

# Fahreignung älterer Pkw-Fahrer

**Teil 1: Fahrversuche**

**Teil 2: Simulatorversuche**

**Teil 3: Gesamtinterpretation der Ergebnisse**

Gert Weller

Bernhard Schlag

Lars Rößger

Petra Butterwegge

Tina Gehlert

# **Vorwort**

**Teil 1:  
Fahrversuche  
mit älteren Pkw-Fahrern**

**Teil 2:  
Simulatorversuche  
mit älteren Pkw-Fahrern**

**Teil 3:  
Gesamtinterpretation  
der Ergebnisse**

## **Impressum**

### **Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. Unfallforschung der Versicherer**

Wilhelmstraße 43 / 43G, 10117 Berlin

Postfach 08 02 64, 10002 Berlin

E-Mail: [unfallforschung@gdv.de](mailto:unfallforschung@gdv.de)

Internet: [www.udv.de](http://www.udv.de)

Facebook: [www.facebook.com/Unfallforschung](http://www.facebook.com/Unfallforschung)

Twitter: [@unfallforschung](https://twitter.com/unfallforschung)

YouTube: [www.YouTube.com/unfallforschung](http://www.YouTube.com/unfallforschung)

ISBN-Nr.: 978-3-939163-47-3

Redaktion: Dr. rer. nat. Tina Gehlert

Layout: Franziska Gerson Pereira

Bildnachweis: UDV, bzw. siehe Quellenangabe

Erschienen: 11/2015

---

## Vorwort

---

Die Fahreignung von älteren Pkw-Fahrern ist ein viel diskutiertes und häufig sehr emotionales Thema. Nach einzelnen spektakulären Unfällen, die von älteren Pkw-Fahrern verursacht wurden, entbrennt immer wieder die Diskussion, ob Ältere generell schlechter fahren. Es wird die Frage gestellt, ob sie ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr fahren können und/oder sollten. Eine verpflichtende Fahreignungsprüfung für ältere Pkw-Fahrer wird dabei oft gefordert. Allerdings ist unklar, ob eine regelmäßige Fahreignungsüberprüfung für ältere Pkw-Fahrer tatsächlich einen positiven Effekt auf die Verkehrssicherheit hat.

Daher untersuchte die Unfallforschung der Versicherer (UDV) gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Verkehrspsychologie an der TU Dresden, ob die individuelle Leistungsfähigkeit älterer Pkw-Fahrer Grundlage für eine altersbezogene Fahreignungsprüfung sein kann. Die individuelle Leistungsfähigkeit älterer Pkw-Fahrer wurde mit psychologischen Testverfahren ermittelt. Anschließend wurde das Fahrverhalten entweder im realen Straßenverkehr oder im Fahrsimulator beobachtet. Die Ergebnisse der psychologischen Testverfahren wurden dann jeweils mit dem beobachteten Fahrverhalten in Beziehung gesetzt.

Die Untersuchung wurde in zwei aufeinanderfolgenden Projekten von 2010 bis 2015 realisiert. Dieser Forschungsbericht fasst nun beide Projektberichte zusammen und ergänzt sie um eine gemeinsame Zusammenfassung und Interpretation. Dieser Forschungsbericht ist daher wie folgt gegliedert:

**Kurzfassung und Abstract:** Vorangestellt ist eine gemeinsame Zusammenfassung der Ergebnisse beider Teile „Teil 1: Fahrversuche“ und „Teil 2: Simulatorversuche“.

**Teil 1: Fahrversuche:** Die eingesetzten psychologischen Testverfahren sind in diesem Teil ausführlich dargestellt (Kap. 2.1, 3.2 bis 3.6). Die Beurteilung des Fahrverhaltens erfolgte mittels Fahrversuchen im realen Straßenverkehr (Kap. 2.5, 3.8 bis 3.9). Bereits in diesem Projekt wurden die Teilnehmer gebeten, eine Fahrsimulation zu absolvieren, die die Mehrheit der Teilnehmer wegen zeitweisem Schwindel und Übelkeit (Simulatorkrankheit) jedoch abbrechen musste. Daher werden die Methodik und die Ergebnisse der Fahrsimulation zwar dargestellt (Kap. 2.2, 2.4 und 2.7), bei der Gesamtinterpretation der Ergebnisse im Teil 3 jedoch nicht berücksichtigt.

**Teil 2: Simulatorversuche:** Im zweiten Projekt wurden die gleichen psychologischen Testverfahren eingesetzt wie im „Teil 1: Fahrversuche“. Für eine umfassende Beschreibung wird daher auf Teil 1 verwiesen. Stattdessen werden nur die geringfügigen Veränderungen gegenüber Teil 1 beschrieben (Kap. 2.1). Um das Auftreten der Simulatorkrankheit zu verringern, wurde die Fahrsimulation im Vergleich zu Teil 1 verändert (Kap. 2.2 und 2.3). Damit konnten zwar fast alle Teilnehmer die Fahrsimulation erfolgreich absolvieren. Allerdings konnte das Szenario im Fahrsimulator nicht so anspruchsvoll gestaltet werden, wie sonst üblich und möglich, eine Einschränkung die bei der Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt werden muss. Mit Fahrten im Fahrsimulator sollen eigentlich kritische Situationen geprüft werden, die sich im Realverkehr so nicht umsetzen lassen.

**Teil 3: Gesamtinterpretation der Ergebnisse:** Der Forschungsbericht schließt mit einer Gesamtinterpretation der Ergebnisse beider Teile „Teil 1: Fahrversuche“ und „Teil 2: Simulatorversuche“.

Wir hoffen, mit der umfangreichen und umfassenden Datenbasis beider Projekte einen Beitrag zur Versachlichung der Debatte um die Fahreignung und die Fahrkompetenz von älteren Pkw-Fahrern zu leisten.

Dr. rer. nat. Tina Gehlert  
Unfallforschung der Versicherer

---

## **Kurzfassung**

---

In Deutschland wird derzeit die erste Generation alt, die den überwiegenden Teil ihres Lebens Auto gefahren ist. Für die Verkehrssicherheit ist diese Entwicklung insofern bedeutend, als dass sich etwa ab dem 75. Lebensjahr nicht nur das Risiko zu verunfallen deutlich erhöht, sondern auch die Wahrscheinlichkeit, einen Unfall selbst zu verursachen.

Als Ursache dafür werden vor allem die mit steigendem Alter nachlassende kognitive, sensorische und motorische Leistungsfähigkeit genannt. Wegen hoher inter- und intraindividuelle Variabilität sind Rückschlüsse vom kalendarischen Alter auf die individuelle Leistungsfähigkeit aber kaum möglich. Unklar ist zudem, wie Leistungsfähigkeit, Fahrer- und Fahrverhalten und Verkehrssicherheit tatsächlich zusammenhängen. Die beiden Studien, die in diesem Bericht dargestellt sind, sollen zur Klärung dieser Zusammenhänge beitragen.

Es wurden zwei aufeinander abgestimmte Untersuchungen durchgeführt. In beiden Studien wurden die kognitive, sensorische und motorische Leistungsfähigkeit von älteren Pkw-Fahrern, ihr Fahrverhalten und deren Zusammenhänge untersucht. In der ersten Studie wurden Fahrversuche im Realverkehr durchgeführt, in der zweiten eine Fahrsimulation. Nur in Fahrsimulatorversuchen ist die experimentell kontrollierbare und ungefährliche Untersuchung auch kritischer Situationen möglich.

Die Gesamtstichprobe bestand aus vier Altersgruppen (<55 Jahre, 64-69 Jahre, 70-74 Jahre, >75 Jahre). Die Altersgruppe bis 55 Jahre bildete die Kontrollgruppe. Insgesamt nahmen 232 Fahrer an den beiden Studien teil, davon waren 179 Fahrer 65 Jahre alt oder älter. Alle Fahrer besaßen einen Führerschein und nahmen aktiv am Straßenverkehr teil.

In beiden Studien durchliefen die Probanden eine umfangreiche psychometrische Testbatterie zur Diagnose ihrer individuellen Leistungsfähigkeit. Zur Diagnose wurden verschiedene Verfahren aus dem Wiener Testsystem (Schuhfried), des Leibniz-Instituts für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo) und eigene Entwicklungen der TU Dresden verwendet. Einige Tests des Wiener Testsystems werden auch im Rahmen der Fahreignungsbegutachtung (MPU) eingesetzt. Zusätzlich füllten die Probanden Fragebögen zu soziodemographischen Angaben, ihrem Gesundheitszustand, ihrem Fahrstil und zur Selbsteinschätzung ihrer Fahrfähigkeit aus.

In der ersten Studie fuhren die Probanden mit einem instrumentierten Pkw, der GPS-, CAN BUS- und Blickbewegungsdaten aufzeichnete. Die Streckencharakteristik wie z.B. Querschnitt oder Kurvigkeit wurde vorher mit einem Messfahrzeug aufgenommen. Die Strecke der Versuchsfahrten hatte eine Gesamtlänge von ca. 50 Kilometern und umfasste Abschnitte im Innerortsbereich ebenso wie Autobahn- und Landstraßenabschnitte. In der zweiten Studie wurde im Fahrsimulator ein Innenstadtszenario mit besonders für Ältere sicherheitskritischen Situationen gestaltet. Zeitweise mussten die Probanden bei der Fahrt zwei verschiedene Nebenaufgaben bearbeiten.

Im Einklang mit der Literatur fanden sich auch in den hier untersuchten Stichproben deutliche Verschlechterungen der psychophysischen Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter. Diese Verschlechterung betraf alle Bereiche der sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit. Bemerkenswert ist, dass in der ersten Studie 40% der Fahrer im Alter von 75 Jahren und älter einen Visus unter 0,7 aufwiesen. Dies ist der gesetzliche Grenzwert für die Fahrerlaubniserteilung. In der zweiten Studie verfehlten allerdings nur 3,6% dieser Altersgruppe diesen Grenzwert. Dies spricht für die starke Varianz der psychophysischen Fähigkeiten im höheren Alter. Allerdings ändern sich die psychophysischen Fähigkeiten im Alter in unterschiedlicher Weise. So findet sich eine weitgehend lineare Abnahme der sensorischen Funktionen mit dem Alter. Kognitive Funktionen scheinen dagegen einer stufenweisen Abnahme zu unterliegen, die sich oft erst im höheren Alter bemerkbar macht.

---

Bei den Fahrversuchen im Realverkehr fanden sich nur wenige, aber durchaus sicherheitsrelevante Unterschiede zwischen Autofahrern mittleren und höheren Alters. Auffällig ist hier das oft fehlende Sicherungsverhalten der älteren Fahrer bei hohen Anforderungen und Situationswechseln. Einen Schulterblick zeigten viele ältere Versuchspersonen weder beim Aus- oder Wiedereinscheren auf der Autobahn noch beim Rechtsabbiegen Innerorts an Kreuzungen mit Radweg.

In der Fahrsimulation zeigten sich im Vergleich zu den Realverkehrsfahrten mehr Altersunterschiede in verschiedenen, jedoch keineswegs in besonders vielen Fahrsituationen. Dies kann teilweise darauf zurückzuführen sein, dass ein hoch beanspruchendes Szenario gerade bei Älteren vermehrt zu Simulatorkrankheit führt und insofern ein strenges „testing the limits“ auch im Simulator nicht realisiert werden konnte. Unterschiede fanden sich insbesondere bei unerwarteten Ereignissen.

Eine Vorhersage des Fahrverhaltens auf der Basis der individuellen sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit war sowohl für das Fahren im Realverkehr als auch im Fahrsimulator nur mit deutlichen Einschränkungen möglich. Das Fahrverhalten konnte für nur wenige Fahrsituationen vorhergesagt werden. Zudem waren die Prädiktoren über die unterschiedlichen Situationen hinweg nicht konsistent. Eher scheint es, dass einzelne Prädiktoren geeignet sind, das Fahrverhalten in spezifischen Situationen vorherzusagen.

Insgesamt gilt: Die psychophysische Fitness kann ebenso wenig wie das kalendarische Alter die Gesamtleistung älterer Fahrer auf der Straße oder im Fahrsimulator hinreichend erklären. Allerdings sind die individuellen psychophysischen Kennwerte dem kalendarischen Alter als Prädiktor über alle Erhebungen, Situationen und Verhaltensarten hinweg ebenbürtig oder sogar überlegen. Die Resultate unterstützen damit kein verpflichtendes Screening älterer Kraftfahrer. Weder das kalendarische Alter noch differenziertere psychophysische Tests („funktionales Alter“) erlauben eine valide und reliable Vorhersage des Fahrverhaltens im Realverkehr oder im Fahrsimulator.

---

## **Abstract**

---

In the European Union the share of people over 80 years is expected to triple until 2060. This demographic change also affects road traffic. Whereas accident statistics show no significant risk for older drivers on average, the individual accident risk in relation to the distance driven significantly rises at the age of 75 and even further at 85. But more important the risk to cause an accident is significantly higher in old age.

In real traffic the appraisal of older driver's driving performance is less obvious. They compensate for their declining driving ability by e.g. reducing their speed, choosing familiar routes, avoiding rush hours etc. Furthermore, age as indicator does not describe the psychophysical state of elderly precisely. The older people are the more heterogeneous they get in their sensory, cognitive and motoric functions and performance. Therefore the aim of the studies summarised in this report was to assess older drivers driving performance on the basis of their cognitive, sensory and motoric abilities and performance i.e. their functional age.

Two studies were conducted. In the both studies we analysed the sensory, cognitive and motoric performance of older car drivers, their driving performance and its relations. In the first study we analysed driving performance in a test drive, in the second study in a driving simulator. The reason is that in every driving we are not able to observe critical situations that put elderly to their limits nor could we get them into such situations for safety reasons. Therefore in the second study they drove a similar test track in a driving simulator where critical situation could be manipulated. The sample consisted of four age groups (<55 years, 64-69 years, 70-74 years, >75 years) with person younger than 55 years serving as comparison group. Altogether 232 drivers took part of which 179 drivers were aged 65 or older. All of them hold a valid driver license and were active drivers.

In both studies participants completed several psychophysical tests. The main sources for these tests were the Vienna Test System TRAFFIC by Schuhfried, the Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors at TU Dortmund and own developments by TU Dresden. Some of the Schuhfried tests are part of current legal driver testing procedures. In addition people filled in a questionnaire about sociodemographics, current state, self-assessment of driving style and driving competencies.

In the first study participants drove with an instrumented car which measured GPS, CAN-Bus data and eye tracking data. Road characteristics such as cross-section or bendiness were measured beforehand with a surveying car. The route consisted of an urban stretch, an interurban stretch and a motorway stretch. In the second study an urban driving simulator scenario was created. To simulate distraction participants were requested to carry out one out of two secondary tasks.

The results of the psychophysical tests show considerable age-related deteriorations in sensory and cognitive function in line with the literature. Most notably in the first study 40% of drivers aged 75 years and older exhibit a visus score measuring visual acuity of below 0.7. This is the cut off for visual acuity in the driver licence regulation. In the second study only 3.6 % of that age group failed the cut off highlighting the large variance of psychophysical abilities in old age. In addition the answer to the questionnaire show a rather realistic self-perception of drivers own abilities compared to the same age group and younger age groups. The results also illustrate that psychophysical abilities change differently. By tendency there is a linear decline for sensory functions and a sudden decline for cognitive functions. Statistically significant effects are manifest mostly at age 75 and older.

---

---

There are only few driving situations where age-related differences become apparent. This is in line with the literature where older drivers use compensation strategies to account for their impairments in real driving. From a safety perspective the lack of shoulder checks in older age groups while turning at the urban stretch and merging in/out at the motorway are critical. It might be that in the past shoulder checks were not taught as prominently as today, but it could also be that elderly car drivers avoid it due to physical problems with neck rotation. Differences in speed adaptation became only apparent in demanding situations (at the interurban section) or where car drivers were already tired (i.e. return trip on motorway). Therefore we assume speed reduction as compensation strategy to reduce mental load. In the driving simulation scenario there are somewhat more but again not many driving situations with the expected age differences. That might also be due to the restrictions creating a demanding scenario because of simulator sickness. There are differences between age groups for unexpected events in particular.

Finally we try to predict driving performance cognitive, sensory and motoric abilities and performance i.e. their functional age. Only few driving situations were predicted by the various predictors at all. Across these situations predictors were not consistent. Rather it seems that there are predictions specific for particular driving situation. Furthermore, even though psychophysical predictors explain only little variance it outweighs the influence of age as predictor in most cases. In summary the results do not justify a mandatory driver population screening with neither age nor psychophysical tests as indicators.



Im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV)

# Teil 1:

# Fahrversuche mit älteren Pkw-Fahrern

bearbeitet durch:

Technische Universität Dresden  
Fakultät Verkehrswissenschaften  
Lehrstuhl für Verkehrspsychologie



Dr. Gert Weller  
Prof. Dr. Bernhard Schlag  
Dipl.-Psych. Lars Rößger

Bei der UDV betreut von:

Dipl.-Ing. Petra Butterwegge  
Dr. rer. nat. Tina Gehlert





---

## Inhalt

---

<b>1</b>	<b>Projekthintergrund und Forschungsfragen</b>	<b>23</b>
<b>2</b>	<b>Methodisches Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen</b>	<b>27</b>
2.1	Operationalisierung der Variablen	27
2.1.1	Sensorische Leistungsfähigkeit	27
2.1.1.1	Sehschärfe	28
2.1.1.2	Kontrastsehen	29
2.1.1.3	Farbsehen	29
2.1.1.4	Altersbedingte Makula-Degeneration (AMD)	30
2.1.2	Erhebung demographischer Daten	30
2.1.3	Items zu Selbsteinschätzungen	30
2.1.4	Aktuelle Befindlichkeit	30
2.1.5	Kognitive und motorische Leistungsfähigkeit: Teil I	30
2.1.6	Kognitive und sensorische Leistungsfähigkeit: UFOV-Test	31
2.1.7	Kognitive und motorische Leistungsfähigkeit: Teil II	32
2.2	Simulatorfahrt: Vorversuche	33
2.2.1	Ausgangslage	33
2.2.2	Versuchsplan	33
2.2.3	Beschreibung des Simulators	34
2.2.4	Ausgewähltes Szenario: Fahrstreifenwechsel mit und ohne Vorinformation	34
2.2.5	Beschreibung der Nebenaufgabe	34
2.2.6	Stichprobengewinnung	35
2.2.7	Stichprobenbeschreibung	36
2.2.8	Ergebnisse Vorversuche	36
2.2.8.1	Auswertung der Nebenaufgabe	36
2.2.8.2	Einfluss von Vorwegweisern	36
2.3	Methodische Aspekte der Hauptuntersuchung	37
2.3.1	Gewinnung der Stichprobe	37
2.3.2	Einteilung der Stichprobe in Altersgruppen	37
2.3.3	Statistische Verfahren	37
2.4	Simulatorversuche: Methodische Aspekte	38
2.4.1	Beschreibung des Simulators	38
2.4.2	Beschreibung der Szenarien	39
2.4.2.1	Ausgewählte Situationen Innerorts	39
2.4.2.2	Ausgewählte Situationen außerorts	41
2.5	Fahrversuche im Feld: Methodische Aspekte	41
2.5.1	Versuchs- und Messfahrzeug	41
2.5.2	Aufnahme der Versuchsstrecke	42
2.5.3	Eingewöhnungsfahrt	43
2.5.4	Ausgewählte Versuchsstrecke: Gesamtüberblick der Strecke	43

2.5.5	Versuchsstrecke: Überblick relevante Situationen innerorts	44
2.5.6	Versuchsstrecke: relevante Situationen Landstraße	45
2.5.6.1	Strecke 1	46
2.5.6.2	Strecke 2	47
2.5.6.3	Strecke 3	48
2.5.6.4	Strecke 4	49
2.5.6.5	Strecke 5	50
2.5.7	Versuchsstrecke: relevante Situationen Autobahn	51
2.5.8	Datenauswertung Fahrversuche: Methodik	51

### **3 Ergebnisse 53**

3.1	Deskriptive Beschreibung der Stichprobe	53
3.1.1	Stichprobenbeschreibung nach Alter	53
3.2	Physiologische Leistungsfähigkeit	55
3.2.1	Farbensehen: Ishihara Tests	55
3.2.2	Sehschärfe: Visus 100	55
3.2.3	Kontrastsehen: Visus 10	56
3.2.4	Zusammenhänge zwischen verschiedenen Visus-Messungen	56
3.2.5	Gesichtsfeld	56
3.3	Motorische und kognitive Leistungsfähigkeit	57
3.3.1	Stroop Aufgabe	57
3.3.2	Visuelle Suche	58
3.3.3	Go-NoGo-Aufgabe	59
3.3.4	Einordnung der Stichprobe: Unterschiede und Zusammenhänge mit der Testung einer älteren Stichprobe am IfaDo-Institut	60
3.3.5	UFOV-Test	61
3.3.5.1	Verarbeitungsgeschwindigkeit (Processing Speed)	62
3.3.5.2	Geteilte Aufmerksamkeit (Divided Attention)	62
3.3.5.3	Selektive Aufmerksamkeit (Selective Attention)	63
3.3.6	Cognitrone S 11: Konzentrationsfähigkeit	63
3.3.7	Reaktionstest RT S3: Reaktionsfähigkeit und motorische Schnelligkeit	64
3.3.8	2Hand-Test: Erfassung der senso-motorischen Koordination	65
3.3.9	ATAVT S1: Überblicksgewinnung/Beobachtungsfähigkeit	65
3.3.10	WRBTV: Risikobereitschaft im Straßenverkehr	66
3.3.11	IVPE: verkehrsrelevante Persönlichkeitseigenschaften	67
3.3.12	Vergleich der Stichprobe mit der Normstichprobe (Schuhfried-Tests) <sup>4)</sup>	68
3.4	Fremdeinschätzung der (körperlichen) Fitness	70
3.5	Selbsteinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit	70
3.6	Zusammenfassung der Ergebnisse zur sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit	72

---

---

3.7	Simulatorerversuche	73
3.7.1	Ausfälle wegen Simulator Sickness	73
3.7.2	Abstand zu entgegenkommendem Fahrzeug	73
3.7.3	Geschwindigkeit	74
3.7.4	Wahl der Verkehrslücke (Gap-Acceptance)	74
3.7.5	Orientierungsdauer an einer Kreuzung	75
3.7.6	Zusammenhang Laborleistung und Fahrverhalten im Simulator	75
3.7.6.1	Abstand	76
3.7.6.2	Geschwindigkeit	77
3.7.6.3	Orientierungsdauer	77
3.7.7	Zusammenfassung Simulatorversuche	78
3.8	Ergebnisse Fahrversuche	78
3.8.1	Auswertung der Unfalldaten auf der Strecke	78
3.8.2	Auswertung der Innerorts-Situationen	80
3.8.2.1	Blickverhalten	80
3.8.2.2	Geschwindigkeitswahl	90
3.8.3	Auswertung der Landstraßensituationen	92
3.8.3.1	Vergleich der Probandenfahrten mit den Radarmessungen (Querschnittsmessungen)	93
3.8.3.2	Unterschiede zwischen den Altersgruppen	93
3.8.3.3	Unterschiede zwischen den Altersgruppen auf Landstraßen: Fazit	96
3.8.4	Auswertung der Autobahnabschnitte	97
3.8.4.1	Auswertung der Geschwindigkeiten	97
3.8.4.2	Auswertung des Blickverhaltens	98
3.8.4.3	Auswertung der Autobahnabschnitte: Fazit	99
3.9	Zusammenhang Leistung in den Labortests und Fahrverhalten	100
3.9.1	Prädiktoren	100
3.9.2	Situation Ia: Blickverhalten an einer komplexen Kreuzung	100
3.9.3	Situation IIb: Blickverhalten beim Linksabbiegen	101
3.9.4	Situation IVa: Blickverhalten beim Rechtsabbiegen	102
3.9.5	Geschwindigkeitsverhalten	102
3.9.6	Zusammenfassung zur Prädiktion des Verhaltens in den Fahrversuchen	104
3.10	Gesamtinterpretation der Ergebnisse	105
3.10.1	Sensorische, kognitive und motorische Leistungsfähigkeit	105
3.10.2	Selbst und Fremdeinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit	105
3.10.3	Ergebnisse Simulatorversuche	105
3.10.4	Ergebnisse Fahrversuche	106
3.10.5	Vorhersage des Verhaltens	106
3.10.6	Zusammenfassende Interpretation der Befunde	107

**Literatur** **108**

**Anlagen:**

Anlage 1: Umrechnung Visus	115
Anlage 2: Versuchsleiter-Protokoll	116
Anlage 3: Vorbefragung	117
Anlage 4: Abbildung Versuchsstrecke	124
Anlage 5: Beschreibung der Stichprobe: Zusatzergebnisse	127
Anlage 6: UFOV-Test: Zusatzergebnisse	128
Anlage 7: Visus-Messung: Zusatzergebnisse	129
Anlage 8: WRBTV: Zusatzergebnisse	130
Anlage 9: Radarmessungen auf der Landstraße: Histogramme der Daten	131

---

## Abbildungen

---

<b>Abbildung 1:</b>	Problemfelder älterer Kraftfahrer in Wahrnehmung, Kognition und Handlung (Schlag, 2008a)	25
<b>Abbildung 2:</b>	Sehzeichen der ETDRS-Tafel	28
<b>Abbildung 3:</b>	Landoltring gemäß DIN EN ISO 8596 (2009)	28
<b>Abbildung 4:</b>	Beispiel einer in der Untersuchung verwendeten Ishihara-Tafel	29
<b>Abbildung 5:</b>	Screenshot des UFOV-Test (Bedingung drei, selektive Aufmerksamkeit)	31
<b>Abbildung 6:</b>	Simulator der Professur für Verkehrspsychologie, TU Dresden	34
<b>Abbildung 7:</b>	Verkehrszeichen 531-10 „Einengungstafel; Darstellung ohne Gegenverkehr: noch ein Fahrstreifen links in Fahrtrichtung“ mit Zusatzzeichen „in 100 m“	34
<b>Abbildung 8:</b>	Korrektheit der Reaktionen auf die Nebenaufgabe, Grundgesamtheit: pro Proband 196 Aufgaben (Gruppe 1) bzw. 225 Aufgaben (Gruppe 2)	36
<b>Abbildung 9:</b>	Abstand zur Kreuzung bei der der Spurwechsel vollzogen wurde in Abhängigkeit vom Vorhandensein eines Vorwegweisers und der Nebenaufgabe getrennt nach Alter	37
<b>Abbildung 10:</b>	Simulatorfahrten Hauptversuche, Strecke I Innerorts	39
<b>Abbildung 11:</b>	Simulatorfahrten Hauptversuche, Strecke II Innerorts	40
<b>Abbildung 12:</b>	Simulatorfahrten Hauptversuche, Strecke Außerorts	40
<b>Abbildung 13:</b>	Messfahrzeug der TU Dresden (Lehrstuhl Prof. Lippold)	42
<b>Abbildung 14:</b>	Vermessungsfahrzeug der TU Dresden (Lehrstuhl Prof. Lippold)	42
<b>Abbildung 15:</b>	Oberfläche von RoadView mit Abbildungen der Strecke, Informationen zur Lage und zum Lageplan und Höhenplan (Lehrstuhl Prof. Lippold)	43
<b>Abbildung 16:</b>	Lage von Situationen Innerorts mit besonderer Bedeutung für Ältere	45
<b>Abbildung 17:</b>	Foto Landstraßenabschnitt Strecke 1	46
<b>Abbildung 18:</b>	Landstraßenabschnitte Strecke 1: Krümmungsband, Höhenplan und Unfälle	46
<b>Abbildung 19:</b>	Foto Landstraßenabschnitt Strecke 2	47
<b>Abbildung 20:</b>	Landstraßenabschnitte Strecke 2: Krümmungsband, Höhenplan und Unfälle	47
<b>Abbildung 21:</b>	Foto Landstraßenabschnitt Strecke 3	48
<b>Abbildung 22:</b>	Landstraßenabschnitte Strecke 3: Krümmungsband, Höhenplan und Unfälle	48
<b>Abbildung 23:</b>	Foto Landstraßenabschnitt Strecke 4	49
<b>Abbildung 24:</b>	Landstraßenabschnitte Strecke 4: Krümmungsband, Höhenplan und Unfälle	49
<b>Abbildung 25:</b>	Foto Landstraßenabschnitt Strecke 5	50
<b>Abbildung 26:</b>	Landstraßenabschnitte Strecke 5: Krümmungsband und Höhenplan	50
<b>Abbildung 27:</b>	Darstellung von Probanden- und Szeneriekamera in einer Perspektive	52
<b>Abbildung 28:</b>	Vergleich der jährlichen Fahrleistung der Stichprobe mit einer Erhebung aus MiD	54

<b>Abbildung 29:</b>	Anteil der Fahrer je Altersgruppe mit mindestens einem, auch leichten, Unfall [%]	55
<b>Abbildung 30:</b>	Anteil der Probanden je Altersgruppe mit mehr als einem Fehler beim Ishihara-Test	55
<b>Abbildung 31:</b>	Überblick der Ergebnisse des UFOV-Tests	62
<b>Abbildung 32:</b>	Überblick über die Ergebnisse des IVPE	68
<b>Abbildung 33:</b>	Einschätzung der (körperlichen) Fitness durch die Versuchsleiter: Verteilung der Kategorien auf die Altersgruppen [%]	70
<b>Abbildung 34:</b>	Selbsteinschätzung der Sehfähigkeit heute im Vergleich zu vor zehn Jahren getrennt nach Altersgruppen	71
<b>Abbildung 35:</b>	Zusammenfassende Darstellung ausgewählter Testergebnisse der Schuhfried-Tests	72
<b>Abbildung 36:</b>	Zusammenfassende Darstellung ausgewählter Testergebnisse der IfADo-Tests	72
<b>Abbildung 37:</b>	Zusammenfassende Darstellung ausgewählter Ergebnisse zur sensorischen Leistungsfähigkeit	73
<b>Abbildung 38:</b>	Verteilung der Probanden in den Simulatorversuchen: Anteil von Abbrüchen wegen Simulator Sickness	73
<b>Abbildung 39:</b>	Simulatorversuche: minimale Abstände zum entgegenkommenden Fahrzeug getrennt nach Strecke und Altersgruppen	74
<b>Abbildung 40:</b>	Simulatorversuche: mittlere Geschwindigkeiten beim Verlassen und Zurückfahren in die Stadt getrennt nach Altersgruppen	74
<b>Abbildung 41:</b>	Simulatorversuche: Wahl der Verkehrslücken über zwölf Situationen mit Linksabbiegen getrennt nach Altersgruppen	74
<b>Abbildung 42:</b>	Simulatorversuche: Streudiagramm Alter und Orientierungsdauer an einer Kreuzung	75
<b>Abbildung 43:</b>	Unfallschwerpunkte auf der Versuchsstrecke und der Anteil älterer Fahrer ab 65 (rote Linie entspricht Mittelwert)	79
<b>Abbildung 44:</b>	Unfallschwerpunkte auf der Versuchsstrecke und der Anteil älterer Fahrer ab 65 mit einer Ordnungsnummer 1 (schuldig) (rote Linie entspricht Mittelwert )	80
<b>Abbildung 45:</b>	Situation Ia (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	81
<b>Abbildung 46:</b>	Situation Ib (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	81
<b>Abbildung 47:</b>	Anteil der Probanden je Altersgruppe, die in Situation Ia sowohl links als auch rechts blicken	81
<b>Abbildung 48:</b>	Anteil der Probanden je Altersgruppe, die in Situation Ib sowohl links als auch rechts blicken	82
<b>Abbildung 49:</b>	Situation IIa: verdeckte Rechts-vor-Links Kreuzung (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	83
<b>Abbildung 50:</b>	Situation IIb: gut einsehbare Rechts-vor-links Kreuzung (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	83
<b>Abbildung 51:</b>	Anteil der Probanden je Altersgruppe, die in Situation IIa sowohl links als auch rechts geblickt hatten	83

<b>Abbildung 52:</b>	Anteil der Probanden je Altersgruppe, die in Situation IIb sowohl links als auch rechts geblickt hatten	84
<b>Abbildung 53:</b>	Situation III: Wendeschleife am Dr.-Külz-Ring (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	84
<b>Abbildung 54:</b>	Anteil der Probanden je Altersgruppe, die in Situation III nicht nach links geblickt haben	85
<b>Abbildung 55:</b>	Anteil der Probanden je Altersgruppe, die sich in Situation III auf der falschen Spur eingeordnet haben	86
<b>Abbildung 56:</b>	Situation IVa: Situation mit Rechtsabbiegen (am Lennéplatz), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	86
<b>Abbildung 57:</b>	Situation IVb: Situation mit Rechtsabbiegen (Teplitzer Straße), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	86
<b>Abbildung 58:</b>	Anteil der Probanden je Altersgruppe ohne Schulterblick beim Rechtsabbiegen in Situation IVa	87
<b>Abbildung 59:</b>	Anteil der Probanden je Altersgruppe ohne Schulterblick beim Rechtsabbiegen in Situation IVb	87
<b>Abbildung 60:</b>	Situation Va: Situation mit Linksabbiegen (Franklinstraße), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	88
<b>Abbildung 61:</b>	Situation Vb: Situation mit Linksabbiegen (Semperstraße), Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	88
<b>Abbildung 62:</b>	Ausschnitt aus einem Fahrprotokoll für die Situationen IVa, Va und Vb	89
<b>Abbildung 63:</b>	Situation Va: Anteil der Probanden je Altersgruppe mit einem Fehler im Fahrprotokoll	90
<b>Abbildung 64:</b>	Situation Vb: Anteil der Probanden je Altersgruppe mit einem Fehler im Fahrprotokoll	90
<b>Abbildung 65:</b>	Situation VIa: Situation mit freier Geschwindigkeitswahl Bürgerwiese), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	91
<b>Abbildung 66:</b>	Situation VIb: Situation mit freier Geschwindigkeitswahl (Teplitzer Straße), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)	91
<b>Abbildung 67:</b>	Situation VII: Querung einer Straße mit baulich getrennten Richtungsfahrbahnen	91
<b>Abbildung 68:</b>	Landstraße Strecke 1: Streckencharakteristika und mittlere Geschwindigkeiten getrennt nach Altersgruppen über gesamte Strecke	92
<b>Abbildung 69:</b>	Landstraße besondere Punkte, Strecke 3, Punkt 3: Kuppe nach Wanne	95
<b>Abbildung 70:</b>	Landstraße besondere Punkte, Strecke 4, Punkt 2: Ortseingang	96
<b>Abbildung 71:</b>	Unterschiede zwischen den Altersgruppen in den maximalen Geschwindigkeiten getrennt nach Hin- und Rückrichtung auf der Autobahn	98
<b>Abbildung 72:</b>	Maximale Geschwindigkeit auf der Autobahn, Unterschiede zwischen Hin- und Rückrichtung und Zusammenhang mit Alter	98
<b>Abbildung 73:</b>	Boxplots der Anteile der Situationen mit Schulterblick, die einen Schulterblick erfordern (Ausscheren und Einfahren). Getrennt nach Altersgruppen	98

<b>Abbildung 74:</b>	Mittelwerte und Standardabweichung der durchschnittlichen Anzahl an Spiegelblicken beim Ausscheren, getrennt nach Altersgruppen	99
<b>Abbildung 75:</b>	Mittelwerte und Standardabweichung der durchschnittlichen Anzahl an Spiegelblicken beim Einscheren, getrennt nach Altersgruppen	99
<b>Anlagen:</b>		
Abbildung A1:	Versuchsstrecke eil I	125
Abbildung A3:	Versuchsstrecke Teil III	126
Abbildung A4:	Altersverteilung der Gesamtstichprobe im Histogramm	127
Abbildung A5:	UFOV-Test, Boxplot Vrarbeitungsgeschwindigkeit	128
Abbildung A6:	UFOV-Test, Boxplot Geteilte Aufmerksamkeit	128
Abbildung A7:	UFOV-Test, Boxplot Selektive Aufmerksamkeit	128
Abbildung A8:	Verteilung der Probanden innerhalb der ältesten Altersgruppe mit einem Visus geringer 0,7	129
Abbildung A9:	Boxplot zum WRBTV	130
Abbildung A10:	Histogramm Radarmessung Strecke 1	131
Abbildung A11:	Histogramm Radarmessung Strecke 2	131
Abbildung A12:	Histogramm Radarmessung Strecke 3	132
Abbildung A13:	Histogramm Radarmessung Strecke 4	132
Abbildung A14:	Histogramm Radarmessung Strecke 5	132

---

## Tabellen

---

<b>Tabelle 1:</b>	Tests aus dem Expertensystem Verkehr (Schuhfried GmbH, 2009)	32
<b>Tabelle 2:</b>	Versuchsplan der Versuche im Simulator	33
<b>Tabelle 3:</b>	Einteilung der Probanden in Altersgruppen	37
<b>Tabelle 4:</b>	Charakteristika der für den Vergleich zwischen jüngeren und älteren Fahrern ausgewählten Abschnitte auf Landstraßen	45
<b>Tabelle 5:</b>	Beschreibung der Gesamtstichprobe (Fahrversuche) nach Altersgruppen und Geschlecht	53
<b>Tabelle 6:</b>	Beschreibung der Gesamtstichprobe (Fahrversuche) nach Alter und Fahrleistung	54
<b>Tabelle 7:</b>	Beschreibung der Gesamtstichprobe (Simulatorversuche) nach Alter und Fahrleistung	54
<b>Tabelle 8:</b>	Ergebnisse des Sehzeichentestes nach DIN EN ISO 8596 und Anzahl und Prozent der Probanden mit einem Visus geringer als 0,7	56
<b>Tabelle 9:</b>	Deskriptive Statistik zum Gesichtsfeld (Test PP)	56
<b>Tabelle 10:</b>	Stroop Test Mittelwert Reaktionszeit nur falsche Reaktionen	57
<b>Tabelle 11:</b>	Stroop Test Mittelwert Reaktionszeit nur richtige Reaktionen	57
<b>Tabelle 12:</b>	Stroop Test Anteil falscher Reaktionen	58
<b>Tabelle 13:</b>	Stroop Test mittlere Reaktionszeiten auf kompatible Reize	58
<b>Tabelle 14:</b>	Stroop Test mittlere Reaktionszeiten auf inkompatible Reize	58
<b>Tabelle 15:</b>	Visuelle Suche: Anteil falscher Reaktionen	58
<b>Tabelle 16:</b>	Visuelle Suche: Mittelwert der Reaktionszeiten (falsche Reaktionen)	58
<b>Tabelle 17:</b>	Visuelle Suche: Mittelwert der Reaktionszeiten (richtige Reaktionen)	59
<b>Tabelle 18:</b>	Visuelle Suche: Deskriptive Statistik der Reaktionszeiten nur bei vorhandenem Zielreiz	59
<b>Tabelle 19:</b>	Visuelle Suche: Deskriptive Statistik des Anteils der ausgelassenen Reize	59
<b>Tabelle 20:</b>	Go-NoGo-Aufgabe: Anteil falscher Reaktionen	59
<b>Tabelle 21:</b>	Go-NoGo-Aufgabe: Mittelwert der Reaktionszeiten (falsche Reaktionen)	60
<b>Tabelle 22:</b>	Go-NoGo-Aufgabe: Mittelwert der Reaktionszeiten (richtige Reaktionen)	60
<b>Tabelle 23:</b>	UFOV-Test Verarbeitungsgeschwindigkeit: deskriptive Statistik	62
<b>Tabelle 24:</b>	UFOV-Test Geteilte Aufmerksamkeit: deskriptive Statistik	63
<b>Tabelle 25:</b>	UFOV-Test Geteilte Aufmerksamkeit: deskriptive Statistik	63
<b>Tabelle 26:</b>	Cognitrone: Vier-Felder-Schema der Antwortmöglichkeiten (in Klammer englische Bezeichnungen und Bezeichnung der Variablen in der Datendatei)	63
<b>Tabelle 27:</b>	Cognitrone: Anteil je Altersgruppe der Probanden mit mehr als 15 % falschen Reaktionen (sowohl Miss-Werte als auch falsche Alarm-Werte)	63
<b>Tabelle 28:</b>	Cognitrone: deskriptive Statistik „Mittlere Zeit“, „Korrekte Zurückweisung“	64
<b>Tabelle 29:</b>	RT S3: deskriptive Statistik „Mittlere Reaktionszeit (Box-Cox-transformiert)“	64
<b>Tabelle 30:</b>	RT S3: deskriptive Statistik „Mittlere motorische Zeit (Box-Cox-transformiert)“	65

