungsfähigkeit, des Fahrzeugzustands sowie der Fahrsituation. Auch Köhler, Bengler, Mergl und Wurm (2015) sprechen sich für einen situativen Workloadmanager aus, der abhängig von der Bedrohlichkeit der Situation sowie des Beanspruchungsgrades des Fahrers die verschiedenen Meldungen im Fahrzeug kategorisiert und priorisiert. Darüber hinaus stellt der MMI Baukasten, der aktuell im Verbundprojekt UR:BAN entwickelt wird, ein mögliches Werkzeug zur nutzerzentrierten Entwicklung von Informations- und Warnkonzepten dar (Petermann-Stock & Rhede, 2013). So können aus dem MMI Baukasten Empfehlungen abgeleitet werden, welche Anzeigorte für die Darbietung von Informationen bzw. Warnungen besonders in Frage kommen (siehe Abbildung 7. 2). Beispielsweise eignet sich der Bereich direkt im Sichtbereich des Fahrers für die Darstellung von entsprechenden Warnungen, während reine Informationen eher im Kombiinstrument sowie im zentralen Informationsdisplay angezeigt werden sollten.

In den vorhergehenden Abschnitten wurden basierend auf den Ergebnissen der Teile I und II verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, wie insbesondere junge, unerfahrene Fahrer durch „elektronische Beifahrer“ darin unterstützt werden können, ihre Fahr- und Sicherheitskompetenzen zu erhöhen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch die erfahrene Fahrergruppe mittleren Alters von den aufgezeigten technischen Unterstützungsmöglichkeiten profitieren wird. Inwiefern sich das überproportional hohe Unfallrisiko der jungen, unerfahrenen Fahrergruppe durch die diskutierten technischen Maßnahmen nachhaltig senken lässt, muss jedoch erst noch evaluiert werden.

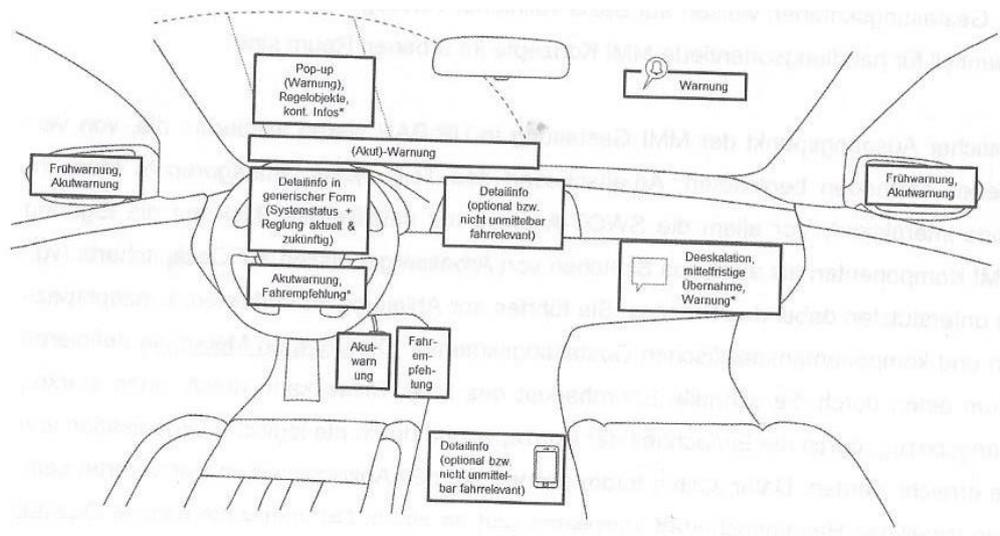


Abbildung 7. 2: Geeignete Anzeigorte für Informationen und Warnungen im Fahrzeug (entnommen aus Petermann-Stock & Rhede, 2013, S. 280)

8 Ausblick

Trotz zahlreicher erzieherischer Maßnahmen, wie eine veränderte Fahrausbildung oder spezielle Verkehrssicherheitstrainings, besitzen 18- bis 24-jährige Fahrer nach wie vor das höchste Unfallrisiko verglichen mit allen anderen Altersgruppen (Krüger, 2010). Daher ist es umso erstaunlicher, dass die Unterstützung dieser Fahrergruppe durch technische Assistenzsysteme bisher so gut wie nicht in Betracht gezogen wurde. Ein hohes Potenzial zur Erhöhung der Verkehrssicherheit liegt insbesondere in Systemen begründet, die direkt an die spezifischen Defizite und Bedürfnisse junger, unerfahrener Fahrer angepasst sind (Bengler et al., 2014; Lee, 2007). Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, den zielgruppenspezifischen Assistenzbedarf herauszuarbeiten, indem das Unfallgeschehen, der Fahrstil sowie die Gefahrenwahrnehmung und das daraus resultierende Fahrverhalten in kritischen Verkehrssituationen junger, unerfahrener Fahrer dem der mittleren Altersgruppe gegenübergestellt wurde. Sowohl hinsichtlich der häufigsten Unfallursachen als auch bezüglich des untersuchten Fahrverhaltens konnten jedoch keine gravierenden Unterschiede zwischen den beiden Fahrergruppen festgestellt werden. Daher liegt die Schlussfolgerung nahe, dass junge, unerfahrene Fahrer in dem gleichen Maße von bereits verfügbaren Fahrerassistenzsystemen profitieren würden wie Fahrer der mittleren Altersgruppe, die bisher die Zielgruppe der Assistenzsystementwicklung darstellten.

Ein erster Schritt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit 18- bis 24-jähriger Fahrer könnte daher in der Erhöhung der Durchdringungsrate von Fahrerassistenzsystemen in Fahrzeugen, die von der Zielgruppe gefahren werden, liegen. Angesichts der Tatsache, dass die Marktverbreitung von Fahrerassistenzsystemen im Allgemeinen nicht sehr hoch und zudem meist auf die mittlere Altersgruppe beschränkt ist (Langwieder, Bengler, & Maier, 2012, zitiert nach Bengler et al., 2014), stellt dies sicherlich keine leichte Aufgabe dar. Zu den bekannten Problemen, mit denen Fahrerassistenzsysteme aktuell auf dem Markt zu kämpfen haben (für einen Überblick siehe z. B. Bengler et al., 2014) wie beispielsweise eine geringe Kundenakzeptanz, kommt hinzu, dass junge Fahrer keine zahlungskräftige Käufergruppe darstellen und daher wenig im Fokus der Automobilindustrie stehen. Zumeist sind Fahrerassistenzsysteme in Fahrzeugen der unteren Fahrzeugklassen, die aufgrund des günstigeren Preises eher bei den jungen Fahrern anzutreffen sind, gar nicht erst verfügbar. Als positives Signal in Richtung Erhöhung der Marktverbreitung von Fahrerassistenzsystemen bei 18- bis 24-jährigen Fahrern ist daher die Ausstattung des neuen Opel Corsa mit einer Vielzahl an Assistenzsystemen (z. B. Spurassistent, Abstandsanzeige, Front-Kollisionswarner, Toter-Winkel-Warner) zu sehen (Opel, 2015). Auch im Polo von Volkswagen sind mittlerweile verschiedene Fahrerassistenzsysteme (z. B. Müdigkeitserkennung, Front-Assist mit Notbremsfunktion bis 30 km/h) verfügbar (Volkswagen, 2015). Darüber hinaus empfiehlt Krüger (2010) auch über unkonventionelle Maßnahmen zur Steigerung der Verbreitung von Assistenzsystemen bei jungen Fahrern nachzudenken. Beispielsweise könnte „eine „Sicherheitsprämie“ (analog der Abwrackprämie) für Fahrzeuge mit entsprechender Assistenz“ (Krüger, 2010, S. 5) die notwendigen finanziellen Anreize zum Kauf eines technisch gut ausgestatteten Fahrzeugs bieten.

Um jedoch eine gesicherte Aussage dahingehend treffen zu können, ob junge, unerfahrene Fahrer im gleichen Maße von aktuell verfügbaren Assistenzsystemen profitieren würden wie die mittlere Altersgruppe, ist noch weit mehr Forschung notwendig. Zur Herausarbeitung etwaiger spezifischer Defizite der jungen Fahrergruppe ist es nicht nur nötig, das Verkehrsunfallgeschehen 18- bis 24-Jähriger mit einer größeren Stichprobe zu untersuchen und mit dem der mittleren Altersgruppe zu vergleichen, sondern es sollte auch das alltägliche Fahrverhalten der jungen Altersgruppe über einen längeren Zeitraum analysiert werden. Großes Potenzial versprechen in diesem Zusammenhang Naturalistic Driving Studies, die es ermöglichen, das natürliche Fahrverhalten der jungen, unerfahrenen Fahrer ohne künstliche Beobachtungssituation zu untersuchen.

Darüber hinaus besteht weiterhin großer Forschungsbedarf hinsichtlich des Nutzungsverhaltens von Fahrerassistenzsystemen durch junge, unerfahrene Fahrer. Zum

einen muss sichergestellt werden, dass die Fahrneulinge durch die technischen Systeme nicht zusätzlich beansprucht werden. Zum anderen müssen insbesondere negative Verhaltensadaptationen, die eine Begleiterscheinung von Fahrerassistenzsystemen darstellen können, ausgeschlossen werden. Junge, unerfahrene Fahrer sollten daher bereits bei der Systementwicklung sowie Systemevaluation als potenzielle Zielgruppe mitberücksichtigt werden. Um 18- bis 24-jährige Fahrer bei ihren ersten Erfahrungen mit Fahrerassistenzsystemen zu unterstützen, aber auch um die Bekanntheit der Systeme zu erhöhen, sollte zudem darüber nachgedacht werden, die Nutzung von Assistenzsystemen in die Fahrschul Ausbildung zu integrieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bereits auf dem Markt befindliche Fahrerassistenzsysteme durchaus das Potenzial haben, Unfälle junger, unerfahrener Fahrer zu verhindern. Darüber hinaus versprechen v. a. Fahrerassistenzsysteme, die die Fahrer bei der Wahrnehmung potenzieller Gefahren sowie bei der Ausbildung eines sicheren Fahrstils unterstützen, ein hohes Potenzial zur Senkung des hohen Unfallrisikos junger, unerfahrener Fahrer. Abschließend bleibt zu hoffen, dass diese Hochrisikogruppe in Zukunft vermehrt in den Fokus der Fahrerassistenzsystementwicklung gestellt wird und wir nicht mehr „die schwächsten Verkehrsteilnehmer in den schlechtesten Fahrzeugen ohne durchaus verfügbare Sicherheitssysteme auf die Straße schicken“ (Krüger, 2010, S. 5).

Abkürzungsverzeichnis

AARU	Audi Accident Research Unit
AB	Abbiege-Unfall
ABS	Antiblockiersystem
ACC	Adaptive Cruise Control
ADAS	Advanced Driver Assistance System
ASR	Antischlupfregelung
ca.	circa
CFI	Comparative-Fit-Index
CI	Confidence Interval
c.r.	critical ratio
DBQ	Driver Behaviour Questionnaire
EK	Einbiegen/Kreuzen-Unfall
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
e. V.	eingetragener Verein
F	Fahrerunfall
Fzg.	Fahrzeug
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
GIDAS	German In-depth Accident Study
HMD	Head mounted Display
IMU	inertiale Messplattform
ISA	Intelligent Speed Adaptation
ISPS	Intelligent Speeding Prediction System
Kfz	Kraftfahrzeug
km	Kilometer
km/h	Kilometer pro Stunde
LV	Unfall im Längsverkehr
M	Mittelwert
Max	Maximum
Md	Median
MI	Modifikationsindex
Min	Minimum
Mio.	Million
mph	miles per hour

ms	Millisekunde
MSA	Measure of Sample Adequacy
n	Anzahl der Elemente der Stichprobe
o. ä.	oder ähnliche
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
p	p-value, Signifikanzwert
Pbn	Probanden
Pkw	Personenkraftwagen
QuFzg	querendes Fahrzeug
r	Korrelationskoeffizient
RMSEA	Root-Mean-Square-Error of Approximation
RV	Unfall durch ruhenden Verkehr
RVS	Risikobereitschaft in Verkehrssituationen (Maß WRBTV)
s	Sekunde
SD	Standardabweichung
SO	sonstiger Unfall
SRMR	Standardized-Root-Mean-Residual
SteFzg	stehendes Fahrzeug
ÜS	Überschreiten-Unfall
v. a.	vor allem
vgl.	vergleiche
VIL	Vehicle of the Loop
VoFzg	vorausfahrendes Fahrzeug
VTD	Virtual Test Drive
WHO	World Health Organization
WRBTV	Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr
z. B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. 1: Verkehrstote in Deutschland pro 100 000 Einwohner von 1990 - 2012, getrennt für die einzelnen Altersgruppen (entnommen aus OECD, 2014, S. 209).	13
Abbildung 2. 1: Fehlverhalten von Pkw-Fahrern bei Unfällen mit Personenschaden 2011 – getrennt nach Altersgruppen (Statistisches Bundesamt, 2012a)	22
Abbildung 2. 2: Drei-Ebenen-Modell der menschlichen Informationsverarbeitung nach Rasmussen (1982, S. 317)	26
Abbildung 2. 3: Klassifizierungsschema zur Beschreibung menschlicher Fehler bei der Fahrzeugführung (Zimmer, 2001, S. 45), basierend auf Rasmussen (1982)	28
Abbildung 2. 4: Modell der gefährdenden Verhaltensweisen (entnommen aus Reason, 1994, S. 255)	30
Abbildung 2. 5: Verhütungsbezogene Klassifikation von Fehlhandlungen nach Hacker (1998, S. 692)	33
Abbildung 3. 1: Analyse menschlicher Unfallursachen nach der Five-Step-Methode (Chiellino et al., 2010, S. 133; Graab et al., 2008, S. 9)	39
Abbildung 3. 2: Verteilung der Unfälle 18- bis 24-jähriger sowie 30- bis 40-jähriger Fahrer als Unfallverursacher auf die verschiedenen Unfalltypen	41
Abbildung 3. 3: Fehlverhalten von Pkw-Fahrern entsprechend der Verkehrsunfallanzeige – AARU Stichprobe 1999 – 2012, Statistisches Bundesamt, 2012a	43
Abbildung 3. 4: Ergebnisse der Unfallursachenanalyse nach der Five-Step-Methode – alle Unfälle	44
Abbildung 3. 5: Ergebnisse der Unfallursachenanalyse nach der Five-Step-Methode – Fahrunfälle	46
Abbildung 3. 6: Ergebnisse der Unfallursachenanalyse nach der Five-Step-Methode – Unfälle aufgrund überhöhter Geschwindigkeit entsprechend der Verkehrsunfallanzeige bei 18- bis 24-jährigen Fahrern	48
Abbildung 4. 1: Antizipationszeiten vor potenziell kritischen Ereignissen der Navigations-, Führungs- und Stabilisierungsebene (entnommen aus Braess & Donges, 2006, S. 9)	54
Abbildung 4. 2: Zusammenhang zwischen dem Drei-Ebenen-Modell menschlicher Informationsverarbeitung nach Rasmussen und dem Drei-Ebenen-Modell der Fahraufgabe nach Donges (entnommen aus Donges, 2012, S. 15)	55