<b>Tabelle 31:</b>	2Hand-Test S3: deskriptive Statistik „Mittlere Dauer Gesamt“	65
<b>Tabelle 32:</b>	2Hand-Test S3: deskriptive Statistik „Mittlere Fehlerdauer Gesamt“	65
<b>Tabelle 33:</b>	2Hand-Test S3: deskriptive Statistik „Prozent Fehlerdauer Gesamt“	65
<b>Tabelle 34:</b>	ATAVT S1: deskriptive Statistik „Personenparameterschätzer“	66
<b>Tabelle 35:</b>	WRBTV: deskriptive Statistik „subjektiv akzeptiertes Risikoniveau“ (zeitlicher Abstand zur Gefahr in [s] bei dem reagiert wird)	66
<b>Tabelle 36:</b>	IVPE: deskriptive Statistik „Psychische Stabilität“	68
<b>Tabelle 37:</b>	IVPE: deskriptive Statistik „Verantwortungsbewußtsein“	68
<b>Tabelle 38:</b>	IVPE: deskriptive Statistik „Selbstkontrolle“	68
<b>Tabelle 39:</b>	IVPE: deskriptive Statistik „Spannungsbedürfnis/Abenteuerlust“	68
<b>Tabelle 40:</b>	Vergleich der Stichprobe mit einer Normstichprobe: Test RT(S3)	69
<b>Tabelle 41:</b>	Vergleich der Stichprobe mit einer Normstichprobe: Test COG (S11) mittlere Zeit korrekte Zurückweisung; nur Werte mit weniger als 15 % Fehlern	69
<b>Tabelle 42:</b>	Vergleich der Stichprobe mit einer Normstichprobe: Test ATAVT, Überblicksgewinnung (Personenparameterschätzer)	69
<b>Tabelle 43:</b>	Einschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit im Vergleich zur eigenen Altersgruppe	71
<b>Tabelle 44:</b>	Einschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit im Vergleich zur jeweils anderen Altersgruppe	71
<b>Tabelle 45:</b>	Einschätzung der aktuellen eigenen Leistungsfähigkeit im Vergleich zur eigenen Leistungsfähigkeit vor 10 Jahren	71
<b>Tabelle 46:</b>	Simulatorversuche: Orientierungsdauer an einer Kreuzung [s]	75
<b>Tabelle 47:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für den Abstand auf der Gerade 1 der Simulation	76
<b>Tabelle 48:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für den Abstand auf der Gerade 2 der Simulation	77
<b>Tabelle 49:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für die Geschwindigkeit beim Verlassen der Stadt in der Simulation	77
<b>Tabelle 50:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für die Geschwindigkeit beim Verlassen der Stadt in der Simulation ohne den Prädiktor Alter	77
<b>Tabelle 51:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für die Geschwindigkeit beim Zurückkehren in die Stadt in der Simulation	77
<b>Tabelle 52:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für die Orientierungsdauer an einer Kreuzung in der Simulation Stadt in der Simulation	78
<b>Tabelle 53:</b>	Situation III innerorts: deskriptive Statistik gewichtetes Blickverhalten	85
<b>Tabelle 54:</b>	Situation IVa innerorts: deskriptive Statistik gewichtetes Blickverhalten	87
<b>Tabelle 55:</b>	Situation IVb innerorts: deskriptive Statistik gewichtetes Blickverhalten	88
<b>Tabelle 56:</b>	Deskriptive Statistik der maximalen Geschwindigkeit zwischen Situation Ia und Ib [km/h]	90
<b>Tabelle 57:</b>	Deskriptive Statistik der maximalen Geschwindigkeit für die Situation VIa [km/h]	91
<b>Tabelle 58:</b>	Deskriptive Statistik der maximalen Geschwindigkeit für die Situation VIb [km/h]	91

<b>Tabelle 59:</b>	Dauer der Querung einer zweibahnigen Straße: deskriptive Statistik [s]	92
<b>Tabelle 60:</b>	Ergebnisse zum Vergleich der Probandenfahrten und der Querschnittsmessungen auf verschiedenen Landstraßenabschnitten [km/h]	93
<b>Tabelle 61:</b>	Landstraße Strecke 1: Deskriptive Statistik, Mittelwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]	93
<b>Tabelle 62:</b>	Landstraße Strecke 1: Deskriptive Statistik, Maximalwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]	93
<b>Tabelle 63:</b>	Landstraße Strecke 2: Deskriptive Statistik, Mittelwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]	94
<b>Tabelle 64:</b>	Landstraße Strecke 2: Deskriptive Statistik, Maximalwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]	94
<b>Tabelle 65:</b>	Landstraße Strecke 3: Deskriptive Statistik, Mittelwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]	94
<b>Tabelle 66:</b>	Landstraße Strecke 3: Deskriptive Statistik, Maximalwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]	94
<b>Tabelle 67:</b>	Landstraße Strecke 4: Deskriptive Statistik, Mittelwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]	94
<b>Tabelle 68:</b>	Landstraße Strecke 4: Deskriptive Statistik, Maximalwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]	95
<b>Tabelle 69:</b>	Landstraße Strecke 5: Deskriptive Statistik, Mittelwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]	95
<b>Tabelle 70:</b>	Landstraße Strecke 5: Deskriptive Statistik, Maximalwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]	95
<b>Tabelle 71:</b>	Landstraße besondere Punkte, Strecke 3, Punkt3: Deskriptive Statistik, minimale Geschwindigkeit vor Erreichen der Kuppe je Altersgruppe [km/h]	96
<b>Tabelle 72:</b>	Landstraße besondere Punkte, Strecke 4, Punkt2: Deskriptive Statistik, minimale Geschwindigkeit am Ortseingang je Altersgruppe [km/h]	96
<b>Tabelle 73:</b>	Maximale Geschwindigkeiten auf der Autobahn [km/h]: Übersicht der Unterschiede zwischen Altersgruppen und der Zusammenhänge mit dem Alter getrennt nach Streckenabschnitten	97
<b>Tabelle 74:</b>	Geschwindigkeiten auf der Autobahn an relevanten Punkten: Übersicht der Unterschiede zwischen Altersgruppen und der Zusammenhänge mit dem Alter getrennt nach relevanten Punkten	97
<b>Tabelle 75:</b>	Vorhersage des Verhaltens: Ergebnisse binäre logistische Regression für das Blickverhalten an einer komplexen Kreuzung	101
<b>Tabelle 76:</b>	Vorhersage des Verhaltens: Ergebnisse binäre logistische Regression für das Blickverhalten beim Linksabbiegen	101
<b>Tabelle 77:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für den Blickindex beim Rechtsabbiegen in Situation IVa	102
<b>Tabelle 78:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für den Blickindex beim Rechtsabbiegen in Situation IVa, durchgeführt ohne den Prädiktor „Alter“	102

<b>Tabelle 79:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für die maximale Geschwindigkeit in der Innenstadt zwischen den Situationen Ia und Ib	103
<b>Tabelle 80:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für die mittlere Geschwindigkeit auf der Landstraße (Strecke 1)	103
<b>Tabelle 81:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für die mittlere Geschwindigkeit auf der Landstraße (Strecke 3)	103
<b>Tabelle 82:</b>	Ergebnisse der linearen Regression für die Geschwindigkeit auf der Autobahn (Abschnitt 0811 in Rückrichtung)	103
<b>Anlagen:</b>		
Tabelle A1:	Umrechnung VISUS, $\log(\text{VISUS})$ , MAR und $\log(\text{MAR})$	115
Tabelle A2:	Schiefe und Kurtosis der Radarmessungen getrennt nach Strecke	131

## 1 Projekthintergrund und Forschungsfragen

Bis zum Jahr 2050 wird sich der Anteil älterer Menschen ab 65 Jahren in den OECD Ländern verdoppeln, bei den über 80-Jährigen wird ein noch rascherer Zuwachs erwartet (OECD, 2001a). Für die EU wird von einer Verdreifachung der über 80-Jährigen bis 2060 ausgegangen (Eurostat, 2010). Diese Trends gelten auch für Deutschland, wo eine vergleichbare demografische Entwicklung seit Längerem zu beobachten ist. So stieg der Anteil der Älteren ab 65 Jahren von 16% im Jahr 1980 auf 21% im Jahr 2010 und wird voraussichtlich im Jahr 2015 33% betragen (Statistisches Bundesamt, 2009a). Die in ihrer Anzahl am schnellsten wachsende Bevölkerungsgruppe in Deutschland sind die 80-jährigen und älteren Menschen.

Gleichzeitig steigt der Anteil der Älteren, die es gewohnt sind, Auto zu fahren und die ihren Alltag darauf eingestellt haben. So wird der Anteil der über 80-jährigen Männer mit Führerschein im Jahr 2050 nahezu 100% betragen, der Anteil der gleichalten Frauen mit Führerschein wird von 10% im Jahr 1999 auf 80% steigen (Oswald, 1999). In Zukunft werden die über 65-Jährigen ein Drittel der Autofahrer in Deutschland stellen (Oswald, 1999). Die OECD rechnet damit, dass im Jahr 2030 jeder vierte Autofahrer 65 Jahre oder älter sein wird (OECD, 2001b).

Neben der Erhöhung der absoluten Anzahl älterer Autofahrer fahren die heutigen Älteren auch mehr als frühere gleichaltrige Kohorten (Berry, 2011), allerdings weiterhin auch in Zukunft insgesamt weniger als Jüngere.

Mobilität ist eine wichtige Komponente des Wohlbefindens und sichert die Unabhängigkeit älterer Menschen (Mollenkopf & Engeln, 2008). Mit dem Wegfall des Autofahrens ist nicht nur eine tatsächliche Einschränkung der Mobilität verbunden, oft geht damit auch eine gesundheitliche Beeinträchtigung einher. So fanden Freeman et al. (2006) in einer Studie in den USA heraus, dass das Risiko dauerhaft betreut zu werden deutlich für diejenigen Personen ansteigt, die aufhören, Auto zu fahren. Weiter hat der Pkw gerade im ländlichen Raum eine enorme Be-

deutung für ältere Menschen (Pfafferott, 1993). Gleiches gilt bei körperlichen Beeinträchtigungen, die oftmals das Auto als einzige Mobilitätsalternative erscheinen lassen. Besonders schwer fällt dabei der Verzicht auf das Auto, wenn es sich bei dessen Benutzung um hoch habituiertes Verhalten handelt, wie es für die gegenwärtige und vor allem zukünftige Generation älterer Menschen zu erwarten ist (Herzberg, 2008).

Betrachtet man die aktuellen Unfallzahlen im Straßenverkehr, so ist die absolute Anzahl der Unfälle mit Älteren auch im Vergleich zu den günstigen mittleren Altersgruppen derzeit unauffällig. Mit einer zunehmenden Anzahl älterer Autofahrer, die zudem auch mehr fahren, wird sich jedoch bei gleich bleibenden äußeren Voraussetzungen auch die Anzahl der Unfälle mit Älteren erhöhen.

Neben dieser zu erwartenden absoluten Zunahme von Unfällen mit Älteren, sind weitere Unfallkennziffern relevant. Wird das Unfallrisiko auf die gefahrene Zeit oder die gefahrene Strecke bezogen, steigt das Risiko mit dem Alter an. So wird eine deutliche Zunahme des Unfallrisikos ab einem Alter von 75, eine weitere deutliche Zunahme ab einem Alter von 85 Jahren festgestellt (Schade, 2008).

Trotz des steigenden Unfallrisikos bei älteren Fahrern muss betont werden, dass dieses niedriger ist als das entsprechende Risiko der jungen Fahranfänger (Statistisches Bundesamt, 2011a). Erst aus dieser gemeinsamen Betrachtung des Unfallrisikos jüngerer und älterer Fahrer ergibt sich die charakteristische „Badewannen-Funktion“ des Verkehrsrisikos mit dem Alter, wenn man die (geringere) Fahrleistung und damit Gefahrenexposition Älterer berücksichtigt (Schade, 2000).

Mit zunehmendem Alter steigt nicht nur das Risiko, an einem Unfall beteiligt zu sein. Stärker noch steigt das Risiko, einen Unfall zu verursachen (Clarke, Ward, Bartle & Truman, 2010; Statistisches Bundesamt, 2011a).

Trotz dieser vermeintlich klaren deskriptiven Aussagen sind die tatsächlichen Zusammenhänge weniger eindeutig. So müssen für eine richtige Beurteilung des Un-

fallrisikos Älterer mindestens zwei Phänomene berücksichtigt werden.

Zum Einen ist das Risiko Älterer, bei einem Unfall verletzt oder getötet zu werden, generell höher als das Risiko für jüngere Menschen (Vulnerabilitäts- oder Mortalitätsrisiko, „frailty bias“), (Welsh, Morris, Hassan & Charlton, 2006). Damit ergibt sich zwangsläufig bei gleicher physischer Unfallenergie eine höhere Unfallschwere für Ältere im Vergleich zu Jüngeren, ohne dass das Risiko zu verunfallen per se davon betroffen ist. Zudem werden Unfälle mit Personenschaden generell eher in die Unfallstatistik aufgenommen als Unfälle mit reinem Sachschaden (Elvik, Høy, Vaa & Sørensen, 2009), was sich nachteilig auf die Unfallstatistik Älterer auswirkt.

Das zweite Phänomen ist der sogenannte „low-mileage bias“ (Hakamies-Blomqvist, Raitanen & O'Neill, 2002). Dieser Bias beschreibt die Veränderung des Unfallrisikos mit der Anzahl der gefahrenen Kilometer: Je mehr Kilometer eine Person (gleich welcher Altersgruppe) fährt, desto geringer wird das auf die Entfernung bezogene Risiko zu verunfallen. Dies ist eine Folge der Fahrpraxis, die gerade bei Älteren im Vergleich zu mittelalten Fahrern geringer ist (Langford, Methorst & Hakamies-Blomqvist, 2006). Wenig fahren und höheres Alter sind in Bezug auf die Häufigkeit der Unfallverursachung konfundiert. Weiter hängt dies auch damit zusammen, dass längere Distanzen oft auf vergleichsweise sicheren Straßen, wie etwa Autobahnen, zurückgelegt werden. Gerade Wenigfahrer, zu denen viele Ältere gehören, fahren dagegen häufig kürzere Strecken, oft auch Innerorts, die ein höheres Unfallrisiko beinhalten (Schade, 2008).

Wird die Unfallsituation Älterer betrachtet, muss eine detaillierte Betrachtung der Unfallsituationen erfolgen, an denen Ältere überzufällig häufig beteiligt sind. Die meisten Unfälle ereignen sich für diese Altersgruppe an Knoten (Kreuzungen und Einmündungen), hier vor allem beim Linksabbiegen (Clarke et al., 2010; Oxley, Fildes, Corben & Langford, 2006; Pottgießer, 2012). Diese Situationen sind durch hohe Komplexität gekennzeichnet und beanspruchen in hohem Maß die Wahrnehmung, die Entscheidungsfähigkeit und die Reaktionsleistung.

Auch die Unfalltypen verändern sich mit dem Alter: Während Fahrnfälle abnehmen, steigen die Unfalltypen 2 (Abbiege-Unfall) und 3 (Einbiegen/Kreuzen-Unfall) mit dem Alter an (Statistisches Bundesamt, 2011a, 2011b). Als Unfallursache werden Vorfahrtfehler an erster Stelle genannt (Statistisches Bundesamt, 2011b).

Bedenkt man, dass Unfällen meist ein Fahrfehler vorausgeht (Reichart, 2001), lohnt sich eine Betrachtung der Unfälle über die in der Statistik angegebenen Ursachen hinaus. Auf der Ebene der Fahrfehler wurden in den besonders unfallrelevanten Kreuzungen mangelndes Sicherungsverhalten und zögerliches Verhalten gefunden (Fastenmeier & Gсталter, 2008).

Neben Fahrfehlern und der Art der Unfälle verändert sich auch die Art der Verkehrsverstöße (Schade, 2008): Während motivational bedingte Verstöße wie etwa das Fahren unter Alkoholeinfluss oder Geschwindigkeitsüberschreitungen abnehmen, steigen Verstöße, die auf Wahrnehmungsfehler in komplexen Situationen zurückgeführt werden können, mit dem Alter an. Die Abnahme motivational bedingter Verstöße wird mit einer insgesamt positiven Entwicklung verkehrsrelevanter Persönlichkeitseigenschaften mit dem Alter in Verbindung gebracht (Herzberg, 2008). Auch wenn eine Vielzahl von Persönlichkeitseigenschaften differentiell stabil ist, verändern sich einige Dimensionen regelmäßig im Verlauf der Lebensspanne. Dies trifft etwa auf die in starkem Maße verkehrsrelevante Persönlichkeitsdimension „Sensation Seeking“ zu, die tendenziell mit dem Alter abnimmt (Herzberg & Schlag, 2003).

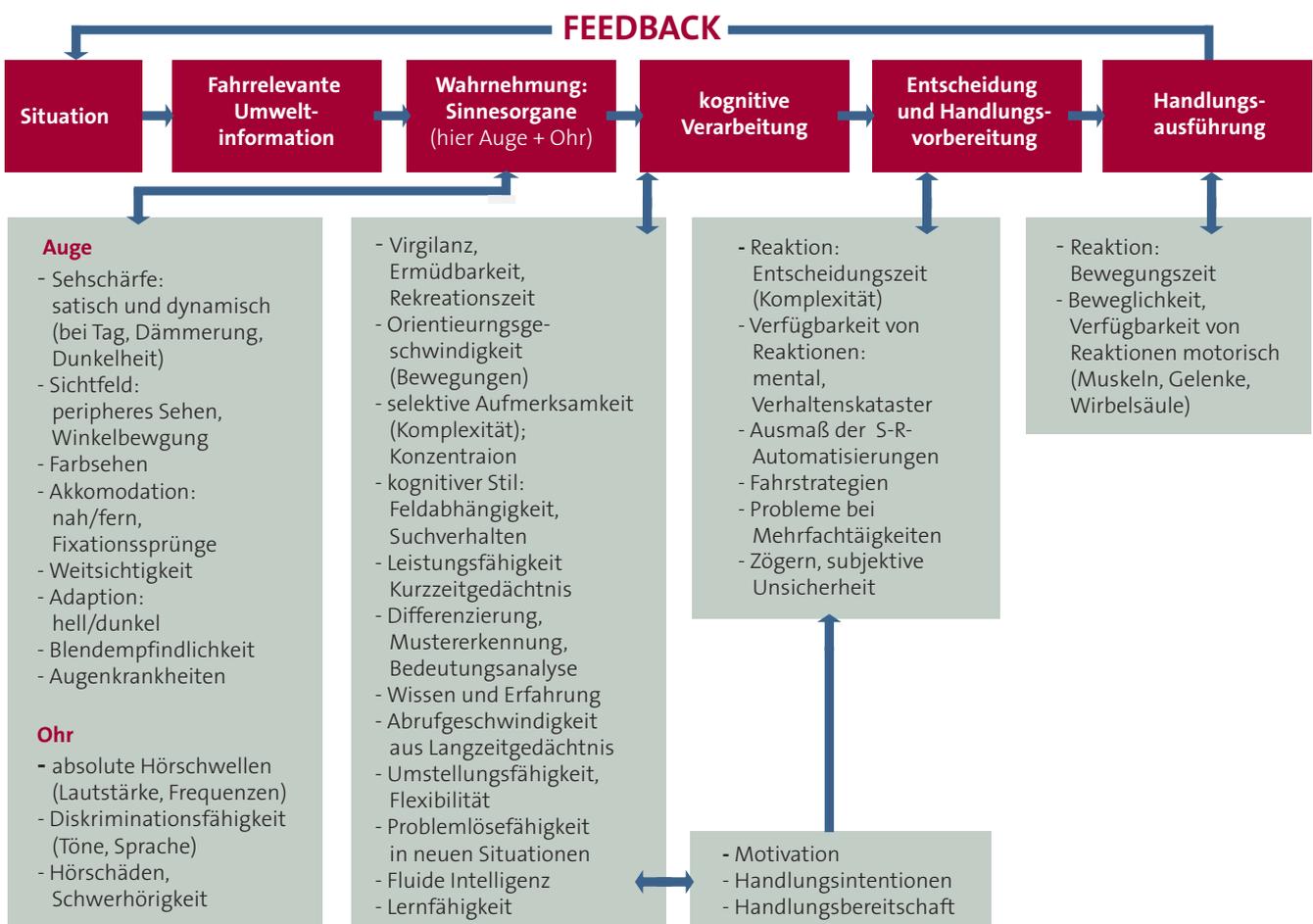
Eine Ausnahme bei dieser eher positiven Entwicklung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale bildet die Rigidität und Reaktanz. Nach Herzberg (2008) äußert sich Reaktanz bei Älteren in Bezug zum Fahren in zwei Bereichen, zum Einen wenn es um den Umgang mit Verkehrsteilnehmern anderer Altersgruppen geht und zum Anderen wenn die Abnahme der eigenen Leistungsfähigkeit und deren Auswirkungen auf das Fahren akzeptiert werden soll. Hier wird gerade bei älteren Fahrern nicht nur die eigene Leistung überschätzt (Pottgießer, 2012) sondern auch die Fähigkeit, diese Veränderungen

der eigenen Leistungsfähigkeit wahrzunehmen. Die in allen Altersgruppen festzustellende positive Selbsteinschätzung der eigenen fahrerischen Kompetenzen bleibt im Alter erhalten und entfernt sich damit vermehrt von den objektiven Fähigkeiten (Richter, J., Schlag & Weller, 2010). Eine selbstwertdienliche Interpretation der eigenen Defizite zeigt eine neuere Studie (Siren & Kjær, 2011): Demnach passen ältere Fahrer ihr Verhalten nicht aufgrund des Erkennens eigener Defizite an, sondern weil das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer als gefährlich beurteilt wird.

Welche Veränderungen sind vom Altern betroffen und wie beeinflussen diese Veränderungen das Verkehrsverhalten und die Verkehrssicherheit? Generell ist eine nachlassende sensorische, kognitive und motorische Lei-

stungsfähigkeit mit dem Alter zu beobachten. Diese Prozesse sind in Abbildung 1 zusammengefasst dargestellt (Schlag, 1993, 2008a).

Die in Abbildung 1 beschriebenen Prozesse und deren Auswirkungen werden im Detail in Schlag (2008b) diskutiert. Bei den sensorischen Veränderungen des Sehapparates ist neben den in Abbildung 1 beschriebenen Faktoren vor allem die Verkleinerung des nutzbaren Sehfeldes hervorzuheben (Cohen, 2008). Kognitive Veränderungen mit dem Alter und ihre Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, wie sie auch für das vorliegende Projekt relevant sind, werden von Falkenstein und Sommer (2008) diskutiert, Veränderungen der motorischen Leistungsfähigkeit werden im Einzelnen von Rinkeauer (2008) beschrieben.



**Abbildung 1:** Problemfelder älterer Kraftfahrer in Wahrnehmung, Kognition und Handlung (Schlag, 2008a)

Neben den Veränderungen der Leistungsfähigkeit mit dem Alter haben auch altersbedingte Krankheiten vor allem in Verbindung mit den deswegen eingenommenen Medikamenten einen Einfluss auf die Verkehrssicherheit. Diese Auswirkungen sind in Ewert (2008), Dobbs (2006) und Tournier, Dommès & Cavallo (2011) zusammengefasst. Auch wenn der Zusammenhang zwischen Erkrankung, Medikamenteneinnahme und Verkehrssicherheit nicht in Zweifel steht, sind die tatsächlichen Auswirkungen auf die Fahrtauglichkeit und die Verkehrssicherheit von der Ausprägung und den mit der Erkrankung einhergehenden, individuell unterschiedlichen funktionalen Einschränkungen abhängig.

Keine Altersgruppe ist allerdings so unterschiedlich wie „die Alten“: Altern ist geprägt von einer zunehmenden inter- und intraindividuellen Variabilität. „Alterungsprozesse verlaufen multidimensional und multidirektional. Es ist kein genereller, linearer und universeller Abbau („Defizit-Modell“) von Leistungsmöglichkeiten im Alter nachweisbar“ (Schlag, 2008a, S. 78).

Für die Beschreibung der Auswirkungen des Alterns auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit sollte daher nicht das kalendarische oder chronologische, sondern das funktionale Alter betrachtet werden. Das funktionale Alter wird über die Ausprägungen in den Variablen der in Abbildung 1 beschriebenen Dimensionen charakterisiert. Es ist, im Vergleich zum chronologischen oder kalendarischen Alter, ein besserer Prädiktor des Fahrverhaltens (Anstey, Wood, Lord & Walker, 2005; Burgard & Kiss, 2008; Ellinghaus, Schlag & Steinbrecher, 1990).

Doch auch eine präzise Beschreibung des funktionalen Alters garantiert keine valide Vorhersage des Verhaltens. Ursächlich dafür ist die Tatsache, dass Autofahren auf allen drei Ebenen, der Navigations-, der Manöver- und der Stabilisierungsebene (Donges, 1999; Michon, 1985; Rasmussen, 1986) eine Tätigkeit mit hohen Freiheitsgraden ist: wann gefahren wird, welche Manöver durchgeführt werden und mit welcher Geschwindigkeit gefahren wird, entscheidet in den Grenzen der situationalen Anforderungen der Fahrer selber. Erst wenn die Anforderungen

der Situation zu hoch sind und nicht mehr kompensiert werden können, kommt es zu einem Unfall (Fuller, 2005). So zeigen sich auch altersabhängig erhöhte Fehlerwahrscheinlichkeiten und Reaktionszeiten erst in komplexen Situationen mit hohen Anforderungen, die auch durch Geschwindigkeitsreduktion nicht hinreichend verringert werden können (Weller & Geertsema, 2008).

Derartige Kompensationsstrategien werden auch von den Fahrern selber immer wieder angesprochen (Fildes, 2006; Schlag & Engeln, 2001). Dabei kann sich Kompensation auf alle Bereiche der Mobilität beziehen und ist auf unterschiedlichen Ebenen möglich (Engeln & Schlag, 2008). Als Grundlage der Überlegungen zur Kompensation von Altersdefiziten gilt nach wie vor das Modell der selektiven Optimierung mit Kompensation (SOK) von Baltes (Baltes & Baltes, 1990).

Die Wichtigkeit der Geschwindigkeitsregulation beim Fahren wird deutlich, wenn die zentrale Rolle betrachtet wird, die generell die Zeit und insbesondere die Wahrnehmungs-, Verarbeitungs- und Reaktionsgeschwindigkeit in Theorien des Alterns spielt (Salthouse, 1996). Durch die Verringerung der Fahrgeschwindigkeit gewinnt der (ältere) Fahrer im günstigen Fall Zeit für die Reizverarbeitung und kompensiert so langsamere Verarbeitungsgeschwindigkeiten. Ein ähnlicher Effekt kann in der Straßengestaltung durch die frühe und gestaffelte Darbietung von Information (z. B. durch Vorwegweiser) erzielt werden (Küting & Krüger, 2002).

Letztgenannte Maßnahme ist ein Beleg dafür, dass die Kompensation von Altersdefiziten auch außerhalb des individuellen Fahrers stattfinden kann. Neben Gestaltungsmaßnahmen von Straße und Fahrzeug (hier besonders durch Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsysteme) müssen ganzheitliche Konzepte erarbeitet werden, die Maßnahmen auf allen vier E (Enforcement, Education, Engineering und Economy) beinhalten. Neben klassischen Ansätzen (beschrieben etwa in Eby & Molnar, 2009; Shinar, 2007; Whelan, Langford, Oxley, Koppel & Charlton, 2006), wurden in neuester Zeit positive Ergebnisse mit Trainings sowohl der kognitiven und der körperlichen Fähigkeiten als auch des Fahrens selbst ge-

macht (Gajewski, Wipking, Falkenstein & Gehlert, 2011; Poschadel, 2011).

Aufgrund der oben beschriebenen Entwicklungen müssen folgende Fragen gestellt und beantwortet werden:

- Welche Probleme haben Ältere tatsächlich beim Autofahren?
- Welche Verhaltensweisen sind bei Fahrversuchen im Realverkehr beobachtbar?
- Inwieweit werden sensorische, kognitive und motorische Leistungseinschränkungen durch Verhaltensanpassungen kompensiert?
- Wo bestehen Möglichkeiten zur Verbesserung der Mobilitätssituation dieser Fahrer, wo Maßnahmennotwendigkeiten zur Gewährleistung der Straßenverkehrssicherheit?
- Welche Bedürfnisse und Wünsche haben ältere Fahrer hinsichtlich ihrer Fahrzeuge und der Gestaltung der Straße und inwieweit können Pkw und Verkehrsgestaltung diesen Bedürfnissen angepasst werden?

Die übergeordnete Fragestellung des Projektes könnte lauten „Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Alter und dem Fahrverhalten?“. Das chronologische Alter ist wegen der zunehmenden Heterogenität mit dem Alter nur bedingt geeignet, diese Frage zu beantworten. Aussagekräftiger ist vielmehr das funktionale Alter (s. o.). Entsprechend wird die Forschungsfrage für dieses Projekt präzisiert:

- Gibt es einen Zusammenhang zwischen der altersbedingten Veränderung:
  - a) der sensorischen Leistungsfähigkeit,
  - b) der kognitiven Leistungsfähigkeit und/oder
  - c) der motorischen Leistungsfähigkeit
 mit dem Fahrverhalten?

Weiter ist von Interesse, ob es Zusammenhänge zwischen den während der Simulatorfahrt erhobenen Daten und den Fahrdaten aus den Fahrversuchen gibt und welcher Art diese Zusammenhänge sind. Somit lässt sich eine zusätzliche Forschungsfrage definieren:

- Besteht ein Zusammenhang zwischen den während der Simulation gewonnenen Daten und den Fahrdaten, die während der Realfahrt erhoben wurden?

## 2 Methodisches Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen

Zur Beantwortung der Fragestellungen werden Simulator- und Fahrversuche durchgeführt. Die sensorische, kognitive und motorische Leistungsfähigkeit wird im Labor erhoben. Vor der eigentlichen Erhebung der Daten fanden Vorversuche im Labor und im Simulator statt.

Dementsprechend gliedert sich der vorliegende Bericht in vier Abschnitte:

- Vorversuche
- Erhebung der Leistungsfähigkeit im Labor
- Simulatorversuche
- Fahrversuche.

Die Einzelergebnisse zu den jeweiligen Kapiteln werden anschließend in einem zusätzlichen Kapitel zusammengeführt und gemeinsam ausgewertet: „Zusammenhang zwischen Leistungsfähigkeit und Fahr- und Fahrerverhalten“.

### 2.1 Operationalisierung der Variablen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage werden zunächst die einzelnen unabhängigen und abhängigen Variablen operationalisiert.

#### 2.1.1 Sensorische Leistungsfähigkeit

Ausgehend von der zentralen Rolle des Sehens für den Verkehr (Sivak, 1996) wird die visuelle sensorische Leistungsfähigkeit erhoben. Während die Rolle des Sehens beim Fahren nicht bestritten wird, gibt es kaum gesicherte Zusammenhänge zwischen einzelnen im Labor erhobenen Parametern der Sehleistung und dem tatsächlichen Fahren (Cohen, 2008). Shinar (2007) schreibt in einer Zusammenfassung der Befunde: „... it is surprising how little scientific and empirical support exist to support the relationship between individual differences in the theoretically relevant visual skills and crash involvement...“ (p. 121).

Sofern nicht anders angegeben, diente als Prüfgerät der Sehzeichenmonitor TCP-2000A der Firma Tomey. Die Ent-

fernung zwischen Proband und Sehzeichenmonitor betrug bei allen am Sehzeichenmonitor dargebotenen Aufgaben etwa vier Meter. Um eine korrekte Ausgabe zu gewährleisten, wurde diese Entfernung im Menü des Sehzeichenmonitors entsprechend eingestellt. Der Sehzeichenmonitor befindet sich etwa auf Augenhöhe eines sitzenden Probanden. Alle Probanden wurden angehalten, ihre Sitzhöhe anzupassen. Mit Ausnahme des Amsler Screenings erfolgten alle Untersuchungen mit beiden Augen, um die Nähe zum tatsächlichen Fahren zu gewährleisten.

Die Reihenfolge der Darstellung der einzelnen Parameter erfolgt in der Reihenfolge der Erhebung im Labor.

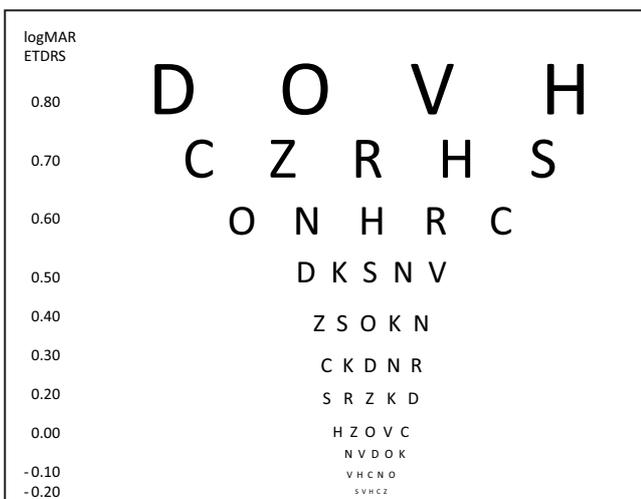
#### 2.1.1.1 Sehschärfe

Die Sehschärfe beschreibt das Auflösungsvermögen des Auges. Wird die Sehschärfe in Visus angegeben, bezeichnet dieser Wert den Kehrwert des Auflösungsvermögens des Auges in Bogenminuten. Wird die Sehschärfe in MAR (Minimum Angle of Resolution) angegeben, bezeichnet der Wert das Auflösungsvermögen des Auges, ebenfalls in Bogenminuten. Zur Umrechnung der Visus-Stufen in MAR und logMAR-Werte siehe Anlage A1.

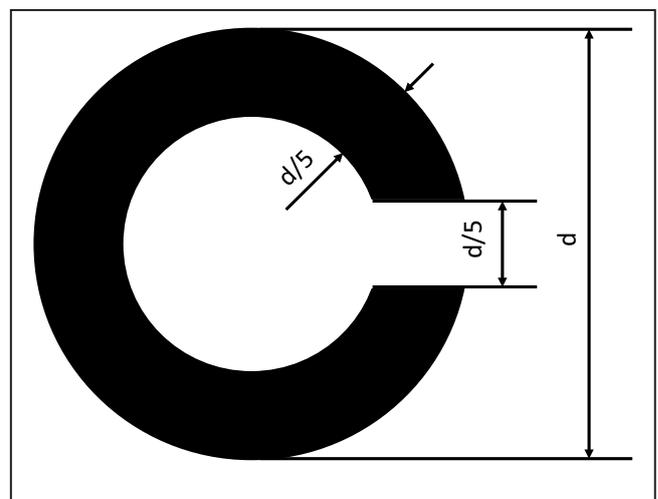
In der Voruntersuchung wurden zur Erhebung des Visus die ETDRS-Zeichen verwendet (ETDRS Chart I, Abbildung 2). Hier werden unterhalb eines logMAR-Wertes

von 0,90 pro Reihe und logMAR-Stufe jeweils fünf Optotypen (Sehzeichen) dargeboten. Als Sehzeichen werden hier die von Sloan et al. (1952) ausgewählten Buchstaben des Alphabets verwendet. Ausgehend von einer logMAR-Stufe von 1,0 liest der Proband der Reihe nach die Sehzeichen vor. Werden innerhalb einer logMar-Stufe drei der fünf Sehzeichen korrekt vorgelesen (3/5 Prüfkriterium), gilt die Stufe als erreicht. Werden weniger als drei Zeichen korrekt vorgelesen, notiert der Versuchsleiter den logMar-Wert der darüber liegenden Reihe auf dem Versuchsprotokoll (Anlage A2).

Die Verwendung der ETDRS-Tafeln wird von einigen Autoren als "the now gold standard of visual acuity tests" dargestellt (Stewart, Hussey, Davies & Moseley, 2006) (ebenso in Falkenstein, I. A. et al., 2008). Auch Kniestadt und Stamper (2003) schließen sich dem an und schreiben: "...For clinical studies the ETDRS-charts are recommended and for many studies mandatory. In these circumstances visual acuity should be noted in Log-MAR units..." (S. 169). Der Vorteil der Verwendung von Buchstaben als Sehzeichen besteht darin, dass es zu keinen links/rechts Verwechslungen wie bei Landoltringen kommen kann (NAS-NRC in Ruamviboonsuk, Tiensuwan, Kunawut & Masayaanon, 2003) (Plainis, Tzatzala, Orphanos & Tsilimbaris, 2007). Dennoch wird in der DIN 58220-6 (2009) zur Bestimmung der Sehschärfe im Straßenverkehr der Landoltring (Abbildung 3) als Optotyp vorgeschrieben.



**Abbildung 2:**  
Sehzeichen der ETDRS-Tafel



**Abbildung 3:**  
Landoltring gemäß DIN EN ISO 8596 (2009)

Für die Vorstudie kann zur Auswertung der Ergebnisse der Spielraum in der DIN 58220-5 (2009) genutzt werden, wonach die Verwendung anderer Optotypen anstelle des Landoltrings zulässig ist, wenn: „... in einer wissenschaftlichen Untersuchung überprüft wurde, dass diese Sehzeichen die gleichen Sehschärfewerte wie der Landoltring liefern und die Ergebnisse dieser Untersuchung in einer wissenschaftlich anerkannten, redigierten (peer-reviewed) Fachzeitschrift veröffentlicht wurden...“ (S. 3).

Dies ist für die ETDRS-Tafeln der Fall, siehe etwa: Teichler (2009), Ruamviboonsuk et al. (2003). Für die Hauptstudie wurde folgendes Vorgehen gewählt:

- Die erste Erhebung erfolgte mit den ETDRS-Tafeln vor den Fahrten im Feld. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch alle anderen Sehtests durchgeführt.
- Die zweite Erhebung der Sehschärfe erfolgte gemäß DIN 58220-5 (2009) mit dem Landoltring als Sehzeichen. Diese Erhebung fand etwa ein Jahr später vor den Simulatorversuchen statt. Zu diesem Zeitpunkt wurden keine weiteren Sehtests durchgeführt.

#### 2.1.1.2 Kontrastsehen

Als Kontrast wird der Unterschied in den Leuchtdichten des Sehzeichens ( $L_O$ ) und des Sehzeichenumfeldes ( $L_U$ ) als Prozentwert wie folgt definiert (Eckert, 1993, in Gertsema, 2007):

$$K = \frac{L_O - L_U}{L_U}$$

Für die dargebotenen Sehzeichen wird diese Formel entsprechend der maximalen und minimalen Leuchtdichte der hellen und dunklen Streifen wie folgt angepasst (TOMEY, o.J.):

$$K = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

Die Kontrastempfindlichkeit (contrast sensitivity) bezeichnet den Kehrwert des Kontrastes.

Die Erhebung des Kontrastsehens erfolgte über die erneute Erhebung der Sehschärfe mit einer verringerten Kontraststärke von 10%. Das Vorgehen erfolgte analog zur oben beschriebenen Erhebung der Sehschärfe un-

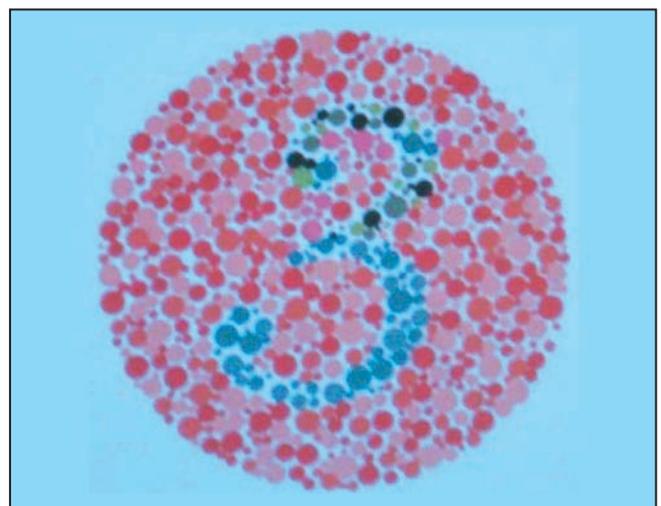
ter einem Kontrastniveau von 100%. Der erreichte Wert wurde wiederum auf dem Versuchsprotokoll notiert.

#### 2.1.1.3 Farbsehen

Die Erhebung des Farbsehens erfolgte mit Ishihara-Tafeln (Abbildung 4). Diese Tafeln werden schon 1924 von Clark beschrieben (Clark, 1924) und werden neben den Tafeln von Velhagen & Broschmann (2005) auch explizit in der Fahrerlaubnisverordnung (BMVBS, 2009) genannt.

Für die Voruntersuchung haben die Probanden 25 Tafeln vorgelesen. Sofern ein Ergebnis von der richtigen Lösung abwich, wurde dies auf dem Versuchsprotokoll vermerkt (Anlage 2). Die in der Voruntersuchung verwendeten Tafeln sind wie folgt zu interpretieren (TOMEY, 2010):

- Nr. 1: die Tafel dient nur zur Erklärung und kann sowohl von Farbtüchtigen als auch von Farbanomalen gesehen werden.
- Nr. 2-9: Personen mit einer Rot-Grün-Schwäche lesen andere Zahlen als vorgegeben. Bei totaler Farbblindheit und Farbschwäche können keine Zahlen erkannt werden.
- Nr. 10-17: Großteil der Farbschwachen sieht diese Zahlen nicht bzw. falsch.
- Nr. 18-21: viele der Rot-Grün-Schwachen lesen Zahlen auf diesen Tafeln. Die Farbtüchtigen, die total Farbblinden und total Farbschwachen erkennen dagegen Nichts.



**Abbildung 4:**  
Beispiel einer in der Untersuchung verwendeten Ishihara-Tafel

- Nr. 22-25: Farbtüchtige sehen die zweistelligen Zahlen. Bei Deutaranopie und starker Deuteranomale ist nur die erste Zahl sichtbar. Allerdings kann der schwach Deuteranomale beide lesen, die erste Zahl aber viel deutlicher als die zweite. Ausschließlich die zweite Zahl kann der Protanope und der stark Protanomale sehen. Der schwach Protanomale sieht die zweite Zahl klarer als die erste.

Da der Ishihara-Test für eine Individualdiagnose entwickelt wurde, für das vorliegende Projekt aber eine gruppenspezifische Auswertung notwendig ist, wurde für die Auswertung der Ishihara-Tests folgendes Vorgehen gewählt: Zunächst wurde die Anzahl falsch erkannter Zeichen über alle dargebotenen Sehzeichen aufsummiert. Diese Variable wurde dann kategorisiert in Personen, die maximal ein Zeichen falsch erkannt hatten und Personen, die mehr als ein Zeichen falsch erkannt hatten. Die statistische Auswertung beschränkt sich auf die kategoriale Einteilung in diese beiden Gruppen.

#### 2.1.1.4 Altersbedingte Makula-Degeneration (AMD)

Bei der Makuladegeneration handelt es sich um eine typische altersbedingte Verschlechterung der Sehleistung. Dabei ist das Sehen um die Stelle des schärfsten Sehens, die Fovea, betroffen, es befindet sich ein blinder Fleck im zentralen Gesichtsfeld (Goldstein, 2008). Die Erhebung erfolgt hier getrennt für das linke und rechte Auge, wobei die Probanden sich das Auge immer selber zuhalten. Wurden Ausfälle berichtet, waren ausgedruckte Versionen des Amsler-Tests vorbereitet, auf denen die Probanden die Stelle und Größe der Ausfälle einzeichnen konnten.

#### 2.1.2 Erhebung demographischer Daten

Die Erhebung der demographischen Daten erfolgte mittels eines Fragebogens (Anlage A3). Die im Fragebogen erhobenen Variablen repräsentieren unabhängige Variablen oder gehen als Kovariaten in die statistische Auswertung mit ein. Es wurde nach Alter, Geschlecht und Fahrerfahrung gefragt. Für weitere Versuche mit Erhebung der Blickbewegung war darüber hinaus relevant, ob die Probanden eine Sehhilfe beim Fahren benutzen.

#### 2.1.3 Items zu Selbsteinschätzungen

Alle hier erhobenen Items sollen mit dem tatsächlichen Verhalten verglichen werden. Zuerst wurden Items zum Fahrverhalten und zum Fahrstil erhoben. Weiter wurden Items zum Stellenwert des Autos erhoben. Zur Erhebung des Selbstbildes wurden Items aus Richter (2009) verwendet (Richter, J. et al., 2010).

#### 2.1.4 Aktuelle Befindlichkeit

Die Erhebung der momentanen Befindlichkeit dient in erster Linie zur Kontrolle von Ermüdungseffekten im Laufe der Versuchsdurchführung. Hierzu wurde ein Fragebogen von Richter, Debitz und Schulze (2002) verwendet. Zur Kontrolle von Effekten aufgrund der sogenannten Simulatorkrankheit (simulator sickness) wurde dieser Fragebogen um die Items „unwohl“ und „schwindlig“ ergänzt. Dieser Fragebogen wurde im Verlauf des Versuches zweimal von den Probanden ausgefüllt, nämlich am Ende der Vorbefragung und nach der Fahrt im Simulator.

#### 2.1.5 Kognitive und motorische Leistungsfähigkeit: Teil I

Für den ersten Teil der Erhebung der kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit wurden Tests des Leibniz-Institutes für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo) verwendet.

Die am IfADo entwickelten Tests wurden eingesetzt, um das am IfADo durchgeführte Projekt „Förderung der Hirnleistungsfähigkeit durch Training bei Älteren“ (GDV/UDV) mit der Dresdner Studie zu verknüpfen. Dies erlaubt zunächst einen Vergleich beider Stichprobenkollektive und kann so Hinweise auf die Gültigkeit der Befunde liefern. Weiter ist die Vergrößerung der Stichprobe günstig für zukünftige Berechnungen der Testgüte. Schließlich erlaubt die parallele Verwendung der gleichen Tests im günstigen Fall Aussagen zum Fahren des Dortmunder Probandenkollektivs und Aussagen zur Trainierbarkeit der kognitiven Leistungsfähigkeit für das Dresdener Probandenkollektiv. Durch die zeitliche Abfolge beider Projekte und den Aufwand, den das IfADo in die Entwicklung ei-

gener Tests bereits investiert hat, wurden die IfADo-Tests auch bei der Dresdner Erhebung eingesetzt.

Die IfADo-Tests sind in DOS implementiert und ihre Verwendung ist an bestimmte Voraussetzungen der Hardware gebunden. So werden speziell angefertigte, hochpräzise Messkarten im Versuchsrechner verbaut. Während es prinzipiell möglich gewesen wäre, die Tests in einer handelsüblichen Testsoftware wie E-Prime nachzuprogrammieren, wäre die Vergleichbarkeit der Ergebnisse damit nicht mehr gesichert. Daher hat sich das IfADo freundlicherweise bereit erklärt, der TU Dresden für die Dauer der Versuchsreihe einen Messrechner mit der bereits implementierten Software zur Verfügung zu stellen.

Aus zeitlichen Gründen konnten nicht alle am IfADo verwendeten Test auch in der Dresdner Studie zum Einsatz kommen. Eine Auswahl fand in Absprache mit Prof. Falkenstein und aufgrund eigener Überlegungen statt. In beiden Fällen war die erwartete prädiktive Leistungsfähigkeit für das Autofahren wichtigstes Kriterium. Detaillierte Belege aus der Literatur zu den erhobenen Konstrukten finden sich in Falkenstein & Sommer (2008). Eine Beschreibung der Tests wird im Zwischenbericht für das Projekt „Förderung der Hirnleistungsfähigkeit durch Training bei Älteren“ gegeben.

Für die Hauptstudie wurden die folgenden Tests in dieser Reihenfolge verwendet (die in Klammern angegebenen Ziffern sind die im Programm vom IfADo verwendeten Testbezeichnungen, in der zweiten Klammer findet sich die ungefähre Dauer der Tests in Minuten):

- Stroop Task Block 2 (Test 401) (5)<sup>1)</sup>
- Go NoGo Task (Test 601) (5)
- Visuelle Suche (Test 701) (7).

Die Instruktion zu den einzelnen Tests wurde vom IfADo übernommen und den Probanden vorgelegt. Vor Beginn der Versuche wurde die Instruktion entfernt. Die Gesamtdauer der Erhebung dieses Testteils mit Instruktion betrug ungefähr 20 Minuten.

<sup>1)</sup> Bei dem Block 2 der Stroop-Aufgabe war die Wortbedeutung des Farbwortes zu ignorieren und nur die Farbe, in der das Wort geschrieben war, zu beachten.

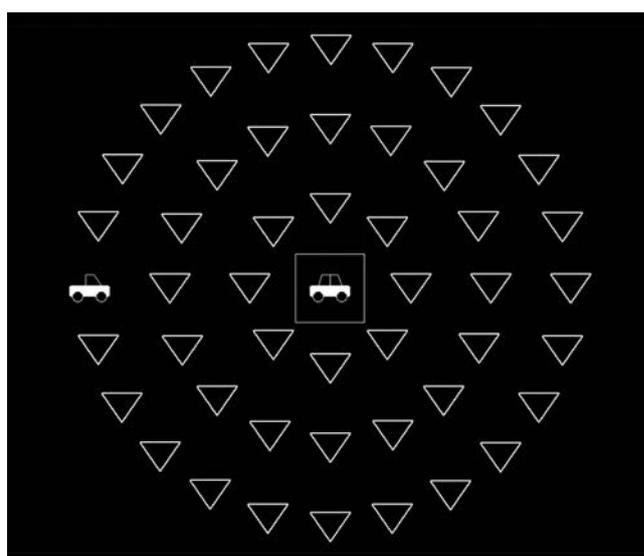
Die Tests wurden im Regelfall vor den Fahrversuchen im Wahrnehmungslabor der Professur für Verkehrspsychologie durchgeführt. Bestand die Gefahr, dass die Fahrt erst bei Anbruch der Dunkelheit beendet werden würde, wurden die Tests erst nach der Fahrt durchgeführt. Dies betraf zwei Probanden der Vergleichsgruppe. Beide gaben nach der Fahrt an, sich noch „fit“ zu fühlen und die Versuche noch durchführen zu wollen.

### 2.1.6 Kognitive und sensorische Leistungsfähigkeit: UFOV-Test

In den Versuchen wurde die Version 6.1.4 des UFOV-Tests eingesetzt. Dieser Test wird von der Firma Visual Awareness Inc. vertrieben und führte zu einer Reihe von Veröffentlichungen. Eine Besprechung des UFOV-Test findet sich in Weller & Geertsema (2008). Etwas irritierend misst dieser Test nicht das nutzbare Sehfeld (useful field of view, UFOV), sondern ist ein Aufmerksamkeitstest. Erhoben werden im Einzelnen:

- Verarbeitungsgeschwindigkeit (processing speed)
- geteilte Aufmerksamkeit (divided attention)
- selektive Aufmerksamkeit (selective attention).

In Abbildung 5 ist ein Screenshot des UFOV-Tests dargestellt. Die Aufgabe der Probanden besteht darin, zu



**Abbildung 5:** Screenshot des UFOV-Test (Bedingung drei, selektive Aufmerksamkeit)

entscheiden, welches Symbol im zentralen Rechteck dargestellt wurde (PKW oder LKW). Zudem muss entschieden werden, an welcher Stelle das äußere PKW-Symbol erschienen ist.

Die Instruktionen zum UFOV-Test und seinen Untertests werden sowohl im Manual als auch auf dem Bildschirm ausschließlich in Englisch dargeboten. Ohne nach den Englischkenntnissen zu fragen, wird allen Probanden zu allen drei Untertests eine deutsche Version der Instruktion vom Versuchsleiter vorgelesen. Bei dem UFOV-Test handelt es sich um einen Test zur Schwellenbestimmung: „Wie lange müssen die Zeichen gezeigt werden, um richtig erkannt zu werden?“. Dabei werden folgende Kriterien verwendet:

- nach zwei richtigen Antworten wird die Darbietungszeit des Stimulus verringert
- nach einer falschen Antwort wird die Darbietungszeit verlängert
- die Schwellenbestimmung wird solange wiederholt bis eine 75 % richtige Erkennbarkeit berechnet wurde.

Dementsprechend ist die Testdauer abhängig von der Konsistenz des Antwortverhaltens des Probanden, beträgt aber im Schnitt für alle drei Subtests zusammen

etwa 15 Minuten. Die Testergebnisse werden für jeden Untertest zusammen mit den Umkehrpunkten in Millisekunden ausgegeben. Zusätzlich wird, abhängig von den Ergebnissen in allen drei Untertests, eine Risikoeinstufung in fünf Kategorien abgegeben.

Die Reliabilitätswerte (Retest-Reliabilität, Abstand ca. zwei Wochen, 70 Probanden 65 Jahre und älter) werden für die Untertests mit Werten zwischen .72 und .80, für die Einordnung in die Risikostufe mit .88 angegeben.

### 2.1.7 Kognitive und motorische Leistungsfähigkeit: Teil II

Die zweite Erhebung der kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit erfolgte entsprechend im zweiten Teilabschnitt der Versuche, also vor den Simulatorversuchen. Hierzu wurden einzelne Tests aus dem Expertensystem Verkehr bzw. dem Wiener Testsystem Verkehr verwendet. Im Einzelnen wurden die in Tabelle 1 genannten Tests in dieser Reihenfolge eingesetzt.

Somit betrug die Gesamtdauer dieser Testung zwischen 60 und 70 Minuten. Alle Tests sind mit einer am Bild-

**Tabelle 1:**  
Tests aus dem Expertensystem Verkehr (Schuhfried GmbH, 2009)

Gemessenes Konstrukt	Test	Kürzel und Version	Reliabilität	Dauer [min]
Reaktionsfähigkeit	Reaktionstest	RT S3	0,94	5 - 10
Motorische Schnelligkeit			0,98	
Risikobereitschaft im Straßenverkehr	Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr	WRBTV	0,92	10
Verantwortungsbewußtsein	Inventar verkehrsrelevanter Persönlichkeitseigenschaften	IVPE	0,76	10
Selbstkontrolle			0,69	
Psychische Stabilität			0,75	
Abenteuerlust			0,76	
Konzentration	Cognitrone	COG S11	0,95	10
Periphere Wahrnehmung	Periphere Wahrnehmung	PP	0,96	15
Geteilte Aufmerksamkeit			0,99	
Überblicksgewinnung/ Beobachtungsfähigkeit	Adaptiver Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest	ATAVT S1	0,80	5 - 10
Koordinationsfähigkeit	Zweihand Koordination	2Hand S3	0,89	5

schirm dargebotenen Instruktion versehen, so dass keine weiteren Instruktionen nötig waren. Screenshots aller hier genannten Tests sowie eine Beschreibung der erhobenen Konstrukte und die bisher bekannten Zusammenhänge mit dem Fahren sind online über die Seiten von Schuhfried abrufbar (Schuhfried GmbH, 2010).

## 2.2 Simulatorfahrt: Vorversuche

### 2.2.1 Ausgangslage

Der Entwicklung der Szenarien in den Vorversuchen ging eine Literaturanalyse voraus, um festzustellen, bei welchen Szenarien ältere Fahrer besondere Schwierigkeiten haben, aber auch möglicherweise besonders von einer verbesserten Gestaltung der Verkehrsumwelt profitieren können. Demnach haben Ältere insbesondere Probleme in folgenden Situationen (Baier, Schäfer & Klemp-Kohlen, 2009; Clarke, Ward, Truman & Bartle, 2009; Schlag, 2003, 2008a; Schmidt, 2004; Statistisches Bundesamt, 2009b; Vollrath, Maciej, Howe & Briest, 2009):

- komplexe Situationen, insbesondere Kreuzungen mit Linksabbiegen
- Vorfahrt- und Vorrangsituationen, insbesondere an Stopp-Schildern
- Spurwechsel.

Dabei spielt gerade bei älteren Fahrern eine Mischung aus verschiedenen Ursachen eine Rolle (Fastenmeier & Gstalter, 2008), wobei aber Informationsdefizite oder eine Überlastung mit Informationen, die in der Folge zu einem Informationsdefizit wird, immer wieder als eine

der Hauptursachen genannt werden (Vollrath & Briest, 2008). Weiter gibt es Hinweise darauf, dass das beim Linksabbiegen notwendige Einschätzen der Zeitlücken gerade für Ältere zusätzlich problematisch ist (Falkenstein, M. & Sommer, 2008). Insgesamt ist anzunehmen, dass gerade Ältere von frühzeitigen Informationen profitieren können (Küting & Krüger, 2002).

Diese Ergebnisse lassen sich mit Befunden aus der Beanspruchungsforschung erklären: hier wird übereinstimmend berichtet, dass Ältere nur in schwierigen, komplexen Situationen höher beansprucht sind als Jüngere (Überblick in Weller & Geertsema, 2008).

### 2.2.2 Versuchsplan

Aus oben beschriebenen Befunden wurden die folgenden Untersuchungsszenarien abgeleitet; eine detaillierte Beschreibung der Situationen erfolgt in Kapitel 2.2.4 und bei Stelzner (2010):

- Linksabbiegen an ampelgeregelten Kreuzungen
- Beachten eines Stopp-Schildes
- Fahrstreifenwechsel
- Bremsen vor unerwartet ausseren Fahrzeugen.

Weiter wurde jeweils zwischen einer Bedingung mit und ohne zusätzliche Belastung durch eine Nebenaufgabe unterschieden. Um zu prüfen, inwieweit Ältere von einer frühzeitigen Informationsdarbietung profitieren können, wurde prototypisch die Auswirkung von Vorinformation untersucht. Dies führt zu dem in Tabelle 2 dargestellten Versuchsplan.

**Tabelle 2:**  
**Versuchsplan der Versuche im Simulator**

		R WH				
		Vorinformation (Faktor II)				
		ohne 1		mit 2		
		zusätzliche Belastung (Faktor III)				
		ohne 1	mit 2	ohne 1	mit 2	
W H	Straße (Faktor I)	Fahrstreifenwechsel (1a - b)	X <sub>111</sub>	X <sub>112</sub>	X <sub>121</sub>	X <sub>122</sub>
		KP „links abbiegen“ mit LSA (2a - b)	X <sub>211</sub>	X <sub>212</sub>	X <sub>221</sub>	X <sub>222</sub>
		KP „geradeaus fahren“ mit Stoppschild (3a - b)	X <sub>311</sub>	X <sub>312</sub>	X <sub>321</sub>	X <sub>322</sub>
		KP „geradeaus fahren“ mit Stoppschild und Ablenkung (3c)	X <sub>411</sub>	X <sub>412</sub>		

Anmerkung: KP = Knotenpunkt; LSA = Lichtsignalanlage

Streng genommen handelt es sich hierbei um einen quasi-experimentellen, teilrandomisierten Versuchsplan, weil eine randomisierte Darbietung der Situationen nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand umzusetzen gewesen wäre. Eine gewisse Kontrolle von Reihenfolgeeffekten ist dennoch möglich, weil alle Situationen mehrfach unter verschiedenen Bedingungen durchfahren wurden.

### 2.2.3 Beschreibung des Simulators

Die Professur für Verkehrspsychologie verwendet die Simulationssoftware STISIM Drive 2.0 der Firma Systems Technology ([www.stisimdrive.com](http://www.stisimdrive.com)). Diese Software zeichnet sich durch eine relativ einfache Handhabung aus: so erlauben die parameterbasierten Skripts auch Laien das Programmieren von Szenarien. Die Projektion erfolgt dreikanalig im Simulationsraum der Professur für Verkehrspsychologie. Ein Designmodell von Mercedes Benz bildet die Hardware, in die die Schnittstelle Fahrer-Software über das Lenkrad, die Blinker, die Bremse, das Gaspedal und die Bedienknöpfe am Lenkrad implementiert ist (Abbildung 6).

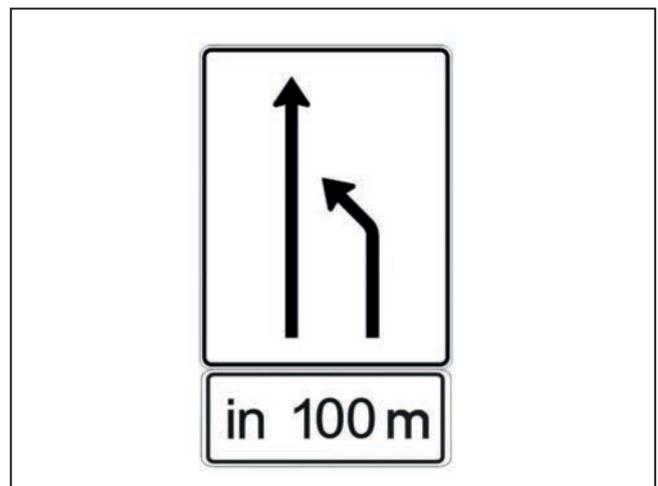
### 2.2.4 Ausgewähltes Szenario: Fahrstreifenwechsel mit und ohne Vorinformation

Das Ego-Fahrzeug bewegt sich auf dem rechten Fahrstreifen auf eine, sich ebenfalls auf diesem Fahrstreifen



**Abbildung 6:**  
Simulator der Professur für Verkehrspsychologie, TU Dresden

befindliche, Baustelle zu. Eine Vorankündigung des daraus resultierenden Fahrstreifenwechsels erfolgt 100 m vor Baustellenbeginn mit dem auf dem rechten Fahrbahnrand aufgestellten vorgeschriebenen Verkehrszeichen 531-10 „Einengungstafel; Darstellung ohne Gegenverkehr: noch ein Fahrstreifen links in Fahrtrichtung“ und einem Zusatzzeichen „in 100 m“ (Abbildung 7). Beim Fahrstreifenwechsel soll sich das Ego-Fahrzeug zwischen die sich bereits auf dem linken Fahrstreifen befindlichen Fahrzeuge einordnen.



**Abbildung 7:**  
Verkehrszeichen 531-10 „Einengungstafel; Darstellung ohne Gegenverkehr: noch ein Fahrstreifen links in Fahrtrichtung“ mit Zusatzzeichen „in 100 m“

In der Situation mit zusätzlichem Vorwegweiser befindet sich ein weiteres Zeichen 531-10, jedoch mit einem Zusatzzeichen „in 250 m“ in entsprechender Entfernung von der Einengung entfernt.

### 2.2.5 Beschreibung der Nebenaufgabe

Als Nebenaufgabe wurde eine n-back Aufgabe in der Ausführung von Baumann, Rösler und Krems verwendet (2007; 2009). Die Zeichen wurden links neben dem Fahrer in der Projektion dargeboten, es musste der jeweils aktuelle Stimuli mit dem vorhergegangenen verglichen werden. Stimmt die Ausrichtung des T-Zeichens (unabhängig vom Ort innerhalb des weißen Quadrates) überein, musste ein Knopf an der rechten Seite des Lenkrades gedrückt werden, sonst ein Knopf auf der linken Seite.

Als Knöpfe wurden die im Multifunktionslenkrad vorhandenen Knöpfe verwendet, die über einen Funktaster an die Simulation angebunden waren.

Das Intervall zwischen den Stimuli variierte zwischen 2,5 und 3,5 Sekunden. Unabhängig von der Richtigkeit der Reaktion verschwand der Stimulus nach Drücken einer Taste, wobei die maximale Anzeigzeit, um Überschneidungen aufeinanderfolgender Stimuli zu verhindern, zwei Sekunden betrug. Die Ansage der Nebenaufgabe mit Wiederholung der Funktion der Knöpfe („Beginn Nebenaufgabe. Vorheriges gleich, rechter Knopf, sonst linker Knopf“) fand jeweils 150 m vor Beginn der Nebenaufgabe statt und wurde softwaregesteuert über Simulationslautsprecher eingespielt.

### 2.2.6 Stichprobengewinnung

Abhängig von der Altersgruppe erfolgte die Rekrutierung der Stichprobe für die Vorversuche auf zwei Arten:

- Jüngere Vergleichsgruppe: Mitarbeiter der TU Dresden und Bekanntenkreis der Versuchsleiter
- Altersgruppe ab 65 Jahren: interessierte Teilnehmer an einer Umfrage zum Selbst- und Fremdbild älterer Autofahrer.

Diese Umfrage wurde im Rahmen einer Diplomarbeit an der TU Dresden durchgeführt (Richter, J., 2009; Richter, J. et al., 2010). Die Rekrutierung zu dieser Umfrage erfolgte über verschiedene Kanäle:

- Meldung auf der Homepage der Professur für Verkehrspsychologie unter der Rubrik Aktuelles mit Link zur elektronischen Version der Umfrage
- Veröffentlichung in Internetforen, z.B. für Haustierpflege und digitale Fotografie
- Weitergabe der Information an die Pressestelle der TU Dresden.

Neben einem Artikel im Universitätsjournal der TU Dresden wurde die von der Pressestelle verbreitete Nachricht in mehreren regionalen und überregionalen Zeitungen aufgegriffen. Für die Stichprobengewinnung waren Meldungen in folgenden regionalen Zeitungen relevant:

- DNN, Dresdner Neueste Nachrichten

- Morgenpost Dresden
- Sächsische Zeitung.

Der überwiegende Teil der Probanden konnte aufgrund der Meldungen in diesen Tageszeitungen und dem Artikel im Unijournal rekrutiert werden.

Die Probanden der Untersuchung hatten die Möglichkeit, sich den Fragebogen zuschicken zu lassen oder ihn direkt online auszufüllen. Wurde der Fragebogen an Probanden aus Dresden und Umgebung verschickt, wurde das Anschreiben zur Umfrage um folgenden Abschnitt ergänzt:

*Als Dresdnerin bzw. Dresdner kommen Sie außerdem für unsere künftigen Versuche in Frage, denn wir möchten zusätzlich zu unserer Umfrage auch gerne wissen, wie ältere Autofahrer tatsächlich im Verkehr zurechtkommen. Dazu wird die Professur für Verkehrspsychologie diesen Herbst und im Sommer 2010 Fahrversuche durchführen, für die wir dringend Teilnehmer suchen. Es handelt sich dabei um normale Autofahrten in Dresden und Umgebung, die auf einer vorgegebenen Strecke mit einem Messfahrzeug durchgeführt werden. Für Ihre Teilnahme erhalten Sie eine Aufwandsentschädigung, die Versuche werden selbstverständlich anonymisiert ausgewertet. Wenn Sie gerne mehr über diese kommenden Versuche erfahren möchten oder an einer Teilnahme interessiert sind, würden wir uns über Ihren Anruf unter 0351-463-XXXX oder eine E-Mail an XXX.XXX@tu-dresden.de freuen.*

Wurde die Umfrage online ausgefüllt, bekamen alle Teilnehmer am Ende eine ähnliche Mitteilung, wobei ausdrücklich auf Dresden als Ort der Untersuchung hingewiesen wurde.

Am Telefon oder per E-Mail bekamen die Interessenten zusätzliche Informationen zu der geplanten Untersuchung wobei auch auf die Simulatorfahrten hingewiesen wurde. Da es sich sowohl beim Simulator als auch bei dem Versuchsfahrzeug um ein Automatikfahrzeug handelt, wurden alle Interessenten neben den üblichen demografischen Variablen und den Kontaktdetails auch

zu Ihrer Erfahrung mit Automatikfahrzeugen befragt. Weiter wurde erhoben, ob die Interessenten beim Autofahren eine Brille tragen. Dies ist relevant für die Blickbewegungsmessung im Versuchsfahrzeug. Alle Angaben wurden in eine Datenbank eingegeben. Die Rekrutierung der Probanden für die Vorversuche erfolgte dann als Zufallsauswahl aus dieser Datenbank. Insgesamt handelt es sich also sowohl bei der jüngeren als auch bei der älteren Versuchsgruppe um eine nicht-probabilistische Gelegenheitsstichprobe.

### 2.2.7 Stichprobenbeschreibung

An den Versuchen nahmen insgesamt 41 Personen teil (12 weiblich, 29 männlich). Die Altersspanne betrug 20 bis 83 Jahre. Die jüngere Vergleichsgruppe bestand aus 20 Teilnehmern im Alter von 20 bis 34 Jahren (mittleres Alter: 24,65 Jahre), die Gruppe der älteren Versuchspersonen aus 21 Teilnehmern im Alter von 65 bis 83 Jahren (mittleres Alter: 71,5 Jahre). Alle Probanden hatten einen gültigen Führerschein und mindestens zwei Jahre Fahrpraxis (mittlere Fahrpraxis jüngere Probandengruppe: 6,75 Jahre; mittlere Fahrpraxis ältere Probandengruppe: 48,18 Jahre). Die durchschnittliche Fahrleistung betrug ca. 10.300 km/Jahr. Wenn beim realen Autofahren erforderlich, sollten die Probanden auch bei der Fahrsimulation eine Sehhilfe benutzen.

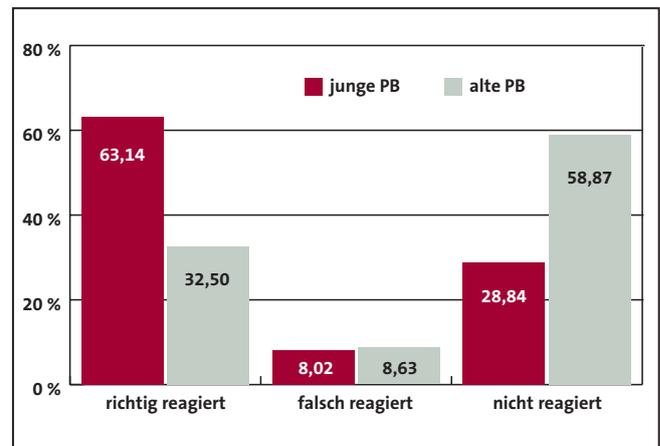
### 2.2.8 Ergebnisse Vorversuche

Da die eigentlich relevanten Hauptversuche von den Vorversuchen abwichen, werden im Folgenden nur ausgewählte Ergebnisse im Überblick dargestellt.

#### 2.2.8.1 Auswertung der Nebenaufgabe

Betrachtet man zunächst die Richtigkeit der Reaktion, lassen sich deutliche Unterschiede zwischen den jüngeren und älteren Probanden feststellen (Abbildung 8).

Insgesamt hat die jüngere Gruppe signifikant häufiger richtig reagiert als die ältere Gruppe ( $p < .001$ ). Ebenso waren die Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich des Anteils der ausbleibenden Reaktionen mit



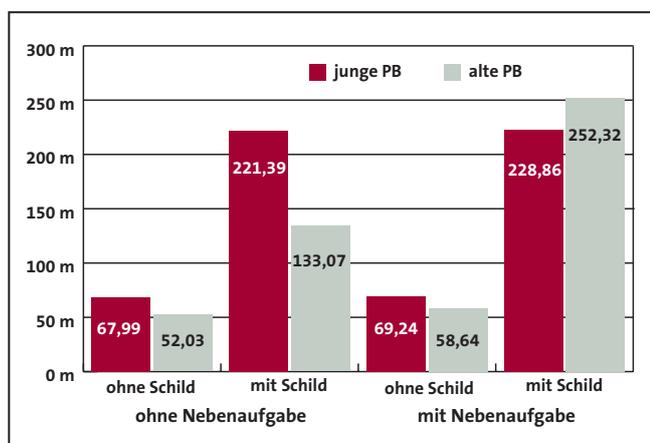
**Abbildung 8:** Korrektheit der Reaktionen auf die Nebenaufgabe, Gesamtsumme: pro Proband 196 Aufgaben (Gruppe 1) bzw. 225 Aufgaben (Gruppe 2)

$p < .05$  signifikant, hier waren bei den älteren Personen deutlich höhere Ausfälle zu verzeichnen.

Betrachtet man die Reaktionszeiten unabhängig davon, ob sie richtig oder falsch erfolgten, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen (mittlere Reaktionszeit jüngere 1,35 s, ältere 1,38 s).

#### 2.2.8.2 Einfluss von Vorwegweisern

Neben einem hoch signifikanten Haupteffekt des Vorwegweisers (mit Vorwegweiser wurde deutlich früher die Spur gewechselt;  $F_{(1,28)} = 64,97$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .70$ ), fand sich eine interessante Wechselwirkung zwischen Alter und Zusatzbeanspruchung: während sich jüngere Probanden von der Nebenaufgabe nicht beeindruckt ließen (keine Unterschiede hinsichtlich des Ortes des Spurwechsels), wechselten ältere Probanden mit Zusatzbeanspruchung durch die Nebenaufgabe und Vorhandensein des Vorwegweisers die Spur deutlich früher als ohne Nebenaufgabe (Abbildung 9). Diesen Effekt würde man aufgrund der Literaturlage nicht erwarten (Weller & Geertsema, 2008). In Einklang mit der Literatur wäre dieser Befund dann zu bringen, wenn die älteren Probanden aufgrund des Drucks durch die Nebenaufgabe auf „Nummer sicher“ gehen wollten und daher frühzeitig die Spur gewechselt hätten.



**Abbildung 9:**  
Abstand zur Kreuzung, bei der der Spurwechsel vollzogen wurde; in Abhängigkeit vom Vorhandensein eines Vorwegweisers und der Nebenaufgabe, getrennt nach Alter

## 2.3 Methodische Aspekte der Hauptuntersuchung

### 2.3.1 Gewinnung der Stichprobe

Die Versuchspersonen wurden analog zu der bei den Vorversuchen beschriebenen Methode rekrutiert. Mitarbeiter der TU Dresden nahmen im Gegensatz zur Vorstudie nur in vier Fällen als Probanden für die jüngere Versuchsgruppe teil. Der Großteil der Personen hat sich auf die Meldungen der Pressestelle der TU Dresden, die in regionalen Tageszeitungen abgedruckt wurden, gemeldet.

### 2.3.2 Einteilung der Stichprobe in Altersgruppen

Gemäß der Projektplanung wurden die Probanden in Altersgruppen eingeteilt. Ziel war es, Probandengruppen mit möglichst ähnlichen Größen zu erhalten und gleichzeitig inhaltlich sinnvoll zwischen verschiedenen Altersgruppen zu differenzieren. Daraus ergibt sich folgende Einteilung:

**Tabelle 3:**  
Einteilung der Probanden in Altersgruppen

Bezeichnung	Abkürzung	Alter
Kontrollgruppe	KG	bis 55
Versuchsgruppe 1 (junge Alte)	VG 1	64 bis 69
Versuchsgruppe 2	VG 2	70 bis 74
Versuchsgruppe 3 (alte Alte)	VG 3	ab 75

Die Durchführung der Fahrversuche und Simulatorversuche erfolgte zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten im Abstand von etwas weniger als einem Jahr (die genaue Differenz ist abhängig von den jeweiligen Terminen der Probanden). Dies hat zur Folge, dass sich die Stichprobe in Ihrer Zusammensetzung innerhalb der einzelnen Altersgruppen zwischen den beiden Versuchen unterscheidet. Dies ist z.B. dann der Fall, wenn ein Proband zum Zeitpunkt der Fahrversuche 74 Jahre alt war (VG2) und zum Zeitpunkt der Simulatorversuche 75 Jahre alt war (VG3).

Es wurde festgelegt, dass für die Auswertung die Gruppenzusammensetzung und das Alter gewählt werden, die zum Zeitpunkt des Tests vorlagen. So gilt etwa für die IfADo-Tests das Alter zum Zeitpunkt der Fahrversuche, für die Tests des Wiener Testsystems das Alter zum Zeitpunkt der Simulatorversuche. Für die Auswertung von Zusammenhängen zwischen einzelnen Teilen aus beiden Versuchszeitpunkten wird die Zusammensetzung zum späteren Zeitpunkt gewählt. Dies erhöht tendenziell den Anteil in den eher schwach besetzten älteren Probandengruppen VG2 und VG3. Hiervon waren nur Personen betroffen, die ohnehin zum ersten Zeitpunkt am oberen Ende ihrer jeweiligen Altersgruppe angesiedelt waren.