Abbildung 4. 3: Vier-Ebenen-Modell der Fahraufgabe nach Keskinen (1996) (entnommen aus Hatakka et al., 2002, S. 202).....	58
Abbildung 5. 1: Modell der Gefahrenwahrnehmung nach Deery (1999, S. 227)	62
Abbildung 6. 1: Ergebnisse der exploratorischen Faktorenanalyse – Scree-Plot.....	78
Abbildung 6. 2: Mess- und Strukturgleichungsmodell mit den in Kapitel 6.1.1.1 extrahierten drei latenten sowie zehn manifesten Variablen	84
Abbildung 6. 3: Dreifaktorielles DBQ-Modell mit den per Maximum-Likelihood- Methode geschätzten unstandardisierten Faktorladungen.....	85
Abbildung 6. 4: Vergleich der beiden Fahrergruppen hinsichtlich ihrer Ausprägungen auf den drei DBQ Faktoren (Fehlerbalken = SD)	89
Abbildung 6. 5: Schematische Darstellung der vier Fahrsituationen (z. T. entnommen aus Karl & Färber, 2013, S. 149)	97
Abbildung 6. 6: Vergleich der durchschnittlichen Fixationshäufigkeit auf den potenziellen Gefahrenbereich sowie die potenzielle Gefahr in den vier Verkehrssituationen (Fehlerbalken = SD)	105
Abbildung 6. 7: Vergleich der durchschnittlichen Gesamtfixationsdauer (in ms) auf den potenziellen Gefahrenbereich sowie die potenzielle Gefahr in den vier Verkehrssituationen (Fehlerbalken = SD)	106
Abbildung 6. 8: Vergleich der ersten Fixation auf die potenzielle Gefahr in den vier Verkehrssituationen (Fehlerbalken = SD)	107
Abbildung 6. 9: Vergleich des Fahrverhaltens der beiden Fahrergruppen in den vier Verkehrssituationen	108
Abbildung 6. 10: Vergleich der durchschnittlichen Bremsreaktionszeiten in den Verkehrssituationen „Zebrastrreifen“ und „Zone 30“ (Fehlerbalken = SD)	109
Abbildung 6. 11: Vergleich der subjektiven Beurteilung der Unfallwahrscheinlichkeit in den vier Verkehrssituationen.....	110
Abbildung 6. 12: Vergleich der Risikobereitschaft in Verkehrssituationen (Fehlerbalken = SD)	111
Abbildung 6. 13: Vergleich der mittleren maximalen Geschwindigkeit auf Höhe des Ortseinganges (Fehlerbalken = SD)	112
Abbildung 6. 14: Vergleich der mittleren maximalen Geschwindigkeit auf Höhe des Ortsausgangs (Fehlerbalken = SD)	112
Abbildung 6. 15: Vergleich der mittleren maximalen Geschwindigkeit beim Einlenken in den Kreisverkehr (Fehlerbalken = SD)	113
Abbildung 6. 16: Schematische Darstellung der vier Fahrsituationen im Vehicle in the Loop (VoFzg = vorausfahrendes Fahrzeug, SteFzg = stehendes Fahrzeug, QuFzg = querendes Fahrzeug, Pbn = Probanden)	123
Abbildung 6. 17: Technischer Aufbau des VIL (aus Karl et al., 2013, S. 44; Sieber et al., 2013, S. 1101)	126

Abbildung 6. 18: Vergleich der durchschnittlichen Reaktionszeit Bremsbeginn (in ms) auf die potenzielle Gefahr in den vier Fahrsituationen (Fehlerbalken = SD)	130
Abbildung 6. 19: Vergleich der durchschnittlichen Pedalwechselzeit (in ms) in den vier Fahrsituationen (Fehlerbalken = SD)	131
Abbildung 6. 20: Vergleich des mittleren maximalen Bremsdrucks (in bar) als Reaktion auf die potenzielle Gefahr in den vier Fahrsituationen (Fehlerbalken = SD)	132
Abbildung 7. 1: Klassifizierung von Fahrerassistenzsystemen entsprechend Donges (1999, S. 121)	140
Abbildung 7. 2: Geeignete Anzeigeorte für Informationen und Warnungen im Fahrzeug (entnommen aus Petermann-Stock & Rhede, 2013, S. 280).....	156
Abbildung C. 1: Coverstory (Studie 1).....	201
Abbildung C. 2: Demographischer Fragebogen (Studie 1)	202
Abbildung C. 3: Interviewleitfaden zur Risikobewertung der vier Verkehrssituationen.....	203
Abbildung D. 1: Coverstory (Studie 2).....	204
Abbildung D. 2: Demographischer Fragebogen (Studie 2)	205

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3. 1: Übersicht über Ortslage, Tageszeit sowie Jahreszeit der Unfallstichprobe – getrennt für die beiden Altersgruppen	42
Tabelle 3. 2: Einflussfaktoren der Unfallursachen sowie deren Indikatoren nach der Five-Step-Methode – alle Unfälle (Teil 1)	45
Tabelle 3. 3: Einflussfaktoren der Unfallursachen sowie deren Indikatoren nach der Five-Step-Methode – alle Unfälle (Teile 2)	46
Tabelle 6. 1: Übersicht über die drei selbst entwickelten DBQ Items.....	76
Tabelle 6. 2: Mustermatrix (Promax-rotierte Faktorenmatrix, Maximum-Likelihood-Methode).....	79
Tabelle 6. 3: Exploratorische Faktorenanalyse – Korrelationsmatrix der Faktoren	80
Tabelle 6. 4: Abhängige Variablen Gefahrenwahrnehmung – Erhobene Fahr- und Blickverhaltensparameter (z. T. entnommen aus Karl & Färber, 2013, S. 151).....	99
Tabelle 6. 5: Abhängige Variablen riskanter Fahrstil – Erhobene Fahrverhaltensparameter	101
Tabelle 6. 6: Abhängige objektive Variablen – Erhobene Fahrverhaltensparameter in den vier Verkehrssituationen.....	125
Tabelle 6. 7: Technische Daten des verwendeten HMD.....	127
Tabelle 7. 1: Einteilung aktueller Fahrerassistenzsysteme nach der Art ihrer Unterstützung sowie der Ebene der Fahraufgabe (vgl. hierzu auch Braess & Donges, 2006, S. 12; Gründl, 2005, S. 47; Lorenz, 2014, S. 29)	141
Tabelle 7. 2: Eingriffsstrategie von Fahrerassistenzsystemen in Abhängigkeit der Unfallursachen 18- bis 24-jähriger Fahrer – Teil 1	147
Tabelle 7. 3: Eingriffsstrategie von Fahrerassistenzsystemen in Abhängigkeit der Unfallursachen 18- bis 24-jähriger Fahrer – Teil 2.....	148
Tabelle B. 1: Deutsche DBQ-Version – Übersicht über die verwendeten 36 Items – Teil 1	185
Tabelle B. 2: Deutsche DBQ-Version – Übersicht über die verwendeten 36 Items – Teil 2	186
Tabelle B. 3: Deutsche DBQ-Version – Übersicht über die verwendeten 36 Items – Teil 3	187
Tabelle B. 4: Deutsche DBQ-Version – Übersicht über die verwendeten 36 Items – Teil 4	188
Tabelle B. 5: Durchschnittliche Häufigkeiten, Schiefe und Kurtosis der 36 mittels des DBQ erfassten Verhaltensweisen (absteigend nach Häufigkeit) – Teil 1	189

Tabelle B. 6: Durchschnittliche Häufigkeiten, Schiefe und Kurtosis der 36 mittels des DBQ erfassten Verhaltensweisen (absteigend nach Häufigkeit) – Teil 2	190
Tabelle B. 7: Durchschnittliche Häufigkeiten, Schiefe und Kurtosis der 36 mittels des DBQ erfassten Verhaltensweisen (absteigend nach Häufigkeit) – Teil 3	191
Tabelle B. 8: Ergebnisse exploratorische Faktorenanalyse Korrelationsmatrix.....	192
Tabelle B. 9: Ergebnisse exploratorische Faktorenanalyse – Anti-Image-Matrizen ...	192
Tabelle B. 10: Exploratorische Faktorenanalyse – Übersicht der erklärten Gesamtvarianz	194
Tabelle B. 11: Exploratorische Faktorenanalyse – Kommunalitäten.....	194
Tabelle B. 12: Exploratorische Faktorenanalyse – Strukturmatrix	195
Tabelle B. 13: Durchschnittliche Häufigkeiten, der 10 mittels des DBQ erfassten Verhaltensweisen (absteigend nach Häufigkeit)	196
Tabelle B. 14: Überprüfung des Vorliegens einer multivariaten Normalverteilung – Ergebnisse des mit AMOS berechneten Mardia-Tests	197
Tabelle B. 15: Standardisierte partielle Regressionsgewichte (Ladungen) der einzelnen Items auf die drei Faktoren.....	198
Tabelle B. 16: Standardisierte residuale Kovarianzmatrix	199
Tabelle B. 17: Durchschnittliche Häufigkeiten, der 10 mittels des DBQ erfassten Verhaltensweisen, getrennt für die beiden Fahrergruppen (unerfahren vs. erfahren).....	200
Tabelle D. 1: T-Test Ergebnisse zum Vergleich der mittleren Reaktionszeiten Bremsbeginn zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituationen Bremsung, Vorfahrt und Hirsch	205
Tabelle D. 2: Ergebnisse des Mann-Whitney Tests zum Vergleich der mittleren Reaktionszeiten zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituation Spurwechsel	206
Tabelle D. 3: T-Test Ergebnisse zum Vergleich der mittleren Pedalwechselzeiten zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituationen Bremsung, Vorfahrt und Hirsch	206
Tabelle D. 4: Ergebnisse des Mann-Whitney-Tests zum Vergleich der mittleren Pedalwechselzeiten zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituation Spurwechsel	206
Tabelle D. 5: T-Test Ergebnisse zum Vergleich des mittleren maximalen Bremsdrucks zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituationen Bremsung, Vorfahrt und Hirsch	207
Tabelle D. 6: Ergebnisse des Mann-Whitney Tests zum Vergleich des mittleren maximalen Bremsdrucks zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituation Spurwechsel.....	207

Literaturverzeichnis

- Abdel-Aty, M. A., Chen, C. L., & Schott, J. R. (1998). An assessment of the effect of driver age on traffic accident involvement using log-linear models. *Accident Analysis and Prevention*, 30(6), 851-861.
- Åberg, L., & Rimmö, P.-A. (1998). Dimensions of aberrant driver behaviour. *Ergonomics*, 41(1), 39-56.
- Adell, E., & Várhelyi, A. (2008). Driver comprehension and acceptance of the active accelerator pedal after long-term use. *Transportation Research Part F*, 11(1), 37-51.
- Adell, E., Várhelyi, A., & Hjälm Dahl, M. (2008). Auditory and haptic systems for in-car speed management - A comparative real life study. *Transportation Research Part F*, 11(6), 445-458.
- Agerholm, N., Waagepetersen, R., Tradisauskas, N., Harms, L., & Lahrmann, H. (2008). Preliminary results from the Danish Intelligent Speed Adaptation project Pay As You Speed. *IET Intelligent Transport Systems*, 2(2), 143-153.
- Alexander, E. A., Kallail, K. J., Burdsal, J. P., & Ege, D. L. (1990). Multifactorial causes of adolescent driver accidents: Investigation of time as a major variable. *Journal of Adolescent Health Care*, 11(5), 413-417.
- Anders, S., Huestegge, L., Skottke, E.-M., Müsseler, J., & Debus, G. (2006). Becoming an expert: Eye movements in static traffic scenes. *Proceedings of the 16th World Congress on Ergonomics, IEA 2006, Maastricht, The Netherlands, July 10-14*, (S. 1-5).
- 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.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., & Weiber, R. (2008). *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bagdadi, O., & Várhelyi, A. (2011). Jerky driving - An indicator of accident proneness? *Accident Analysis and Prevention*, 43(4), 1359-1363.
- Ballesteros, M. F., & Dischinger, P. C. (2002). Characteristics of traffic crashes in Maryland (1996-1998): differences among the youngest drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 34(3), 279-284.
- Beauducel, A., & Wittmann, W. W. (2005). Simulation study on fit indices in confirmatory factor analysis based on data with slightly distorted simple structure. *Structural Equation Modeling*, 12(1), 41-75.
- Begg, D., & Langley, J. (2001). Changes in risky driving behavior from age 21 to 26 years. *Journal of Safety Research*, 32(4), 491-499.
- Benda, H. V., & Hoyos, C. G. (1983). Estimating hazards in traffic situations. *Accident Analysis and Prevention*, 15(1), 1-9.