### 2.3.3 Statistische Verfahren

Die Auswertung erfolgte für alle Teile nach einem gleichen Muster. Zunächst wurden Zusammenhänge zwischen der jeweiligen abhängigen Variablen und dem kalendarischen Alter untersucht. Dazu wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Welcher Korrelationskoeffizient verwendet wurde, war abhängig vom Datenniveau und davon, ob die Daten normalverteilt waren. Waren die Daten intervallskaliert und normalverteilt, wurde Pearson's  $r$  verwendet, in allen anderen Fällen Kendall's tau. Bei Korrelationen mit dem Alter (welches wegen der zwei Gipfel bei KG und VG nicht normalverteilt war) wurden beide Koeffizienten verwendet. Die Prüfung auf Normalverteilung erfolgte mit dem Kolmogorov-Smirnoff-Test. Wird dieser Test signifikant, liegt eine Abweichung von der Normalverteilung vor.

Die Auswertung der Unterschiede zwischen einzelnen Altersgruppen richtet sich ebenfalls nach dem Datenni-

veau und der Verteilung der abhängigen Variablen. Sind diese intervallskaliert und innerhalb der Gruppen normalverteilt, erfolgte die Auswertung mit einfaktoriellen Varianzanalysen, gefolgt von post-hoc Tests zwischen den Gruppen. Da die Varianzanalyse als relativ robust gegenüber Verletzungen der Normalverteilung gilt (Details, siehe Field, 2009), wurde dieses Vorgehen auch bei nicht normalverteilten Daten gewählt. In jedem Fall erfolgte die Prüfung der Homogenität der Varianzen mit dem Levene-Test. Ist dieser signifikant, muss die Nullhypothese der Homogenität der Varianzen abgelehnt werden. Da dies bei ungleich großen Stichproben, wie sie hier vorliegen, zu falschen Ergebnissen führen kann (Field, 2009), wurde zusätzlich der F-Wert nach Welch angefordert. Ist die Homogenität der Varianzen verletzt, wird nur die Welch-Statistik berichtet.

Einzelvergleiche wurden mit post-hoc Tests durchgeführt. Diese korrigieren die Alpha-Fehler Kumulation, wie sie bei der Durchführung mehrerer getrennter t-Tests auftritt. Welche Korrektur verwendet wurde, war abhängig von der Verteilung der Probanden in den einzelnen Gruppen und möglichen weiteren Verletzungen der Annahmen. In Anlehnung an eine Diskussion der verschiedenen Korrekturen in Field (2009) fanden folgende Korrekturen Verwendung: unter der Annahme gleicher Varianzen (nicht signifikanter Levene-Test) wurde die Korrektur nach Gabriel (unterschiedliche Stichprobengrößen) und die Q-Korrektur nach Welch verwendet. Unter der Annahme ungleicher Varianzen (signifikanter Levene-Test) wurde die Korrektur nach Games-Howell gewählt. Die Interpretation der Ergebnisse kann letztendlich nur in der Zusammenschau aller Ausgaben erfolgen. Die Angabe statistischer Kennwerte im weiteren Text erfolgt zusammen mit der dafür verwendeten Korrektur.

Wurden zusätzliche Faktoren oder Kovariaten verwendet, erfolgte die Berechnung als univariate Varianzanalyse über die Prozedur UNIANOVA in SPSS. Einstellungen wurden analog zu oben verwendet, der Welch-Test ist in dieser Prozedur allerdings nicht möglich.

Waren die Voraussetzungen für eine ANOVA verletzt oder lagen ordinalskalierte Daten vor, wurde der Kruskal-Wallis-Test verwendet.

Eventuelle Unterschiede zwischen zwei Gruppen wurden mit folgenden Mann-Whitney-Tests weiter auf Unterschiede geprüft.

Wurden Unterschiede zwischen einzelnen Abschnitten oder Situationen während der Fahrversuche oder der Simulatorversuche untersucht, wurden entsprechende Verfahren für Messwiederholungen verwendet.

Lagen nominale Daten vor, oder konnte eine Auswertung nur über eine Aggregation der Werte erfolgen, wurden die Daten mit dem Chi-Quadrat-Test ausgewertet.

Im Fall der Vergleiche der bei den Probandenfahrten erhobenen Geschwindigkeiten und den Geschwindigkeiten aus den Radarmessungen (Querschnittsmessungen) auf den Landstraßen, wurde wie folgt vorgegangen:

- Zuerst wurden die Daten getrennt nach Strecke und Datenquelle auf Normalverteilung geprüft (KS-Test).
- Wie von Field (2009) vorgeschlagen, wurde für die Daten der Radarmessung aufgrund der Stichprobengröße ( $N > 200$ ) zusätzlich die Schiefe und Kurtosis berechnet und ebenso eine visuelle Kontrolle des Histogramms durchgeführt. Field (2009) empfiehlt bei  $N > 200$  sogar nur die visuelle Prüfung des Histogramms.
- Abhängig vom Ergebnis wurde entweder eine univariate ANOVA (Prozedur ONEWAY, entspricht t-Test) oder ein nicht-parametrischer Mann-Whitney-Unterschiedstest gerechnet. Da davon auszugehen ist, dass die Varianzen nicht homogen sind, wird für die ANOVA die robuste Welch-Statistik berichtet.

Ein Vergleich einzelner Altersgruppen innerhalb der Probandenstichprobe mit den Radarmessungen wurde nicht durchgeführt, weil für die Radarmessungen keine Angaben zum Alter der Fahrer vorlagen (automatische Messung).

## 2.4 Simulatorversuche: Methodische Aspekte

### 2.4.1 Beschreibung des Simulators

Die Hardware des hier verwendeten Simulators war weitestgehend mit dem in den Vorversuchen verwendeten

Simulator identisch. Änderungen gab es hinsichtlich der verwendeten Software. In Abstimmung mit dem Auftraggeber der Studie wurde für diese Untersuchung eine Simulation der Firma „Human Factors Consulting“ verwendet.

Die Simulation teilt sich prinzipiell in zwei Abschnitte auf, einen innerstädtischen Teil und einen Abschnitt auf einer Landstraße. Innerhalb der Stadt wurden zwei zeitlich voneinander getrennte Szenarien mit teils unterschiedlichen Situationen gefahren.

## 2.4.2 Beschreibung der Szenarien

Abbildung 10 und Abbildung 11 zeigen die beiden innerstädtischen Szenarien aus der Vogelperspektive.

### 2.4.2.1 Ausgewählte Situationen Innerorts

#### Vorfahrtssituationen

Ähnlich den Fußgängerüberwegen wurden auch mehrere Vorfahrtssituationen innerhalb der Simulationsumge-

bung verwirklicht. Es wurden für jede Strecke zwei Vorfahrtssituationen entwickelt, so dass sich insgesamt vier untersuchte Situationen ergaben. Aufgrund der Heterogenität der verschiedenen Umgebungen vor den Situationen werden die Situationen einzeln vorgestellt und nicht zusammengefasst betrachtet. Gemeinsam ist allen Situationen, dass der Rechtsverkehr Vorrang hat und entsprechend darauf reagiert werden sollte.

#### Strecke 1, Vorfahrtssituation 1:

Das Egofahrzeug bewegt sich auf der rechten Fahrspur eine 195 m lange Gerade entlang. Dabei kommen dem Egofahrzeug drei Fahrzeuge, welche aus einer Seitenstraße auf der rechten Fahrbahnseite in die Fahrbahn einbiegen, mit einer Geschwindigkeit von 48 km/h entgegen. Die Straße, auf der rechten Seite, aus welcher die Fahrzeuge abgelenkt sind, ist durch Bepflanzung am Fahrbahnrand nicht einsehbar. Da die Situation nicht durch Verkehrszeichen geregelt ist, hat der Rechtsverkehr laut §8 der StVO Vorrang. Das Egofahrzeug soll darauf mit einer verminderten Geschwindigkeit reagieren, um etwaig bevorrechtigte Fahrzeuge aus der Straße passieren zu lassen.

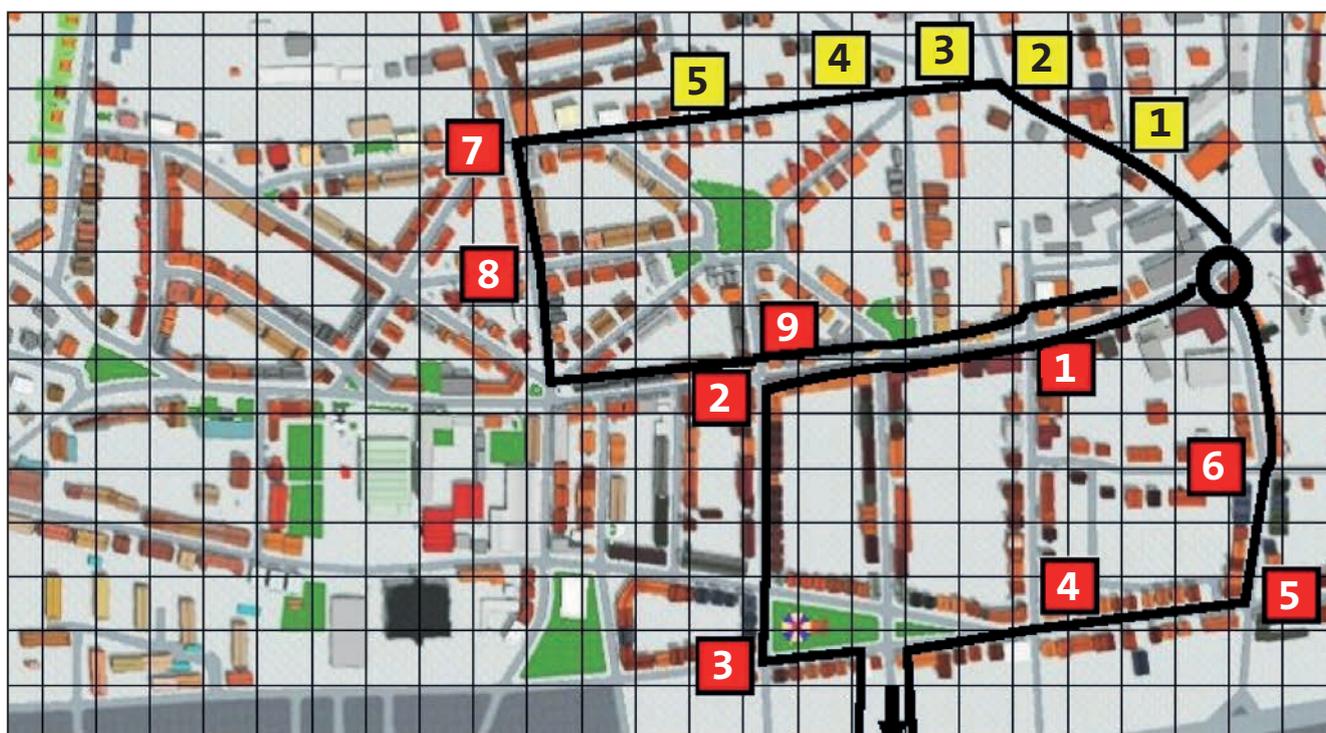


Abbildung 10:  
Simulatorfahrten Hauptversuche, Strecke I Innerorts

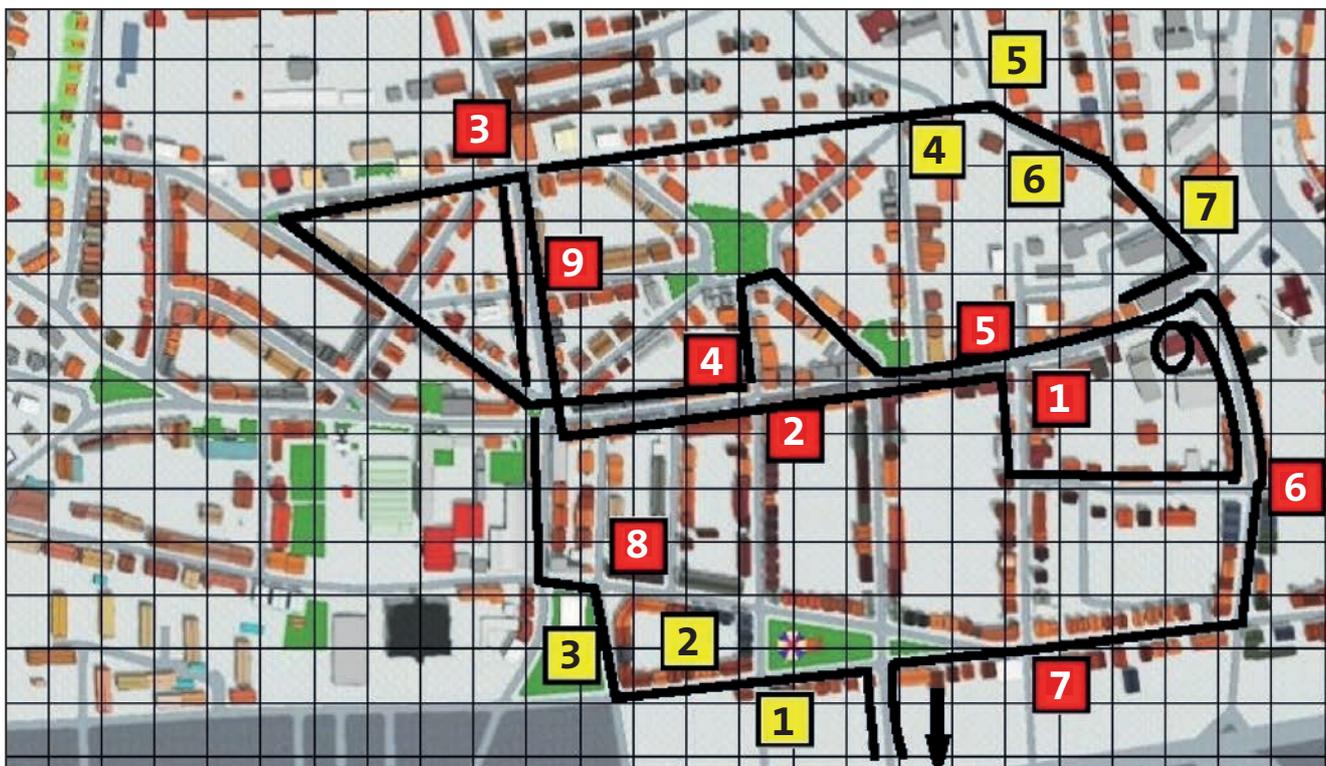


Abbildung 11: Simulatorfahrten Hauptversuche, Strecke II Innerorts



Abbildung 12: Simulatorfahrten Hauptversuche, Strecke Außerorts

**Strecke 1, Vorfahrtssituation 2:**

Das Egofahrzeug bewegt sich nach einem Linksabbiegevor- gang auf dem rechten Fahrstreifen eine 50 m lange Gerade entlang. Eine von rechts zulaufende Straße ist durch zwei am Fahrbahnrand geparkte Busse nicht einsehbar. Die Vorfahrtssituation ist nicht durch Verkehrsschilder geregelt, was den Rechtsverkehr bevorrechtigt. Das Egofahrzeug soll gemäß § 8 der StVO wie in Vorfahrtssituation 1 reagieren.

**Strecke 2, Vorfahrtssituation 1:**

Das Egofahrzeug bewegt sich auf dem rechten Fahrstreifen eine 575 m lange Gerade entlang. Nach dieser Distanz befindet sich am rechten Fahrbahnrand Bepflanzung und dahinter zwei geparkte Reisbusse. Die Einsicht in eine von rechts kommende Straße ist dadurch nicht möglich. Die Vorfahrtssituation ist durch das Verkehrsschild 205 StVO (Vorfahrt gewähren) geregelt, welches erst 10 m vor der Kreuzung durch Verdeckung des Busses sichtbar ist. Da die Situation nicht überschaubar ist, soll das Egofahrzeug seine Geschwindigkeit reduzieren und sich in die Kreuzung hinein tasten (StVO § 8).

**Strecke 2, Vorfahrtssituation 2:**

Nach dem Passieren des Zebrastreifens (Strecke 2) fährt das Egofahrzeug auf der rechten Fahrbahnseite eine Strecke von 192 m bis zur Vorfahrtssituation. Eine von rechts kommende Straße ist bezüglich der Vorfahrtssituation nicht durch ein Verkehrsschild geregelt. Der Rechtsverkehr hat damit gemäß StVO Vorrang. Durch einen geparkten Reisebus ist die von rechts kommende Straße nicht einsehbar. Das Egofahrzeug soll darauf mit einer verminderten Geschwindigkeit reagieren, um möglichem Rechtsverkehr Vorrang zu gewähren.

## 2.4.2.2 Ausgewählte Situationen außerorts

**Abstandseinhaltung zu entgegenkommendem Fahrzeug (Situation 2 bzw. 9, Abbildung 12):**

Das Egofahrzeug bewegt sich auf dem rechten Fahrstreifen auf einer geraden Strecke außerorts. Nach etwa der Hälfte der Strecke (der genaue Ort ist abhängig von der Geschwindigkeit des Egofahrzeuges) kommen dem Egofahrzeug auf der linken Spur drei PKW gefolgt von einem Reisebus entgegen. Diese Fahrzeuge bewegen sich mit

etwa 90 km/h. Dem Reisebus folgt im konstanten Abstand von 20 m ein weiterer PKW. Dieser PKW ragt zwei Meter in die Fahrbahn des Egofahrzeuges hinein, um einen Überholversuch zu simulieren.

Erfolgt keine Reaktion mit Ausweichen, kommt es zur (virtuellen) Berührung beider Fahrzeuge, was im realen Verkehr einer Kollision gleichkäme. Um den Abstand zu diesem Fahrzeug zu maximieren, muss als richtige Reaktion ein Ausweichmanöver erfolgen. Als abhängige Variable wird der minimale Abstand zum entgegenkommenden Fahrzeug gemessen.

**Orientierungsdauer an einer Kreuzung:**

Die sogenannte Orientierungsdauer ist über die Zeit definiert, die zwischen dem Zeitpunkt des Anhaltens und dem Zeitpunkt des Losfahrens an einer Kreuzung vergeht. Als relevante Situation wurde dazu die Situation 1 auf der Landstraße geschaffen (Abbildung 12).

Diese Situation ist eine Kreuzung mit durch ein Stopp-Schild definierter Anhaltepflicht des Ego-Fahrzeuges. Bei Annäherung an die Kreuzung wird diese von verschiedenen Fahrzeugen gequert, so dass dem Fahrer die Notwendigkeit einer Orientierung deutlich gemacht wird.

**2.5 Fahrversuche im Feld: Methodische Aspekte****2.5.1 Versuchs- und Messfahrzeug**

Für die Versuchsfahrten kam das Versuchs- und Messfahrzeug der Professur Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen der TU Dresden (Professor Lippold) zum Einsatz. Dieses Fahrzeug ist ein BMW 525d Touring mit einer Nennleistung von 177 PS/130 KW, das mit einer Reihe von Messeinrichtungen ausgestattet wurde.

Das Fahrzeug hat folgende messtechnische Ausstattungsmerkmale:

- Zweifrequenz GPS/GLONASS-System zur Positionsbestimmung (Septentrio)
- Messeinrichtungen zur Erfassung der CAN-Bus-Daten
- Blickbewegungssystem SmartEye Pro.

Alle Daten laufen in zwei fest installierten Computern zusammen. Ein Rechner verarbeitet dabei die SmartEye-Daten, der andere erfasst alle weiteren Daten. Beide Rechner sind über ein Netzwerk miteinander verbunden. Zur Steuerung der Computer sind ein 15“ Touchscreen, eine Tastatur und eine Maus vorhanden. Außerdem ist ein LCD-Display an der Sonnenblende auf der Beifahrerseite integriert, welches zur Kontrolle des SmartEye-Systems während der Fahrt dient.

Zur Speicherung des ausgelesenen Datenstromes wurde seitens der TU Dresden eigens das Programm „Messcontrol“ entwickelt, welches alle Datenströme synchronisiert in Textdateien schreibt. Dabei werden jeweils für die CAN-Daten, die GPS-Daten und die SmartEye-Daten eigene Dateien angelegt, die über die GPS-Zeit synchronisierbar sind.

Das SmartEye-System dient der Blickverfolgung des Fahrers. Vier Kameras bilden hier das System. Drei dieser Kameras sind auf den Fahrer gerichtet und erfassen die Bewegung der Pupille. Die vierte Kamera (Szeneriekamera) ist nach vorn aus dem Fahrzeug heraus angebracht und erfasst die vor dem Fahrzeug liegende Straße. Diese Frontkamera sollte vor allem dem Zweck dienen, im Falle eines Ausfalles oder bei Unregelmäßigkeiten in den Datensätzen, visuell prüfen zu können, ob die Gründe für die vorliegende Störung dort ersichtlich sind.

Das SmartEye-System liefert hierfür eine endlos laufende Bildnummer, die in einer Ecke des aufgezeichneten Videos dargestellt wird. Dieses Video wird zu Kontrollzwecken permanent auf dem Display der Sonnenblende



**Abbildung 13**  
Messfahrzeug der TU Dresden (Lehrstuhl Prof. Lippold)

dargestellt. Die Bildnummer wird außerdem fortlaufend über das Netzwerk an „Messcontrol“ gesendet und dort mit der GPS-Zeit synchronisiert gespeichert. Auf diese Art und Weise ist es möglich, im Nachhinein einer bestimmten Stelle im Video die genauen Messdaten zuzuordnen und umgekehrt. Die Datenspeicherung erfolgt über ein Aufnahmegerät der Firma Pinnacle, welches das Videosignal direkt auf ein USB-Speichermedium im Format \*.mp4 speichert.

Der CAN-Bus liefert alle fahrzeugspezifischen Daten wie Momentangeschwindigkeit, Längs- und Querschleunigung, Lenkraddrehung und Pedalbetätigung. Die Daten aus dem CAN-Bus werden ebenfalls mit Start der Messung durch „Messcontrol“ mit der GPS-Zeit synchronisiert und in eine Textdatei geschrieben. Der Radar-Sensor stand für die Messungen nicht zur Verfügung.

Neben der bereits implementierten Aufzeichnung der Szenerie sollte auch der Fahrer auf Video aufgezeichnet werden. Dies wurde durch die zusätzliche Installation einer handelsüblichen Webcam ermöglicht. Diese Webcam wurde mit Hilfe eines Vakuum-Saughalters an der Innenseite der Windschutzscheibe befestigt und auf einen zu diesem Zweck mitgeführten Laptop aufgezeichnet.

### 2.5.2 Aufnahme der Versuchsstrecke

Die Versuchsstrecke wurde mit einem Fahrzeug der Professur Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen der TU Dresden aufgenommen. Dabei wurden mit einer Stereobildkamera alle fünf Meter Fotos der Strecke aufge-



**Abbildung 14:**  
Vermessungsfahrzeug der TU Dresden (Lehrstuhl Prof. Lippold)

nommen und die GPS Koordinaten der Strecke mit dem hochpräzisen Applanix System aufgezeichnet.

Die damit aufgenommenen Daten wurden in einer Datenbank hinterlegt und mit dem Programm RoadView, das am Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen entwickelt wurde, zugänglich gemacht (Abbildung 15). Aus RoadView konnte im Anschluss die Lage interessierender Streckenabschnitte oder von Schildern für die weitere Auswertung der Daten extrahiert werden.

### 2.5.3 Eingewöhnungsfahrt

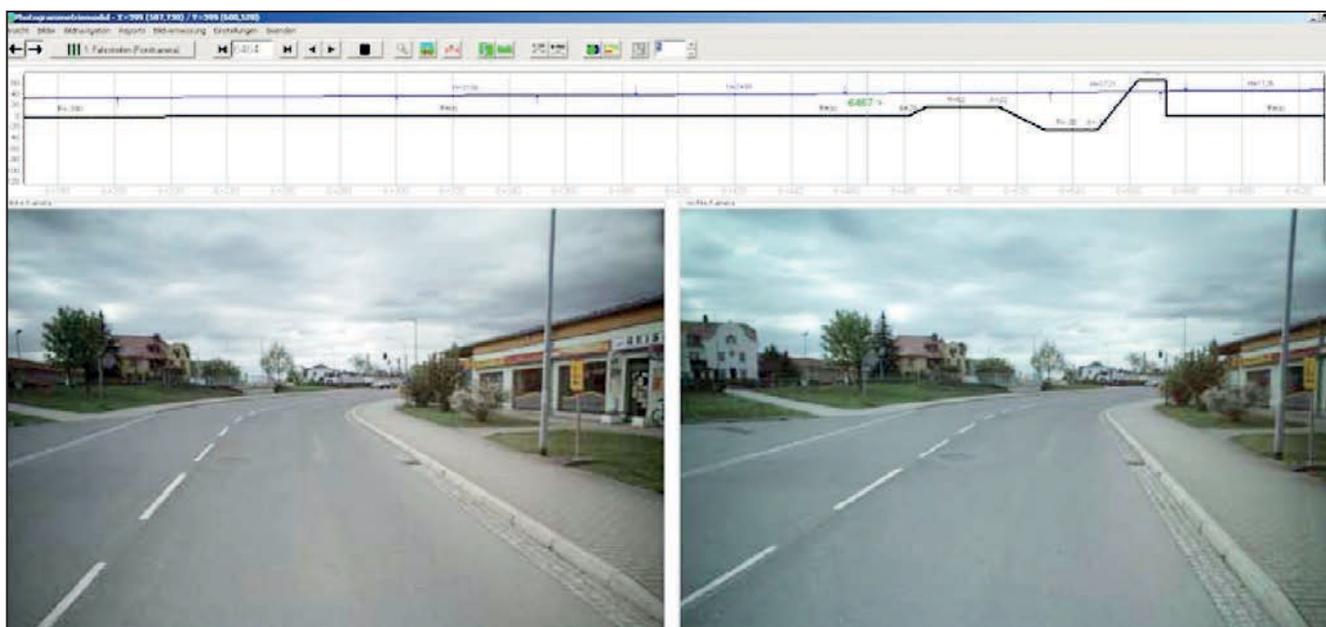
Um die Belastung für die Probanden möglichst gering zu halten, erfolgte keine eigens ausgeschilderte Eingewöhnungsfahrt. Die Gewöhnung an das Fahrzeug erfolgte im ersten Abschnitt der Versuchsstrecke von der TU Dresden zur Autobahnauffahrt Südvorstadt. Die Länge dieses Abschnittes betrug ungefähr 3,8 km, hier erfolgte keine Auswertung der Daten. Anschließend folgte die Autobahnfahrt, die wenig Anspruch an das Fahrzeughandling stellte, aber dennoch erlaubt, sich an die Fahrzeugeigenschaften, wie etwa das Beschleunigungs- und Bremsverhalten, zu gewöhnen.

### 2.5.4 Ausgewählte Versuchsstrecke: Gesamtüberblick der Strecke

Die ausgewählte Versuchsstrecke begann nach der Eingewöhnungsfahrt mit der Auffahrt auf die Autobahn-Auffahrt Dresden Südvorstadt. Nach einer Autobahnfahrt bis Pirna und der Rückfahrt bis zur Abfahrt Heidenau schloss sich eine Fahrt auf unterschiedlichen Landstraßen an. Anschließend erfolgte die Rückkehr nach Dresden. Dort wurden die unten beschriebenen Innerorts-Situationen abgefahren. Die Strecke wurde so gewählt, dass die Rückfahrt zum Ausgangspunkt über ein kurzes Stück Autobahn erfolgen konnte (Auffahrt Dresden Nickern, Abfahrt Dresden Südvorstadt). Die Fahrt endete auf dem Gelände der TU Dresden. In der Anlage 4 befindet sich eine auf Karten eingezeichnete Darstellung der Strecke. Entsprechende Verweise werden zu Beginn der Beschreibung gegeben.

#### Abschnitt I: Autobahn (Anlage 4, Abbildung A1):

Bei der Autobahnauffahrt Dresden Prohlis erfolgte die Einfahrt auf die Autobahn Richtung Pirna/Prag. An der Ausfahrt Pirna erfolgt die Ausfahrt. An der Abfahrt wurde die Autobahn über die Brücke gequert und anschließend in Gegenrichtung wieder aufgefahren. Die Ausfahrt von der



**Abbildung 15:** Oberfläche von RoadView mit Abbildungen der Strecke, Informationen zur Lage und zum Lageplan und Höhenplan (Lehrstuhl Prof. Lippold)

Autobahn erfolgte an der Ausfahrt Heidenau. Diese Autobahnabschnitte zeichneten sich durch verschiedene, für die Versuchsfahrten günstige, Rahmenbedingungen aus:

- größtenteils ohne Geschwindigkeitsbegrenzung
- moderater, aber mit Sicherheit vorhandener LKW-Verkehr
- relativ geringe Verkehrsdichte.

Aufgrund dieser Konstellationen waren Überholvorgänge auch bei defensiven Fahrern zu erwarten.

### **Abschnitt II: Landstraße** (Anlage 4, Abbildung A 1):

Nach der Abfahrt von der Autobahnabfahrt Heidenau verlief die Strecke über Saida und Gombsen auf die Lockwitztalstraße in Kreischa. Auf einem Abschnitt dieser Strecke mit sehr schmalen Fahrbahnquerschnitt befand sich eine nicht überschaubare Kuppe mit anschließender, nicht einsehbarer Kurve.

Über die neu ausgebaute S 36 erfolgte der Anschluss an die B 170. Die Geschwindigkeit auf der S 36 ist nur durch die für Landstraßen gültige Grenze geregelt. Eine Ausnahme bildet ein kurzer Abschnitt, der mit einem Ortshinweisschild (StVO Zeichen 385) gekennzeichnet ist und in dem die Geschwindigkeit auf 70 km/h beschränkt ist. Nach der Einfahrt nach Rossendorf wurde an der LSA-geregelten Kreuzung rechts auf die B 170 abgebogen. Über diese zweistreifige Landstraße mit hohem Verkehrsaufkommen erfolgte die Rückfahrt nach Dresden.

### **Abschnitt III: Innerorts** (Anlage 4, Abbildung A 1 und Abbildung A 2):

Nach der Einfahrt nach Dresden wurde an der LSA-geregelten Kreuzung Bergstraße/Nöthnitzer Straße nach links in die Nöthnitzer Straße abgebogen. Über die Helmholtzstraße erfolgte die Querung des Campus mit der Möglichkeit einer kurzen Pause.

Die Strecke führte weiter durch ein Wohngebiet mit mehreren Rechts-vor-Links-Kreuzungen und der komplexen Querung zweier Hauptstraßen (Münchner und Nürnberger Straße). Vor dem Hauptbahnhof wurde rechts in die Bayerische Straße abgebogen. Dieses Abbiegemanöver war aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens und der querenden Fußgänger sehr komplex. Am Hauptbahnhof

wurde an der LSA-geregelten Kreuzung mit gesondertem Abbiegestreifen links abgebogen. Am Georgplatz, einer sehr komplexen Kreuzung im Zentrum Dresdens mit hohem Verkehrsaufkommen, wurde wieder links abgebogen. Neben dem generell hohen Verkehrsaufkommen musste hier vor allem auf die zusätzlichen Ampeln vor der Querung der St.-Petersburger Straße geachtet werden. Diese Kreuzung wurde nach einem Wendemanöver (vom Dr. Külz-Ring in die Waisenhausstraße) ein zweites Mal in Richtung Lennéplatz überquert.

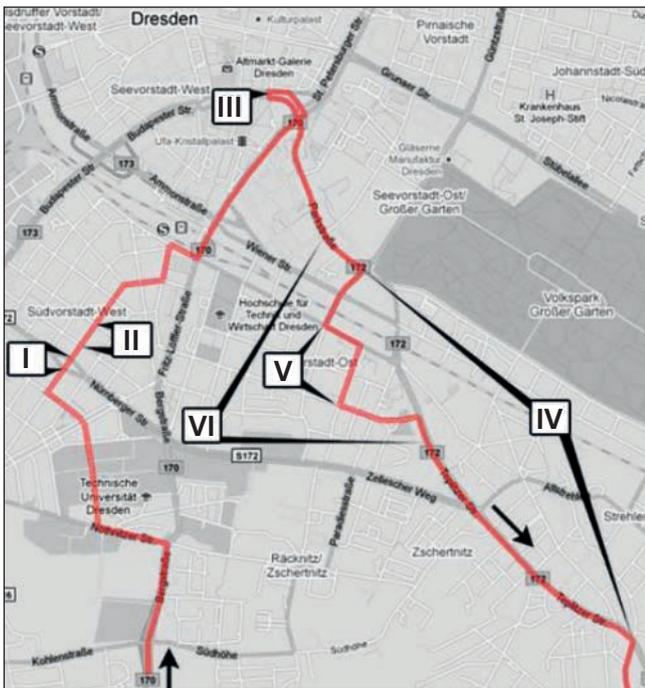
Am Lennéplatz wurde an einer LSA-geregelten Kreuzung rechts abgebogen, anschließend erfolgten zwei Linksabbiegemanöver jeweils an schlecht einsehbaren Kreuzungen (Strehleener Straße und Reichenbachstraße). Vor der Querung der Ackermannstraße war ein Stopp-Schild zu beachten. Nach Querung des Weberplatzes wurde rechts in die Teplitzer Straße eingebogen. Dem Verlauf dieser zweibahnigen, vierstreifigen Straße mit hohem Verkehrsaufkommen wurde bis zur Einfahrt Wilhelm-Franke-Straße gefolgt. An der Einmündung Spitzwegstraße befand sich ein Kreisverkehr, der überquert wurde. Dem Verlauf der Wilhelm-Franke-Straße wurde gefolgt bis zum Ortsausgang von Dresden. Hier befand sich ein kurzes aber gut ausgebautes Stück Landstraße ohne Geschwindigkeitsbegrenzung. Die Geschwindigkeit wurde vor dem Abbiegen in die Einfahrt zur Autobahn auf 70 km/h beschränkt.

### **Abschnitt IV: Rückfahrt auf der Autobahn** (Anlage 4, Abbildung A 3):

Nach der Auffahrt auf die Autobahn an der Auffahrt Prohlis erfolgte die Rückfahrt über die Autobahn bis zur Abfahrt Südvorstadt und von dort zurück zum Ausgangspunkt.

#### **2.5.5 Versuchsstrecke: Überblick relevante Situationen innerorts**

Alle im Folgenden beschriebenen Situationen wurden nach der Landstraßenfahrt in einem Stück durchfahren. Es wurden Situationen ausgewählt, die nach der Literaturlage als besonders kritisch für Ältere angesehen wurden. Dies war der Fall bei bestimmten Fahrmanövern, insbesondere dem Linksabbiegen oder in Situationen, die generell ein hohes Maß an Belastung, in Form von hoher Informationsdich-



**Abbildung 16:**  
**Lage von Situationen Innerorts mit besonderer Bedeutung für Ältere**

te mit sich bringen. Auch Standardsituationen, wie etwa Rechts-vor-Links-Kreuzungen wurden mit einbezogen. Abbildung 16 zeigt die Lage der Situationen im Überblick, eine kurze Beschreibung der Landstraßenabschnitte folgt, die Beschreibungen der Innerorts-Situationen sind in die Kapitel zur Auswertung integriert.

Im Einzelnen wurden folgende Situationen als besonders relevant ausgewählt:

- Situation I: Knotenpunkt mit Vorfahrtsschild; Querung einer Vorfahrtsstraße
  - Situation Ia: erste Querung (südliche Anfahrt)
  - Situation Ib: zweite Querung (nördliche Abfahrt)
- Situation II: Kreuzungen mit Rechts-vor-Links-Vorfahrtsregelung

**Tabelle 4:**

**Charakteristika der für den Vergleich zwischen jüngeren und älteren Fahrern ausgewählten Abschnitte auf Landstraßen**

Bezeichnung	Lage	Fahrbahnbreite	Länge [km]	Kurvigkeit [gon/km]	Welligkeit [gon/km]
Strecke 1	AS Heidenau - Neuborthen	> 6 m	2.901	88,86	7,56
Strecke 2	Neuborthen - Abzweig Saida	< 6 m	1.040	138,92	12,96
Strecke 3	Abzweig Saida - Saida	< 6 m	1.154	110,46	41,03
Strecke 4	Kreischa - Possendorf	> 6 m	2.790	103,21	13,08
Strecke 5	Dresden - Goppeln	6 m	1.500	124,36	13,64

- Situation IIa: verdeckte Rechts-vor-Links-Kreuzung
- Situation IIb: gut einsehbare Rechts-vor-Links-Kreuzung
- Situation III: Wenden an einer Wendeschleife mit hoher Anforderung an die Verkehrsbeobachtung
- Situation IV: Rechtsabbiegen an einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage (LSA)
  - Situation IVa: Situation a (Lennéplatz)
  - Situation IVb: Situation b (Teplitzer Straße)
- Situation V: Linksabbiegen an einer Kreuzung mit beschilter Vorfahrtsregelung
  - Situation Va: Situation a (Franklinstraße)
  - Situation Vb: Situation b (Semperstraße).

Um die Interpretation der Ergebnisse zu erleichtern, ist eine Kurzbeschreibung der Situationen innerorts mit Abbildungen vor die Kapitel der jeweiligen Auswertung gestellt.

#### 2.5.6 Versuchsstrecke: relevante Situationen Landstraße

Die auszuwertenden Abschnitte wurden nach theoretischen und praktischen Kriterien ausgesucht. Zum Einen sollten die Strecken möglichst wenig befahren sein, um eine freie Wahl der Geschwindigkeit zuzulassen. Weiter sollten die Strecken möglichst kreuzungsfrei sein, ebenfalls wieder um eine freie Wahl der Geschwindigkeit zu ermöglichen. Ansonsten sollten die Strecken ein möglichst breites Spektrum an Straßen abdecken und wenn möglich spezifische, für den Vergleich älterer und jüngerer Fahrer, relevante Abschnitte enthalten. Dies führte zu den in Tabelle 4 genannten Abschnitten. Neben der Erhebung des Fahrverhaltens auf den in Tabelle 4 beschriebenen Strecken erfolgte auch eine zusätzliche Radarmessung an ausgewählten Querschnitten. Im Folgenden werden die untersuchten Abschnitte näher beschrieben.

2.5.6.1 Strecke 1

Strecke 1 befand sich nach der Autobahnausfahrt Heidenau. Es handelte sich um einen gut ausgebauten und ca. 2,9 km langen Teilabschnitt der S 175 von der Anschlussstelle Heidenau bis zum Ausbaugebiet im Ortsteil Neuborthen. Aufgrund von Einmündungen galt auf der gesamten Strecke, bis auf einen etwa 500 m langen Bereich vor der Ortschaft Neuborthen, eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 70 km/h.