- Bener, A., Özkan, T., & Lajunen, T. (2008). The Driver Behaviour Questionnaire in Arab Gulf countries: Qatar and United Arab Emirates. *Accident Analysis and Prevention*, 40(4), 1411-1417.
- Bengler, K., Dietmayer, K., Färber, B., Maurer, M., Stiller, C., & Winner, H. (2014). Three decades of Driver Assistance Systems. Review and future perspectives. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 6(4), 6-22.
- Berg, G. (2014). Das Vehicle in the Loop - Ein Werkzeug für die Entwicklung und Evaluation von sicherheitskritischen Fahrerassistenzsystemen. *Dissertation an der Universität der Bundeswehr München*.
- Berg, G., Karl, I., & Färber, B. (2011). Vehicle in the Loop - Validierung der virtuellen Realität. 6. VDI-Tagung 'Der Fahrer im 21. Jahrhundert. Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit'. *VDI-Berichte 2134* (S. 143-154). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Berg, G., Milhoff, T., & Färber, B. (2013). Vehicle in the Loop - Eine erweiterte Realität mittels Video See-Through Visualisierung. 7. VDI-Tagung 'Der Fahrer im 21. Jahrhundert. Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit'. *VDI-Berichte 2205* (S. 225-236). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Berg, H.-Y., Gregersen, N. P., & Laflamme, L. (2004). Typical patterns in road-traffic accidents during driver training. An explorative Swedish national study. *Accident Analysis and Prevention*, 36(4), 603-608.
- Biermann, A. (2007). Gefahrenwahrnehmung und Expertise - Möglichkeiten der Erfassung und Eignung als Prädiktor des Verunfallungsrisikos junger Fahranfänger. *Dissertation an der Universität Erfurt*.
- Bina, M., Graziano, F., & Bonino, S. (2006). Risky driving and lifestyles in adolescence. *Accident Analysis and Prevention*, 38(3), 472-481.
- Bingham, C. R., Shope, J. T., Zakrajsek, J., & Raghunathan, T. E. (2008). Problem driving behavior and psychosocial maturation in young adulthood. *Accident Analysis and Prevention*, 40(5), 1758-1764.
- Bjerre, B. (2005). Primary and secondary prevention of drink driving by the use of alcolock device and program: Swedish experiences. *Accident Analysis and Prevention*, 37(6), 1145-1152.
- Blockey, P. N., & Hartley, L. R. (1995). Aberrant driving behaviour: errors and violations. *Ergonomics*, 38(9), 1759-1771.
- Blows, S., Ameratunga, S., Ivers, R. Q., Lo, S. K., & Norton, R. (2005). Risky driving habits and motor vehicle driver injury. *Accident Analysis and Prevention*, 37(4), 619-624.
- Bock, T. (2008). Vehicle in the Loop - Test- und Simulationsumgebung für Fahrerassistenzsysteme. *Dissertation an der TU München*.
- Bock, T., Maurer, M., & Färber, G. (2007). Validation of the vehicle in the loop (VIL) - A milestone for the simulation of driver assistance systems. *Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Istanbul, Turkey, June 13-15*, (S. 612-617).

- Bolderdijk, J. W., Knockaert, J., Steg, E. M., & Verhoef, E. T. (2011). Effects of Pay-As-You-Drive vehicle insurance on young drivers' speed choice: Results of a Dutch field experiment. *Accident Analysis and Prevention*, 43(3), 1181-1186.
- Borowsky, A., Oron-Gilad, T., Meir, A., & Parmet, Y. (2012). Drivers' perception of vulnerable road users: A hazard perception approach. *Accident Analysis and Prevention*, 44(1), 160-166.
- Borowsky, A., Shinar, D., & Oron-Gilad, T. (2010). Age, skill, and hazard perception in driving. *Accident Analysis and Prevention*, 42(4), 1240-1249.
- Boyce, T. E., & Geller, E. S. (2001). A technology to measure multiple driving behaviors without self-report or participant reactivity. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 34(1), 39-55.
- Boyce, T. E., & Geller, E. S. (2002). An instrumented vehicle assessment of problem behavior and driving style: Do younger males really take more risks? *Accident Analysis and Prevention*, 34(1), 51-64.
- Braess, H.-H., & Donges, E. (2006). Technologien zur aktiven Sicherheit von Personenkraftwagen - "Konsumierbare" oder echte Verbesserungen? 2. Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz. München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM), Technische Universität München.
- Braitman, K. A., Kirley, B. B., McCartt, A. T., & Chaudhary, N. K. (2008). Crashes of novice teenage drivers: Characteristics and contributing factors. *Journal of Safety Research*, 39(1), 47-54.
- Breuer, J. J., Faulhaber, A., Frank, P., & Gleissner, S. (2007). Real world safety benefits of brake assistance systems. *Proceedings of the 20th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Lyon, France, June 18-21*.
- Breyer, F. (2011). Potenzial eines Griffkraft messenden Lenkrades als Sensor innerhalb sicherheitsorientierter Fahrerassistenzsysteme. *Dissertation an der Universität der Bundeswehr München*.
- Brown, I. D. (1982). Exposure and experience are a confounded nuisance in research on driver behaviour. *Accident Analysis and Prevention*, 14(5), 345-352.
- Brown, I. D., & Groeger, J. A. (1988). Risk perception and decision taking during the transition between novice and experienced driver status. *Ergonomics*, 31(4), 585-597.
- Brühning, E., Otte, D., & Pastor, C. (2005). 30 Jahre wissenschaftliche Erhebungen am Unfallort für mehr Verkehrssicherheit. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 51(4), 175-181.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion (3., aktualisierte Auflage)*. München: Pearson Deutschland GmbH.
- Canale, M., & Malan, S. (2002). Tuning of Stop and Go driving control strategies using driving behaviour analysis. *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicle Symposium, Versailles, France, June 17-21*, (S. 407-412).

- Carsten, O. (2007). From driver models to modelling the driver: What do we really need to know about the driver? In C. Cacciabue (Hrsg.), *Modelling Driver Behaviour in Automotive Environments. Critical Issues in Driver Interactions with Intelligent Transport Systems* (S. 105-120). London: Springer-Verlag.
- Chapman, P., Underwood, G., & Roberts, K. (2002). Visual search patterns in trained and untrained novice drivers. *Transportation Research Part F*, 5(2), 157-167.
- Chiellino, U., Winkle, T., Graab, B., Ernstberger, A., Donner, E., & Nerlich, M. (2010). Was können Fahrerassistenzsysteme im Unfallgeschehen leisten? *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 56(3), 131-137.
- Clarke, D. D., Ward, P. J., & Jones, J. (1998). Overtaking road-accidents: Differences in manoeuvre as a function of driver age. *Accident Analysis and Prevention*, 30(4), 455-467.
- Clarke, D. D., Ward, P., & Truman, W. (2005). Voluntary risk taking and skill deficits in young driver accidents in the UK. *Accident Analysis and Prevention*, 37(3), 523-529.
- Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C., & Truman, W. (2006). Young driver accidents in the UK: The influence of age, experience, and time of day. *Accident Analysis and Prevention*, 38(5), 871-878.
- Cooper, P. J., Pinili, M., & Chen, W. (1995). An examination of the crash involvement rates of novice drivers aged 16 to 55. *Accident Analysis and Prevention*, 27(1), 89-104.
- Crundall, D. E., & Underwood, G. (1998). Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*, 41(4), 448-458.
- Crundall, D., Underwood, G., & Chapman, P. (1999). Driving experience and the functional field of view. *Perception*, 28(9), 1075-1087.
- Crundall, D., Underwood, G., & Chapman, P. (2002). Attending to the peripheral world while driving. *Applied Cognitive Psychology*, 16(4), 459-475.
- Curry, A. E., Hafetz, J., Kallan, M. J., Winston, F. K., & Durbin, D. R. (2011). Prevalence of teen driver errors leading to serious motor vehicle crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 43(4), 1285-1290.
- 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(6), 463-470.
- Deery, H. A. (1999). Hazard and risk perception among young novice drivers. *Journal of Safety Research*, 30(4), 225-236.
- Deml, B., Freyer, J., & Färber, B. (2007). Ein Beitrag zur Prädiktion des Fahrstils. *Fahrer im 21. Jahrhundert. Human Machine Interface. VDI-Berichte Nr. 2015* (S. 47-59). Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH.
- Doherty, S. T., Andrey, J. C., & MacGregor, C. (1998). The situational risks of young drivers: The influence of passengers, time of day and day of week on accident rates. *Accident Analysis and Prevention*, 30(1), 45-52.

- Donges, E. (1982). Aspekte der Aktiven Sicherheit bei der Führung von Personenkraftwagen. *Automobil-Industrie*, 27, 183-190.
- Donges, E. (1999). A conceptual framework for active safety in road traffic. *Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, 32(2-3), 113-128.
- Donges, E. (2012). Fahrerhaltensmodelle. In H. Winner, S. Hakuli, & G. Wolf (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort* (S. 15-23). Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag.
- Doshi, A., & Trivedi, M. M. (2010). Examining the impact of driving style on the predictability and responsiveness of the driver: Real-world and simulator analysis. *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, San Diego, CA, USA, June 21-24*, (S. 232-237).
- Dotzauer, M., Caljouw, S. R., de Waard, D., & Brouwer, W. H. (2013). Intersection assistance: A safe solution for older drivers? *Accident Analysis and Prevention*, 59, 522-528.
- Elander, J., West, R., & French, D. (1993). Behavioral correlates of individual differences in road-traffic crash risk: An examination of methods and findings. *Psychological Bulletin*, 113(2), 279-294.
- Elliott, M. R., Waller, P. F., Raghunathan, T. E., Shope, J. T., & Little, R. J. A. (2000). Persistence of violation and crash behavior over time. *Journal of Safety Research*, 31(4), 229-242.
- Erke, A. (2008). Effects of electronic stability control (ESC) on accidents: A review of empirical evidence. *Accident Analysis and Prevention*, 40(1), 167-173.
- Evans, L., & Wasielewski, P. (1983). Risky driving related to driver and vehicle characteristics. *Accident Analysis and Prevention*, 15(2), 121-136.
- Everett, S. A., Shults, R. A., Barrios, L. C., Sacks, J. J., Lowry, R., & Oeltmann, J. (2001). Trends and subgroup differences in transportation-related injury risk and safety behaviors among High School Students, 1991-1997. *Journal of Adolescent Health*, 28(3), 228-234.
- Falkmer, T., & Gregersen, N. P. (2001). Fixation patterns of learner drivers with and without cerebral palsy (CP) when driving in real traffic environments. *Transportation Research Part F*, 4(3), 171-185.
- Falkmer, T., & Gregersen, N. P. (2005). A comparison of eye movement behavior of inexperienced and experienced drivers in real traffic environments. *Optometry and Vision Science*, 82(8), 732-739.
- Färber, B. (2000). Neue Fahrzeugtechnologien zur Unterstützung der Mobilität Älterer. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 33, 178-185.

- Färber, B. (2005). Erhöhter Fahrernutzen durch Integration von Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssystemen. In M. Maurer, & C. Stiller (Hrsg.), *Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung* (S. 141-160). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Fastenmeier, W. (1995). Situationsspezifisches Fahrverhalten und Informationsbedarf verschiedener Fahrergruppen. In W. Fastenmeier (Hrsg.), *Autofahrer und Verkehrssituation. Neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme* (S. 141-179). Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Fiat. (2016). eco:Drive Fleet. <http://ecodrive.driveuconnect.eu/> [abgerufen am 12.03.2016].
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: SAGE Publications Ltd.
- Fisher, D. L., Narayanaan, V., Pradhan, A., & Pollatsek, A. (2004). Using eye movements in driving simulators to evaluate effects of PC-based risk awareness training. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 48th Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, USA, September 20-24*, (S. 2266-2270).
- Fisher, D. L., Pollatsek, A. P., & Pradhan, A. (2006). Can novice drivers be trained to scan for information that will reduce their likelihood of a crash? *Injury Prevention*, 12(Suppl 1), i25-i29.
- Freydier, C., Berthelon, C., Bastien-Toniazzo, M., & Gigout, E. (2012). The Driver Behaviour Questionnaire: A French study of young drivers. In L. Dorn (Hrsg.), *Driver Behaviour and Training. Volume V* (S. 333-348). Farnham: Ashgate Publishing Limited.
- Fuller, R. (1984). A conceptualization of driving behaviour as threat avoidance. *Ergonomics*, 27(11), 1139-1155.
- Funk, W., & Grüninger, M. (2010). Begleitetes Fahren ab 17 – Prozessevaluation des bundesweiten Modellversuchs. In BASt (Hrsg.), *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Mensch und Sicherheit. Heft M213*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Gasser, T. M., Arzt, C., Ayoubi, M., Bartels, A., Eier, J., Flemisch, F., et al. (2012). Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. In BASt (Hrsg.), *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Fahrzeugsicherheit. Heft F83*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- GDV. (1998). Unfalltypen-Katalog. Leitfaden zur Bestimmung des Unfalltyps. Informationen des Institutes für Straßenverkehr. *Online verfügbar unter: http://www.udv.de/uploads/tx_udvpublications/unfalltypenkatalog_lr.pdf* [abgerufen am 05.03.2013].
- Glaser, W. R., & Waschulewski, H. (2005). INVENT - Forschungsprojekt Fahrerassistenzsysteme (FAS), Teilprojekt Fahrerverhalten und Mensch-Maschine-Interaktion (FVM), Arbeitspaket 3200, Validierung und Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens I-TSA, Abschlussbericht. *Online verfügbar unter: <http://homepages.uni-tuebingen.de/wilhelm.glaser/BeriExp08-oAbb-68.pdf>* [abgerufen am 16.12.2013].