Abbildung 17: Foto Landstraßenabschnitt Strecke 1

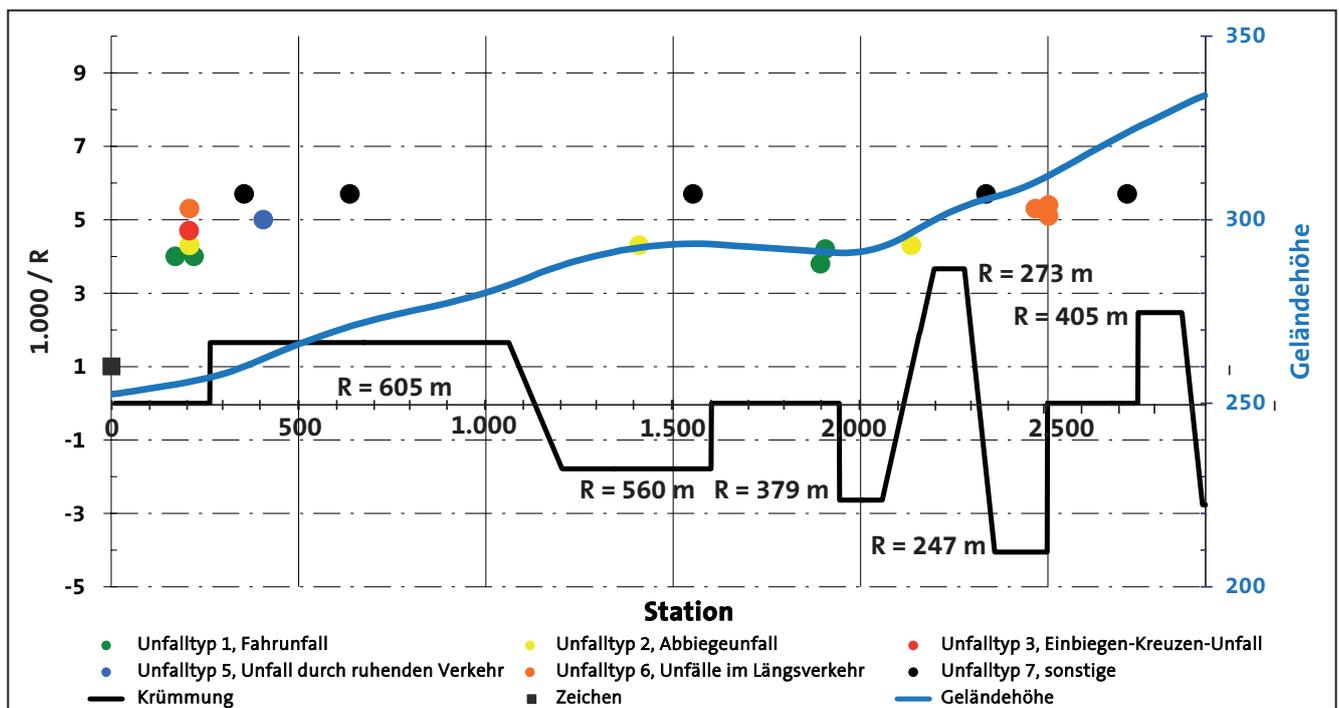


Abbildung 18: Landstraßenabschnitte Strecke 1: Krümmungsband, Höhenplan und Unfälle

## 2.5.6.2 Strecke 2

An den Streckenabschnitt 1 schloss sich Strecke 2 an. Im Gegensatz zu Strecke 1 war diese ca. 1 km lange Strecke durch eine schlechte Oberfläche gekennzeichnet und hatte einen Querschnitt unter 6 m. Wegen der schlechten Fahrbahnoberfläche war die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h begrenzt.



Abbildung 19:  
Foto Landstraßenabschnitt Strecke 2

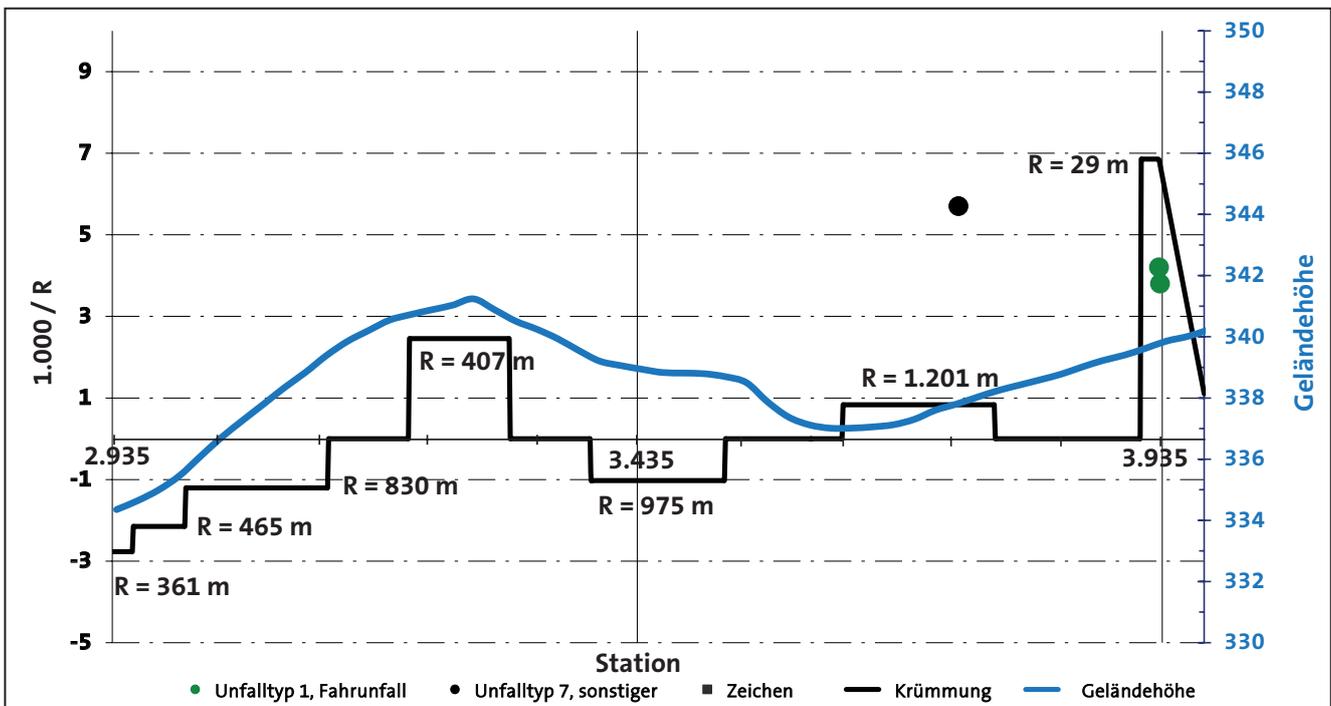


Abbildung 20:  
Landstraßenabschnitte Strecke 2: Krümmungsband, Höhenplan und Unfälle

2.5.6.3 Strecke 3

Strecke 3 wurde nach Verlassen von Strecke 2 befahren. Es handelte sich hierbei um einen nur sehr wenig befahrenen Abschnitt zwischen der Abzweigung nach Saida und dem Ortseingang von Saida. Die Strecke war durch Kuppen und Wannen und einen sehr schmalen Fahr-  
bahnquerschnitt von 4,5 m gekennzeichnet.



Abbildung 21:  
Foto Landstraßenabschnitt Strecke 3

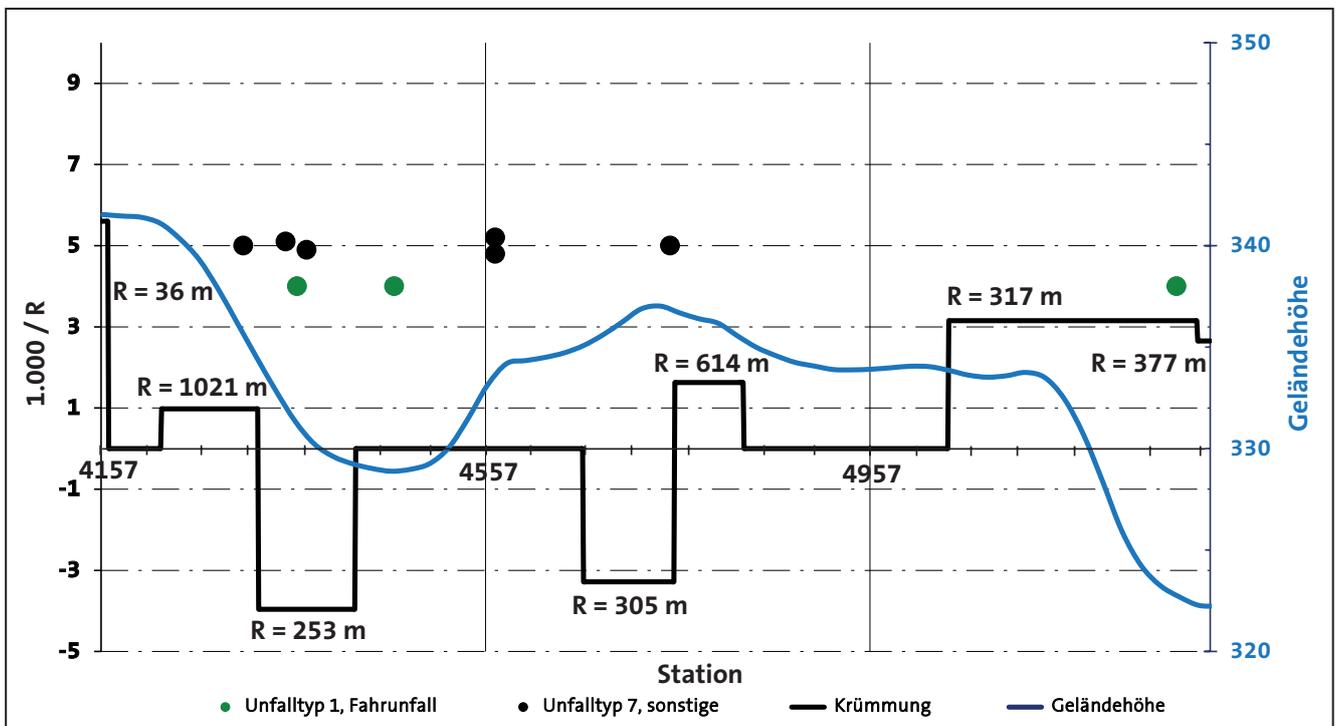


Abbildung 22:  
Landstraßenabschnitte Strecke 3: Krümmungsband, Höhenplan und Unfälle

## 2.5.6.4 Strecke 4

Die Strecke 4 lag auf der S36 zwischen Kreischa und Possendorf. Es handelte sich hierbei um eine neu ausgebaute Strecke mit stetiger Linienführung, guter Markierung und breitem Querschnitt. Die 2,8 km lange Strecke war weiter durch eine stetige Steigung charakterisiert. Etwa in der Hälfte der Strecke lag der Ortsteil Kleincarsdorf, in dem die Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h begrenzt war, sonst galt auf der Strecke keine ausgeschilderte Geschwindigkeitsbegrenzung.



Abbildung 23:  
Foto Landstraßenabschnitt Strecke 4

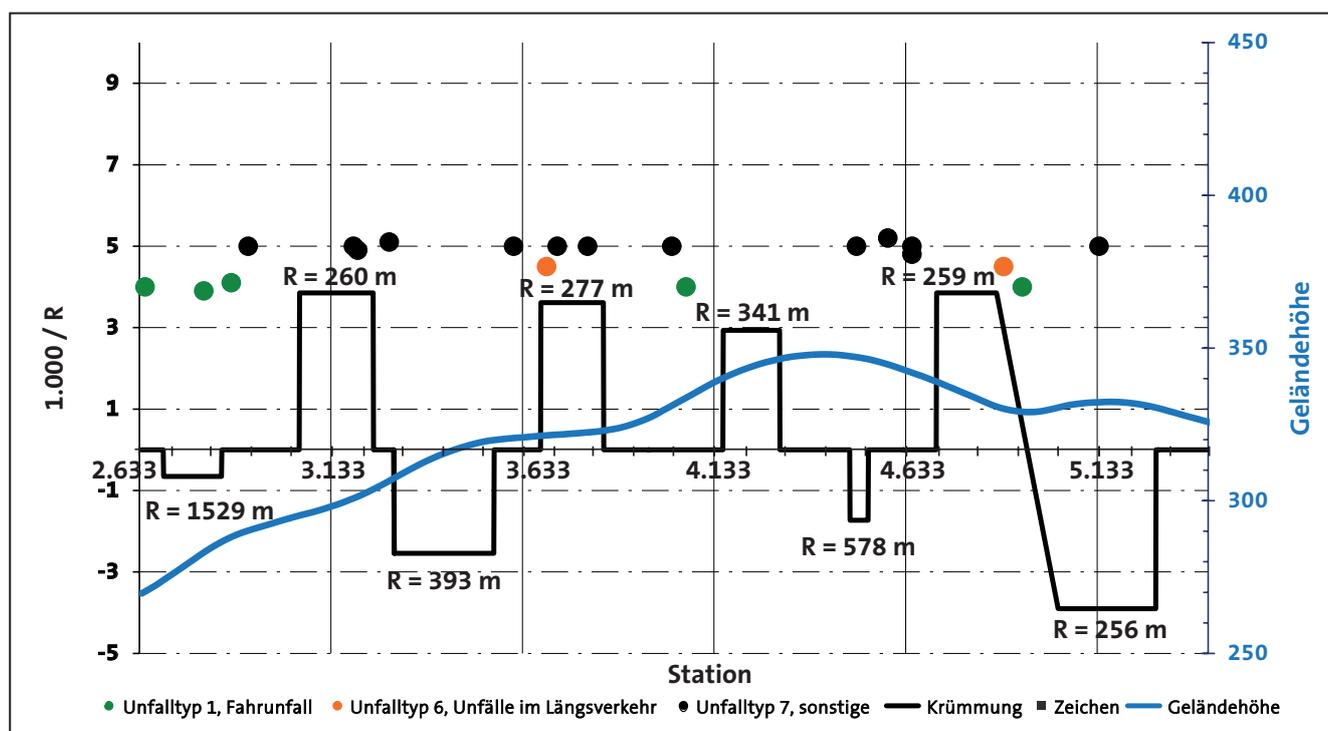


Abbildung 24:  
Landstraßenabschnitte Strecke 4: Krümmungsband, Höhenplan und Unfälle

## 2.5.6.5 Strecke 5

Die Strecke 5 lag baulich getrennt von den Abschnitten 1 bis 4 und wurde erst nach Durchfahrt der Innerortssituationen befahren. Es handelte sich hierbei um den Abschnitt zwischen dem Stadtgebiet von Dresden und der Ortschaft Goppeln bzw. der Autobahnauffahrt Dresden Prohlis (K6203/K9003). Die Gesamtlänge des Abschnittes betrug etwa 1,5 km, eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 70 km/h galt erst am Ende der Strecke vor Überfahrt der Autobahn.



Abbildung 25:  
Foto Landstraßenabschnitt Strecke 5

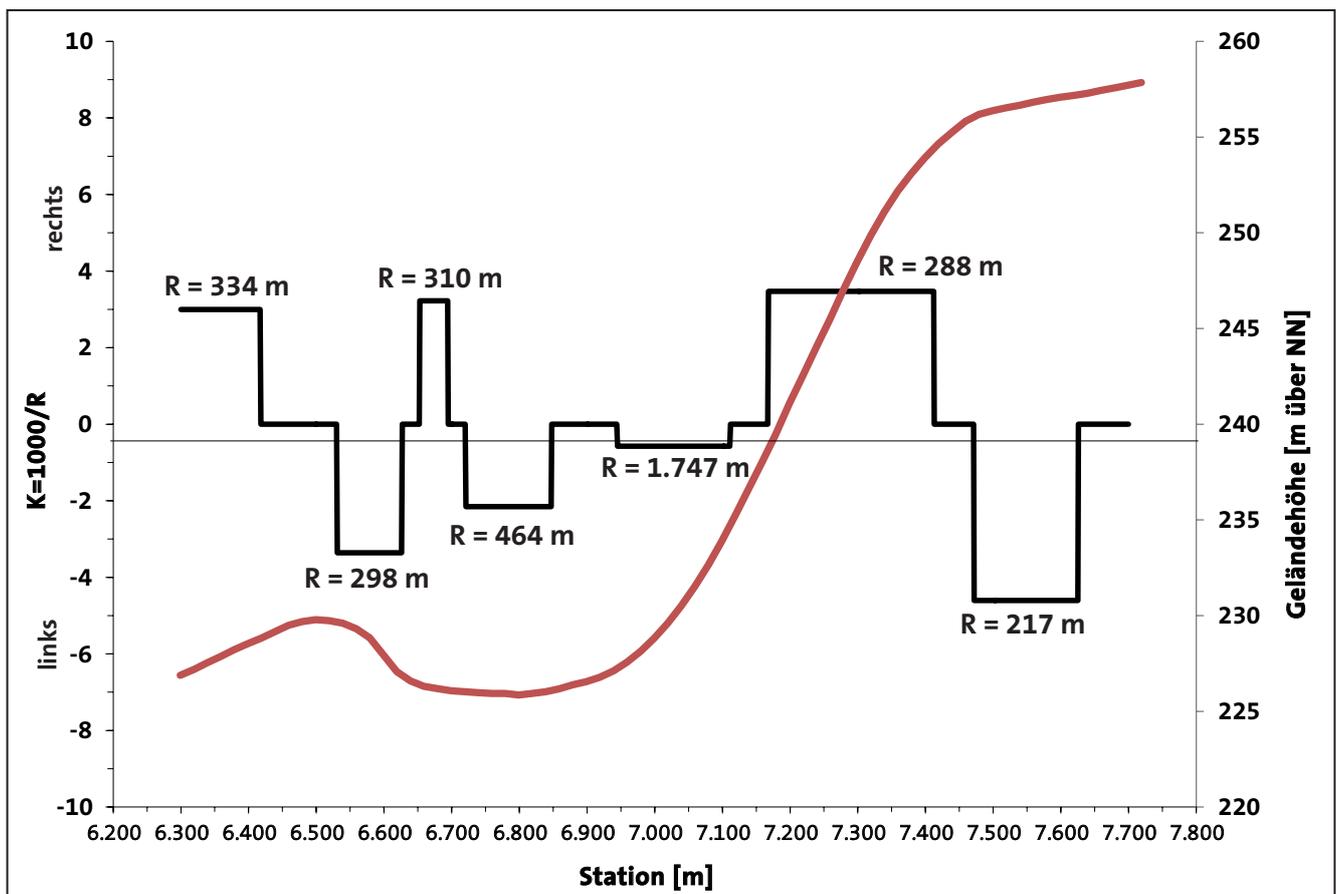


Abbildung 26:  
Landstraßenabschnitte Strecke 5: Krümmungsband und Höhenplan

### 2.5.7 Versuchsstrecke: relevante Situationen Autobahn

Im Gegensatz zu Stadt- und Landstraßen sind Autobahnen hoch standardisiert mit nur geringen Zugeständnissen an Topographie (FGSV, 2008). Entsprechend beschränkte sich die Auswertung entweder auf Fahrmanöver wie dem Überholen ohne Bindung an bestimmte Abschnitte oder auf ausgewählte Abschnitte mit Geschwindigkeitsbegrenzungen (bzw. deren Aufhebung).

In der Hinrichtung (Dresden Richtung Pirna) waren zwei Abschnitte für die Auswertung relevant: Geschwindigkeitsbegrenzungen vor einer Einfahrt (130, 100 km/h) und deren Aufhebung nach der Einfahrt, sowie Geschwindigkeitsbegrenzungen vor einem Tunnel (ebenfalls 130, 100 km/h) und deren Aufhebung nach dem Tunnel.

Für die Rückrichtung erfolgte keine Auswertung spezifischer Abschnitte, weil die Fahrt durch die Landstraßenfahrt unterbrochen war und zur Auswertung relevante Geschwindigkeitsbegrenzungen zu nahe an der jeweiligen Autobahneinfahrt lagen. Stattdessen erfolgte die Auswertung spezifischer Manöver ebenso wie die Auswertung aggregierter Werte über die gesamte Rückrichtung getrennt nach dem Abschnitt vor und nach der Landstraßenfahrt.

Die Auswertung der aggregierten Geschwindigkeitsdaten erfolgte auch für die gesamte Strecke.

### 2.5.8 Datenauswertung Fahrversuche: Methodik

Die Auswertung der Rohdaten erfolgte in mehreren Schritten. Zunächst mussten die GPS-Koordinaten in Längen- und Breitengrade umgerechnet werden. Dies geschah mit dem Programm MapInfo. Anschließend wurden diese Ortsangaben mit einer Stationierung versehen, so dass sie mit der Straßengeometrie und weiteren Straßenmerkmalen, wie z.B. Geschwindigkeitsbegrenzungen, versehen werden konnten.

Weiter sollten die SmartEye-Daten mit den CAN-Daten und den Stationierungsangaben verbunden werden. Dies geschah mit dem Programm SmartEye, das am Lehrstuhl Gestaltung für Straßenverkehrsanlagen an der TU Dresden entwickelt wurde. In diesem Programm wurden die SmartEye-Daten auch mit Informationen zu Fixationen und Sakkaden versehen.

Die so erzeugten Daten wurden anschließend mit Microsoft Access, SPSS und Microsoft Excel weiter verarbeitet. Da die Aufzeichnung der CAN-BUS Daten an die Aufzeichnung der Positionsdaten gekoppelt war, kam es bei Ausfall des Seprino Systems ebenfalls zu Datenausfällen. So war es aufgrund eines fehlenden Inertialsystems nicht möglich, Daten in Tunnels aufzuzeichnen. Zusätzlich stellte sich heraus, dass die Geschwindigkeit aus dem CAN-BUS zu viele fehlerhafte Werte enthielt. Daher wurde die Entscheidung getroffen, nur die Seprino-basierte Geschwindigkeit auszuwerten. Auch diese Daten erforderten, wie es bei allen Messdaten üblich ist, eine Korrektur fehlerhafter Werte und eine nachfolgende Glättung der Messwerte.

Die abschnittsbezogene Auswertung dieser korrigierten Daten fand anschließend mit Hilfe des Programmes RoadView statt, welches ebenfalls am Lehrstuhl Gestaltung für Straßenverkehrsanlagen entwickelt wurde. Mit Hilfe dieses Programmes konnten die Stationierungen der interessierenden Abschnitte ebenso bestimmt werden wie die Lage von Verkehrszeichen. Die so bestimmten Stationierungen wurden dann für die Formulierung von Abfragen verwendet.

Die weitere Auswertung, der um Angaben zu Fixationen und Sakkaden versehenen Daten aus Smart-Eye, stellte sich als nicht praktikabel heraus. Hintergrund war eine Vermengung unterschiedlicher Ursachen, die zu einer insgesamt so schlechten Datenqualität geführt haben, dass eine belastbare Auswertung von Unterschieden zwischen Altersgruppen nicht möglich war. Im Einzelnen sind zu nennen:

- kurzzeitige Ausfälle in den Daten, die durch fehlende Positionsangaben bedingt waren
- Ausfälle des Messsystems während einzelner Abschnitte während der Fahrt

- generell schlechte Datenqualität der Blickdaten bedingt durch schlechte Probandenmodelle.

Der zuletzt genannte Punkt scheint vor allem ältere Probanden betroffen zu haben. Insofern ist zu vermuten, dass das hinter dem System liegende Kopfmodell nicht für ältere Probanden geeignet ist.

Um die Blickdaten dennoch auswerten zu können, wurde daher der weitaus aufwendigere Weg einer manuellen Auswertung gewählt. Dies erlaubt zwar keine exakten Aussagen über Sakkadensprünge und Fixationslängen, aber Aussagen über direkt sicherheitsrelevantes Blickverhalten.



**Abbildung 27:**  
Darstellung von Probanden- und Szeneriekamera in einer Perspektive

Folgendes Vorgehen wurde dafür gewählt: Zunächst wurden die Aufzeichnungen der Smart-Eye Szeneriekamera und der Webcam zur Erfassung der Probanden synchronisiert und in einem gemeinsamen Fenster dargestellt (Abbildung 27).

Mit Hilfe dieser Perspektive war es möglich festzustellen, an welcher Position sich der Proband befand und in welche Richtung geblickt wurde. Die Blickrichtung wurde im Folgenden für die Innerortssituationen situationsspezifisch ausgewertet.

Neben einer reinen Auswertung der Blickrichtung wurde versucht, für die innerorts-Situationen auch ein Maß für

die Güte des Blickverhaltens einzuführen. Damit sollte versucht werden, eine mögliche Abweichung von einem normativen Verhalten zu quantifizieren. Ein weiterer Vorteil eines derart quantifizierten Verhaltens liegt in der Möglichkeit begründet, diese Daten auch mit parametrischen Verfahren auswerten zu können. Folgende Festlegungen wurden getroffen:

Für die innerorts-Situation Ia, Ib und III:

- Gewünschtes Verhalten: 6 Punkte (Blick in beide Richtungen)
- Erforderliches Verhalten: 4 Punkte (nur Blick in die unbedingt nötige Richtung)
- Fehlverhalten: 0 Punkte (beim Ausbleiben beider Blicke).

Für die Situation IV, rechts abbiegen an einer Lichtsignalanlage (LSA) mit Radweg, wurde ein normatives Verhalten festgelegt, welches aus jeweils mindestens einem Blick in den Rückspiegel, in den rechten Außenspiegel und einem Schulterblick zum Radweg besteht. War dieser Blick vorhanden, wurde dies in den Daten mit dem Wert 1, sonst mit 0, kodiert. Somit konnten für diese Situation maximal 3 Punkte erreicht werden, wobei jeder Blick gleich gewichtet wird.

Um zusätzlich ein Maß für die Qualität des Blickverhaltens zu bekommen, wurden die Blicke gewichtet. Ausgangspunkt der Gewichtung war die Überlegung, dass bestimmte Blicke wichtiger als andere sind. So kann der tote Winkel, der bei einem reinen Blick in den Spiegel entsteht, nur durch einen Schulterblick eingesehen werden. Weiter sollte die Gewichtung so erfolgen, dass eine möglichst große Differenzierung des Verhaltens resultiert. Aufbauend auf diesen Überlegungen wurde ein Schulterblick mit 5 Punkten bewertet. Da der Rückspiegel eher für entferntere Situationen relevant ist, wurde ein Blick dorthin nur mit 1 Punkt, ein Blick in den Außenspiegel dagegen mit 3 Punkten gewichtet. So ergaben sich folgende mögliche Kombinationen:

- 9 Punkte (Schulterblick + Außenspiegel + Rückspiegel)
- 8 Punkte (Schulterblick + Außenspiegel)
- 6 Punkte (Schulterblick + Rückspiegel)
- 5 Punkte (nur Schulterblick)
- 4 Punkte (beide Spiegel)

- 3 Punkte (nur Außenspiegel)
- 1 Punkt (nur Rückspiegel)
- 0 Punkte (alle Absicherungsblöcke blieben aus).

Diese Gewichtung erlaubte eine gute Differenzierung des sicherheitsrelevanten Blickverhaltens.

Auch das Blickverhalten auf Autobahnen wurde anhand der Videos ausgewertet. Zunächst wurde dabei grundsätzlich unterschieden nach:

- Auffahrten auf die Autobahn, getrennt nach drei Situationen:
  - Auffahrt Südvorstadt
  - Auffahrt Pirna
  - Auffahrt Prohlis.
- „normalen“ Autobahnabschnitten, hier wurde nach Fahrmanövern bzw. Ort unterschieden:
  - Fahrt auf rechtem Fahrstreifen
  - Ausscheren
  - Fahrt auf linkem Fahrstreifen
  - Einscheren.

Bei allen oben genannten Abschnitten oder Manövern wurden immer folgende Blicke gezählt:

- Blicke in den linken Außenspiegel
- Blicke in den Innenspiegel
- Blicke in den rechten Außenspiegel
- Schulterblicke
- Tachoblicke.

Die Anzahl der Blicke konnte anschließend an der Anzahl der Aus- und Einschervorgänge oder den Fahrtzeiten auf der linken bzw. rechten Spur relativiert werden.

**Tabelle 5:**  
**Beschreibung der Gesamtstichprobe (Fahrversuche) nach Altersgruppen und Geschlecht**

	Geschlecht				Gesamt	
	weiblich		männlich		N	Prozent (Spalte)
Alter (Jahre)	N	Prozent (Zeile)	N	Prozent (Zeile)		
bis 55	14	53.85	12	46.15	26	22.81
64 bis 69	7	17.07	34	82.93	41	35.96
70 bis 74	5	17.24	24	82.76	29	25.44
ab 75	1	5.56	17	94.44	18	15.79
<b>Gesamt</b>	<b>27</b>	<b>23.68</b>	<b>87</b>	<b>76.32</b>	<b>114</b>	<b>100.00</b>

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Deskriptive Beschreibung der Stichprobe

#### 3.1.1 Stichprobenbeschreibung nach Alter

Entsprechend dem Ziel der Untersuchung wurde auf eine breite Altersverteilung der jüngeren und älteren Teilnehmer Wert gelegt. Abbildung A4 in der Anlage 5 zeigt die Altersverteilung der Stichprobe in einem Histogramm. Die Probanden wurden in vier Altersgruppen eingeteilt. Der ursprüngliche Plan, alle vier Altersgruppen gleich stark mit 25 Versuchspersonen zu besetzen, konnte nicht vollständig umgesetzt werden. Dies war in erster Linie auf den geringen Rücklauf der älteren Alten ab 75 Jahren zurückzuführen. Andererseits war der Rücklauf der jungen Alten erfreulich hoch, so dass diese Gruppe überrepräsentiert war. Die Einteilung der Altersgruppen erfolgte schließlich unter Berücksichtigung des Rücklaufs in vier Gruppen wie folgt:

- bis 55 Jahre
- 64 bis 69 Jahre („junge Alte“)
- 70 bis 74 Jahre
- ab 75 Jahre („ältere Alte“).

Die Gesamtstichprobe, die an den Fahrversuchen teilgenommen hat, setzt sich demnach, wie in Tabelle 5 gezeigt, zusammen. Details zur Altersverteilung und der Fahrleistung sind Tabelle 6 zu entnehmen.

Die gleichen Probanden nahmen an der Simulatorstudie teil. Wie bereits beschrieben, führte der zeitliche Abstand

**Tabelle 6:**  
Beschreibung der Gesamtstichprobe (Fahrversuche) nach Alter und Fahrleistung

Alter	Alter (Jahre)			Fahrleistung (km/Jahr)		
	Min	Max	M (SD)	Min	Max	M (SD)
bis 55	27	53	38.5 (7)	4.000	80.000	18.368 (17.633)
64 bis 69	64	69	66.8 (1)	500	75.000	15.962 (11.874)
70 bis 74	70	74	72.0 (2)	500	40.000	12.154 (7.512)
ab 75	75	90	78.7 (4)	3.000	35.000	12.632 (7.712)

**Tabelle 7:**  
Beschreibung der Gesamtstichprobe (Simulatorversuche) nach Alter und Fahrleistung

Alter	N	Alter (Jahre)			Fahrleistung (km/Jahr)		
		Min	Max	M	Min	Max	M
bis 55	20	27	53	38.5	4.000	80.000	18.368
64 bis 69	39	64	69	66.8	500	75.000	15.813
70 bis 74	26	70	74	72.0	500	40.000	12.519
ab 75	20	75	90	78.7	3.000	35.000	12.235

zwischen beiden Versuchsteilen und die experimentelle Mortalität zu einer leichten Verschiebung der Verteilung der Stichprobe auf die Altersgruppen. Diese ist getrennt nach Altersgruppen für die Variablen Alter und Fahrleistung in Tabelle 7 dargestellt.

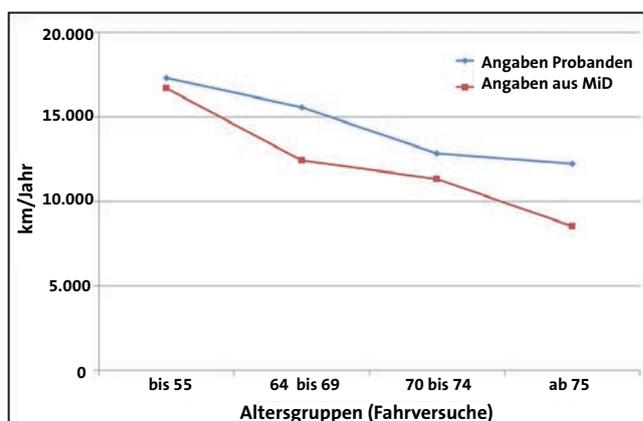
Die Probanden wurden in der Vorbefragung vor den Fahrversuchen nach ihrer jährlichen Fahrleistung in Kilometer, gemittelt über die letzten drei Jahre, gefragt. Die Unterschiede zwischen den Altersgruppen waren nicht signifikant ( $F(3,99)=1.39$ ,  $p=n.s.$ ), auch die Korrelation zwischen Fahrleistung und Alter war nicht signifikant (Kendall's  $\tau$ :  $-0.09$ ;  $p=n.s.$ ).

Die Fahrleistung nahm in der Zeit zwischen den Fahrversuchen und den Simulatorversuchen hoch signifikant ab ( $F(1,98)=13.34$ ,  $p<.001$ ). Da es keine Wechselwirkung mit den Altersgruppen gab ( $F(3,98)=0.93$ ,  $p=n.s.$ ), handelte es sich hierbei um einen Effekt, der auf die gesamte Stichprobe gleichermaßen zutraf.

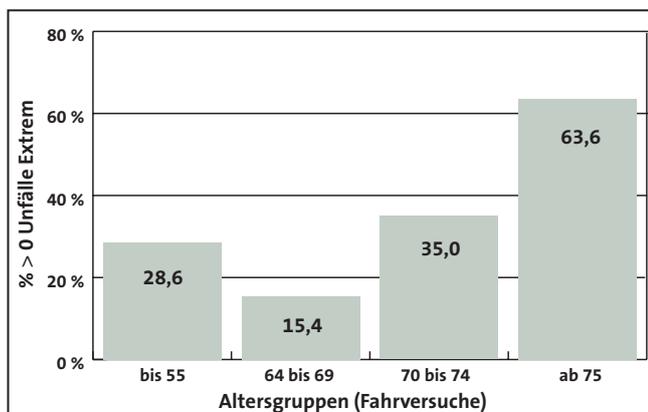
Für einen deskriptiven Vergleich der Stichprobe mit der Erhebung Mobilität in Deutschland (MiD), (BMVBS, 2010) wurden die Altersklassen von MiD zunächst so gruppiert, dass sie in etwa den Erhebungsgruppen entsprachen. Innerhalb dieser neuen Gruppen wurden die Werte gemittelt. Es zeigte sich, dass sich die Fahrleistung der Stichprobe der hier durchgeführten Untersuchung etwa im Rahmen der Erhebung MiD bewegte, allerdings mit einer

Ausnahme: die älteste Gruppe fuhr etwa 5.000 km/Jahr mehr als die MiD-Stichprobe.

Ebenfalls in der Vorbefragung wurden die Probanden nach der Anzahl der Unfälle innerhalb der letzten fünf Jahre gefragt, wobei explizit auch leichte Unfälle genannt werden sollten. Um die Angaben statistisch auswerten zu können, wurden zwei Kategorien gebildet: Fahrer ohne Unfälle und Fahrer mit mindestens einem Unfall. Zwischen den Altersgruppen zeigten sich hoch signifikante Unterschiede ( $\chi^2(1)=10.34$ ,  $p<.05$ ), wobei der Anteil der Fahrer mit mehr als einem Unfall in der Gruppe der ältesten Probanden signifikant höher als statistisch erwartet lag ( $p<.05$ ).



**Abbildung 28:**  
Vergleich der jährlichen Fahrleistung der Stichprobe mit einer Erhebung aus MiD



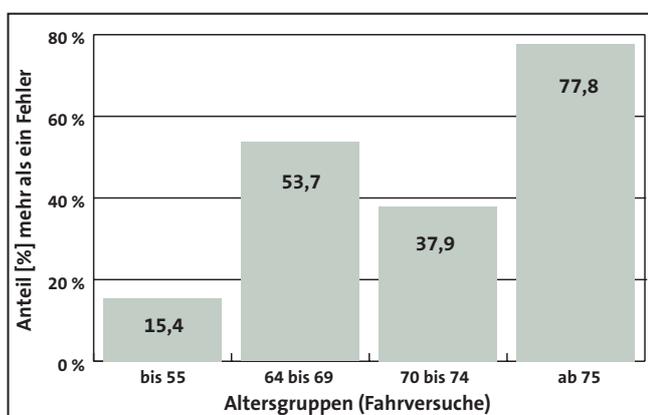
**Abbildung 29:**  
Anteil der Fahrer je Altersgruppe mit mindestens einem, auch leichten, Unfall [%]

## 3.2 Physiologische Leistungsfähigkeit

### 3.2.1 Farbsehen: Ishihara Tests

Wie beschrieben, beschränkte sich die Auswertung der Ishihara-Tests auf einen Extremgruppenvergleich je nachdem, ob mehr oder weniger als ein Zeichen falsch erkannt wurden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 30 dargestellt.

Die Prüfung mit dem Chi-Quadrat Test ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $\chi^2(1) = 18,87$ ,  $p < .001$ ). Dabei hatte die jüngere Gruppe einen signifikant geringeren Anteil als erwartet würde ( $sr = -2,2$ ,  $p < .05$ ), die älteste Gruppe einen signifikant höheren Anteil ( $sr = 2,1$ ;  $p < .05$ ).



**Abbildung 30:**  
Anteil der Probanden je Altersgruppe mit mehr als einem Fehler beim Ishihara-Test

### 3.2.2 Sehschärfe: Visus 100

Der Visus 100 bezeichnet die Tagessehschärfe bei 100 % Kontrast. Die deskriptive Statistik zu dem Visustest nach DIN EN ISO 8596 (2009) ist in Tabelle 8 dargestellt. Die Grenze von 0,7 bezieht sich auf die Fahrerlaubnisverordnung (BMVBS, 2011), wonach ein Sehtest als bestanden gilt, wenn die Tagessehschärfe mit oder ohne Sehhilfe mindestens 0,7 beträgt.

Damit haben innerhalb der Gruppe der ab 75-Jährigen 40% die Mindestanforderungen an die Sehschärfe nach obiger Verordnung nicht erfüllt. Einen Trend, dass innerhalb der ältesten Altersgruppe nur die ältesten Probanden für die hohe Rate an Probanden verantwortlich sind, deren Visus geringer als die gesetzlichen Bestimmungen sind, gibt es nicht (Anlage 7, Abbildung A 8).

Die einzelnen Gruppen wurden weiter auf Unterschiede getestet. Um Gleichabständigkeit zwischen den einzelnen Visusstufen zu gewährleisten, wurde der Visus nach Bach und Kommerell (1998) zunächst logarithmisiert. Die folgenden Auswertungen beziehen sich auf den logarithmisierten Visus mit einem möglichen Bestwert von 0,3 (entspricht einem Visus von 2,0) und einem schlechtesten Wert von -1,3 (entspricht einem Visus von 0,05, Anlage 1, Tabelle A 1).