- Graab, B., Donner, E., Chiellino, U., & Hoppe, M. (2008). Analyse von Verkehrsunfällen hinsichtlich unterschiedlicher Fahrerpopulationen und daraus ableitbarer Ergebnisse für die Entwicklung adaptiver Fahrerassistenzsysteme. 3. *Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz*. München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM), Technische Universität München.
- Grattenthaler, H., & Krüger, H.-P. (2009). Bedeutung der Fahrpraxis für den Kompetenzerwerb beim Fahrenlernen. In BAST (Hrsg.), *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Mensch und Sicherheit. Heft M201*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Gregersen, N. P. (2003). Young novice drivers. In I. Engström, N. P. Gregersen, K. Hernetkoski, E. Keskinen, & E. Nyberg (Hrsg.), *Young novice drivers, driver education and training. Literature review. VTI rapport 491A* (S. 21-53). Linköping: Swedish National Road and Transport Research Institute.
- Gregersen, N. P., & Berg, H. Y. (1994). Lifestyle and accidents among young drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 26(3), 297-303.
- Gregersen, N. P., Berg, H.-Y., Engström, I., Nolén, S., Nyberg, A., & Rimmö, P.-A. (2000). Sixteen years age limit for learner drivers in Sweden – an evaluation of safety effects. *Accident Analysis and Prevention*, 32(1), 25-35.
- Gregersen, N. P., & Bjurulf, P. (1996). Young novice drivers: Towards a model of their accident involvement. *Accident Analysis and Prevention*, 28(2), 229-241.
- Gründl, M. (2005). Fehler und Fehlverhalten als Ursache von Verkehrsunfällen und Konsequenzen für das Unfallvermeidungspotenzial und die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen. *Dissertation an der Universität Regensburg*.
- Hacker, W. (1998). *Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Huber.
- Hagemeister, C., & Enderlein, C. (2008). Fahrverhalten, Ärger und Unfälle bei Kraftfahrern. Reliabilität und Validität des Kraftfahrverhaltens- und Kraftfahrärger-Fragebogens. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 54(1), 20-25.
- Hakamies-Blomqvist, L. (2006). Are there safe and unsafe drivers? *Transportation Research Part F*, 9(5), 347-352.
- Hakamies-Blomqvist, L., Raitanen, T., & O'Neill, D. (2002). Driver ageing does not cause higher accident rates per km. *Transportation Research Part F*, 5(4), 271-274.
- Hansjosten, E., & Schade, F.-D. (1997). Legalbewährung von Fahranfängern. In BAST (Hrsg.), *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Mensch und Sicherheit. Heft M71*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Hartweg, V., Milbradt, A., Zimmerhofer, A., & Hornke, L. F. (2009). testMaker - a computer software for web-based assessments. RWTH Aachen University, Department of Industrial and Organizational Psychology. *Online verfügbar unter: <http://www.global-assess.rwth-aachen.de/testmaker2/index.php?page=about> [abgerufen am 20.12.2013]*.

- Hasselberg, M., & Laflamme, L. (2009). How do car crashes happen among young drivers aged 18-20 years? Typical circumstances in relation to license status, alcohol impairment and injury consequences. *Accident Analysis and Prevention*, 41(4), 734-738.
- Hatakka, M., Keskinen, E., Gregersen, N. P., & Glad, A. (1999). Theories and aims of educational and training measures. In S. Siegrist (Hrsg.), *Driver Training, Testing and Licensing - towards theory-based management of young drivers` injury in road traffic. Results of EU-Project GADGET, Work Package 3* (S. 13-48). Ostermundigen: Schock + Co. AG.
- Hatakka, M., Keskinen, E., Gregersen, N. P., Glad, A., & Hernetkoski, K. (2002). From control of the vehicle to personal self-control; broadening the perspectives to driver education. *Transportation Research Part F*, 5(3), 201-215.
- Hatfield, J., & Fernandes, R. (2009). The role of risk-propensity in the risky driving of younger drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 41(1), 25-35.
- Hergovich, A., Arendasy, M., Sommer, M., & Bogner, B. (2007). *WRBTV Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr. Manual Version 22*. Mödling: Schuhfried GmbH.
- Hjälmdahl, M., & Várhelyi, A. (2004). Speed regulation by in-car active accelerator pedal: Effects on driver behaviour. *Transportation Research Part F*, 7(2), 77-94.
- Hoffmann, H., Falkenstein, M., & Frieg, C. (2013). Experimentelle Untersuchung möglicher Ursachen der Fahrfehler älterer Kraftfahrer. Hinweise für die Entwicklung von FAS für ältere Kraftfahrer. 7. *VDI-Tagung 'Der Fahrer im 21. Jahrhundert. Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit'*. VDI-Berichte 2205 (S. 159-174). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Holte, H. (2012). Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer. *Dissertation an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn*.
- Hörauf, U., Buschardt, B., Donner, E., Graab, B., & Winkle, T. (2006). Analyse von Verkehrsunfällen mit FAS-Potenzialeinschätzung am Beispiel des FAS Lane Departure Warning. 2. *Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz*. München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM), Technische Universität München.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1-55.
- Huestegge, L., Skottke, E.-M., Anders, S., Müsseler, J., & Debus, G. (2010). The development of hazard perception: Dissociation of visual orientation and hazard processing. *Transportation Research Part F*, 13(1), 1-8.
- Iversen, H., & Rundmo, T. (2002). Personality, risky driving and accident involvement among Norwegian drivers. *Personality and Individual Differences*, 33(8), 1251-1263.
- Jackson, L., Chapman, P., & Crundall, D. (2009). What happens next? Predicting other road users` behaviour as a function of driving experience and processing time. *Ergonomics*, 52(2), 154-164.

- Jaguar Land Rover. (2014). Jaguar bringt Videospiele-Feeling ins Auto. <http://www.golem.de/news/urban-windshield-jaguar-bringt-videospiel-feeling-ins-auto-1412-111216.html> [abgerufen am 25.05.2015].
- Jansen, A. (2013). Augmented Reality Navigation in zukünftigen Head-up Displays. Prototypische kontaktanaloge Navigationsdarstellung im Versuchsfahrzeug. 7. VDI-Tagung 'Der Fahrer im 21. Jahrhundert. Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit'. VDI-Berichte 2205 (S. 189-200). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Jessor, R., & Jessor, S. (1977). *Problem behavior and psychosocial development: A longitudinal study of youth*. New York: Academic Press.
- Jonah, B. A. (1986). Accident risk and risk-taking behaviour among young drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 18(4), 255-271.
- Karl, I., & Färber, B. (2013). Fahr- und Blickverhalten junger Fahrer in potenziell gefährlichen Verkehrssituationen - Ableitung des zielgruppenspezifischen Assistenzbedarfs. 7. VDI-Tagung 'Der Fahrer im 21. Jahrhundert. Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit'. VDI-Berichte 2205 (S. 147-158). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Karl, I., Berg, G., Rüger, F., & Färber, B. (2013). Driving behavior and simulator sickness while driving the Vehicle in the Loop: Validation of longitudinal driving behavior. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 5(1), 52-57.
- Keskinen, E. (1996). Warum ist die Unfallrate junger Fahrerinnen und Fahrer höher? In BAST (Hrsg.), *Junge Fahrer und Fahrerinnen. Referate der Ersten Interdisziplinären Fachkonferenz. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Mensch und Sicherheit. Heft M52* (S. 42-53). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- kfz-Auskunft. (2012). Pflicht ESP für neue Automodelle ab 2014. <http://www.kfz-auskunft.de/news/14611.html> [abgerufen am 04.04.2015].
- Ko-FAS. (2013). Forschungsinitiative Ko-FAS. Kooperative Sensorik und kooperative Perzeption für die Präventive Sicherheit im Straßenverkehr. www.kofas.de [abgerufen am 04.04.2015].
- Köhler, L., Bengler, K., Mergl, C., & Wurm, F. (2015). Priorisierung und Kategorisierung von Meldungen im Fahrzeug. Expertenbefragung zu fahrrelevanten Informationen. 8. VDI-Tagung 'Der Fahrer im 21. Jahrhundert. Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit'. VDI-Berichte 2264 (S. 295-308). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Kontogiannis, T., Kossiavelou, Z., & Marmaras, N. (2002). Self-reports of aberrant behaviour on the roads: errors and violations in a sample of Greek drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 34(3), 381-399.
- Kopischke, S. (2000). *Entwicklung einer Notbremsfunktion mit Rapid Prototyping Methoden. Berichte aus dem Institut für Elektrische Meßtechnik und Grundlagen der Elektrotechnik der Technischen Universität Braunschweig, Band 10*. Aachen, Mainz: Dissertation an der Technischen Universität Braunschweig.

- Kroj, G., & Schulze, H. (2002). Das Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer - Ursachen und Lösungsperspektiven. In BAST (Hrsg.), *Zweite Konferenz "Junge Fahrer und Fahrerinnen". Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Mensch und Sicherheit. Heft M143* (S. 21-27). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Krüger, H.-P. (2010). "Ursachenanalyse" Beitrag 48. Deutscher Verkehrsgerichtstag in Goslar, 27. - 29.01.2010. *Online verfügbar unter: http://www.movimo.de/fileadmin/downloads/Krueger_2010_Unfallrisiko_junge_Fahrer_Ursachenanalyse_Volltext_02.pdf [abgerufen am 04.12.2013].*
- Laapotti, S., & Keskinen, E. (1998). Differences in fatal loss-of-control accidents between young male and female drivers. *Accident Analysis and Prevention, 30*(4), 435-442.
- Laapotti, S., & Keskinen, E. (2004). Has the difference in accident patterns between male and female drivers changed between 1984 and 2000? *Accident Analysis and Prevention, 36*(4), 577-584.
- Laapotti, S., Keskinen, E., Hatakka, M., & Katila, A. (2001). Novice drivers' accidents and violations - a failure on higher or lower hierarchical levels of driving behaviour. *Accident Analysis and Prevention, 33*(6), 759-769.
- Lahrman, H., Agerholm, N., Tradisauskas, N., Berthelsen, K. K., & Harms, L. (2012). Pay as you speed, ISA with incentives for not speeding: Results and interpretation of speed data. *Accident Analysis and Prevention, 48*, 17-28.
- Lahrman, H., Agerholm, N., Tradisauskas, N., Næss, T., Juhl, J., & Harms, L. (2012). Pay as you speed, ISA with incentives for not speeding: A case of test driver recruitment. *Accident Analysis and Prevention, 48*, 10-16.
- Lajunen, T., Parker, D., & Summala, H. (2004). The Manchester Driver Behaviour Questionnaire: a cross-cultural study. *Accident Analysis and Prevention, 36*(2), 231-238.
- Lambert-Bélanger, A., Dubois, S., Weaver, B., Mullen, N., & Bédard, M. (2012). Aggressive driving behaviour in young drivers (aged 16 through 25) involved in fatal crashes. *Journal of Safety Research, 43*(5-6), 333-338.
- Langford, J., Methorst, R., & Hakamies-Blomqvist, L. (2006). Older drivers do not have a high crash risk - A replication of low mileage bias. *Accident Analysis and Prevention, 38*(3), 574-578.
- Langwieder, K., Bengler, K., & Maier, F. (2012). Effectiveness of Driver Assistance Systems and the need of promotion regarding the aim vision zero. *Proceedings of the ICrash (International Crash Worthiness-Conference) 2012, Milano, Italy, July 18-20.*
- Larsen, L. (2004). Methods of multidisciplinary in-depth analyses of road traffic accidents. *Journal of Hazardous Materials, 111*, 115-122.
- Lawton, R., Parker, D., Manstead, A. S. R., & Stradling, S. G. (1997). The role of affect in predicting social behaviors: The case of road traffic violations. *Journal of Applied Social Psychology, 27*(14), 1258-1276.

- Lawton, R., Parker, D., Stradling, S. G., & Manstead, A. S. R. (1997). Predicting road traffic accidents: The role of social deviance and violation. *British Journal of Psychology*, 88(2), 249-262.
- Lee, J. D. (2007). Technology and teen drivers. *Journal of Safety Research*, 38(2), 203-213.
- Lermer, R. (2010). Konzeption und Bewertung eines fahrsituations- und fahrerleistungsadaptiven Warn- und Informationsmanagers. *Dissertation an der Universität der Bundeswehr München*.
- Lermer, R., Eckstein, L., Müller, O., & Schumann, J. (2007). Warn- und Informationsmanagement (WIM) im PKW: Zeitkritikalität, Fahrerleistung, Fahrsituation. *Fahrer im 21. Jahrhundert. Human Machine Interface. VDI-Berichte Nr. 2015* (S. 279-284). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Leutner, D., Brünken, R., & Willmes-Lenz, G. (2009). Fahren lernen und Fahrausbildung. In H.-P. Krüger (Hrsg.), *Anwendungsfelder der Verkehrspsychologie* (S. 1-79). Göttingen: Hogrefe Verlag GmbH.
- Lorenz, L. M. (2014). Entwicklung und Bewertung aufmerksamkeitslenkender Warn- und Informationskonzepte für Fahrerassistenzsysteme. *Dissertation an der Technischen Universität München*.
- Lorenz, L., Lindberg, T., & Bengler, K. (2014). Neuartige Warnstrategien zur Ausrichtung der Aufmerksamkeit bei Kollisionsgefahr. 9. *Workshop Fahrerassistenzsysteme. FAS 2014. Walting im Altmühltal, 26.-28. März 2014*, (S. 127-136).
- Lourens, P. F., Vissers, J. A. M. M., & Jessurun, M. (1999). Annual mileage, driving violations, and accident involvement in relation to drivers` sex, age, and level of education. *Accident Analysis and Prevention*, 31(5), 593-597.
- Lucidi, F., Giannini, A. M., Sgalla, R., Mallia, L., Devoto, A., & Reichmann, S. (2010). Young novice driver subtypes: Relationship to driving violations, errors and lapses. *Accident Analysis and Prevention*, 42(6), 1689-1696.
- Marmor, M., & Marmor, N. E. (2006). Slippery road conditions and fatal motor vehicle crashes in the northeastern United States, 1998-2002. *American Journal of Public Health*, 96(5), 914-920.
- Massie, D. L., Campbell, K. L., & Williams, A. F. (1995). Traffic accident involvement rates by driver age and gender. *Accident Analysis and Prevention*, 27(1), 73-87.
- Maycock, G., Lockwood, C. R., & Lester, J. F. (1991). *The accident liability of car drivers. TRL Research Report 315*. Crowthorne: Transport Research Laboratory.
- Mayhew, D. R., Simpson, H. M., & Pak, A. (2003). Changes in collision rates among novice drivers during the first months of driving. *Accident Analysis and Prevention*, 35(5), 683-691.
- McCartt, A. T., Shabanova, V. I., & Leaf, W. A. (2003). Driving experience, crashes and traffic citations of teenage beginning drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 35(3), 311-320.

- McGwin Jr., G., & Brown, D. B. (1999). Characteristics of traffic crashes among young, middle-aged, and older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 31(3), 181-198.
- McKnight, A. J., & McKnight, A. S. (2003). Young novice drivers: careless or clueless? *Accident Analysis and Prevention*, 35(6), 921-925.
- Michon, J. A. (1985). A critical review of driver behaviour models: what do we know, what should we know? In L. Evans, & R. G. Schwing (Hrsg.), *Human behavior and traffic safety* (S. 485-520). New York: Plenum Press.
- Mourant, R. R., & Rockwell, T. H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*, 14(4), 325-335.
- Murphey, Y. L., Milton, R., & Kiliaris, L. (2009). Driver's style classification using jerk analysis. *IEEE Workshop on Computational Intelligence in Vehicles and Vehicular Systems, Nashville, TN, USA, March 30-April 2*, (S. 23-28).
- Näätänen, R., & Summala, H. (1974). A model for the role of motivational factors in drivers' decision-making. *Accident Analysis and Prevention*, 6(3-4), 243-261.
- Näätänen, R., & Summala, H. (1976). *Road-user behavior and traffic accidents*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- O'Connor, B. P. (2000). SPSS and SAS programs for determining the number of components using parallel analysis and Velicer's MAP test. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 32(3), 396-402.
- OECD. (2014). Road Safety Annual Report 2014. Summary. *Online verfügbar unter: http://www.oecd-ilibrary.org/transport/road-safety-annual-report_23124571 [abgerufen am 22.02.2015]*.
- Opel. (2015). Opel Corsa. Fahrer-Assistenzsysteme. *<http://www.opel.de/fahrzeuge/modelle/personenwagen/corsa-5-tuerer/index.html#Innovations> [abgerufen am 07.04.2015]*.
- Otte, D., Pund, B., & Jänsch, M. (2009). Unfallursachen-Analyse ACASS für Erhebungen am Unfallort – Seven-Steps-Methode. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 55(3), 122-128.
- Özkan, T., Lajunen, T., & Summala, H. (2006). Driver Behaviour Questionnaire: A follow-up study. *Accident Analysis and Prevention*, 38(2), 386-395.
- Özkan, T., Lajunen, T., Chliaoutakis, J. E., Parker, D., & Summala, H. (2006). Cross-cultural differences in driving behaviours: A comparison of six countries. *Transportation Research Part F*, 9(3), 227-242.
- Parker, D., Lajunen, T., & Stradling, S. (1998). Attitudinal predictors of interpersonally aggressive violations on the road. *Transportation Research Part F*, 1(1), 11-24.
- Parker, D., Reason, J. T., Manstead, A. S. R., & Stradling, S. G. (1995). Driving errors, driving violations and accident involvement. *Ergonomics*, 38(5), 1036-1048.

- Parker, D., West, R., Stradling, S., & Manstead, A. S. R. (1995). Behavioural characteristics and involvement in different types of traffic accident. *Accident Analysis and Prevention*, 27(4), 571-581.
- Patten, C. J. D., Kircher, A., Östlund, J., Nilsson, L., & Svenson, O. (2006). Driver experience and cognitive workload in different traffic environments. *Accident Analysis and Prevention*, 38(5), 887-894.
- Pelz, D. C., & Krupat, E. (1974). Caution profile and driving record of undergraduate males. *Accident Analysis and Prevention*, 6(1), 45-58.
- Petermann-Stock, I., & Rhede, J. (2013). Intelligente Strategien für nutzerzentrierte MMI Konzepte im urbanen Raum. 7. VDI-Tagung 'Der Fahrer im 21. Jahrhundert. Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit'. VDI-Berichte 2205 (S. 263-286). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Pollatsek, A., Narayanaan, V., Pradhan, A., & Fisher, D. L. (2006). Using eye movements to evaluate a PC-based risk awareness and perception training program on a driving simulator. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 48(3), 447-464.
- Pradhan, A. K., Fisher, D. L., & Pollatsek, A. (2005). The effects of PC-based training on novice drivers' risk awareness in a driving simulator. *Proceedings of the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, Rockport, Maine, June 27-30*, (S. 81-87).
- Pradhan, A. K., Fisher, D. L., Pollatsek, A., Knodler, M., & Langone, M. (2006). Field evaluation of a risk awareness and perception training program for younger drivers. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting, San Francisco, California, USA, October 16-20*, (S. 2388-2391).
- Pradhan, A. K., Hammel, K. R., DeRamus, R., Pollatsek, A., Noyce, D. A., & Fisher, D. L. (2005). Using eye movements to evaluate effects of driver age on risk perception in a driving simulator. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 47(4), 840-852.
- Pradhan, A. K., Pollatsek, A., Knodler, M., & Fisher, D. L. (2009). Can younger drivers be trained to scan for information that will reduce their risk in roadway traffic scenarios that are hard to identify as hazardous? *Ergonomics*, 52(6), 657-673.
- Preusser, D. F., Ferguson, S. A., & Williams, A. F. (1998). The effect of teenage passengers on the fatal crash risk of teenage drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 30(2), 217-222.
- Raithel, J. (2011). *Jugendliches Risikoverhalten. Eine Einführung (2. überarbeitete Auflage)*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rasmussen, J. (1982). Human errors. A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents*, 4, 311-333.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; Signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 13(3), 257-266.
-

- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction. An approach to cognitive engineering*. Amsterdam: Elsevier Science Publishing Co.
- Reason, J. (1990). *Human error*. New York: Cambridge University Press.
- Reason, J. (1994). *Menschliches Versagen. Psychologische Risikofaktoren und moderne Technologien*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag GmbH.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads: a real distinction? *Ergonomics*, 33(10), 1315-1332.
- Reichart, G., & Haller, R. (1995). Mehr aktive Sicherheit durch neue Systeme für Fahrzeug und Straßenverkehr. In W. Fastenmeier (Hrsg.), *Autofahrer und Verkehrssituation. Neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme* (S. 199-215). Köln: TÜV Rheinland.
- Response 3. (2009). Code of Practice for the design and evaluation of ADAS. *Online verfügbar unter: http://www.acea.be/uploads/publications/20090831_Code_of_Practice_ADAS.pdf [abgerufen am 27.03.2014]*.
- Rhede, J., Wäller, C., & Oel, P. (2011). Der FAS Warnbaukasten. Strategie für die systematische Entwicklung und Ausgabe von HMI-Warnungen. 7. VDI-Tagung 'Der Fahrer im 21. Jahrhundert. Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit'. *VDI-Berichte 2205* (S. 63-74). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Rimmö, P.-A. (2002). Aberrant driving behaviour: homogeneity of a four-factor structure in samples differing in age and gender. *Ergonomics*, 45(8), 569-582.
- Robertson, L. S., & Baker, S. P. (1975). Prior violation records of 1447 drivers involved in fatal crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 7(2), 121-128.
- Roßner, P., Dettmann, A., Jentsch, M., & Bullinger, A. C. (2013). Visuelle Fahrerassistenz im Head-up-Display. Ein besonderer Sicherheitsgewinn für ältere Fahrzeugführer. 7. VDI-Tagung 'Der Fahrer im 21. Jahrhundert. Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit'. *VDI-Berichte 2205* (S. 175-188). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.
- Rothengatter, T. (1988). Risk and the absence of pleasure: a motivational approach to modelling road user behaviour. *Ergonomics*, 31(4), 599-607.
- Rüger, F., Purucker, C., Schneider, N., Neukum, A., & Färber, B. (2014). Validierung von Engstellenszenarien und Querdynamik im dynamischen Fahrsimulator und Vehicle in the Loop. 9. Workshop Fahrerassistenzsysteme. *FAS 2014. Waiting im Altmühltal*, 26.-28. März 2014, (S. 137-146).
- Rusch, M. L., Schall, Jr., M. C., Lee, J. D., Dawson, J. D., & Rizzo, M. (2014). Augmented reality cues to assist older drivers with gap estimation for left-turns. *Accident Analysis and Prevention*, 71, 210-221.
- Ryan, G. A., Legge, M., & Rosman, D. (1998). Age related changes in drivers` crash risk and crash type. *Accident Analysis and Prevention*, 30(3), 379-387.

- Sagberg, F., & Bjørnskau, T. (2006). Hazard perception and driving experience among novice drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 38(2), 407-414.
- Schall Jr., M. C., Rusch, M. L., Lee, J. D., Dawson, J. D., Thomas, G., Aksan, N., & Rizzo, M. (2013). Augmented reality cues and elderly driver hazard perception. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 55(3), 643-658.
- Schmitt, J., Breu, A., Maurer, M., & Färber, B. (2007). Simulation des Bremsverhaltens in Gefahrensituationen mittels experimentell validiertem Fahrermodell. *Fahrer im 21. Jahrhundert. Human Machine Interface. VDI-Berichte 2015* (S. 75-88). Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH.
- Schulz, A., & Fröming, R. (2008). Analyse des Fahrerverhaltens zur Darstellung adaptiver Eingriffsstrategien von Assistenzsystemen. *ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift*, 110(12), 1124-1131.
- Scialfa, C. T., Borkenhagen, D., Lyon, J., Deschênes, M., Horswill, M., & Wetton, M. (2012). The effects of driving experience on responses to a static hazard perception test. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 547-553.
- Scialfa, C. T., Deschênes, M. C., Ference, J., Boone, J., Horswill, M. S., & Wetton, M. (2011). A hazard perception test for novice drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 43(1), 204-208.
- SensoMotoric Instruments. (2012). iView ETG User Manual Version 1.0. Teltow, Berlin.
- Sieber, M., Berg, G., Karl, I., Siedersberger, K.-H., Siegel, A., & Färber, B. (2013). Validation of driving behavior in the Vehicle-in-the-Loop: Steering responses in critical situations. *Proceedings of the 16th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013), The Hague, The Netherlands, October 6-9*, (S. 1101-1106).
- Skottke, E.-M., Biermann, A., Brünken, R., Debus, G., & Leutner, D. (2008). Unfallrisiko und Fahrerlaubnisbesitzdauer bei Fahranfängern. In J. Schade, & A. Engeln (Hrsg.), *Fortschritte der Verkehrspsychologie. Beiträge vom 45. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie* (S. 15-29). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Spiegel Online. (2012). Effizienzerziehung für Autofahrer: Spielen und sparen. <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/sprit-sparen-durch-spiele-fuer-autofahrer-a-842225.html> [abgerufen am 12.03.2016].
- Starke, A., & Hänsel, F. (2011). Vehicle in the Loop - Fahrerassistenzsysteme mit Virtual Reality im realen Fahrzeug testen, entwickeln und erleben. *ITS-Niedersachsen, AAET, Braunschweig, 9.-10.Februar*, (S. 230-244).
- Statistisches Bundesamt. (2012a). *Unfälle von 18- bis 24-Jährigen im Straßenverkehr 2011*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Bundesamt. (2012b). *Verkehrsunfälle 2011*. Fachserie 8 Reihe 7. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

- Statistisches Bundesamt. (2014). *Unfälle von 18- bis 24-Jährigen im Straßenverkehr 2013*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Staubach, M. (2009). Factors correlated with traffic accidents as a basis for evaluating Advanced Driver Assistance Systems. *Accident Analysis and Prevention*, 41(5), 1025-1033.
- Staubach, M. (2010). Identifikation menschlicher Einflüsse auf Verkehrsunfälle als Grundlage zur Beurteilung von Fahrerassistenzsystem-Potentialen. *Dissertation an der Technischen Universität Dresden*.
- Sullman, M. J. M., Meadows, M. L., & Pajo, K. B. (2002). Aberrant driving behaviours amongst New Zealand truck drivers. *Transportation Research Part F*, 5(3), 217-232.
- Toledo, T., & Lotan, T. (2006). In-vehicle data recorder for evaluation of driving behavior and safety. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1953, 112-119.
- Toledo, T., Musicant, O., & Lotan, T. (2008). In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on driver` behavior. *Transportation Research Part C*, 16(3), 320-331.
- Tricot, N., Sonnerat, D., & Popieul, J. C. (2002). Driving styles and traffic density diagnosis in simulated driving conditions. *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicle Symposium, Versailles, France, June 17-21*, (S. 298-303).
- Trübswetter, N., & Bengler, K. (2013). Why should I use ADAS? Advanced Driver Assistance Systems and the elderly: Knowledge, experience and usage barriers. *Proceedings of the Seventh International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design, Bolton Landing, New York, June 17-20*, (S. 495-501).
- Ulmer, R. G., Williams, A. F., & Preusser, D. F. (1997). Crash involvements of 16-year-old drivers. *Journal of Safety Research*, 28(2), 97-103.
- Underwood, G., Chapman, P., Bowden, K., & Crundall, D. (2002). Visual search while driving: skill and awareness during inspection of the scene. *Transportation Research Part F*, 5(2), 87-97.
- Underwood, G., Chapman, P., Brocklehurst, N., Underwood, J., & Crundall, D. (2003). Visual attention while driving: Sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers. *Ergonomics*, 46(6), 629-646.
- Underwood, G., Crundall, D., & Chapman, P. (2002). Selective searching while driving: the role of experience in hazard detection and general surveillance. *Ergonomics*, 45(1), 1-12.
- UR:BAN. (2014). UR:BAN Halbzeitpräsentation Braunschweig 14.05.2014. Posterübersicht. Online verfügbar unter: http://www.urban-online.org/cms/upload/download/allgemein/Halbzeitpraesentation_2014-05-14/Plakate/Poster_Ringbuch.pdf [abgerufen am 05.04.2015].
- UR:BAN. (2015). Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement. www.urban-online.org [abgerufen am 04.04.2015].
-

- van der Molen, H. H., & Bötticher, A. M. T. (1988). A hierarchical risk model for traffic participants. *Ergonomics*, 31(4), 537-555.
- van der Pas, J. W. G. M., Kessels, J., Veroude, B. D. G., & van Wee, B. (2014). Intelligent speed assistance for serious speeders: The results of the Dutch Speedlock trial. *Accident Analysis and Prevention*, 72, 78-94.
- Vassallo, S., Smart, D., Sanson, A., Harrison, W., Harris, A., Cockfield, S., & McIntyre, A. (2007). Risky driving among young Australian drivers: Trends, precursors and correlates. *Accident Analysis and Prevention*, 39(3), 444-458.
- Velichkovsky, B. M., Rothert, A., Kopf, M., Dornhöfer, S. M., & Joos, M. (2002). Towards an express-diagnostics for level of processing and hazard perception. *Transportation Research Part F*, 5(2), 145-156.
- Volkswagen. (2015). Polo. Beeindruckt mit Sicherheit. <http://www.volkswagen.de/de/models/der-polo/highlights.html#/flash=ae264cc805ea6eb120a3d31583bc2b6e@Sicherheit> [abgerufen am 07.04.2015].
- Vollrath, M. (2010). Welche Fehler führen zu Unfällen? *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 56(1), 31-36.
- Vollrath, M., Briest, S., & Schießl, C. (2006). Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit. In BAST (Hrsg.), *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Fahrzeugtechnik. Heft F60*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Warner, H. W., & Åberg, L. (2008). The long-term effects of an ISA speed-warning device on drivers' speeding behaviour. *Transportation Research Part F*, 11(2), 96-107.
- Wasielowski, P. (1984). Speed as a measure of driver risk: Observed speeds versus driver and vehicle characteristics. *Accident Analysis and Prevention*, 16(2), 89-103.
- Weber, S., Ernstberger, A., Eckart, D., & Kiss, M. (2013). Learning from accidents: Using technical and subjective information to identify accident mechanisms and to develop Driver Assistance Systems. In L. Dorn, & M. Sullman (Hrsg.), *Driver Behaviour and Training. Volume VI* (S. 223-230). Farnham: Ashgate.
- Weiß, J. (2003). *Beitrag zur Entwicklung eines optimierten Bremsassistenten*. Stuttgart: Economica-Verlag.
- Westerman, S. J., & Haigney, D. (2000). Individual differences in driver stress, error and violation. *Personality and Individual Differences*, 29(5), 981-998.
- Wetton, M. A., Horswill, M. S., Hatherly, C., Wood, J. M., Pachana, N. A., & Anstey, K. J. (2010). The development and validation of two complementary measures of drivers' hazard perception ability. *Accident Analysis and Prevention*, 42(4), 1232-1239.