Die statistische Auswertung ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $F(3,101) = 13,25$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .28$ ). Bei nicht signifikantem Levene-Test ergaben die post-hoc Tests mit den Korrekturen nach Gabriel und Games-Howell übereinstimmend keine Unterschiede zwischen der Vergleichsgruppe und der jüngsten Versuchsgruppe und hoch signifikante Unterschiede zu den anderen beiden älteren Versuchsgruppen ( $p < .01$ ). Zwischen den Versuchsgruppen gab es signifikante Unterschiede zwischen allen Gruppen ( $p < .05$ ), nicht jedoch zwischen der ersten (64-69 Jahre) und der zweiten Versuchsgruppe (70-74 Jahre). Es gab also eine tendenzielle Verschlechterung mit dem Alter. Dies wurde durch die hoch signifikante negative Korrelation bei einseitiger Testung zwischen dem nicht-normalverteiltem Alter und dem logarithmierten Visus-Werten bestätigt (Kendall's  $\tau = -.42$ ;  $p < .001$ ).

**Tabelle 8:****Ergebnisse des Sehzeichentestes nach DIN EN ISO 8596 und Anzahl und Prozent der Probanden mit einem Visus geringer als 0,7**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)	Anzahl mit Visus < 0,7	% nicht bestanden
bis 55	20	.50	2.00	1.40 (.39)	1	5.0
64 bis 69	39	.50	2.00	1.15 (.34)	3	7.7
70 bis 74	26	.40	1.60	.99 (.26)	3	11.5
ab 75	20	.32	1.25	.78 (.23)	8	40.0

### 3.2.3 Kontrastsehen: Visus 10

Der Visus 10 beschreibt die Sehschärfe bei vermindertem Kontrast (10% des Kontrastes zur Messung der Tagessehschärfe). Die Auswertung erfolgte analog zum Visus 100.

Die statistische Auswertung ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $F(3, 100) = 22.87$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .41$ ). Bei nicht signifikantem Levene-Test ergaben die post-hoc-Tests mit den Korrekturen nach Gabriel und Games-Howell übereinstimmend hoch signifikante Unterschiede zwischen der Vergleichsgruppe und allen Versuchsgruppen ( $p < .01$ ). Lediglich der Einzelvergleich zwischen der VG1 (64-69) und der VG 2 (70-74) wird nicht signifikant. Wie beim Visus 100 war das Alter auch mit dem Visus 10 hoch signifikant negativ korreliert (Kendall's  $\tau$   $-.52$ ;  $p < .001$ ).

### 3.2.4 Zusammenhänge zwischen verschiedenen Visus-Messungen

Die in diesem Kapitel durchgeführten Korrelationsrechnungen erfolgten in erster Linie zur Prüfung der Plausibilität der Daten. Eine zweite wichtige Motivation lag in der Kontrolle von möglichen Effekten, die sich aus der Prüfung der Sehschärfe mit Snellen-Sehzeichen einerseits und den Landolt-Sehzeichen nach DIN andererseits ergaben. Da dieser Effekt durch den zeitlichen Abstand zwischen beiden Testungen konfundiert war, kann das Ergebnis nur hypothesengenerierend interpretiert werden.

Die Auswahl eines Korrelationskoeffizienten erfolgte nach der Prüfung der Daten auf Normalverteilung. Diese kann wegen des signifikanten Kolmogorov-Smirnoff Tests nicht angenommen werden (.01 für logVisus100, .03 für logVisus10 und  $< .01$  für logVisus100 Snellen).

Die Korrelation zwischen Visus 100 und Visus 10 war erwartungsgemäß positiv, betrug .76 (Kendall's  $\tau$ ) und war mit  $p < .001$  hoch signifikant.

Die Korrelation zwischen der Testung mit den Landolt Sehzeichen und der Testung mit den Snellen Sehzeichen war signifikant positiv (Kendall's  $\tau$   $-.58$ ;  $p < .001$ ). Tendenziell lag die Leistung bei der Testung mit den Snellen Sehzeichen ( $M = .033$ ,  $SD = .252$ ) etwas über der Leistung bei der Testung mit den Landolt Sehzeichen ( $M = .008$ ,  $SD = .156$ ). Dieser Effekt war jedoch nicht signifikant, weder bei einer einfachen Testung mit t-Test für gepaarte Stichproben ( $t(103) = 1.02$ ,  $p = .31$ ) noch bei einer Einbeziehung der Altersgruppen als zusätzlichem Faktor in eine Varianzanalyse mit Meßwiederholung ( $F(1, 100) = 1.09$ ,  $p = .30$ ;  $\eta^2 = .01$ ).

### 3.2.5 Gesichtsfeld

Mit dem Test PP „Periphere Wahrnehmung“ des Wiener Testsystems, wurde das Gesichtsfeld in Grad erhoben. Die Auswertung der Daten ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 99) = 10.70$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .25$ ). Die Auswertung der Einzelunterschiede ergab bei einem nicht signifikanten Levene-Test mit den Korrekturen nach Gabriel und Games-Howell hoch signifikante Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und allen Versuchsgruppen.

Die Versuchsgruppen untereinander unterschieden sich jedoch nicht signifikant voneinander. Dennoch fand sich

**Tabelle 9:**  
**Deskriptive Statistik zum Gesichtsfeld (Test PP)**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	141.5	182.3	169.1 (11.8)
64 bis 69	39	100.9	171.9	150.8 (19.4)
70 bis 74	26	60.0	174.5	138.3 (25.3)
ab 75	20	88.9	173.7	137.8 (22.5)

eine hoch signifikante Korrelation mit dem kalendrischen Alter, sowohl bei dem Koeffizienten nach Pearson als auch bei dem Koeffizienten nach Kendall, der hier wegen des nicht normal verteilten Alters berichtet wird (Kendall's  $\tau$   $-.38$ ;  $p < .001$ ).

Bei der deskriptiven Statistik ist auffallend, dass sich die besten Leistungen innerhalb der Altersgruppen (Spalte Max in Tabelle 9) kaum voneinander unterscheiden. Im Vergleich zur KG war zwar eine Zunahme der Streuung der Werte zu verzeichnen, diese fiel jedoch vergleichsweise gering aus. Insofern lassen sich die nichtsignifikanten Unterschiede zwischen den älteren Altersgruppen auch so interpretieren, dass eine Abnahme der Leistung beim peripheren Sehen recht früh beginnt.

### 3.3 Motorische und kognitive Leistungsfähigkeit

Sofern die hier berichteten Werte Reaktionszeiten betreffen, wurden einzelne Werte nur in die Auswertung mit einbezogen, wenn sie nicht größer waren als der personenbezogene Mittelwert plus drei Standardabweichungen. Diese Korrektur wurde vorgenommen, um zu vermeiden, dass einzelne sehr lange Reaktionszeiten, die wahrscheinlich auf externe Ereignisse zurückzuführen sind, die Person falsch einordnen. Die Korrelationen wurden als einseitiger Test durchgeführt mit der Annahme, dass die Leistung mit dem Alter abnimmt.

#### 3.3.1 Stroop Aufgabe

Bei der Stroop Aufgabe wurde die mittlere Reaktionszeit ausgewertet, getrennt nach falschen und richtigen Reaktionen. Weiter wurde der Prozentsatz der falschen Reaktionen ausgewertet.

**Tabelle 10:**  
**Stroop Test Mittelwert Reaktionszeit nur falsche Reaktionen**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	0.62	1.83	1.08 (0.24)
64 bis 69	41	0.88	3.09	1.63 (0.51)
70 bis 74	29	0.77	2.87	1.72 (0.49)
ab 75	18	0.52	2.34	1.62 (0.44)

Bei der mittleren Reaktionszeit der falschen Reaktionen ergaben sich hoch signifikante Unterschiede ( $F(3, 110) = 11.50$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .30$ ). Bei signifikantem Levene-Test und den Korrekturen nach Gabriel und Games-Howell zeigten sich wiederum nur signifikante Unterschiede zwischen der jüngeren Kontrollgruppe und allen älteren Versuchsgruppen (alle  $p < .01$ ). Unterschiede zwischen den älteren Versuchsgruppen wurden nicht signifikant. Die Korrelation mit dem Alter war hoch signifikant (Kendall's  $\tau$   $-.31$ ;  $p < .001$  bei normal verteilten Testwerten und nicht normal verteiltem Alter).

Auch bei den mittleren Reaktionszeiten der richtigen Reaktionen ergaben sich insgesamt hoch signifikante Unterschiede ( $F(3, 108) = 11.89$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .30$ ). Ebenso wie bei den falschen Reaktionen gab es auch bei den richtigen Reaktionszeiten nur Unterschiede zwischen der jüngeren Kontrollgruppe und allen älteren Versuchsgruppen, jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Letzteren. Auch hier war die Korrelation mit dem Alter hoch signifikant (Kendall's  $\tau$   $-.28$ ;  $p < .001$  bei normal verteilten Testwerten und nicht normal verteiltem Alter).

**Tabelle 11:**  
**Stroop Test Mittelwert Reaktionszeit nur richtige Reaktionen**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	0.56	1.29	0.90 (0.19)
64 bis 69	41	0.76	2.25	1.30 (0.34)
70 bis 74	29	0.65	2.11	1.30 (0.31)
ab 75	18	0.88	2.12	1.35 (0.33)

Auch der Anteil der falschen Reaktionen wurde ausgewertet. Hier zeigte sich ein zunächst überraschendes Ergebnis: die Kontrollgruppe hatte tendenziell einen höheren Anteil falscher Reaktionen. Diese Tendenz verfehlte nur knapp die Signifikanzgrenze ( $F(3, 108) = 2.67$ ,  $p = .051$ ;  $\eta^2 = .07$ ). Bei gegebener Ungleichheit der Fehlervarianzen ergaben auch die post-hoc-Tests nur tendenziell signifikante Ergebnisse mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von mindestens .09. Einzig die Korrektur nach Games-Howell zeigte bei dem Vergleich zwischen KG und VG1 einen signifikanten Unterschied mit  $p < .01$ .

**Tabelle 12:**  
**Stroop Test Anteil falscher Reaktionen**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	30.77	53.85	45.34 (5.28)
64 bis 69	41	11.54	55.77	39.28 (9.54)
70 bis 74	29	0.00	53.85	40.04 (11.56)
ab 75	18	5.77	59.62	37.82 (13.19)

**Tabelle 13:**  
**Stroop Test mittlere Reaktionszeiten auf kompatible Reize**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	.56	1.29	.88 (.18)
64 bis 69	41	.40	2.26	1.27 (.40)
70 bis 74	29	.65	2.26	1.29 (.33)
ab 75	18	.86	1.99	1.28 (.32)

So überraschend diese Tendenz auf den ersten Blick ist, so oft wird dieser Befund bestätigt. So fand z. B. Schlag (1993) ebenfalls eine Tendenz der älteren Teilnehmer, Schnelligkeit gegen ein höheres Maß an Genauigkeit einzutauschen.

Um die Auswertung der Daten zum Stroop-Test mit einer Untersuchung des Leibniz-Instituts für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo) vergleichbar zu machen, wurde zusätzlich eine Auswertung der Reaktionszeiten getrennt nach kompatiblen (Wortbedeutung stimmt mit Wortfarbe überein) und nicht kompatiblen Reizen vorgenommen.

Es zeigte sich ein hochsignifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen ( $F(3,109) = 9.70$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .21$ ). Bei nicht homogenen Varianzen und den ausgewählten Korrekturen wurden alle Unterschiede zwischen KG und VG hoch signifikant ( $p < .001$ ), Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsgruppen, wurden dagegen nicht signifikant.

**Tabelle 14:**  
**Stroop Test mittlere Reaktionszeiten auf inkompatible Reize**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	.61	1.80	1.09 (.24)
64 bis 69	41	.86	2.81	1.54 (.42)
70 bis 74	29	.77	2.89	1.64 (.46)
ab 75	18	1.15	2.37	1.68 (.36)

Auch die Unterschiede bei den inkompatiblen Reizen unterschieden sich hoch signifikant ( $F(3,109) = 12.44$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .26$ ). Ebenso wie bei den kompatiblen Reizen, unter-

schied sich lediglich die KG von allen VG's ( $p < .001$ ), nicht jedoch die einzelnen Versuchsgruppen untereinander.

### 3.3.2 Visuelle Suche

Wie bei dem Stroop-Test wurden bei der visuellen Suche die Reaktionszeiten getrennt nach richtigen und falschen Reaktionen und der Anteil der falschen Reaktionen ausgewertet. Für den später erfolgten Vergleich mit der IfADo-Stichprobe wurden zusätzlich die Reaktionszeiten nur bei vorhandenem Zielreiz und der Anteil der Misses ausgewertet.

**Tabelle 15:**  
**Visuelle Suche: Anteil falscher Reaktionen**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	.94	16.04	6.83 (3.82)
64 bis 69	41	1.89	45.28	13.09 (10.49)
70 bis 74	29	.94	25.47	13.44 (6.52)
ab 75	18	4.72	23.58	13.32 (5.97)

Es fanden sich hochsignifikante Unterschiede ( $F(3,107) = 4.46$ ,  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .11$ ), wobei sich wiederum die Kontrollgruppe von allen Versuchsgruppen mit mindestens  $p < .05$  Unterschied. Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsgruppen wurden dagegen nicht signifikant. Der Anteil falscher Reaktionen war, wie das Alter, nicht normalverteilt, die Korrelation zwischen beiden Variablen war hoch signifikant (Kendall's  $\tau = -.29$ ;  $p < .001$ ).

**Tabelle 16:**  
**Visuelle Suche: Mittelwert der Reaktionszeiten (falsche Reaktionen)**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	18	.83	2.43	1.62 (.51)
64 bis 69	35	.90	2.99	1.82 (.52)
70 bis 74	26	.94	2.88	1.83 (.43)
ab 75	15	.91	2.26	1.66 (.31)

Die Gesamtunterschiede zwischen allen Gruppen bei den Mittelwerten der Reaktionszeiten mit falscher Reaktion (Tabelle 16) waren ebenso wenig signifikant wie Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen. Auch die Korrelation mit dem Alter wurde nicht signifikant. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist zu beachten, dass nicht jede falsche Reaktion mit einer Reaktionszeit

einhergeht. So führt die Auslassung eines tatsächlich vorhandenen Reizes zu keiner Reaktionszeit. Aufgrund dieser schwer zu kontrollierenden Effekte war es aussagefähiger, nur die Reaktionszeiten auf richtige Reaktionen zu betrachten.

**Tabelle 17:**  
**Visuelle Suche: Mittelwert der Reaktionszeiten (richtige Reaktionen)**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	1.31	1.91	1.58 (.16)
64 bis 69	40	1.42	2.12	1.74 (.14)
70 bis 74	29	1.47	2.03	1.78 (.13)
ab 75	18	1.51	2.21	1.80 (.20)

Die Unterschiede zwischen allen Gruppen in den Reaktionszeiten von richtigen Reaktionen waren insgesamt hoch signifikant ( $F(3, 109) = 9.87, p = .001; \eta^2 = .21$ ) (Tabelle 17). Hierbei wurden lediglich die Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den Versuchsgruppen, nicht jedoch Unterschiede zwischen den älteren Versuchsgruppen signifikant ( $p < .001$ ). Die Korrelation mit dem Alter wurde hoch signifikant (Kendall's  $\tau = -.28; p < .001$ ). Da zumindest der Testparameter normalverteilt war, wurde hier ergänzend auch der Koeffizient nach Pearson betrachtet, der ebenfalls signifikant war (Pearson  $r = .48; p < .01$ ).

Die Auswertung der Reaktionszeiten nur bei vorhandenem Zielreiz ergab ähnliche Unterschiede (Tabelle 18). Zunächst waren die Gesamtunterschiede zwischen allen Gruppen hoch signifikant ( $F(3, 108) = 9.62, p < .001; \eta^2 = .21$ ). Weiter unterschied sich nur die jüngere Vergleichsgruppe von allen anderen Gruppen ( $p < .001$ ), die älteren Versuchsgruppen unterschieden sich jedoch nicht untereinander. Die Korrelation mit dem Alter war hoch signifikant (Kendall's  $\tau = -.50; p < .001$ ).

**Tabelle 18:**  
**Visuelle Suche: Deskriptive Statistik der Reaktionszeiten nur bei vorhandenem Zielreiz**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	1.31	1.91	1.58 (.16)
64 bis 69	41	1.42	2.12	1.74 (.14)
70 bis 74	29	1.47	2.03	1.78 (.13)
ab 75	18	1.51	2.15	1.77 (.18)

**Tabelle 19:**  
**Visuelle Suche: Deskriptive Statistik des Anteils der ausgelassenen Reize**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	.00	25.93	10.04 (6.77)
64 bis 69	41	1.85	38.89	16.90 (9.52)
70 bis 74	29	.00	38.89	19.37 (9.73)
ab 75	18	5.56	42.59	21.13 (11.01)

Weiter wurden die Anteile der ausgelassenen Reize ausgewertet (Tabelle 19). Die Gesamtunterschiede waren hoch signifikant ( $F(3, 108) = 6.81, p < .001; \eta^2 = .16$ ), die jüngere Vergleichsgruppe unterschied sich von allen älteren Versuchsgruppen ( $p < .05$ ), die älteren Versuchsgruppen unterschieden sich dagegen nicht voneinander. Die Korrelation mit dem Alter betrug  $.31$  und war hoch signifikant (Kendall's  $\tau = .31; p < .001$ ).

### 3.3.3 Go-NoGo-Aufgabe

Wie bei den vorangegangenen Tests wurden bei der Go-NoGo-Aufgabe die Reaktionszeiten getrennt nach richtigen und falschen Reaktionen und der Anteil der falschen Reaktionen ausgewertet. Wie bei der visuellen Suche führt das Vorhandensein von Nullwerten, die nicht in die Berechnung der Mittelwerte einbezogen wurden, zu unterschiedlichen Fallzahlen.

**Tabelle 20:**  
**Go-NoGo-Aufgabe: Anteil falscher Reaktionen**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	24	.96	15.38	3.85 (3.39)
64 bis 69	41	.96	55.77	12.57 (15.47)
70 bis 74	29	.96	70.19	11.54 (13.76)
ab 75	18	2.88	33.65	10.63 (7.26)

Die Gesamtunterschiede waren signifikant ( $F(3, 108) = 2.81, p < .05; \eta^2 = .07$ ). Abhängig von der Korrekturmethode wurde entweder nur der Unterschied zwischen der KG und der jüngsten VG1 signifikant (Gabriel,  $p < .05$ ) oder zusätzlich noch der Unterschied zwischen KG und zweiter VG2 (Games-Howell,  $p < .05$ ). Die nicht-parametrische Korrelation war hoch signifikant (Kendall's  $\tau = -.26; p < .001$ ).

**Tabelle 21:**  
**Go-NoGo-Aufgabe: Mittelwert der Reaktionszeiten (falsche Reaktionen)**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	22	.37	.99	.59 (.16)
64 bis 69	37	.22	.81	.60 (.14)
70 bis 74	27	.41	.89	.62 (.12)
ab 75	17	.47	.79	.63 (.09)

Die Gesamtunterschiede zwischen allen Gruppen bei den Mittelwerten der Reaktionszeiten mit falscher Reaktion (Tabelle 21) waren ebenso wenig signifikant wie Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen. Auch die Korrelation mit dem Alter wurde nicht signifikant. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse gelten die Anmerkungen der visuellen Suche.

**Tabelle 22:**  
**Go-NoGo-Aufgabe: Mittelwert der Reaktionszeiten (richtige Reaktionen)**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	.44	.71	.54 (.08)
64 bis 69	41	.27	1.79	.63 (.21)
70 bis 74	29	.45	.74	.59 (.08)
ab 75	18	.43	.80	.64 (.10)

Die Gesamtunterschiede zwischen allen Gruppen bei den Mittelwerten der Reaktionszeiten mit richtiger Reaktion (Tabelle 22) waren ebenso wenig signifikant wie Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen. Signifikant wurde dagegen die Korrelation zwischen Alter und dem Mittelwert der Reaktionszeiten von richtigen Reaktionen (Kendall's  $\tau$ : -.20;  $p < .01$ ).

### 3.3.4 Einordnung der Stichprobe: Unterschiede und Zusammenhänge mit der Testung einer älteren Stichprobe am IfaDo-Institut

Zunächst ist festzuhalten, dass in der Stichprobe des IfaDo keine jüngere Vergleichsgruppe unter 55 Jahren vorlag (am IfaDo dienten „jüngere Alte“ als Vergleichsgruppe). Insofern konnte sich die Untersuchung der Vergleichbarkeit der Stichproben nur auf die älteren Versuchsgruppen beziehen. Da der IfaDo-Stichprobe eine andere Alterseinteilung zugrunde lag, erfolgte zunächst eine Neueinteilung der IfaDo-Stichprobe nach den Kriterien der TU Dresden-Erhebung.

Ein Chi-Quadrat Vergleich der Probandenzahlen innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen 1 bis 3 ergab keine signifikanten Unterschiede ( $X^2(2) = 2.48$ ,  $p = .29$ ). Ein Vergleich der Zusammensetzung nach Geschlecht der jeweiligen Stichprobe ergab jedoch hoch signifikante Unterschiede ( $X^2(1) = 46.47$ ,  $p < .001$ ), wobei die IfaDo-Stichprobe hoch signifikant mehr weibliche Teilnehmer enthielt (60,6% weibliche Teilnehmer der IfaDo-Stichprobe versus 14,8% für die TU Dresden-Stichprobe).

Ein Mittelwert-Vergleich des Alters (ohne die Kontrollgruppe) mit einem t-Test für unabhängige Stichproben ergab keine Unterschiede ( $t(228) = -.06$ ,  $p = .95$ ).

Insgesamt kann also davon ausgegangen werden, dass sich die beiden Stichproben des IfaDo und der TU Dresden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung der Stichproben nach Alter und Altersgruppen nicht unterscheiden. Deutliche Unterschiede gibt es allerdings bei der Zusammensetzung nach Geschlecht.

In einem nächsten Schritt erfolgte der Vergleich einzelner Testergebnisse. Dieser Vergleich erfolgte mit der Herkunft der Daten (IfaDo versus TU Dresden) und den Altersgruppen (nur VG 1 - VG 3) als zusätzlichen Faktoren.

Zunächst wurden die mittleren Reaktionszeiten des **Stroop-Tests** verglichen. Dazu wurden zwei univariate ANOVAs, jeweils mit den Faktoren „Altersgruppe“, „Geschlecht“ und „Herkunft der Daten“ gerechnet. In Anlehnung an die Auswertung des IfaDo erfolgte eine Trennung, je nachdem ob die Reize kompatibel oder nicht kompatibel waren.

Die Auswertung der Reaktionszeiten auf die kompatiblen Reize ergab einen hoch signifikanten Unterschied nach Herkunft der Daten ( $F(1, 214) = 10.57$ ,  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .05$ ), wobei die Reaktionszeiten der IfaDo-Stichprobe schneller waren als diejenigen der TU Dresden. Kein anderer Faktor und auch keine Wechselwirkung zwischen Faktoren überschritt die Signifikanzgrenze.

Die Auswertung der Reaktionszeiten auf inkompatible Reize lieferte ein exakt gleiches Bild mit einem hoch si-

gnifikanten Unterschied nach Herkunft ( $F(1, 214) = 13.29$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .06$ ), wobei die Reaktionszeiten der IfADo-Stichprobe schneller waren als diejenigen der TU Dresden. Wiederum gab es keine weiteren signifikanten Unterschiede.

Weiter wurden die Ergebnisse der **Go-NoGo-Aufgabe** verglichen. Hierzu wurden die nach Pfeilrichtung (innerer Pfeil links oder rechts) und Kompatibilität (Richtung des äußeren Pfeils gleich oder ungleich Richtung innerer Pfeil) getrennten Reaktionszeiten der IfADo-Stichprobe zunächst gemittelt. Diese Mittelung erfolgte, weil zum Einen in der TU Dresden-Version der Software keine Informationen über die Richtung der beiden Pfeile vorlagen und zum Anderen, weil eine Trennung nach Pfeilrichtung nur bei einer EEG-Messung und einer Unterscheidung nach Händigkeit der Probanden Sinn macht.

In Anlehnung an die Auswertung der IfADo-Studie erfolgte auch eine Auswertung des Anteils der falschen Alarme (erfolgte Reaktion trotz NoGo-Tons). Bei der Auswertung dieser Größe wurde festgestellt, dass es einige Ausreißer in den Daten der TU Dresden gab. Eine stichprobenartige Prüfung der Versuchsprotokolle ergab, dass es sich hierbei um Probanden mit Hörproblemen gehandelt hat. Daher wurden Probanden, deren Anteil an falschen Alarmen höher als der Mittelwert plus drei Standardabweichungen lag, von der weiteren Auswertung ausgeschlossen ( $M = 5.34$ ,  $SD = 8.14$ ,  $M + 3SD = 29.79$ ). Diese Korrekturen sind bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten.

Die weitere Auswertung erfolgte wie die oben beschriebene Auswertung zu Unterschieden nach Datenherkunft beim Stroop-Test.

Bei der Variablen „durchschnittliche Reaktionszeiten“ ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den beiden Datenquellen ( $F(1, 226) = 4.78$ ,  $p = .03$ ;  $\eta^2 = .02$ ), wobei die Stichprobe der TU Dresden niedrigere Reaktionszeiten aufwies. Keiner der anderen Faktoren (Altersgruppe, Geschlecht) oder Wechselwirkungen zwischen Faktoren hatten signifikante Einflüsse. Bei einer Interpretation dieses Ergebnisses ist die Korrektur der Daten zu berücksichtigen (siehe oben).

Bei der Variablen „Anteil falscher Alarme“ ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, weder nach Herkunft der Daten, noch nach Altersgruppe, noch nach Geschlecht.

Bei der Aufgabe „**visuelle Suche**“ wurden laut Gajewski et al. (2011) die Reaktionszeiten bei den Durchgängen ausgewertet, bei denen ein Zielreiz vorhanden war und der Anteil unentdeckter Zielreize (Misses).

Bei der Auswertung auf Unterschiede mit den drei Faktoren Herkunft der Daten, Altersgruppe und Geschlecht ergaben sich bei der Variablen Reaktionszeit hoch signifikante Unterschiede für die Faktoren Herkunft der Daten ( $F(1, 238) = 93.46$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .28$ ) und Altersgruppe ( $F(3, 226) = 4.01$ ,  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .05$ ), Wechselwirkungen zwischen den Faktoren wurden nicht signifikant. Die Betrachtung der deskriptiven Statistik zeigte, dass die Probanden der IfADo-Stichprobe kürzere Reaktionszeiten hatten (IfADo: 1333.12 (220.92); TU Dresden: 1718.91 (165.35)) und die Reaktionszeiten mit dem Alter der Altersgruppe zunahmen.

Ein etwas anderes Bild zeigte sich bei der Auswertung des Anteils an ausgelassenen Zielreizen (Misses). Hier wurde nur der Faktor Datenherkunft, nicht der Faktor Altersgruppe signifikant. Zudem war die Richtung des Unterschiedes umgekehrt: die IfADo-Stichprobe hatte einen signifikant höheren Anteil an Miss-Werten als die Stichprobe der TU Dresden (IfADo: 26.09 (13.28); TU Dresden: 16.68 (9.97);  $F(1, 238) = 10.11$ ,  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .41$ ).

Insgesamt ergab sich so für die visuelle Suche das Bild eines Trade-Off zwischen Genauigkeit und Schnelligkeit, wobei die Stichprobe an der TU Dresden offenbar sorgfältiger, dafür aber langsamer gearbeitet hatte.

### 3.3.5 UFOV-Test

Der UFOV-Test wurde vor den Simulatorversuchen durchgeführt und besteht aus drei Teilen, die getrennt ausgewertet werden. Die Einheiten, in denen die Ergebnisse aller drei Untertests angegeben werden, sind Millisekunden. Die Ergebnisse sind als Antwort auf die Frage zu

verstehen, wie lange die Zeichen gezeigt werden müssen, um ein definiertes Kriterium zu erfüllen.

Eine Analyse der Boxplots der Testwerte ergab einige Ausreißer und Extremwerte. Diese bezeichneten jedoch zwischen den einzelnen Subtests meist unterschiedliche Probanden (Anlage 6). Daher wurde auf einen Ausschluss einzelner Probanden verzichtet.

Abbildung 31 gibt einen Überblick über die Ergebnisse des UFOV-Tests, diese werden im Folgenden statistisch ausgewertet.

### 3.3.5.1 Verarbeitungsgeschwindigkeit (Processing Speed)

Die Werte der einzelnen Probandengruppen wiesen signifikante Unterschiede auf ( $F(3, 68) = 3.22$ ,  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .12$ ). Es unterschied sich nur die junge Vergleichsgruppe von der ältesten Versuchsgruppe ( $p < .05$ ). Sogar dieser Vergleich war nur einschränkend robust und wurde nach der Korrekturmethode von Games-Howell

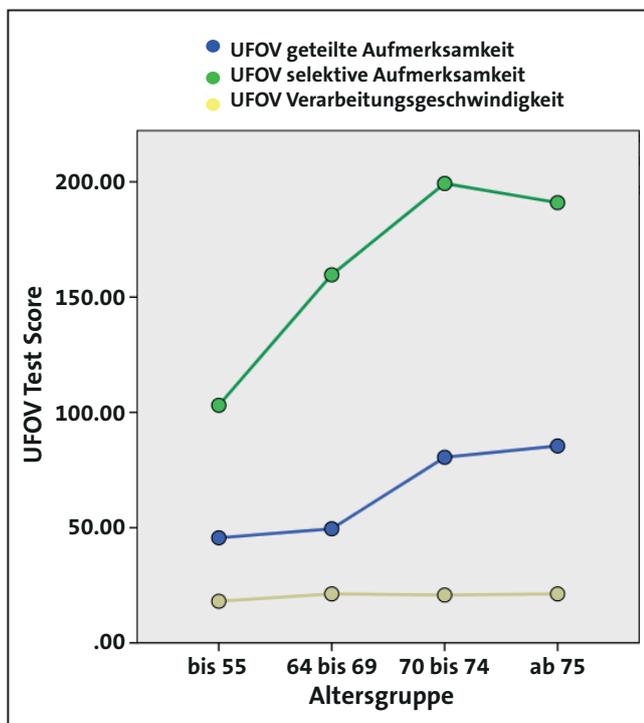


Abbildung 31:  
Überblick der Ergebnisse des UFOV-Tests

nicht mehr signifikant. Da zudem sowohl die Homogenitätsannahme der Varianzen als auch die Annahme normalverteilter Werte verletzt waren (Levene-Test  $p < .001$ ; Kolmogorov-Smirnoff-Test  $p < .001$ ), wurde zusätzlich ein nicht-parametrisches Verfahren verwendet (Kruskall-Wallis-Test). Dieser Test wurde nicht signifikant. Auch die Korrelation von Alter und Testwert wurde nicht signifikant (Kendall's  $\tau$   $-.14$ ;  $p = n.s.$ ).

Diese nicht signifikanten Unterschiede und Zusammenhänge dürften auf die sehr hohe Varianz der Werte in der ältesten Probandengruppe zurückzuführen sein (Tabelle 23).

**Tabelle 23:**  
UFOV-Test Verarbeitungsgeschwindigkeit: deskriptive Statistik

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	16.7	23.4	18.09 (2.65)
64 bis 69	41	16.7	43.3	21.47 (6.18)
70 bis 74	29	16.7	33.4	20.76 (4.54)
ab 75	18	16.7	83.3	29.53 (20.93)

Die Überlegung, auch beim UFOV-Test Probanden nach dem Kriterium  $M+3SD$  auszuschließen, wurde aus folgenden Gründen verworfen:

- es finden sich dazu keine Hinweise im Test-Manual
- die Verteilung der Werte ließ kein definiertes Kriterium zu, ab dem ein Ausschluss (bzw. die Einbeziehung) zu rechtfertigen wäre.

### 3.3.5.2 Geteilte Aufmerksamkeit (Divided Attention)

Für diese Werte galt, dass zwar die Annahme der Normalverteilung verletzt (KS-Test  $p < .001$ ), die Annahme homogener Varianzen aber gegeben war. Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigten keine signifikanten Unterschiede ( $F(3, 67) = 1.77$ ,  $p = n.s.$ ). Dies lag wiederum an der hohen Varianz der Werte in allen Altersgruppen (Tabelle 24).

Im Gegensatz zur Verarbeitungsgeschwindigkeit wurde der Zusammenhang zwischen Alter und Testwert bei der geteilten Aufmerksamkeit bei einseitiger Testung signifikant (Kendall's  $\tau$   $-.17$ ;  $p < .05$ ).

**Tabelle 24:**  
**UFOV-Test Geteilte Aufmerksamkeit: deskriptive Statistik**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	16.70	176.60	45.59 (45.40)
64 bis 69	41	16.70	216.60	49.50 (55.58)
70 bis 74	29	16.70	273.40	80.53 (71.20)
ab 75	18	16.70	259.90	87.16 (83.20)

### 3.3.5.3 Selektive Aufmerksamkeit (Selective Attention)

Die Werte der selektiven Aufmerksamkeit waren normalverteilt (KS-Test,  $p=n.s.$ ), aber die Varianzen waren nicht homogen (Levene-Test  $p<.01$ ). Sowohl die einfache Varianzanalyse ( $F(3,67)=5.25$ ,  $p=01$ ,  $\eta^2=.19$ ) als auch das robuste Verfahren nach Welch ( $F(3,30.75)=7.68$ ,  $p<.01$ ) zeigten hochsignifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Die korrigierten Tests von Gabriel und Games-Howell zeigten signifikante Unterschiede zwischen der jüngeren Vergleichsgruppe und den beiden ältesten Versuchsgruppen ( $p<.05$ ), der Test nach Games-Howell zusätzlich signifikante Unterschiede zur jüngsten Versuchsgruppe ( $p<.05$ ).

**Tabelle 25:**  
**UFOV-Test Geteilte Aufmerksamkeit: deskriptive Statistik**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	26.70	210.00	103.09 (48.01)
64 bis 69	41	69.90	375.50	159.69 (65.46)
70 bis 74	29	100.00	330.10	199.31 (71.81)
ab 75	18	16.70	363.50	206.22 (112.93)

Die Korrelation zwischen Alter und Testwert wurde sowohl beim parametrischen Test nach Pearson als auch mit der nicht-parametrischen Korrelation nach Kendall hoch signifikant (Kendall's  $\tau$ : .26;  $p<.01$ ; Pearson's  $r$ : .41,  $p<.001$ ).

### 3.3.6 Cognitrone S 11: Konzentrationsfähigkeit

Laut Manual zum Cognitrone (Wagner & Karner, 2008) wird mit der Variable „Mittlere Zeit Korrekte Zurückweisung“ die Konzentrationsfähigkeit gemessen. Allerdings kann diese Variable nur sinnvoll ausgewertet werden, wenn die Probanden die Aufgabe auch richtig verstanden und ordnungsgemäß ausgeführt haben<sup>2)</sup>.

<sup>2)</sup> „... dass die instruktionskonforme Bearbeitung des Tests eine zwingende Voraussetzung zur validen Interpretation der Variablen "Mittlere Zeit - Korrekte Zurückweisung" ist (Manual, S. 17).

Die einzige Kontrolle kann über den Anteil der falschen Reaktionen erfolgen. Hier wurde im Manual folgendes Kriterium festgelegt:

Die Variable „Mittlere Zeit Korrekte Zurückweisung“ kann nur dann als valides Maß der Konzentrationsfähigkeit verstanden werden, wenn gilt, dass sowohl (!):

- auf die Reize, auf die eine Reaktion erfolgen sollte, mindestens 85% richtig waren (d.h. mindestens 85% Treffer und maximal 15% Miss-Werte), als auch dass
- auf die Reize, auf die keine Reaktion erfolgen sollte, mindestens 85% richtig waren (d.h. mindestens 85% korrekte Zurückweisung und maximal 15% falsche Alarme).

Das Erreichen dieses Kriteriums wird automatisch als Variable ausgegeben.

**Tabelle 26:**  
**Cognitrone: Vier-Felder-Schema der Antwortmöglichkeiten**  
(in Klammer englische Bezeichnungen und Bezeichnung der Variablen in der Datendatei)

		Reiz	
		Ja	Nein
Reaktion	Ja	Treffer ( <i>Hit</i> ) (SUMRJcog)	Falscher Alarm ( <i>Flase Alarm</i> ) (SUMFJcog)
	Nein	Auslasser ( <i>Miss</i> ) (SUMFNcog)	Korrekte Zurückweisung ( <i>Correct Rejection</i> ) (SUMRNcog)

Der Anteil ausgeschlossener Probanden ist mit beinahe 30% in der hier durchgeführten Untersuchung sehr hoch (Tabelle 27). Dies ist in einem standardisierten Test mit fester Instruktion und Übungsdurchgängen, wie ihn der Cognitrone darstellt, unüblich, aber offenbar für den Cognitrone gängig. Inwieweit der weitere Einsatz eines derartigen Tests sinnvoll ist, muss sicher diskutiert werden.

**Tabelle 27:**  
**Cognitrone: Anteil je Altersgruppe der Probanden mit mehr als 15% falschen Reaktionen (sowohl Miss-Werte als auch falsche Alarm-Werte)**

Altersgruppen	bis 55 Jahre	64 bis 69 Jahre	70 bis 74 Jahre	ab 75 Jahre
Anzahl	6	11	10	8
Anteil [%]	30.0	28.2	38.5	40.0

Im Manual finden sich Hinweise darauf, dass sich der Anteil der Probanden mit einer höheren Fehlerrate als zulässig zwischen den Altersgruppen unterscheidet (höher bei Älteren). Für die weitere Auswertung ist die Prüfung des Ausschlusskriteriums auf Unterschiede zwischen den Altersgruppen unerlässlich. Dazu wurde ein Chi-Quadrat-Test gerechnet, dieser ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $\chi^2(3) = 1.27, p = .74$ ).

**Tabelle 28:**  
**Cognitrone: deskriptive Statistik „Mittlere Zeit“, „Korrekte Zurückweisung“**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	1.84	4.42	2.76 (.66)
64 bis 69	39	2.15	4.27	2.96 (.52)
70 bis 74	26	2.61	4.22	3.31 (.52)
ab 75	20	2.94	5.76	3.89 (.76)

Trotz des hohen Anteils an Probanden, die aufgrund des 85%-Kriteriums nicht ausgewertet werden konnten, wurden die Unterschiede zwischen den Gruppen mit den bereits beschriebenen Verfahren analysiert. Es zeigten sich hoch signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $F(3, 66) = 9.49, p < .001; \eta^2 = .30$ ), wobei die Vergleichsgruppe signifikant geringere Reaktionszeiten hat als die älteste Versuchsgruppe ( $p < .01$ ) und diese sich wiederum neben der jungen Vergleichsgruppe auch noch von der zweitältesten Versuchsgruppe unterscheidet ( $p < .01$ ). Andere Unterschiede wurden nicht signifikant.