- WHO. (2013). Global status report on road safety 2013. Supporting a decade of action. Online verfügbar unter: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/en/ [abgerufen am 21.02.2015].
- Williams, A. F., Preusser, D. F., Ulmer, R. G., & Weinstein, H. B. (1995). Characteristics of fatal crashes of 16-year-old drivers: Implications for licensure policies. *Journal of Public Health Policy*, 16(3), 347-360.
- Winner, H. (2002). Fahrerassistenzsysteme - Stand der Technik und Ausblick. 1. *Autoforum Sachsen - Sachsen wieder Autoland. VDI-Berichte 1702* (S. 89-95). Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH.
- Yannis, G., Evgenikos, P., Papantoniou, P., Broughton, J., Knowles, J., Brandstatter, C., et al. (2011). Traffic Safety Basic Facts 2011. Young People (Aged 18-24). Online verfügbar unter: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/statistics/dacota/bfs2011_dacota-ntua-young_people.pdf [abgerufen am 21.01.2015].
- Young, K. L., Regan, M. A., Triggs, T. J., Jontof-Hutter, K., & Newstead, S. (2010). Intelligent speed adaptation – Effects and acceptance by young inexperienced drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 42(3), 935-943.
- Zimmer, A. (2001). Wie intelligent darf/muss ein Auto sein? Anmerkungen aus ingenieurpsychologischer Sicht. In T. Jürgensohn, & K.-P. Timpe (Hrsg.), *Krafffahrzeugführung* (S. 39-55). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Zuckerman, M., & Neeb, M. (1980). Demographic influences in sensation seeking and expressions of sensation seeking in religion, smoking and driving habits. *Personality and Individual Differences*, 1(3), 197-206.

Anhang A

Definition Unfalltypen¹⁹

Fahrerunfall (F)

Der Unfall wurde ausgelöst durch den Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug (wegen nichtangepasster Geschwindigkeit oder falscher Einschätzung des Straßenverlaufs, des Straßenzustandes o. ä.), ohne dass andere Verkehrsteilnehmer dazu beigetragen haben. Infolge unkontrollierter Fahrzeugbewegungen kann es dann aber zum Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern gekommen sein.

Abbiege-Unfall (AB)

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer (auch Fußgänger) an Kreuzungen, Einmündungen, Grundstücks- oder Parkplatzzufahrten. Wer einer Straße mit abknickender Vorfahrt folgt, ist kein Abbieger.

Einbiegen / Kreuzen-Unfall (EK)

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem vorfahrtberechtigten Fahrzeug an Kreuzungen, Einmündungen oder Ausfahrten von Grundstücken und Parkplätzen.

Überschreiten-Unfall (ÜS)

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug und einem Fußgänger auf der Fahrbahn, sofern das Fahrzeug nicht abgebogen ist. Dies gilt auch, wenn der Fußgänger nicht angefahren wurde.

Unfall durch ruhenden Verkehr (RV)

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug des fließenden Verkehrs und einem Fahrzeug, das parkt / hält bzw. Fahrmanöver im Zusammenhang mit dem Parken / Halten durchführte.

Unfall im Längsverkehr (LV)

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegten, sofern dieser Konflikt nicht einem anderen Unfalltyp entspricht.

Sonstiger Unfall (SO)

Hierzu zählen alle Unfälle, die keinem anderen Unfalltyp zuzuordnen sind.

Beispiele: Wenden, Rückwärtsfahren, Parker untereinander, Hindernis oder Tier auf der Fahrbahn, plötzlicher Fahrzeugschaden (Bremsversagen, Reifenschäden o. ä.)

¹⁹ Die Beschreibung der Unfalltypen entspricht im genauen Wortlaut der Definition aus Statistisches Bundesamt (2012b, S. 16).

Anhang B

Entwicklung einer deutschen DBQ Version

Tabelle B. 1: Deutsche DBQ-Version – Übersicht über die verwendeten 36 Items – Teil 1

DBQ-Items	Item-Ursprung
Item 1 Sie versuchen, jemanden zu überholen und bemerken nicht, dass er bereits nach links blinkt und abbiegen möchte.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 2 Sie ordnen sich vor einer Kreuzung in die falsche Spur ein.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 3 Sie übersehen ein „Vorfahrt gewähren“-Schild und stoßen beinahe mit einem bevorrechtigten Verkehrsteilnehmer zusammen.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 4 Sie erwischen im Kreisverkehr die falsche Ausfahrt.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 5 Sie bemerken beim Abbiegen von der Haupt- in eine Nebenstraße Fußgänger nicht, die die Straße überqueren.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 6 Sie fahren dicht auf ein vorausfahrendes Fahrzeug auf, um dem Fahrer zu signalisieren, dass er schneller fahren soll oder Ihre Spur verlassen soll.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 7 Sie achten beim Rechtsabbiegen in eine Vorfahrtsstraße so sehr auf den von links kommenden Verkehr, dass Sie beinahe auf den Vordermann auf Ihrer Spur auffahren.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 8 Sie fahren noch über eine Ampel, obwohl Sie wissen, dass Sie eigentlich anhalten müssten.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 9 Sie biegen nach rechts ab und stoßen beinahe mit einem geradeaus fahrenden Radfahrer zusammen.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 10 Sie halten sich nachts oder bei wenig Verkehr nicht an Geschwindigkeitsbegrenzungen.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)

Tabelle B. 2: Deutsche DBQ-Version – Übersicht über die verwendeten 36 Items – Teil 2

DBQ-Items	Item-Ursprung
Item 11 Sie versuchen, im dritten Gang an der Ampel anzufahren.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 12 Sie schauen beim Herausfahren aus einer Ausfahrt, beim Spurwechsel, etc. nicht in den Rückspiegel.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 13 Sie ärgern sich über ein auf der Autobahn links fahrendes langsames Fahrzeug und überholen es rechts.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 14 Sie unterschätzen beim Überholen die Geschwindigkeit eines entgegenkommenden Fahrzeugs.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 15 Sie betätigen aus Versehen einen Schalter (z. B. für den Blinker), obwohl Sie eigentlich einen anderen betätigen wollten (z. B. für die Scheibenwischer).	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 16 Sie bremsen auf rutschiger Fahrbahn zu scharf oder lenken nicht richtig, so dass Sie ins Schleudern kommen.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 17 Sie wollen nach A fahren und merken plötzlich, dass Sie sich auf dem Weg nach B befinden, z. B. weil Sie sonst immer nach B fahren.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 18 Sie lassen sich auf Wettrennen mit anderen Autofahrern ein.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 19 Sie stellen fest, dass Sie eigentlich nicht genau wissen, wie die Strecke aussah, die Sie gerade gefahren sind.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 20 Sie ärgern sich über einen anderen Fahrer und jagen ihm hinterher, um ihm zu zeigen, was Sie von ihm halten.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 21 Sie fahren beim Zurückstoßen gegen etwas, was Sie vorher nicht gesehen haben.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)
Item 22 Sie fahren, obwohl Sie wissen, dass Sie möglicherweise mehr Alkohol getrunken haben als erlaubt.	(Parker, Reason, Manstead, & Stradling, 1995)

Tabelle B. 3: Deutsche DBQ-Version – Übersicht über die verwendeten 36 Items – Teil 3

DBQ-Items	Item-Ursprung
Item 23 Sie halten sich auf Landstraßen nicht an Geschwindigkeitsbegrenzungen.	(Lawton, Parker, Manstead, & Stradling, 1997)
Item 24 Sie fahren auf das Fahrzeug vor Ihnen so dicht auf, dass es im Falle eines Notfalls schwer wird rechtzeitig anzuhalten.	(Lawton, Parker, Manstead, & Stradling, 1997)
Item 25 Sie halten sich auf Autobahnen nicht an Geschwindigkeitsbegrenzungen.	(Lawton, Parker, Manstead, & Stradling, 1997)
Item 26 Sie beschleunigen stark von der Ampel weg, um schneller zu sein als der Fahrer neben Ihnen.	(Lawton, Parker, Manstead, & Stradling, 1997)
Item 27 Sie fahren so weit aus einer Einfahrt, Nebenstraße, etc. heraus, dass der vorfahrtsberechtigte Fahrer anhalten und sie herausfahren lassen muss.	(Lawton, Parker, Manstead, & Stradling, 1997)
Item 28 Sie telefonieren während der Autofahrt ohne Freisprecheinrichtung mit dem Handy.	Durch Autorin ergänzt
Item 29 Sie fahren noch zu einem Termin, nach Hause, etc., obwohl Sie eigentlich schon zu müde zum Fahren sind.	Durch Autorin ergänzt
Item 30 Sie lesen oder schreiben während Sie Autofahren SMS oder E-Mails.	Durch Autorin ergänzt
Item 31 Sie schauen auf Ihren Tacho und stellen fest, dass Sie unbewusst schneller fahren als erlaubt.	(Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990)
Item 32 Abgelenkt oder in Gedanken versunken, erkennen Sie zu spät, dass das vorausfahrende Fahrzeug langsamer geworden ist, und müssen daher stark auf die Bremse treten, um einen Unfall zu vermeiden.	(Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990)
Item 33 Sie sind nach rechts auf eine Hauptstraße abgebogen – direkt vor ein von links kommendes Fahrzeug, welches Sie nicht gesehen hatten oder dessen Geschwindigkeit Sie falsch eingeschätzt hatten.	(Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990)

Tabelle B. 4: Deutsche DBQ-Version – Übersicht über die verwendeten 36 Items – Teil 4

DBQ-Items	Item-Ursprung
Item 34 Sie bemerken nicht, dass ein Fußgänger hinter einem Bus oder parkenden Fahrzeug die Straße überqueren will, bis es fast zu spät ist.	(Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990)
Item 35 Sie sehen beim Fahren nur mit einem Auge auf die Straße, während Sie das Navi, den Radio etc. bedienen.	(Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990)
Item 36 Sie schätzen beim Linksabbiegen die Lückengröße zu einem entgegenkommenden Fahrzeug falsch ein und es kommt fast zu einer Kollision.	(Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990)

Tabelle B. 5: Durchschnittliche Häufigkeiten, Schiefe und Kurtosis der 36 mittels des DBQ erfassten Verhaltensweisen (absteigend nach Häufigkeit) – Teil 1

Item DBQ-deutsch	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Schiefe</i>	<i>Kurtosis</i>
Item 10 Geschwindigkeitsbegrenzungen nachts oder bei wenig Verkehr	2.41	1.46	0.28	-0.82
Item 23 Geschwindigkeitsbegrenzung Landstraßen	2.18	1.38	0.61	-0.47
Item 25 Geschwindigkeitsbegrenzung Autobahn	2.15	1.39	0.51	-0.59
Item 31 Tacho, unbewusst schneller als erlaubt	1.74	1.11	0.59	0.49
Item 8 Fahren über Ampel, obwohl schon zu spät	1.72	1.01	0.64	0.66
Item 35 Nur ein Auge auf der Straße während Bedienung Navi, etc.	1.62	1.07	0.84	0.83
Item 6 Dichtes Auffahren, um zu signalisieren, dass Vordermann schneller fahren soll	1.48	1.29	0.61	-0.32
Item 19 Nicht wissen wie Strecke aussah	1.48	1.17	0.74	0.34
Item 26 Starkes Beschleunigen weg von Ampel	1.43	1.25	0.87	0.43
Item 2 Falsches Einordnen vor Kreuzung	1.33	0.67	0.48	0.49
Item 29 Fahren trotz Müdigkeit	1.28	1.01	0.79	0.70
Item 13 Rechts Überholen	1.20	1.22	0.92	0.30
Item 24 Dichtes Auffahren, im Notfall schwer zu bremsen	1.13	0.93	0.66	0.13

Tabelle B. 6: Durchschnittliche Häufigkeiten, Schiefe und Kurtosis der 36 mittels des DBQ erfassten Verhaltensweisen (absteigend nach Häufigkeit) – Teil 2

Item DBQ-deutsch	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Schiefe</i>	<i>Kurtosis</i>
Frage 28 Telefonieren ohne Freisprecheinrichtung	1.04	1.13	1.45	2.29
Item 32 Zu spätes Erkennen, dass vorausfahrendes Fahrzeug langsamer wird	0.93	0.68	0.47	0.65
Item 30 Lesen / Schreiben von SMS / E-Mails	0.89	1.11	1.54	2.33
Item 17 Nach A fahren wollen, aber auf Weg nach B befinden	0.86	0.88	1.01	1.19
Item 4 Falsche Ausfahrt Kreisverkehr	0.80	0.69	0.50	-0.02
Item 15 Betätigung falscher Schalter	0.79	0.76	0.71	0.19
Item 5 Abbiegen, Übersehen Fußgänger	0.74	0.71	0.67	0.08
Item 12 Nicht in Rückspiegel schauen	0.63	0.88	1.87	4.76
Item 33 Abbiegen, direkt vor ein von links kommendes Fahrzeug	0.58	0.58	0.39	-0.75
Item 14 Unterschätzen Geschwindigkeit entgegenkommendes Fzg. beim Überholen	0.57	0.60	0.53	-0.62
Item 18 Wettrennen mit anderen Autofahrern	0.54	0.80	1.52	2.43
Item 1 Überholen, obwohl vorausfahrendes Fzg. bereits links blinkt	0.52	0.60	0.82	0.26
Item 7 Achten auf links kommenden Verkehr, beinahe Auffahren auf Vordermann	0.49	0.66	1.22	1.15

Tabelle B. 7: Durchschnittliche Häufigkeiten, Schiefe und Kurtosis der 36 mittels des DBQ erfassten Verhaltensweisen (absteigend nach Häufigkeit) – Teil 3

Item DBQ-deutsch	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Schiefe</i>	<i>Kurtosis</i>
Item 27 So weit aus Einfahrt herausfahren, dass vorfahrtsberechtigtes Fzg. anhalten muss	0.49	0.66	1.35	2.24
Item 3 Übersehen Vorfahrt gewähren Schild	0.42	0.55	0.93	0.24
Item 29 Rechts abbiegen, beinahe Zusammenstoß mit Radfahrer	0.39	0.60	1.36	1.36
Item 20 Anderem Fahrer hinterher jagen	0.34	0.65	2.15	5.13
Item 21 Fahren gegen etwas beim Zurückstoßen	0.31	0.52	1.38	0.94
Item 11 Versuchen im dritten Gang anzufahren	0.27	0.54	1.92	2.74
Item 16 Bremsen auf rutschiger Fahrbahn, Schleudern	0.27	0.47	1.38	0.73
Item 34 Bemerkten Fußgänger hinter Bus erst sehr spät	0.27	0.50	1.79	2.95
Item 22 Zu viel Alkohol getrunken	0.25	0.55	2.52	7.72
Item 36 Lückengröße Linksabbiegen falsch einschätzen	0.24	0.46	1.76	3.02

Tabelle B. 8: Ergebnisse exploratorische Faktorenanalyse Korrelationsmatrix

	Item2	Item6	Item8	Item10	Item13	Item19	Item23	Item24	Item25	Item26	Item28	Item29	Item31	Item35	
Korrelation	Item2	1,000	-,014	,139	-,106	,067	,212	,094	,016	,087	,136	,061	,257	,206	,186
	Item6	-,014	1,000	,304	,395	,494	,057	,384	,627	,378	,391	,184	,267	,175	,249
	Item8	,139	,304	1,000	,368	,312	,128	,335	,285	,349	,331	,345	,303	,191	,248
	Item10	-,106	,395	,368	1,000	,350	,101	,802	,428	,728	,304	,327	,277	,313	,301
	Item13	,067	,494	,312	,350	1,000	,066	,330	,350	,316	,192	,248	,252	,179	,257
	Item19	,212	,057	,128	,101	,066	1,000	,116	,193	,127	,054	,100	,287	,227	,217
	Item23	,094	,384	,335	,802	,330	,116	1,000	,417	,755	,316	,355	,267	,286	,319
	Item24	,016	,627	,285	,428	,350	,193	,417	1,000	,408	,319	,249	,346	,246	,297
	Item25	,087	,378	,349	,728	,316	,127	,755	,408	1,000	,329	,319	,289	,333	,314
	Item26	,136	,391	,331	,304	,192	,054	,316	,319	,329	1,000	,206	,250	,193	,243
	Item28	,061	,184	,345	,327	,248	,100	,355	,249	,319	,206	1,000	,341	,170	,309
	Item29	,257	,267	,303	,277	,252	,287	,267	,346	,289	,250	,341	1,000	,269	,342
	Item31	,206	,175	,191	,313	,179	,227	,286	,246	,333	,193	,170	,269	1,000	,314
	Item35	,186	,249	,248	,301	,257	,217	,319	,297	,314	,243	,309	,342	,314	1,000
Signifikanz (1-seitig)	Item2		,381	,001	,009	,008	,000	,018	,363	,026	,001	,087	,000	,000	,000
	Item6	,381		,000	,000	,000	,102	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	Item8	,001	,000		,000	,000	,002	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	Item10	,009	,000	,000		,000	,012	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	Item13	,008	,000	,000	,000		,071	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	Item19	,000	,102	,002	,012	,071		,005	,000	,002	,114	,013	,000	,000	,000
	Item23	,018	,000	,000	,000	,000	,005		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	Item24	,363	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000
	Item25	,026	,000	,000	,000	,000	,002	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000
	Item26	,001	,000	,000	,000	,000	,114	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000
	Item28	,087	,000	,000	,000	,000	,013	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000
	Item29	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000
	Item31	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000
	Item35	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,008

Tabelle B. 9: Ergebnisse exploratorische Faktorenanalyse – Anti-Image-Matrizen

	Item2	Item6	Item8	Item10	Item13	Item19	Item23	Item24	Item25	Item26	Item28	Item29	Item31	Item35	
Anti-Image-Kovarianz	Item2	,859	,054	-,044	-,018	-,023	-,111	-,005	,058	,022	-,077	,054	-,136	-,092	-,064
	Item6	,054	,476	-,026	-,008	-,197	,046	-,008	-,236	-,009	-,134	,054	-,014	,019	-,008
	Item8	-,044	-,026	,728	-,046	-,084	-,030	,014	,000	-,027	-,123	-,134	-,055	,003	-,009
	Item10	-,018	-,008	-,046	,307	-,028	,025	-,157	-,030	-,089	,009	-,003	-,002	-,036	,006
	Item13	-,023	-,197	-,084	-,028	,690	,020	-,007	,012	-,003	,067	-,056	-,033	-,017	-,053
	Item19	-,111	,046	-,030	,025	,020	,849	-,010	-,088	-,007	,050	,023	-,128	-,095	-,072
	Item23	-,005	-,008	,014	-,157	-,007	-,010	,287	-,014	-,126	-,018	-,051	,016	,015	-,023
	Item24	,058	-,236	,000	-,030	,012	-,088	-,014	,523	-,012	-,017	-,024	-,078	-,034	-,034
	Item25	,022	-,009	-,027	-,089	-,003	-,007	-,126	-,012	,369	-,036	-,005	-,019	-,063	-,014
	Item26	-,077	-,134	-,123	,009	,067	,050	-,018	-,017	-,036	,749	-,018	-,037	-,028	-,047
	Item28	,054	,054	-,134	-,003	-,056	,023	-,051	-,024	-,005	-,018	,747	-,137	,011	-,105
	Item29	-,136	-,014	-,055	-,002	-,033	-,128	,016	-,078	-,019	-,037	-,137	,692	-,046	-,081
	Item31	-,092	,019	,003	-,036	-,017	-,095	,015	-,034	-,063	-,028	,011	-,046	,790	-,116
	Item35	-,064	-,008	-,009	,006	-,053	-,072	-,023	-,034	-,014	-,047	-,105	-,081	-,116	,744
Anti-Image-Korrelation	Item2	,720 ^a	,085	-,056	-,034	-,030	-,130	-,010	,086	,040	-,095	,068	-,177	-,112	-,080
	Item6	,085	,785 ^a	-,044	-,022	-,344	,072	-,022	-,473	-,023	-,224	,090	-,024	,031	-,013
	Item8	-,056	-,044	,916 ^a	-,096	-,118	-,039	,031	,000	-,052	-,167	-,181	-,078	,003	-,013
	Item10	-,034	-,022	-,096	,857 ^a	-,060	,048	-,528	-,075	-,265	,019	-,007	-,004	-,073	,012
	Item13	-,030	-,344	-,118	-,060	,868 ^a	,026	-,015	,020	-,006	,093	-,078	-,047	-,023	-,074
	Item19	-,130	,072	-,039	,048	,026	,775 ^a	-,019	-,132	-,013	,063	,029	-,167	-,116	-,090
	Item23	-,010	-,022	,031	-,528	-,015	-,019	,834 ^a	-,036	-,387	-,040	-,111	,036	,031	-,051
	Item24	,086	-,473	,000	-,075	,020	-,132	-,036	,850 ^a	-,027	-,027	-,038	-,130	-,053	-,055
	Item25	,040	-,023	-,052	-,265	-,006	-,013	-,387	-,027	,897 ^a	-,069	-,010	-,038	-,116	-,028
	Item26	-,095	-,224	-,167	,019	,093	,063	-,040	-,027	-,069	,889 ^a	-,024	-,052	-,037	-,062
	Item28	,068	,090	-,181	-,007	-,078	,029	-,111	-,038	-,010	-,024	,881 ^a	-,190	,014	-,140
	Item29	-,177	-,024	-,078	-,004	-,047	-,167	,036	-,130	-,038	-,052	-,190	,884 ^a	-,063	-,113
	Item31	-,112	,031	,003	-,073	-,023	-,116	,031	-,053	-,116	-,037	,014	-,063	,909 ^a	-,151
	Item35	-,080	-,013	-,013	,012	-,074	-,090	-,051	-,055	-,028	-,062	-,140	-,113	-,151	,922 ^a

a. Maß der Stichprobeneignung

Ergebnisse des MAP-Tests – Exploratorische Faktorenanalyse

Run MATRIX procedure:

MGET created matrix CR.

The matrix has 14 rows and 14 columns.

The matrix was read from the record(s) of row type CORR.

Velicer's Minimum Average Partial (MAP) Test:

Eigenvalues

4,8210
1,4681
1,1544
,9561
,8893
,7791
,7678
,6819
,6337
,5449
,5238
,3140
,2753
,1906

Average Partial Correlations

	squared	power4
,0000	,0949	,0206
1,0000	,0278	,0021
2,0000	,0326	,0032
3,0000	,0263	,0019
4,0000	,0348	,0041
5,0000	,0486	,0078
6,0000	,0705	,0158
7,0000	,0948	,0338
8,0000	,1308	,0543
9,0000	,2063	,1170
10,0000	,3409	,2256
11,0000	,3286	,2107
12,0000	,5081	,3778
13,0000	1,0000	1,0000

The smallest average squared partial correlation is
,0263

The smallest average 4rth power partial correlation is
,0019

The Number of Components According to the Original (1976) MAP Test is
3

The Number of Components According to the Revised (2000) MAP Test is
3

----- END MATRIX -----

Tabelle B. 10: Exploratorische Faktorenanalyse – Übersicht der erklärten Gesamtvarianz

Faktor	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion			Rotierte Summe der quadrierten Ladungen ^a
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt
1	4,821	34,436	34,436	2,549	18,204	18,204	3,741
2	1,468	10,487	44,923	2,574	18,385	36,588	3,191
3	1,154	8,246	53,169	1,026	7,327	43,916	2,821
4	,956	6,829	59,998				
5	,889	6,352	66,350				
6	,779	5,565	71,915				
7	,768	5,484	77,399				
8	,682	4,870	82,270				
9	,634	4,527	86,796				
10	,545	3,892	90,689				
11	,524	3,741	94,430				
12	,314	2,243	96,672				
13	,275	1,966	98,639				
14	,191	1,361	100,000				

Extraktionsmethode: Maximum Likelihood.

a. Wenn Faktoren korreliert sind, können die Summen der quadrierten Ladungen nicht addiert werden, um eine Gesamtvarianz zu erhalten.

Tabelle B. 11: Exploratorische Faktorenanalyse – Kommunalitäten

	Anfänglich	Extraktion
Item2	,141	,156
Item6	,524	,999
Item8	,272	,265
Item10	,693	,775
Item13	,310	,298
Item19	,151	,182
Item23	,713	,829
Item24	,477	,479
Item25	,631	,692
Item26	,251	,234
Item28	,253	,247
Item29	,308	,448
Item31	,210	,230
Item35	,256	,316

Extraktionsmethode: Maximum Likelihood.

Tabelle B. 12: Exploratorische Faktorenanalyse – Strukturmatrix

	Faktor		
	1	2	3
Item23	,907	,490	,439
Item10	,879	,498	,447
Item25	,831	,482	,463
Item6	,433	,977	
Item24	,480	,674	,435
Item13	,384	,532	,343
Item26	,366	,442	,366
Item29	,340	,381	,661
Item35	,376	,348	,550
Item28	,402		,465
Item31	,359		,463
Item8	,413	,385	,462
Item19			,414
Item2			,371

Extraktionsmethode: Maximum-Likelihood.

Rotationsmethode: Promax mit Kaiser-Normalisierung.

Tabelle B. 13: Durchschnittliche Häufigkeiten, der 10 mittels des DBQ erfassten Verhaltensweisen (absteigend nach Häufigkeit)

Item DBQ-deutsch	<i>M</i>	<i>SD</i>
Item 10 Geschwindigkeitsbegrenzungen nachts oder bei wenig Verkehr	2.32	1.37
Item 23 Geschwindigkeitsbegrenzung Landstraßen	2.21	1.28
Item 25 Geschwindigkeitsbegrenzung Autobahn	2.17	1.33
Item 35 Nur ein Auge auf der Straße während Bedienung Navi, etc.	1.92	1.09
Item 19 Nicht wissen wie Strecke aussah	1.60	1.01
Item 6 Dichtes Auffahren, um zu signalisieren, dass Vordermann schneller fahren soll	1.53	1.34
Item 2 Falsches Einordnen vor Kreuzung	1.43	0.70
Item 29 Fahren trotz Müdigkeit	1.40	0.98
Item 13 Rechts Überholen	1.31	1.35
Item 24 Dichtes Auffahren, im Notfall schwer zu bremsen	1.17	0.99

*Tabelle B. 14: Überprüfung des Vorliegens einer multivariaten Normalverteilung –
Ergebnisse des mit AMOS berechneten Mardia-Tests*

Variable	Min	Max	Schiefe	c.r.	Kurtosis	c.r.
Item 2	0	4	0.53	2.46	0.74	1.72
Item 35	0	5	0.31	1.45	0.03	0.08
Item 19	0	4	0.19	0.87	-0.49	-1.15
Item 29	0	5	0.57	2.66	0.65	1.52
Item 13	0	5	1.01	4.71	0.28	0.66
Item 24	0	5	1.03	4.81	1.67	3.89
Item 6	0	5	0.64	2.99	-0.46	-1.08
Item 25	0	5	0.43	1.99	-0.53	-1.24
Item 10	0	5	0.35	1.65	-0.53	-1.25
Item 23	0	5	0.40	1.85	-0.42	-0.99
Multivariate					19.70	7.28

Tabelle B. 15: Standardisierte partielle Regressionsgewichte (Ladungen) der einzelnen Items auf die drei Faktoren