### 3.3.7 Reaktionstest RT S3: Reaktionsfähigkeit und motorische Schnelligkeit

Im Folgenden ist die Testbeschreibung der Form S3 des Reaktionstests aus dem Manual wiedergegeben (Prieler, 2008, S. 14):

*„Bei dieser Testform werden abwechselnd ein rotes und ein gelbes Licht, ein Ton sowie Kombinationen davon vorgegeben. Die kritische Reizkombination, auf die der Proband reagieren soll, besteht aus einem akustischen und einem optischen Reiz (gleichzeitig gelbes Licht und Ton von 2.000 Hz). Somit sind auch falsche Reaktionen möglich. Es werden mindestens neun Übungsreize vor-*

*gegeben. In der Testphase werden 48 Reize vorgegeben; 16 davon erfordern eine Reaktion. Die Durchführungsdauer (inklusive Instruktion) beträgt ca. neun Minuten.“*

Beim RT beschränkte sich die Auswertung auf die zwei wichtigsten Konstrukte, die Reaktionsfähigkeit und die motorische Schnelligkeit. Die Reaktionsfähigkeit wird mit der Variablen „mittlere Reaktionszeit“ erhoben, die motorische Schnelligkeit mit der ebenfalls Box-Cox-transformierten motorischen Zeit. Laut Dorsch (1994, zitiert nach Prieler, 2008) bezeichnet „...“ die „Reaktionszeit“ die Zeit, die zwischen einem Signal und dem Beginn der mechanischen Bewegungsantwort vergeht ...“ (S. 4). Die motorische Zeit ist die Zeit, die zwischen dem Verlassen der Ruhetaste und dem Drücken der Reaktionstaste vergeht. Es werden nur jeweils die Box-Cox-transformierten Variablen ausgewertet, die direkt ausgegeben werden. Nach Prieler (2008) wird diese Transformation vorgenommen, um die typischerweise links-schiefe Verteilung der Reaktionszeiten zu normalisieren. Es erfolgt zunächst die Auswertung der mittleren Reaktionszeiten.

**Tabelle 29:**  
**RT S3: deskriptive Statistik „Mittlere Reaktionszeit (Box-Cox-transformiert)“**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	351	681	477 (78)
64 bis 69	39	315	713	480 (89)
70 bis 74	26	338	692	524 (88)
ab 75	20	407	753	563 (97)

Die Daten waren normalverteilt (KS-Test:  $p = n.s.$ ) und die Varianzen waren homogen (Levene-Test:  $p = n.s.$ ). Es ergaben sich hoch signifikante Unterschiede in den Gesamtdaten ( $F(3, 101) = 5.02, p < .01; \eta^2 = .13$ ). Die Auswertung der post-hoc-Tests ergab signifikante Unterschiede zwischen der jüngeren Vergleichsgruppe und der ältesten Versuchsgruppe ( $p < .05$ ). Diese älteste Versuchsgruppe war wiederum signifikant schlechter als die jüngste Versuchsgruppe ( $p < .05$ ).

Sowohl die Korrelation nach Kendall als auch die Korrelation nach Pearson waren hoch signifikant (Kendall's  $\tau = .26; p < .001$ ; Pearson's  $r = .28, p < .01$ ).

Der zweite Parameter, die mittlere motorische Zeit, war, durch die Box-Cox-Transformation, ebenfalls normalverteilt und es lagen homogene Varianzen vor.

**Tabelle 30:**  
**RT S3: deskriptive Statistik „Mittlere motorische Zeit (Box-Cox-transformiert)“**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	110	384	199 (65)
64 bis 69	39	119	391	233 (78)
70 bis 74	26	127	488	232 (87)
ab 75	20	119	385	253 (70)

Die statistische Auswertung ergab keine Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Ähnlich wie bei der mittleren Reaktionszeit war auch die mittlere motorische Zeit signifikant mit dem Alter korreliert (Kendall's  $\tau$ .16;  $p < .05$ ; Pearson's  $r$ .24,  $p < .01$ ).

### 3.3.8 2Hand-Test: Erfassung der senso-motorischen Koordination

Aufgabe der Probanden beim 2Hand-Test ist das Nachfahren einer auf dem Bildschirm vorgegebenen Figur mit Hilfe zweier Drehregler, die gleichzeitig mit linker und rechter Hand bedient werden müssen. Laut Manual (Puhr, 2008) dient der 2Hand-Test der Erfassung der senso-motorischen Koordination zwischen Auge und Hand und zwischen linker und rechter Hand. Diese Koordinationsleistung wird über drei Variablen operationalisiert:

- Mittlere Dauer Gesamt
- Mittlere Fehlerdauer Gesamt
- Prozent Fehlerdauer Gesamt.

Die Daten der Variablen „Mittlere Dauer Gesamt“ waren nicht normalverteilt aber homogen. Die Auswertung mit der Varianzanalyse ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Korrelation nach Kendall zwischen Alter und Testwert war signifikant (Kendall's  $\tau$ .15;  $p < .05$ ).

**Tabelle 31:**  
**2Hand-Test S3: deskriptive Statistik „Mittlere Dauer Gesamt“**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	20.55	75.43	41.78 (16.71)
64 bis 69	39	29.04	113.63	56.48 (24.92)
70 bis 74	26	21.49	106.42	53.30 (19.62)
ab 75	20	21.67	99.98	55.83 (20.61)

Auch die Daten der Variablen „Mittlere Fehlerdauer Gesamt“ waren nicht normalverteilt, besitzen aber homogene Varianzen. Wiederum waren die Unterschiede zwischen den Altersgruppen nicht, die Korrelation zwischen Alter und Testwert dagegen schon signifikant (Kendall's  $\tau$ .16;  $p < .05$ ).

**Tabelle 32:**  
**2Hand-Test S3: deskriptive Statistik „Mittlere Fehlerdauer Gesamt“**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	.19	8.65	1.59 (2.12)
64 bis 69	39	.40	16.78	3.04 (3.00)
70 bis 74	26	.20	8.10	2.97 (1.97)
ab 75	20	.09	7.14	2.43 (1.83)

Auch die Werte der Variablen „Prozent Fehlerdauer Gesamt“ waren nicht normalverteilt, aber homogen bezüglich ihrer Varianzen. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen und keine Korrelation mit dem Alter.

**Tabelle 33:**  
**2Hand-Test S3: deskriptive Statistik „Prozent Fehlerdauer Gesamt“**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	.25	17.53	4.51 (5.46)
64 bis 69	39	.44	27.96	6.13 (5.27)
70 bis 74	26	.31	26.41	6.54 (5.79)
ab 75	20	.19	14.53	4.92 (3.94)

### 3.3.9 ATAVT S1: Überblicksgewinnung/Beobachtungsfähigkeit

Der Adaptive Tachistoskopische Verkehrsauffassungstest misst laut Manual die „Fähigkeit zur visuellen Beobachtung, Überblicksgewinnung sowie der visuellen Orientierungsleistung und der Auffassungsgeschwindigkeit“ (Schuhfried, 2009, S. 20). Der Test wird als adaptive Te-

stung durchgeführt, der Parameter Überblicksgewinnung bezeichnet das Ergebnis der adaptiven Testung.

Die Aufgabe der Probanden wird wie folgt kurz im Manual beschrieben (Schuhfried, 2009):

*„Dem Probanden werden kurz Bilder von Verkehrssituationen dargeboten. Nach jedem Bild soll er angeben, was darauf zu sehen war. Dabei kann er aus fünf vorgegebenen Antwortmöglichkeiten wählen. Die Itemdarbietung erfolgt adaptiv, d. h. dem Probanden werden nach einer Initialphase im fortschreitenden Testprozess zunehmend nur solche Items zur Bearbeitung vorgelegt, die hinsichtlich ihrer Schwierigkeit im Bereich seiner Leistungsfähigkeit liegen.“ (S. 3).*

Die resultierenden Werte des Parameters der Überblicksgewinnung „Personenparameterschätzer“ sind in Tabelle 34 dargestellt. Diese Werte waren normalverteilt und homogen in ihren Varianzen. Unterschiede waren hoch signifikant ( $F(3, 96) = 5.36, p < .001; \eta^2 = .23$ ). Die Einzelvergleiche ergaben hoch signifikante Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und allen anderen Versuchsgruppen ( $p < .001$ ).

**Tabelle 34:**  
**ATAVT S1: deskriptive Statistik „Personenparameterschätzer“**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	-.776	2.810	.628 (.868)
64 bis 69	39	-2.731	1.853	-.265 (.882)
70 bis 74	26	-1.521	1.215	-.416 (.589)
ab 75	20	-1.307	.145	-.463 (.450)

Die Korrelation nach Pearson zwischen Alter und Testwert der Variable „Personenparameterschätzer“ war hoch signifikant (Pearson's  $r: .52, p < .001$ ).

Somit erreichte die Kontrollgruppe ein signifikant höheres Ausmaß an Überblicksgewinnung als alle älteren Versuchsgruppen. Letztere unterschieden sich nicht.

### 3.3.10 WRBTV: Risikobereitschaft im Straßenverkehr

Der Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr misst die Risikobereitschaft in potenziell gefährlichen Situationen im

Straßenverkehr, erfasst wird „das subjektiv akzeptierte Risikoniveau“ (Hergovich, Bogner, Arendasy & Sommer, 2007, S. 3). Dies wird operationalisiert über „... die Entfernung der Person zum Gefahrenmoment gemessen über die Latenzzeit bis zur Betätigung der Reaktionstaste. Der Mittelwert dieser Latenzzeiten über alle Verkehrssituationen, bei denen reagiert wurde, ergibt den Rohwert.“ (Hergovich, Bogner, Arendasy & Sommer, 2011, S. 11).

Die Testbeschreibung aus dem Manual lautet wie folgt (Hergovich et al., 2007):

*„Die Probanden erhalten eine ausführliche Testinstruktion, in der sie informiert werden, dass sie in der Folge 24 Verkehrssituationen sehen werden, die vor der eigentlichen Darbietung verbal beschrieben werden. Anschließend wird jede Verkehrssituation zweimal dargeboten. Im ersten Durchgang können sich die Testpersonen die Situationen in Ruhe ansehen. Im zweiten Durchgang muss der Proband mittels Tastendruck angeben, ab welcher Entfernung vom Gefahrenmoment das zuvor verbal beschriebene Fahrmanöver kritisch bzw. gefährlich wird und sie dieses daher nicht mehr ausführen würden. Die erste der insgesamt 24 Verkehrssituationen dient als Probeitem.“ (S. 3).*

Die Daten der Testvariablen waren normalverteilt und die Varianzen homogen. Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen waren signifikant ( $F(3, 101) = 3.89, p < .05; \eta^2 = .10$ ). Im Einzelnen unterschied sich jedoch nur die jüngere Kontrollgruppe zur zweitältesten Versuchsgruppe, also den 70 bis 74-Jährigen ( $p < .01$ ).

Die Korrelation zwischen Alter und Testwert ist hoch signifikant (Pearson's  $r: -.26, p < .01$ ).

**Tabelle 35:**  
**WRBTV: deskriptive Statistik „subjektiv akzeptiertes Risikoniveau“ (zeitlicher Abstand zur Gefahr in [s] bei dem reagiert wird)**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	4.73	10.51	7.16 (1.28)
64 bis 69	39	4.74	9.35	6.75 (1.08)
70 bis 74	26	2.80	8.59	6.04 (1.19)
ab 75	20	4.21	8.86	6.53 (1.13)

Insgesamt ergab sich somit ein überraschendes Bild: die jüngeren Fahrer der Kontrollgruppe waren im Vergleich zu den älteren Versuchsgruppen eher risikoaversiv.

Bei der Interpretation dieses Befundes muss beachtet werden, dass die Versuchsleiter das Gefühl hatten, dass die Instruktion nicht immer korrekt verstanden wurde. Zumindest gab es einzelne Probanden, denen der Test zusätzlich zur Instruktion und trotz der Probedurchgänge vom Versuchsleiter erklärt werden musste. Belastbare Daten, um welche Probanden es sich handelte, liegen dazu jedoch nicht vor.

Zur Prüfung auf mögliche Ausreißer wurde ein Boxplot erstellt (Anlage 8, Abbildung A 9). Die dargestellten Ausreißer waren auf die Kategorien ähnlich verteilt und bewegten sich im Rahmen des Erwartbaren. Sie sind in SPSS-Boxplots als diejenigen Werte definiert, die um mehr als das 1,5-fache des Interquartilabstandes (also der Größe der Box), aber weniger als das 3-fache dieses Wertes über dem 75sten bzw. unter dem 25sten Perzentil (also den Grenzen der Box) liegen. Erst Werte außerhalb des dreifachen Abstandes werden eigentlich als klassische Extremwerte bezeichnet. Diese liegen hier nicht vor. Schließt man, wie es gängige Praxis ist, die Werte aus, die außerhalb des Mittelwertes plus/minus drei Standardabweichungen liegen<sup>3)</sup>, können die Fallnummern 40 (Proband 41) und die Fallnummer 6 (Proband 6) gelöscht werden.

Eine Neuberechnung der ANOVA ergab daraufhin keine signifikanten Unterschiede mehr ( $F(3, 99) = 2.51, p = .063$ ), die Korrelation zwischen Alter und Testwert blieb dagegen erhalten (Pearson's  $r = -.22, p < .05$ ).

### 3.3.11 IVPE: verkehrsrelevante Persönlichkeitseigenschaften

Mit dem IVPE werden folgende Konstrukte erhoben:

- Risikobereitschaft (Spannungsbedürfnis/Abenteuerlust)
- soziales Verantwortungsbewusstsein

- Selbstkontrolle und
- psychische Stabilität.

Im Folgenden wird eine kurze Beschreibung des Tests aus dem Manual gegeben (Herle, Sommer, Wenzl & Litzenberger, 2009):

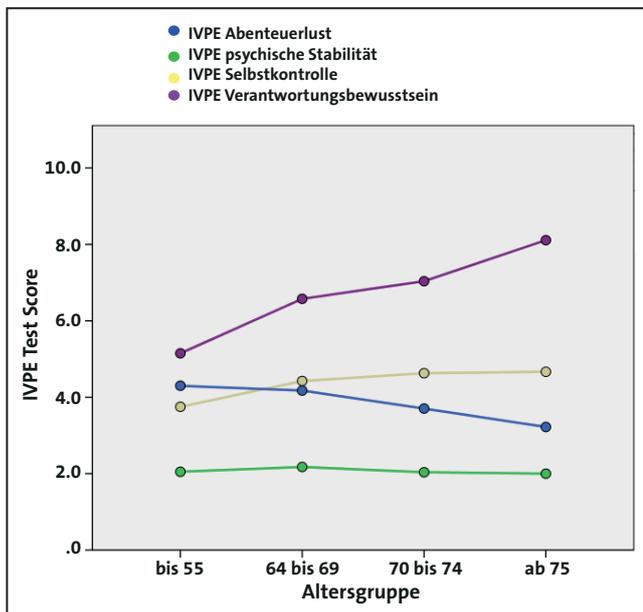
*„Der Proband schätzt das Ausmaß, in dem bestimmte Aussagen aus den Lebensbereichen Verkehr, Freizeit und Arbeit auf ihn zutreffen, selbst ein. Die Antwort wird mittels Probandentastatur, Maus, PC-Tastatur oder Touchscreen auf einem Antwortbalken mit verschiebbarer Markierung eingegeben. Eine Korrektur des jeweils vorherigen Items ist möglich.“ (S.3).*

Leider werden die Prozentrangwerte, die von Schuffried für die Interpretation der Werte empfohlen werden, nicht vom Wiener Testsystem in SPSS eingelesen. Die folgenden Auswertungen beziehen sich also auf den Rohwert der einzelnen Skalen.

Die Variable „Psychische Stabilität“ war nicht normalverteilt, auch waren die Varianzen nicht homogen. Eine Auswertung erfolgte daher nur mit dem nicht-parametrischen Kruskal-Wallis-Test. Dieser ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen. Die Korrelation zwischen Alter und Testwert war nicht signifikant (Kendall's  $\tau = -.02; p = n.s.$ ).

Die Daten der Variable „Verantwortungsbewusstsein“ waren nicht normalverteilt, besaßen aber homogene Varianzen. Die Varianzanalyse lieferte signifikante Unterschiede ( $F(3, 101) = 3.22, p < .05; \eta^2 = .09$ ). Der einzige Unterschied zwischen den Gruppen bestand zwischen der jüngeren Kontrollgruppe und der ältesten Versuchsgruppe ( $p < .05$ ). Die Korrelation zwischen Alter und Testwert war hoch signifikant (Kendall's  $\tau = .20; p < .01$ ).

<sup>3)</sup> In einer Normalverteilung liegen außerhalb dieses Bereiches nur 0,3 % der Daten.



**Abbildung 32:**  
Überblick über die Ergebnisse des IVPE

**Tabelle 36:**  
IVPE: deskriptive Statistik „Psychische Stabilität“

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	0	8	2.05 (2.37)
64 bis 69	39	0	6	2.18 (1.80)
70 bis 74	26	0	8	2.15 (2.17)
ab 75	20	0	4	1.85 (1.18)

**Tabelle 37:**  
IVPE: deskriptive Statistik „Verantwortungsbewusstsein“

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	.00	9.00	5.15 (3.00)
64 bis 69	39	.00	10.00	6.56 (2.70)
70 bis 74	26	.00	10.00	7.23 (3.19)
ab 75	20	1.00	10.00	7.75 (2.45)

Die Daten der Variable „Selbstkontrolle“ waren nicht normalverteilt, doch homogen. Die Varianzanalyse zeigte keine signifikanten Unterschiede an. Die Korrelation zwischen Alter und Testwert war signifikant (Kendall's  $\tau$ .13;  $p < .05$ ).

**Tabelle 38:**  
IVPE: deskriptive Statistik „Selbstkontrolle“

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	.00	6.00	3.75 (1.37)
64 bis 69	39	.00	7.00	4.36 (1.61)
70 bis 74	26	.00	7.00	4.85 (2.07)
ab 75	20	1.00	6.00	4.50 (1.57)

Die Daten der Variable „Spannungsbedürfnis/Abenteuerlust“ waren sowohl normalverteilt als auch homogen. Die Varianzanalyse zeigte keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Korrelation zwischen Alter und Testwert war signifikant (Kendall's  $\tau$ .13;  $p < .05$ ).

**Tabelle 39:**  
IVPE: deskriptive Statistik „Spannungsbedürfnis/Abenteuerlust“

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	20	1.00	8.00	4.30 (2.03)
64 bis 69	39	1.00	10.00	4.21 (2.21)
70 bis 74	26	.00	10.00	3.54 (2.89)
ab 75	20	.00	6.00	3.45 (1.76)

Insgesamt zeigten sich also wenige systematische Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Dennoch deuten die überwiegend signifikanten Korrelationen zwischen Alter und jeweiligem Testwert darauf hin, dass sich die Werte mit dem Alter verändern. Die Richtung dieser Zusammenhänge spricht für zunehmendes Verantwortungsbewusstsein, zunehmende Selbstkontrolle und abnehmende Abenteuerlust.

### 3.3.12 Vergleich der Stichprobe mit der Normstichprobe (Schuhfried-Tests)<sup>4)</sup>

Die Ergebnisse der Stichprobe der Fahrversuche in den durchgeführten Tests des Wiener Expertensystems Verkehr werden im Folgenden mit der Normstichprobe des jeweiligen Tests verglichen. Dazu wurden jeweils zweifaktorielle Varianzanalysen und zusätzlich nicht-parametrische Verfahren durchgeführt. Die nicht-parametrischen Verfahren mussten für den Faktor Quelle (= Herkunft der Daten) und den Faktor Altersgruppe getrennt berechnet werden (Quelle mit Mann-Whitney-Test, Altersgruppe mit dem Kruskal-Wallis-Test).

Der Vergleich der Stichproben beim Reaktionstest RT(S3) zeigte in der Varianzanalyse nur annähernd signifikante Unterschiede zwischen den Stichproben, wobei die TU Dresden Stichprobe tendenziell höhere Reaktionszeiten hatte ( $F(1, 580) = 12.72$ ,  $p = .06$ ;  $\eta^2 = .01$ ). Es gab keine signifikante Wechselwirkung

<sup>4)</sup> Mit freundlicher Genehmigung der Firma Schuhfried GmbH, Mödlingen, A.

zwischen Datenherkunft und Altersgruppe. Der nicht-parametrische Mann-Whitney-Test zeigte hoch signifikante Unterschiede nach Herkunft der Daten ( $p < .001$ ). Hier ist zu beachten, dass bei diesem Test der Einfluss der Altersgruppen und möglichen Wechselwirkungen nicht beachtet werden.

**Tabelle 40:**  
**Vergleich der Stichprobe mit einer Normstichprobe: Test RT(S3)**

Datenquelle	Stichprobe Fahrversuche	Normstichprobe RT (S3)
Alter (Jahre)	M (SD)	M (SD)
bis 55	477 (78)	440 (83)
64 bis 69	479 (88)	479 (80)
70 bis 74	530 (88)	501 (95)
ab 75	561 (99)	542 (100)

Beim Test „Peripheres Sehen“ (PP) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede nach Herkunft der Daten ( $F(1, 351) = 2.39, p = n.s.$ ). Auch die Wechselwirkung zwischen Alter und Herkunft der Daten war nicht signifikant. Nach wie vor signifikant war jedoch der Effekt der Altersgruppen ( $F(3, 351) = 40.28, p < .001; \eta^2 = .26$ ).

Da die Werte nicht normalverteilt waren, wurde zusätzlich der nicht-parametrische Mann-Whitney-Test gerechnet. Hierzu war es allerdings notwendig, die Daten vorab zu aggregieren. Dies war notwendig, um zu vermeiden, dass die starke Überrepräsentation der jüngsten Altersgruppe in der Normstichprobe einen Einfluss auf die Ergebnisse hat (Verwendung von Rangreihen bei nicht-parametrischen Tests!). Daher wurden die Werte dieser jüngsten Gruppe nach Alter aggregiert und der Mittelwert je Alter als Testwert verwendet. Daraus ergab sich eine vergleichbare Anzahl von Probanden. Nach diesem Schritt ergaben sich auch mit dem nicht-parametrischen Test keine signifikanten Unterschiede zwischen den Stichproben.

Beim Test Cognitrone wurden zunächst nur die Daten von Probanden ausgewählt, die mehr als 85% richtige Reaktionen zeigten. Die Werte sind in Tabelle 41 dargestellt.

**Tabelle 41:**  
**Vergleich der Stichprobe mit einer Normstichprobe: Test COG (S11) mittlere Zeit korrekte Zurückweisung; nur Werte mit weniger als 15% Fehlern**

Datenquelle	Stichprobe Fahrversuche	Normstichprobe RT (S3)
Alter (Jahre)	M (SD)	M (SD)
bis 55	2.76 (.66)	3.39 (.98)
64 bis 69	2.96 (.52)	4.04 (1.47)
70 bis 74	3.33 (.51)	3.91 (.95)
ab 75	3.91 (.79)	4.13 (.82)

Die statistische Auswertung ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen der Stichprobe der Fahrversuche und der Normstichprobe, letztere hatte durchweg schlechtere Werte ( $F(1, 704) = 19.85, p < .001; \eta^2 = .03$ ). Wieder signifikant war auch der Effekt der Altersgruppe ( $F(3, 704) = 6.44, p < .001; \eta^2 = .03$ ), nicht signifikant war der Wechselwirkungseffekt zwischen Altersgruppe und Herkunft der Daten.

Auch nach der Aggregation der Daten der Normstichprobe und der Verwendung des nicht-parametrischen Mann-Whitney-Test blieb der Unterschied zwischen den Stichproben erhalten ( $p < .001$ ).

**Tabelle 42:**  
**Vergleich der Stichprobe mit einer Normstichprobe: Test ATAVT, Überblicksgewinnung (Personenparameterschätzer)**

Datenquelle	Stichprobe Fahrversuche	Normstichprobe RT (S3)
Alter (Jahre)	M (SD)	M (SD)
bis 55	.628 (.868)	.363 (.969)
64 bis 69	-.265 (.882)	-.597 (.942)
70 bis 74	-.416 (.589)	-.962 (.946)
ab 75	-.463 (.450)	-1.274 (1.003)

Wie beim Test PP waren auch beim Test Cognitrone die Anzahl der Probanden in der Normstichprobe weitaus höher als in der Stichprobe der Fahrversuche. Vor einer Betrachtung mit nicht-parametrischen Verfahren, was aufgrund der nicht normalverteilten und nicht homogenen Stichproben notwendig ist, wurde daher wieder eine Aggregation der Werte der Normstichprobe vorgenommen. Diese Aggregation erfolgte nur für die jüngste Altersgruppe. Dies lag zum Einen daran, dass

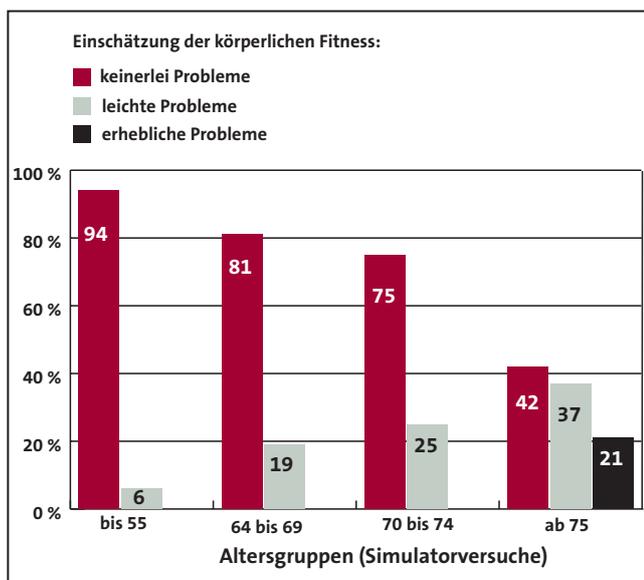
diese Gruppe deutlich überrepräsentiert war ( $N = 850$  im Vergleich zu 50 bis 100 in anderen Altersgruppen), zum Anderen daran, dass sich aufgrund der großen Spannweite des Alters und der annähernden Gleichverteilung auf die Jahre eine Aggregation nach Jahren anbot.

Die Testwerte waren zwar nicht normalverteilt, jedoch waren die Varianzen homogen. Daher werden im Folgenden nur die Ergebnisse der Varianzanalyse berichtet. Diese zeigte einen hoch signifikanten Einfluss der Datenquelle ( $F(1, 885) = 17.37, p < .001; \eta^2 = .02$ ) und einen ebenfalls hoch signifikanten Effekt der Altersgruppe ( $F(3, 885) = 28.00, p < .001; \eta^2 = .09$ ). Der Wechselwirkungseffekt war nicht signifikant.

### 3.4 Fremdeinschätzung der (körperlichen) Fitness

Die Versuchsleiter haben die Fitness der Probanden eingeschätzt. Diese Einschätzung erfolgte über die Beobachtung der Probanden, vor allem beim Ein- und Aussteigen aus dem Simulator. Dafür waren drei Kategorien vorgesehen:

- keinerlei Probleme
- leichte Probleme
- erhebliche Probleme.



**Abbildung 33:** Einschätzung der (körperlichen) Fitness durch die Versuchsleiter: Verteilung der Kategorien auf die Altersgruppen [%]

Die in Abbildung 33 gezeigten Kategorien wurden, um für die statistische Auswertung eine ausreichende Besetzung der einzelnen Zellen zu erhalten, in Extremgruppen gruppiert:

- keinerlei Probleme
- mindestens leichte Probleme.

Die Auswertung ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $\chi^2(3) = 14.42, p < .01$ ), wobei die älteste Gruppe (VG3) einen überzufällig höheren Anteil an Personen mit mindestens leichten Problemen hatte ( $p < .05$ ).

### 3.5 Selbsteinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit

Neben der Erhebung der objektiven Daten wurden die Probanden auch nach einer Selbsteinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit in verschiedenen Aspekten gefragt. Da eine derartige Auskunft nur Sinn macht, wenn eine Vergleichsgruppe vorliegt, wurde jeweils die Frage nach der eigenen Leistungsfähigkeit jeweils dreimal gestellt. So sollten die Probanden angeben, wie sie ihre eigene Leistungsfähigkeit einordnen im Vergleich zu:

- anderen Personen ihrer eigenen Altersgruppe
- anderen Personen der jeweils anderen Altersgruppe
- sich selber vor 10 Jahren.

„Eigene“ und „andere“ Altersgruppe waren im Fragebogen über das Alter des Probanden definiert, Probanden, die älter waren als 55 Jahren, sollten sich mit Fahrern zwischen 30 und 55 Jahren vergleichen, Probanden, die jünger waren als 55, mit Fahrern, die älter als 65 Jahre sind.

Im Einzelnen wurde nach folgenden Selbsteinschätzungen gefragt:

- Fahrsicherheit (nur eigene und andere Gruppe)
- Sehvermögen
- Reaktionsfähigkeit
- Konzentrationsfähigkeit
- Belastbarkeit.

Für die Auswertung wurde aufgrund der Formulierung der Items ein Extremgruppenvergleich mit der Vergleichsgruppe und einer älteren Gruppe genommen, der

alle älteren Versuchsgruppen angehörten. Aufgrund des Datenniveaus wurden jeweils nicht-parametrische Verfahren für die Auswertung gewählt (Mann-Whitney-Test für den Vergleich von zwei unabhängigen Stichproben). Die folgende Tabelle gibt eine Zusammenfassung der Ergebnisse wieder<sup>5)</sup>.

**Tabelle 43:**  
Einschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit im Vergleich zur eigenen Altersgruppe

Variable	Kendall's $\tau$	M (Junge)	M (Alte)	p
Fahrsicherheit	-.301 **	2.96	2.55	.002 **
Sehvermögen	-.039	2.61	2.63	n.s.
Reaktionsfähigkeit	-.186 **	2.83	2.48	.015 *
Konzentrationsfähigkeit	-.187 *	2.87	2.61	.020 *
Belastbarkeit	-.363 **	2.91	2.41	.001 **

Anmerkungen:

Korrelation nach Kendall; Mann-Whitney U-Test; Antwortskala von 1 = „deutlich besser“ bis 5 = „deutlich schlechter“

**Tabelle 44:**  
Einschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit im Vergleich zur jeweils anderen Altersgruppe

Variable	Kendall's $\tau$	M (Junge)	M (Alte)	p <
Fahrsicherheit	.257 **	2.35	2.93	.001 **
Sehvermögen	.460 **	2.04	3.15	.001 **
Reaktionsfähigkeit	.477 **	2.09	3.10	.001 **
Konzentrationsfähigkeit	.407 **	2.17	3.03	.001 **
Belastbarkeit	.448 **	2.00	3.11	.001 **

Anmerkungen:

Korrelation nach Kendall; Mann-Whitney U-Test; Antwortskala von 1 = „deutlich besser“ bis 5 = „deutlich schlechter“

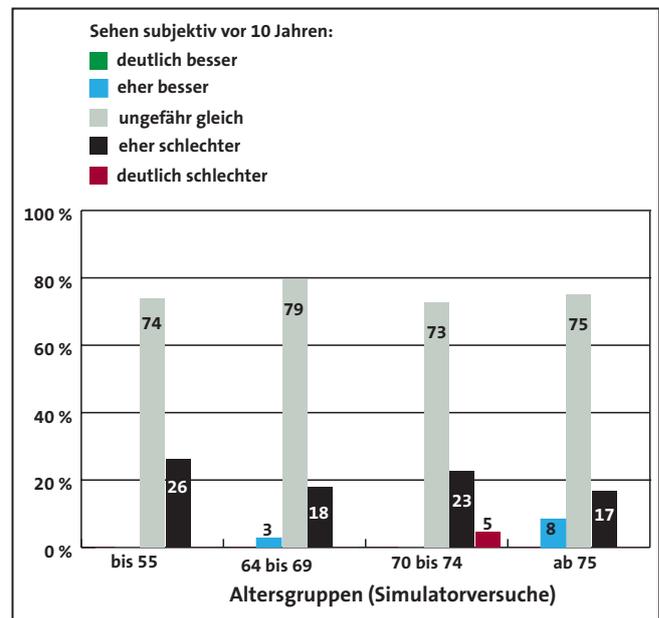
**Tabelle 45:**  
Einschätzung der aktuellen eigenen Leistungsfähigkeit im Vergleich zur eigenen Leistungsfähigkeit vor 10 Jahren

Variable	Kendall's $\tau$	M (Junge)	M (Alte)	p <
Sehvermögen	-.016 n.s.	3.26	3.19	n.s.
Reaktionsfähigkeit	.029 n.s.	3.00	3.11	n.s.
Konzentrationsfähigkeit	.032 n.s.	2.96	3.08	n.s.
Belastbarkeit	.007 n.s.	3.13	3.14	n.s.

Anmerkungen:

Korrelation nach Kendall; Mann-Whitney U-Test; Antwortskala von 1 = „deutlich besser“ bis 5 = „deutlich schlechter“

<sup>5)</sup> Statt der mittleren Ränge wurden die Mittelwerte gewählt, da diese auch über die gewählte Kategorie Auskunft geben und somit aussagefähiger sind.



**Abbildung 34:**  
Selbsteinschätzung der Sehfähigkeit heute im Vergleich zu vor zehn Jahren getrennt nach Altersgruppen

Betrachtet man die Mittelwerte, schätzten sowohl jüngere als auch ältere Probanden ihre Leistungsfähigkeit als tendenziell schlechter ein als vor zehn Jahren. Abbildung 34 zeigt exemplarisch für die Sehfähigkeit, dass diese Tendenz jedoch auf vergleichsweise wenige Individuen zurückgeht, die Mehrzahl der Probanden nahm keine Verschlechterung der Leistungsfähigkeit war.

Damit ergab sich in Bezug auf die hier untersuchte Stichprobe folgendes Bild:

- Im Vergleich zu ihrer eigenen Altersgruppe schätzten sich die älteren Probanden besser ein als die jüngeren Probanden. Festzuhalten ist aber, dass die Mittelwerte bei beiden Altersgruppen in Richtung „ungefähr gleich“ und tendenziell sogar zu „eher schlechter“ gehen, man insofern also bei keiner der beiden Altersgruppen von einer Selbstüberschätzung der eigenen Fähigkeiten sprechen kann.
- Im Vergleich zur jeweils anderen Altersgruppe schätzten sich ältere Probanden als eher schlechter, jüngere Probanden als eher besser ein. Die Richtung dieser Unterschiede war zu erwarten und spricht tendenziell für eine eher realistische Selbsteinschätzung der älteren Probanden.

▪ Insgesamt wenige Veränderungen im Vergleich zu vor zehn Jahren nahmen alle Probanden an sich wahr, auch wenn die Mittelwerte eine Tendenz zu „eher schlechter“ andeuten. Erstaunlicherweise gab es hier keine Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Geht man davon aus, dass sich die Abnahme der Leistungsfähigkeit im Alter schneller vollzieht, könnte man darin eine für die älteren Fahrer möglicherweise kritische Tendenz sehen.

Insgesamt können diese Ergebnisse als annähernd realistische Selbsteinschätzung gewertet werden, wenn auch bei den älteren Probanden mit Mittelwerten, die etwa der Kategorie „ungefähr gleich“ entsprechen, trotz des Unterschieds zur jüngeren Stichprobe eine selbstwertdienliche Tendenz festzustellen ist.

### 3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse zur sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit

In den Laborversuchen zeigten sich in beinahe allen Tests die erwarteten Unterschiede zwischen der jüngeren Kontrollgruppe und den älteren Versuchspersonen insgesamt. Uneinheitlich waren dagegen die Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und einzelnen älteren Versuchsgruppen und zwischen den älteren Versuchsgruppen untereinander. Hier unterschieden sich die Ergebnisse je nach Test. In Abbildung 35 und Abbildung 36 sind ausgewählte Tests dargestellt, die einen prototypischen Überblick über gefundene Unterschiede geben: Während einige Tests eine eher lineare Verschlechterung der Leistung mit dem Alter zeigen (Abbildung 35 etwa die Leistung des Cognitrone), zeigten andere Tests eine tendenziell sprunghafte Verschlechterung, deren Beginn zwischen 55 und 64 Jahren lag, ohne sich dann weiter mit dem Alter zu verschlechtern (Abbildung 35 etwa die Leistung des ATAVT). Besonders bei den Variablen der sensorischen Leistungsfähigkeit war eine tendenziell linearere Verschlechterung mit dem Alter zu beobachten (Abbildung 37).