Item	Faktor	Standardisierte Regressionsgewichte	c.r.	p
Item 23	Geschwindigkeitsverstöße	.85		
Item 10	Geschwindigkeitsverstöße	.83	10.61	***
Item 25	Geschwindigkeitsverstöße	.83	10.54	***
Item 6	Aggressive Verstöße	.80		
Item 24	Aggressive Verstöße	.67	6.91	***
Item 13	Aggressive Verstöße	.72	7.25	***
Item 29	Aufmerksamkeitsfehler	.58		
Item 19	Aufmerksamkeitsfehler	.41	2.27	***
Item 35	Aufmerksamkeitsfehler	.63	4.38	***
Item 2	Aufmerksamkeitsfehler	.59	4.27	***

Tabelle B. 16: Standardisierte residuale Kovarianzmatrix

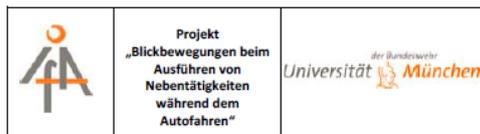
	Item 2	Item35	Item19	Item 29	Item 13	Item 24	Item 6	Item 25	Item 10	Item 23
Item 2	.00									
Item 35	-.12	.00								
Item 19	.75	-.23	.00							
Item 29	-.22	.17	-.18	.00						
Item 13	-.14	.10	-.48	.34	.00					
Item 24	.66	1.20	-.47	1.02	-.49	.00				
Item 6	-.75	-.20	-.02	-.58	.19	.09	.00			
Item 25	.09	-.40	-.31	.39	-.31	.51	-.47	.00		
Item 10	.48	1.37	.57	.03	1.13	.03	.32	-.21	.00	
Item 23	-.22	-1.03	-1.21	.06	-.27	.12	-.50	.24	-.06	.00

Tabelle B. 17: Durchschnittliche Häufigkeiten, der 10 mittels des DBQ erfassten Verhaltensweisen, getrennt für die beiden Fahrergruppen (unerfahren vs. erfahren)

Item DBQ-deutsch		Unerfahren		Erfahren	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Item 10	Geschwindigkeitsbegrenzungen nachts oder bei wenig Verkehr	2.65	1.43	2.46	1.47
Item 23	Geschwindigkeitsbegrenzung Landstraßen	2.37	1.39	2.34	1.37
Item 25	Geschwindigkeitsbegrenzung Autobahn	2.31	1.54	2.31	1.39
Item 35	Nur ein Auge auf der Straße während Bedienung Navi, etc.	1.89	1.12	1.83	1.12
Item 19	Nicht wissen wie Strecke aussah	1.72	1.24	1.43	1.07
Item 6	Dichtes Auffahren, um zu signalisieren, dass Vordermann schneller fahren soll	1.61	1.32	1.58	1.19
Item 2	Falsches Einordnen vor Kreuzung	1.41	0.71	1.27	0.66
Item 29	Fahren trotz Müdigkeit	1.42	1.11	1.33	0.97
Item 13	Rechts Überholen	1.03	1.25	1.31	1.19
Item 24	Dichtes Auffahren, im Notfall schwer zu bremsen	1.17	0.95	1.26	0.92

Anhang C

Vergleich des Fahrstils sowie der Gefahrenwahrnehmung und des daraus resultierenden Fahrverhaltens im realen Straßenverkehr



Sehr geehrte/r Versuchsteilnehmer/in,

vielen Dank, dass Sie bereit sind, das Institut für Arbeitswissenschaft der Universität der Bundeswehr München bei diesem Forschungsprojekt zu unterstützen. Mit Ihrer Teilnahme helfen Sie uns, Autos weiterzuentwickeln, sicherer zu machen und fahrerfreundlicher zu gestalten.

Moderne Fahrzeuge werden immer komplexer und ermöglichen dem Fahrer immer mehr Nebentätigkeiten während der Fahrt. Klassische Nebentätigkeiten sind z.B. das Bedienen des Navigations- oder Infotainmentsystems. Obwohl Nebentätigkeiten so manche langweilige Autofahrt interessanter gestalten können, sind damit auch Gefahren im Straßenverkehr verbunden.

In der aktuellen Studie soll daher der Frage nachgegangen werden, wie sich das Blickverhalten während des Ausführens von Nebentätigkeiten verändert.

Ihre Aufgabe während der nun folgenden Versuchsfahrt besteht darin, verschiedene Nebentätigkeiten, wie die Bedienung des Navigationssystems, während des Autofahrens durchzuführen. Die einzelnen Aufgaben werden Ihnen von unserem Versuchsleiter vorgegeben. Wann Sie diese Aufgaben ausführen und wie lange Sie dafür benötigen, bleibt jedoch ganz alleine Ihnen selbst überlassen. Wenn Sie den Eindruck haben, dass Sie für die Aufgabe Kapazitäten frei haben, so führen Sie diese durch. Andernfalls warten Sie, bis es die Verkehrssituation etc. erlaubt.

Während der Versuchsfahrt werden Ihre Blickbewegungen mit Hilfe eines Systems zur Blickregistrierung erfasst, so dass wir Ihr Blickverhalten während der Nebentätigkeiten registrieren können.

Im Anschluss an die Versuchsfahrt findet noch eine kurze Befragung statt, in der wir Ihre Meinung zu verschiedenen Situationen, die im Straßenverkehr vorkommen können, wissen möchten.

Bevor die Versuchsfahrt startet, erfolgt eine allgemeine Einweisung in das Versuchsfahrzeug und die Bedienung des Navigations- und Infotainmentsystems. Wenn Ihnen etwas unverständlich erscheint oder wenn Sie sich nach Abschluss der Einführungsrunde noch nicht ausreichend vertraut mit dem Fahrzeug fühlen, zögern Sie bitte nicht, dies dem Versuchsleiter mitzuteilen.

Die während der Versuchsfahrt gesammelten Daten und Videoaufnahmen werden zur weiteren Auswertung auf Datenträgern gespeichert und nach der statistischen Auswertung gelöscht. Ihre persönlichen Daten werden nicht mit den von uns aufgezeichneten Daten in Zusammenhang gebracht und nicht an Dritte weitergegeben. Wir bitten Sie über den Versuch und seine Inhalte Stillschweigen zu bewahren, damit alle Probanden mit den gleichen Voraussetzungen am Versuch teilnehmen können.

Neubiberg, den _____

Unterschrift Versuchsteilnehmer

Abbildung C. 1: Coverstory (Studie 1)



Universität der Bundeswehr
München



Universität der Bundeswehr
München

Vp-Nr. _____ Bedingung _____ Datum _____

Fragebogen I

1. Geschlecht: männlich weiblich
2. Alter: _____ Jahre
3. Führerschein (Pkw) seit _____ (Bitte genaues Datum angeben!)
4. Kilometer-Leistung der letzten 12 Monate: ca. _____ km
5. Bisherige Kilometer-Gesamt-Leistung seit Führerscheinbesitz: ca. _____ km
6. Verteilung der Kilometer-Leistung pro Jahr auf die verschiedenen Straßentypen:
 _____ % Stadtverkehr _____ % Land-/Bundesstraße _____ % Autobahn
7. Mit welchem Pkw fahren Sie überwiegend: _____ Marke
 _____ Typ

1 |

8. Wie oft fahren Sie mit Automatik-Fahrzeugen?
 immer oft gelegentlich selten nie
9. Wie bezeichnen Sie Ihre Fahrweise?
 sehr sportlich sportlich ausgewogen Komfort betont

Vielen Dank fürs Ausfüllen unseres Fragebogens.

Bitte lesen Sie sich nun folgende Erklärung durch und unterschreiben diese.

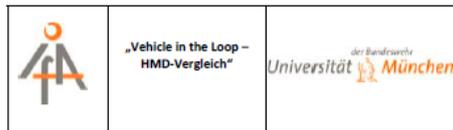
Anschließend lernen Sie das Versuchsfahrzeug kennen.

2 |

Abbildung C. 2: Demographischer Fragebogen (Studie 1)

Anhang D

Vergleich der Gefahrenwahrnehmung und des daraus resultierenden Fahrverhaltens mit Hilfe des VIL



Sehr geehrte/r Versuchsteilnehmer/in,

vielen Dank, dass Sie bereit sind das Institut für Arbeitswissenschaft der Universität der Bundeswehr München bei diesem Forschungsprojekt zu unterstützen. Mit Ihrer Teilnahme helfen Sie uns, Autos weiterzuentwickeln, sicherer zu machen und fahrerfreundlicher zu gestalten.

Fahrerassistenzsysteme können den Fahrer in kritischen Situationen (z.B. plötzliches Bremsen des vorausfahrenden Fahrzeugs) unterstützen und helfen Unfälle zu vermeiden. Solch kritische Verkehrssituationen wurden bisher aus Sicherheitsgründen hauptsächlich in Fahrsimulatoren untersucht. Simulatorstudien sind jedoch nur schwer auf die Realität übertragbar.

Das nun folgende Experiment untersucht daher eine neue Art der Fahrsimulation, das „**Vehicle in the Loop**“ (VIL). Das VIL verbindet das reale Fahrerlebnis im Auto mit der Sicherheit einer Computersimulation, wie man sie aus Fahrsimulatoren kennt. Der Fahrer fährt dabei mit einem realen Fahrzeug in einer virtuellen Welt, die er über ein sog. „**Head Mounted Display**“ (HMD) eingespielt bekommt. Mit Hilfe des VIL können neue Fahrerassistenzsysteme realitätsnah und trotzdem sicher getestet werden.

Das Head Mounted Display spielt daher im VIL eine zentrale Rolle. Zum einen ist es wichtig, dass der Fahrer alle für die Verkehrssituationen wichtigen Objekte (z.B. Schilder, Fußgänger, etc.) gut sehen kann. Zum anderen soll das HMD den Fahrer nicht zu sehr in seiner natürlichen Kopfhaltung und Kopfbewegung beeinflussen bzw. behindern. In der aktuellen Studie werden drei verschiedene HMDs miteinander verglichen. Ziel ist es, herauszufinden, welches HMD sich für den Einsatz im VIL am besten eignet.

1 |

Das nun folgende Experiment gliedert sich in drei Versuchstage, die im Abstand von ca. zwei Wochen stattfinden. An jedem Versuchstag werden Sie ein HMD kennen lernen. Ihre Aufgabe wird es jeweils sein, verschiedene für das normale Fahren typische Fahrsituationen mit dem VIL zu durchfahren (z.B. Folgefahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Folgefahrt mit wechselnder Geschwindigkeit, etc.). Die einzelnen Situationen werden Ihnen jeweils vom Versuchsleiter vorgegeben. Im Anschluss an die jeweiligen Fahrsituationen werden Sie von dem Versuchsleiter kurz zu Ihren Eindrücken von dem HMD befragt.

Bevor wir mit den eigentlichen Versuchen starten, erhalten Sie eine ausführliche Einweisung in das Versuchsfahrzeug und dessen Funktionen. Wir werden zunächst einige Standardsituationen durchfahren und Ihnen die Gelegenheit geben, sich mit unserem Versuchsfahrzeug und dem VIL vertraut zu machen.

Wenn Ihnen etwas unverständlich erscheint, oder wenn Sie sich nach Abschluss der Eingewöhnungsphase noch nicht ausreichend vertraut mit dem Fahrzeug und dem VIL fühlen, zögern Sie bitte nicht, dies dem Versuchsleiter mitzuteilen.

2 |

Abbildung D. 1: Coverstory (Studie 2)



Institut für Arbeitswissenschaft
Universität der Bundeswehr München
Projekt „Vehicle in the Loop“



Universität der Bundeswehr
München

Vp-Nr. _____
Bedingung _____
Datum _____

Fragebogen I

1. Geschlecht: männlich weiblich

2. Alter: _____ Jahre

3. Führerschein (Pkw) seit _____ (bitte genaues Datum angeben)

4. Kilometer-Leistung der letzten 12 Monate: ca. _____ km

5. Bisherige Kilometer-Gesamt-Leistung: ca. _____ km

6. Ich fahre z. Z. überwiegend mit folgendem Pkw: Marke _____ Typ _____

7. Wie oft fahren Sie mit Automatik-Fahrzeugen?

immer oft gelegentlich selten nie

8. Wie bezeichnen Sie Ihre Fahrweise?

sehr sportlich sportlich ausgewogen Komfort betont

1 |



Institut für Arbeitswissenschaft
Universität der Bundeswehr München
Projekt „Vehicle in the Loop“



Universität der Bundeswehr
München

Abbildung D. 2: Demographischer Fragebogen (Studie 2)

Tabelle D. 1: T-Test Ergebnisse zum Vergleich der mittleren Reaktionszeiten Bremsbeginn zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituationen Bremsung, Vorfahrt und Hirsch

Situation	t	df	p
Situation „Bremsung“	-0.27	45	.79
Situation „Vorfahrt“	-2.02	41	.05
Situation „Hirsch“	-1.03	40	.31

Tabelle D. 2: Ergebnisse des Mann-Whitney Tests zum Vergleich der mittleren Reaktionszeiten zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituation Spurwechsel

Situation	U	z	p
Situation „Spurwechsel“	127.50	-0.81	.42

Tabelle D. 3: T-Test Ergebnisse zum Vergleich der mittleren Pedalwechselzeiten zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituationen Bremsung, Vorfahrt und Hirsch

Situation	t	df	p
Situation „Bremsung“	-0.29	40	.78
Situation „Vorfahrt“	0.45	37	.65
Situation „Hirsch“	-0.46	38	.65

Tabelle D. 4: Ergebnisse des Mann-Whitney-Tests zum Vergleich der mittleren Pedalwechselzeiten zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituation Spurwechsel

Situation	U	z	p
Situation „Spurwechsel“	102.50	-1.21	.23

Tabelle D. 5: T-Test Ergebnisse zum Vergleich des mittleren maximalen Bremsdrucks zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituationen Bremsung, Vorfahrt und Hirsch

Situation	t	df	p
Situation „Bremsung“	-0.76	45	.45
Situation „Vorfahrt“	-1.63	41	.11
Situation „Hirsch“	-0.09	40	.93

Tabelle D. 6: Ergebnisse des Mann-Whitney Tests zum Vergleich des mittleren maximalen Bremsdrucks zwischen den beiden Fahrergruppen für die Fahrsituation Spurwechsel

Situation	U	z	p
Situation „Spurwechsel“	110.00	-1.39	.16