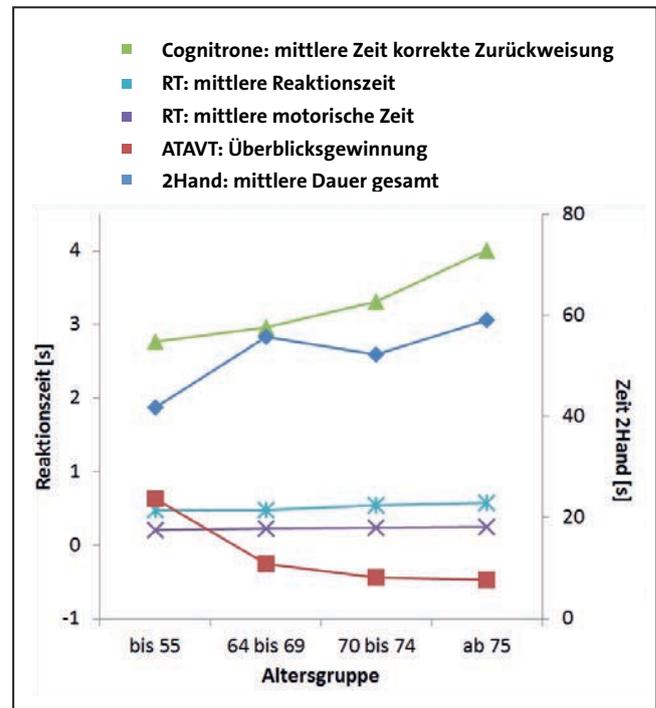


Abbildung 35: Zusammenfassende Darstellung ausgewählter Testergebnisse der Schuhfried-Tests

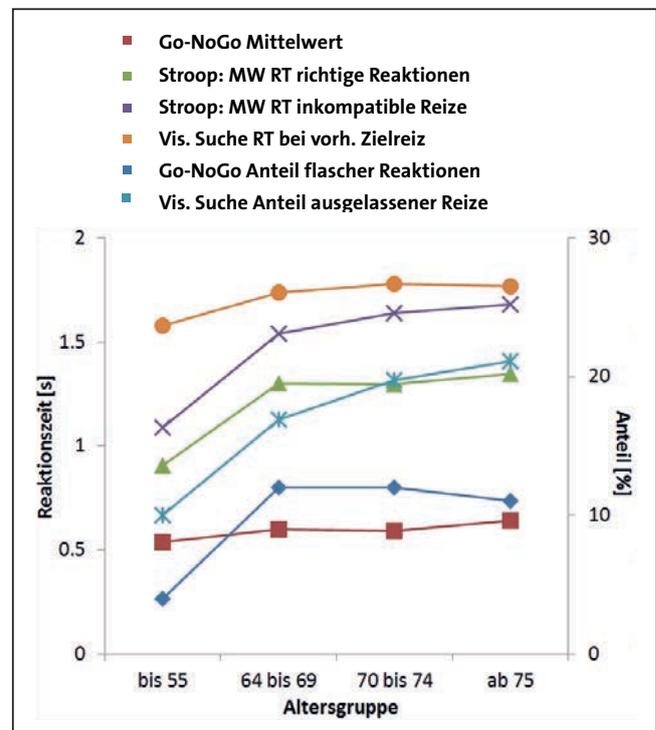
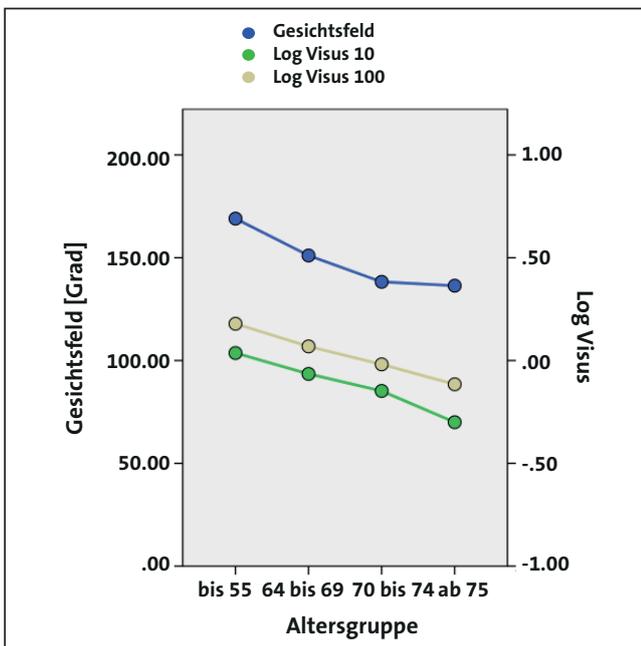


Abbildung 36: Zusammenfassende Darstellung ausgewählter Testergebnisse der IfADo-Tests

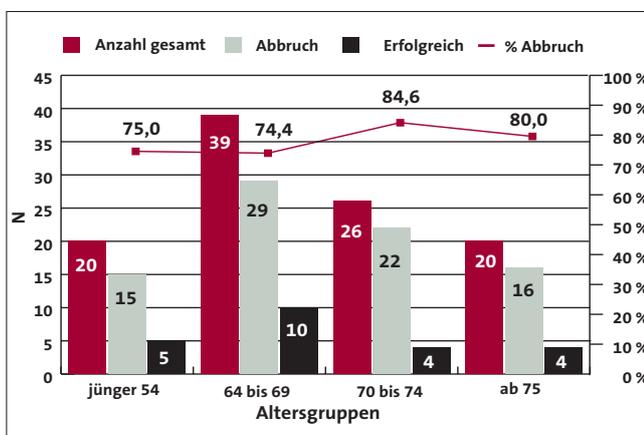


**Abbildung 37:**  
Zusammenfassende Darstellung ausgewählter Ergebnisse zur sensorischen Leistungsfähigkeit

## 3.7 Simulatorversuche

### 3.7.1 Ausfälle wegen Simulator Sickness

Vor der eigentlichen Auswertung der Daten muss an dieser Stelle die Betrachtung von Ausfällen aufgrund von Simulator Sickness erfolgen. Diese betrug über alle Altersgruppen hinweg zwischen ca. 75% und 85% aller



**Abbildung 38:**  
Verteilung der Probanden in den Simulatorversuchen: Anteil von Abbrüchen wegen Simulator Sickness

Teilnehmer. Dadurch ergab sich eine massive Verringerung der Probanden pro Altersgruppe und über alle Altersgruppen hinweg.

Die vermuteten Ursachen für die hohe Ausfallrate sind wie folgt:

- häufige Abbiegesituationen im rechten Winkel zusätzlich erschwert durch starke Textur der Umgebung (Innerorts)
- Alter der Stichprobe: auch die Vergleichsgruppe waren „normale“ Fahrer im mittleren Alter, keine jungen Studenten mit einer Sozialisation in virtuellen Welten
- Dauer der Fahrt insgesamt: die Fahrdauer betrug über 30 Minuten.

Eine getrennte Auswertung der Ergebnisse nach Altersgruppen, insbesondere nach Unterschieden zwischen den älteren Versuchsgruppen, war damit nicht mehr sinnvoll möglich. Daher findet im Folgenden eine Auswertung nur nach den beiden Extremgruppen (Kontrollgruppe versus alle älteren Probanden ab 65 Jahren) statt.

### 3.7.2 Abstand zu entgegenkommendem Fahrzeug

Die Auswertung der minimalen Abstände zum, teilweise auf der eigenen Spur, entgegenkommenden Pkw ergab zwei hoch signifikante Effekte und keinen Wechselwirkungseffekt ( $F(1, 42) = .24, p = .63; \eta^2 = .01$ ).

Der erste signifikante Effekt ergab sich für die Strecke ( $F(1, 42) = 16.73, p < .001; \eta^2 = .29$ ). Hier hatten alle Probanden auf der zweiten Geraden signifikant größere Abstände. Dies spricht für einen deutlichen Lerneffekt von dem beide Altersgruppen gleichermaßen betroffen waren.

Der zweite Effekt ergab sich für die Altersgruppe ( $F(1, 42) = 13.42, p = .001; \eta^2 = .24$ ), wobei die älteren Fahrer signifikant geringere Abstände zum entgegenkommenden Fahrzeug hatten.

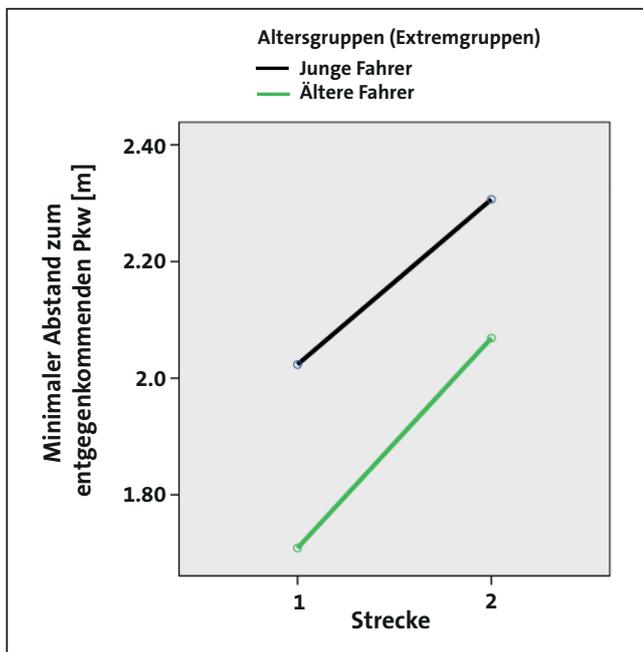


Abbildung 39: Simulatorversuche: minimale Abstände zum entgegenkommenden Fahrzeug getrennt nach Strecke und Altersgruppen

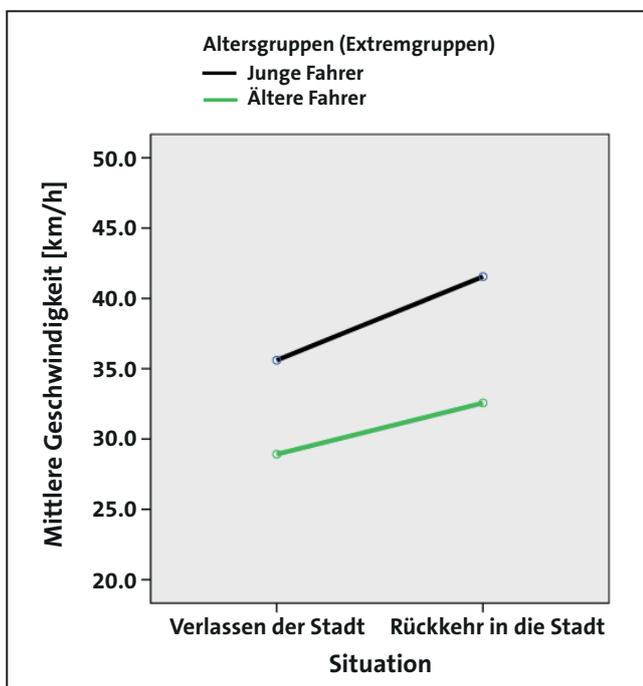


Abbildung 40: Simulatorversuche: mittlere Geschwindigkeiten beim Verlassen und Zurückfahren in die Stadt getrennt nach Altersgruppen

### 3.7.3 Geschwindigkeit

Für die Situation Verlassen und Zurückkehren in die Stadt ergab die statistische Auswertung der mittleren Geschwindigkeiten wieder zwei signifikante Haupteffekte und keinen signifikanten Wechselwirkungseffekt ( $F(1, 39) = .70, p = .41; \eta^2 = .02$ ).

Die gefundenen Haupteffekte waren erwartungskonform: Zunächst wurde beim Verlassen der Stadt langsamer gefahren als beim Zurückkehren in die Stadt nach der Fahrt auf der Landstraße ( $F(1, 39) = 12.14, p = .001; \eta^2 = .24$ ). Weiter ist die ältere Versuchsgruppe über alle Bedingungen hinweg langsamer gefahren ( $F(1, 39) = 10.26, p < .01; \eta^2 = .21$ ).

### 3.7.4 Wahl der Verkehrslücke (Gap-Acceptance)

Die Auswertung der Wahl der Verkehrslücke erfolgte aufsummiert über zwölf Situationen mit Linksabbiegen. Da die Daten nicht normalverteilt und nicht homogen waren, erfolgte die Auswertung mit dem Mann-Whitney-U-Test.

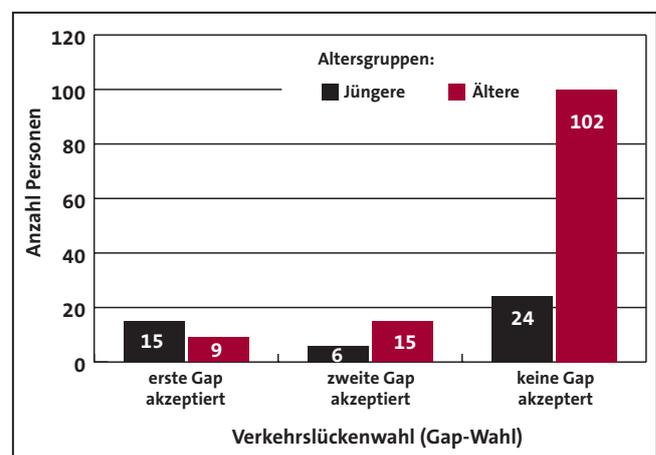


Abbildung 41: Simulatorversuche: Wahl der Verkehrslücken über zwölf Situationen mit Linksabbiegen getrennt nach Altersgruppen

Die statistische Auswertung ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen der jüngeren und der älteren Versuchsgruppe ( $p < .001$ ) wobei letztere wie Abbildung 41 zu entnehmen ist, deutlich häufiger keine Lücke akzeptierte und wartete bis das letzte Fahrzeug die Kreuzung verlassen hatte.

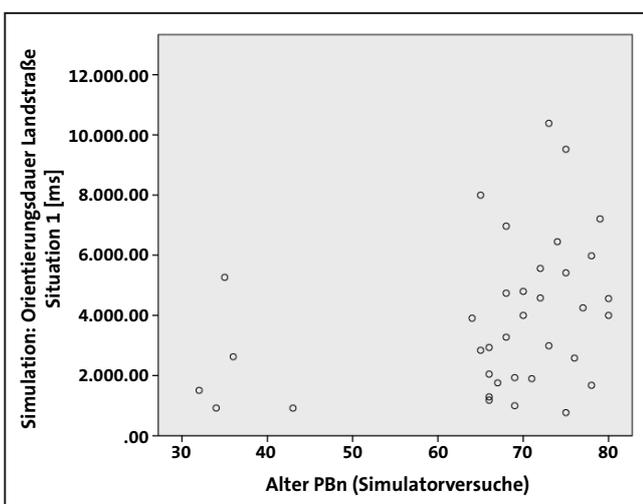
### 3.7.5 Orientierungsdauer an einer Kreuzung

Nach Prüfung der Voraussetzungen kann für die Orientierungsdauer an einer Kreuzung eine Varianzanalyse gerechnet werden, die Daten waren hinreichend normalverteilt und die Varianzen waren homogen. Im Ergebnis dieser Analyse zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen ( $F(3, 36) = 2.13, p = .12; \eta^2 = .17$ ).

Explorativ wurden zusätzliche t-Tests für unabhängige Stichproben für die Einzelvergleiche mit der jüngeren Stichprobe gerechnet. Hier zeigte sich ein annähernd signifikanter Unterschied zwischen der Vergleichsstichprobe und der zweitältesten Versuchsgruppe ( $T = -2.14, p = .06$ ), der Vergleich zur ältesten Versuchsgruppe verfehlte die Grenze zur Signifikanz deutlicher ( $T = -1.79, p = .09$ ). Betrachtet man die durch die Simulatorkrankheit bedingte kleine Stichprobe und die große Streuung der Werte, sind diese Ergebnisse dennoch aufschlussreich.

**Tabelle 46:**  
Simulatorversuche: Orientierungsdauer an einer Kreuzung [s]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	5	0.9	5.3	2.2 (1.8)
64 bis 69	13	1.0	8.0	3.2 (2.2)
70 bis 74	8	1.9	10.4	5.1 (2.6)
ab 75	10	0.8	9.5	4.6 (2.6)



**Abbildung 42:**  
Simulatorversuche: Streudiagramm Alter und Orientierungsdauer an einer Kreuzung

Für die Bedeutung dieser nur annähernd signifikanten Ergebnisse spricht auch die signifikante Korrelation zwischen Alter und Orientierungsdauer (Kendall's  $\tau = -.26; p < .05$ ). Dieser Zusammenhang zwischen Alter und Orientierungsdauer ist in Abbildung 42 auch grafisch veranschaulicht. Für die richtige Interpretation der Zusammenhänge ist diese Abbildung insofern relevant, weil aus ihr erkennbar ist, dass trotz der signifikanten Korrelation niedrige Orientierungsdauern durchaus bis ins hohe Alter vorkommen.

### 3.7.6 Zusammenhang Laborleistung und Fahrverhalten im Simulator

Für die oben dargestellten Ergebnisse zum Fahrverhalten im Simulator wurden im Folgenden exemplarisch Zusammenhänge mit den Leistungen in den kognitiven, motorischen und physiologischen Variablen dargestellt. Diese Darstellung kann aufgrund der hohen Ausfallrate wegen Simulator Sickness notwendigerweise nicht repräsentativ sein, sie gibt aber Hinweise auf die Auswahl relevanter Variablengruppen in folgenden Erhebungen.

Zur Bewertung des Zusammenhanges zwischen dem Alter, der im Labor erhobenen Leistung und den Simulatordaten wurden lineare Regressionsanalysen gerechnet. Die Vorauswahl der Prädiktoren erfolgte nach folgenden Kriterien:

- die Gesamtheit der Prädiktoren sollte ein breites Spektrum der Leistungsfähigkeit und Persönlichkeitseigenschaften abdecken
- ausgewählte Prädiktoren sollten inhaltlich möglichst unterschiedliche Aspekte abdecken
- die Prädiktoren sollten nur wenig miteinander korrelieren
- die Prädiktoren sollten normalverteilt sein.

Folgende Prädiktoren werden aufgrund der vorangegangenen Auswertungen in der Ausgangsversion verwendet:

- Alter
- physiologische Leistungsfähigkeit,
  - Sehschärfe (Kontrast 100 %, logarithmiert)
  - Sehschärfe (Kontrast 10 %, logarithmiert)
  - peripheres Sehen (PP): Gesichtsfeld (Wiener Testsystem)
  - kognitive Leistungsfähigkeit

- Verarbeitungsgeschwindigkeit (UFOV-Test)
- selektive Aufmerksamkeit (UFOV-Test)
- geteilte Aufmerksamkeit (UFOV-Test)
- Stroop-Test: mittlere RT inkompatible Reize (IfADO-Tests)
- visuelle Suche RT nur wenn Zielreiz vorhanden (IfADO-Tests)
- visuelle Suche Anteil ausgelassener Reize (IfADO-Tests)
- Go-NoGo-Task Mittelwert Reaktionszeit aller richtigen Reaktionen
- Cognitrone, mittlere Zeit für korrekte Zurückweisungen (um die Stichprobe nicht noch weiter zu verringern, werden die nicht-korrigierten Werte verwendet) (Wiener Testsystem)
- Reaktionstest RT, mittlere Reaktionszeit (Wiener Testsystem)
- Überblicksgewinnung (ATAVT Personenparameter-schätzer) (Wiener Testsystem)
- motorische Leistungsfähigkeit
  - Reaktionstest RT, mittlere motorische Zeit (Wiener Testsystem)
  - mittlere Dauer 2Hand-Test (Wiener Testsystem)
- differentielle Eigenschaften
  - Risikoaversion ohne Ausreißer (WRBTV, Wiener Testsystem)
  - Spannungsbedürfnis & Abenteuerlust (IVPE, Wiener Testsystem).

Einige der obigen Variablen sind laut der KS-Statistik und der Analyse von Schiefe und Kurtosis und der Histogramme nicht normalverteilt: Alter, Verarbeitungsgeschwindigkeit und geteilte Aufmerksamkeit des UFOV-Tests, sowie mittlere Dauer 2Hand-Test.

Eine Box-Cox-Transformation wie bei den Reaktionszeiten des RT brachte bei den UFOV-Tests nicht den gewünschten Effekt. Die Ursache liegt darin begründet, dass etwa 50% der Testergebnisse den gleichen und gleichzeitig niedrigsten Wert erreichten. Liegt eine derartige Verteilung vor, kann diese auch mit Hilfe einer Transformation nicht geändert werden. Da der UFOV-Test allerdings in zahlreichen Publikationen zum Thema Alter und Fahren verwendet wird (ohne dass dabei nach Wissen der Autoren die oben genannte Problematik diskutiert wird), soll der Test auch im Folgenden Eingang in die Regression nehmen.

Die Variable Alter soll aufgrund ihrer Wichtigkeit ebenfalls eingeschlossen werden. Hier lag zwar ebenfalls eine Abweichung von der Normalverteilung vor, jedoch war diese weitaus weniger ausgeprägt als für die Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Für die mittlere Dauer des 2Hand-Tests erbrachte die Box-Cox-Transformation ebenfalls keinen Vorteil. In die Ausgangsversion der Regression sollen daher auch die Originalwerte eingehen. Sollte diese Variable einen entscheidenden Beitrag zur Varianzaufklärung leisten, müsste der Einfluss der nicht normal verteilten Werte diskutiert werden.

Für die Regressionsanalysen gelten die in der Literatur benannten Gütekriterien, vor allem die Multikollinearität betreffend (Brosius, 2008, Field, 2009):

- die Durbin-Watson-Statistik sollte einen Wert zwischen 1,5 und 2,5 annehmen
- die Toleranz sollte einen Wert über 0,1 aufweisen
- die VIF Statistik sollte einen Wert unter 10 aufweisen
- die Varianzanteile der Prädiktoren sollten auf unterschiedliche Dimensionen verteilt sein (Kollinearitätsdiagnose).

### 3.7.6.1 Abstand

Die Vorhersage erfolgte getrennt für die erste (Situation 2) und zweite Gerade (Situation 9). Die Ergebnisse der Regression (Methode Vorwärts) für den Abstand auf der ersten Gerade sind in Tabelle 47 dargestellt, die Ergebnisse für den Abstand auf der zweiten Gerade in Tabelle 48.

**Tabelle 47:**  
**Ergebnisse der linearen Regression für den Abstand auf der Gerade 1 der Simulation**

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	2.76	.30			
Go-No-Go-Aufgabe: durchschnittliche RT über alle richtigen Angaben	- 1.28	.52	-.38	-2.49	.02
UFOV Verarbeitungsgeschwindigkeit	- .01	.01	-.35	-2.29	.03

Anmerkung:

$R^2 = .33$ , Korrigiertes  $R^2 = .28$ ,  $F(1,31) = 5.23$ ,  $p < .05$

Mit der hier verwendeten Vorwärtsmethode zeigten sich die in Tabelle 47 und Tabelle 48 dargestellten, für die geringe Stichprobengröße und die hohe Varianz der Daten, eindeutigen Ergebnisse. Erstaunlich ist die geringe Anzahl der in die Regression eingehenden Prädiktoren. Interpretieren lassen sich die Ergebnisse wie folgt: Mit zunehmender Reaktionszeit (entspricht schlechter Leistung) und abnehmender Verarbeitungsgeschwindigkeit (hohe Werte in der Variablen Verarbeitungsgeschwindigkeit bedeuten schlechte Leistung), nimmt der Abstand zum entgegenkommenden Fahrzeug ab (Gerade 1). Für Gerade 2 gilt, dass der Abstand mit zunehmenden Alter abnimmt.

**Tabelle 48:**  
Ergebnisse der linearen Regression für den Abstand auf der Gerade 2 der Simulation

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	2.64	.21			
Alter	-.01	.01	-.42	-2.54	.02

Anmerkung:

$R^2 = .18$ , Korrigiertes  $R^2 = .15$ ,  $F(1,30) = 6.245$ ,  $p < .05$

### 3.7.6.2 Geschwindigkeit

Auch für die Geschwindigkeit wurden zwei Analysen durchgeführt, einmal für die Geschwindigkeit beim Verlassen der Stadt und einmal für die Geschwindigkeit beim Zurückkommen nach der Landstraße in die Stadt. Da für die Situation Verlassen der Stadt das Alter zunächst die einzige erklärende Variable war (Tabelle 49), wurde eine zusätzliche Regression ohne Alter als potenziellem Prädiktor gerechnet (Tabelle 50). Dieser Schritt wurde unternommen, um explorativ weitere relevante Prädiktoren zu identifizieren. Die Ergebnisse der Regressionsanalyse für das Zurückkommen in die Stadt ist in Tabelle 51 dargestellt.

**Tabelle 49:**  
Ergebnisse der linearen Regression für die Geschwindigkeit beim Verlassen der Stadt in der Simulation

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	41.92	4.70			
Alter	-.18	.07	-.40	-2.43	.02

Anmerkung:

$R^2 = .16$ , Korrigiertes  $R^2 = .13$ ,  $F(1,32) = 5.92$ ,  $p < .05$

Für die hier dargestellten Regressionsanalysen ergaben sich insgesamt zufriedenstellende Ergebnisse. Dennoch fällt zum Einen auf, dass sich die Prädiktoren zwischen den Situationen unterscheiden und weiter, dass das kalendarische Alter ein ähnlich guter Prädiktor war wie die Variablen der motorischen, kognitiven und sensorischen Leistungsfähigkeit. Die unterschiedlichen Prädiktoren sind zunächst mit der Verschiedenartigkeit der Anforderungen in den unterschiedlichen Situationen zu erklären. Dass das Alter über die Situationen hinweg als Prädiktor auftaucht, hängt mit der starken Position dieser Variablen innerhalb der Prädiktoren zusammen: kaum eine andere Variable korrelierte mit allen anderen Prädiktoren in einer ähnlichen Qualität und Quantität.

**Tabelle 50:**  
Ergebnisse der linearen Regression für die Geschwindigkeit beim Verlassen der Stadt in der Simulation ohne den Prädiktor Alter

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	15.50	6.98			
Alter	.10	.05	.37	2.22	.03

Anmerkung:

$R^2 = .13$ , Korrigiertes  $R^2 = .11$ ,  $F(1,32) = 4.91$ ,  $p < .05$

**Tabelle 51:**  
Ergebnisse der linearen Regression für die Geschwindigkeit beim Zurückkehren in die Stadt in der Simulation

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	36.74	1.56			
Überblicksgewinnung (ATAVT)	3.98	1.68	-.38	-2.37	.03
Log.Visus (Sehschärfe Kontrast 10 %)	16.66	7.14	.38	2.33	.03

Anmerkung:

$R^2 = .36$ , Korrigiertes  $R^2 = .30$ ,  $F(1,25) = 5.44$ ,  $p < .05$

### 3.7.6.3 Orientierungsdauer

Auch für die Orientierungsdauer wurden zuerst die Korrelationen zwischen der abhängigen Variablen und allen Prädiktoren betrachtet. Hier fällt auf, dass lediglich die Variable Sehschärfe (log Visus unter 10% Kontrast) eine signifikante Korrelation aufwies (Pearson  $r = -.36$ ;  $p < .05$ ). Der Zusammenhang mit dem kalendarischen Alter verfehlte die Signifikanzgrenze nur knapp (Pearson  $r = -.33$ ;  $p = .05$ ).

Dies dürfte im Gegensatz zur Analyse oben auf eine, durch den paarweisen Ausschluss von Werten zurückzuführende, leicht veränderte Stichprobe zurückzuführen sein.

**Tabelle 52:**  
**Ergebnisse der linearen Regression für die Orientierungsdauer an einer Kreuzung in der Simulation Stadt in der Simulation**

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	12.229.26	2.234.09			
Alter	34.37	35.22	.19	.98	n.s.
Log.Visus (Sehschärfe Kontrast 10%)	- 3.210.49	2.336.12	-.26	-1.37	n.s.

Anmerkung:

$$R^2 = .15, \text{ Korrigiertes } R^2 = .10, F(2,33) = 2.99, p = .06$$

Die über die Einschluss-Methode gerechnete Regression mit allen Prädiktoren erbrachte keine signifikanten Ergebnisse. Ein Analyse mit gleicher Methode aber nur den beiden Variablen Alter und Sehschärfe, wie oben angegeben, brachte annähernd signifikante Ergebnisse, wobei allerdings keiner der beiden Prädiktoren einen signifikanten Erklärungswert beisteuerte.

Die Ergebnisse lassen sich, mit der gegebenen Vorsicht aufgrund der nicht signifikanten Gewichte der Prädiktoren, so interpretieren, dass eine Person umso mehr Zeit zur Orientierung benötigt, je älter sie ist und je schlechter ihre Sehschärfe bei geringem Kontrast ist.

Mit der Rückwärts-Methode gerechnete Analysen erbrachten zwar hochsignifikante Vorhersagen, allerdings ließen sich die Ergebnisse wegen widersprüchlicher Vorzeichen der Gewichte der Prädiktoren nicht sinnvoll auswerten. Daher wird auf eine Darstellung der Ergebnisse verzichtet.

### 3.7.7 Zusammenfassung Simulatorversuche

Bei der Durchführung und Auswertung auffallend war zunächst die hohe Ausfallrate aufgrund von Simulator Sickness, sie betrug zwischen 70% und 80% aller Probanden. Als Ursache dafür sind zum einen die Probanden selber zu nennen, zum anderen die Strecke. Die Strecke war nicht nur sehr lang, sondern sie bestand zudem aus vielen Abbiegesituationen in texturreicher Szenerie. Dennoch sind diese Merkmale nicht allein verantwortlich:

eine Stichprobe junger Motorradfahrer, die eine ähnliche Strecke fuhren, zeigten kaum Symptome von Simulator Sickness. Neben dem Alter dürfte die vorliegende Gewöhnung an den Umgang mit virtuellen Welten bei dieser Gruppe zu diesem Ergebnis beigetragen haben.

Trotz der hohen Ausfallraten zeigten sich hypothesenkonforme Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Probanden. Ältere hatten deutlich geringere Abstände zu einem, teilweise auf der eigenen Spur, entgegenkommenden Fahrzeug, fuhren insgesamt langsamer und warteten deutlich häufiger als junge Fahrer an Kreuzungen bis das letzte Fahrzeug diese verlassen hatte.

Auch waren die Versuche, diese Verhaltensunterschiede mit Hilfe der kognitiven, sensorischen und motorischen Leistungsfähigkeit vorherzusagen, erfolgreich. Welche Variablen einen signifikanten Beitrag zur Erklärung des Verhaltens lieferten, war abhängig davon, welches Verhalten untersucht wurde. Fasst man die verschiedenen Verhaltensaspekte zusammen, sind die folgenden Variablen zur Vorhersage des Verhaltens geeignet:

- Gesichtsfeld (PP-Test)
- Verarbeitungsgeschwindigkeit (UFOV-Test)
- durchschnittliche Reaktionszeit über alle richtigen Aufgaben (Go-NoGo-Aufgabe)
- Überblicksgewinnung (ATAVT)
- Log Visus (Sehschärfe Kontrast 10%).

Es muss darauf hingewiesen werden, dass das kalendrische Alter, neben der Parametern der Leistungsfähigkeit, in einigen Situationen vergleichbar gut in der Lage war, das Verhalten zu erklären. Eine abschließende Interpretation der Einzelbefunde sollte mit den hier vorliegenden Daten wegen der hohen Ausfallrate noch nicht erfolgen.

## 3.8 Ergebnisse Fahrversuche

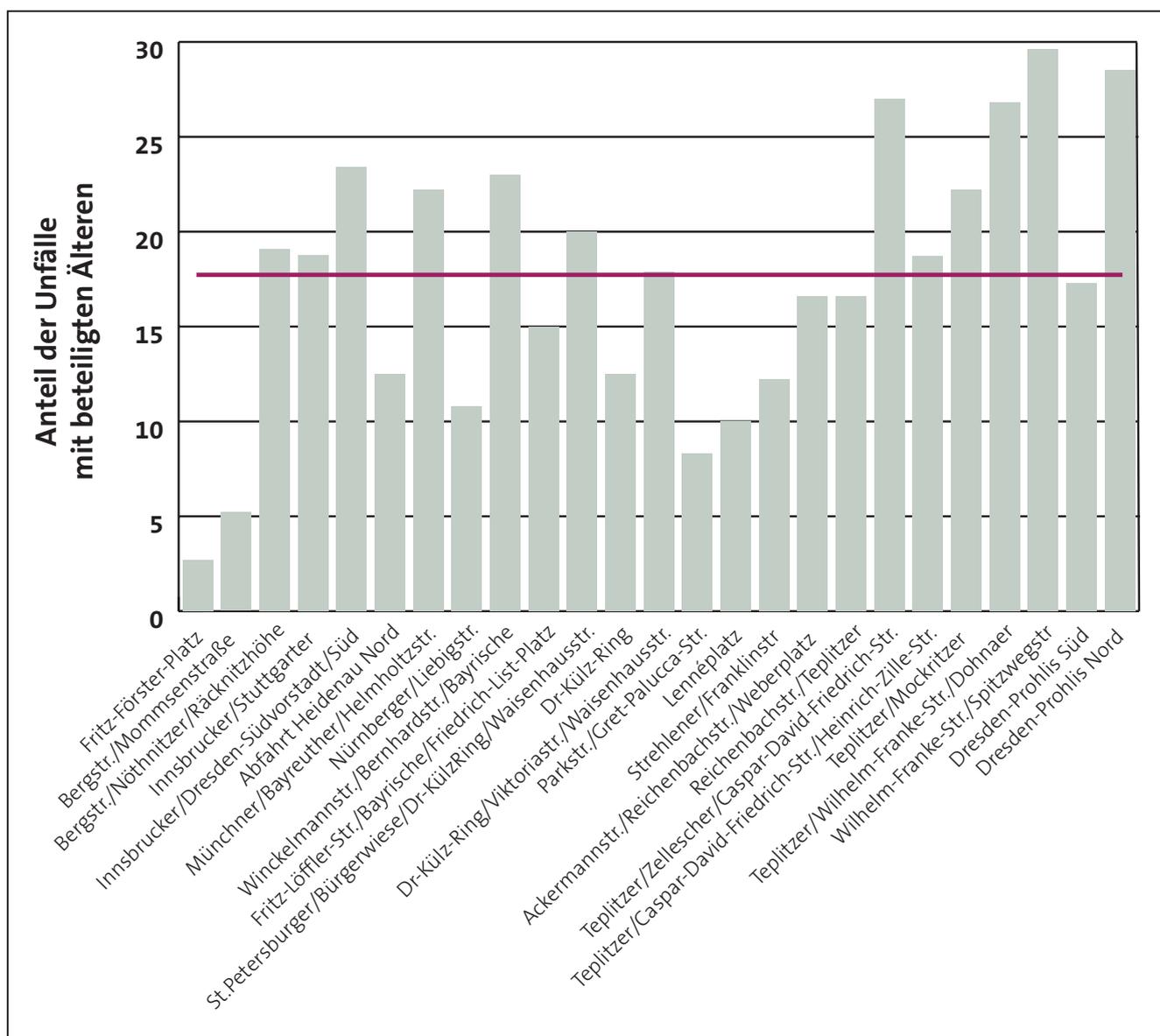
### 3.8.1 Auswertung der Unfalldaten auf der Strecke

Die Auswertung der Unfalldaten hat sich an dem in EUSKA vorliegenden Datenmaterial orientiert. Dies bedeutet, dass zunächst eine Datei mit allen zur Verfügung stehenden Unfällen auf der Versuchsstrecke erstellt wur-

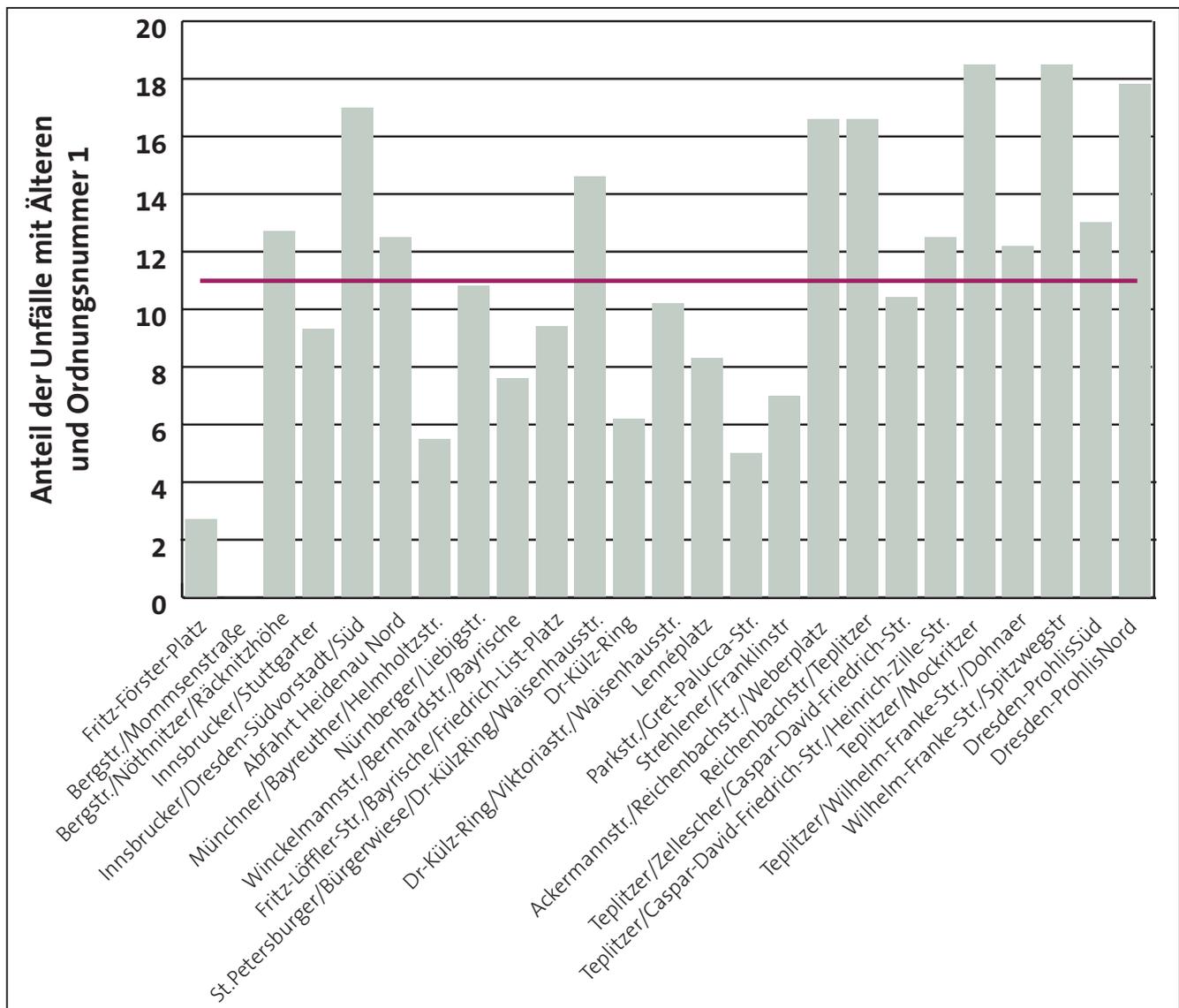
de. Für folgende Jahre lagen Daten vor: 2006, 2007, 2008, 2009 und 2010. Die Betrachtung der Unfallhäufungsstellen orientierte sich an dem im Merkblatt der FGSV (1998) angegebenen Verfahren. Um aussagefähige Fallzahlen zu bekommen, wurde bei der Auswertung der Unfallhäufungsstellen (UHS) mit einem hohen Anteil älterer Fahrer davon abgewichen. So wurden nicht nur Unfälle mit schweren Personenschäden in der Drei-Jahreskarte betrachtet, sondern alle Unfälle. Eine Unterscheidung wurde weiter getroffen, je nachdem, ob die beteiligten

Älteren die Ordnungsnummer 1 (schuldig) zugewiesen bekamen oder ob alle Älteren betrachtet wurden.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass der Anteil älterer Beteiligter an den Unfallhäufungsstellen UHS relativ gering ausfällt, zumindest dann, wenn diese Werte nicht an der Fahrleistung der Älteren relativiert sind. Geht man davon aus, dass die Fahrleistung Älterer etwa ein Drittel der Fahrleistung Jüngerer beträgt, ist der Anteil Älterer durchaus beachtlich. Eine Ableitung von UHS, die be-



**Abbildung 43:**  
Unfallsschwerpunkte auf der Versuchsstrecke und der Anteil älterer Fahrer ab 65 (rote Linie entspricht Mittelwert)



**Abbildung 44:**  
Unfallsschwerpunkte auf der Versuchsstrecke und der Anteil älterer Fahrer ab 65 mit einer Ordnungsnummer 1 (schuldig) (rote Linie entspricht Mittelwert)

sonders für Ältere schwierig wären, lässt sich anhand der oben dargestellten Abbildung nicht schlüssig festmachen.

### 3.8.2 Auswertung der Innerorts-Situationen

#### 3.8.2.1 Blickverhalten

Beim Blickverhalten wurde anhand der Videodaten untersucht, wie sich ältere von jüngeren Probanden unterscheiden. Die Darstellung der Ergebnisse folgt der Nummerierung der Situationen.

#### Kurzbeschreibung Situation Ia und Ib: Knotenpunkt mit Vorfahrtsbeschilderung

Aus einer Tempo-30-Zone kommend stieß der Fahrer auf eine viel befahrene zweibahnige, zweistreifige Hauptstraße, die Nürnberger Straße. Die Richtungsfahrbahnen waren durch eine Mittelinsel, auf der sich die Wendeschleife der Straßenbahn befand, getrennt. Die Hauptstraße musste einmal vor der Mittelinsel (Situation Ia) und einmal nach der Mittelinsel (Situation Ib) ge-



**Abbildung 45:**  
Situation 1a (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)



**Abbildung 46:**  
Situation 1b (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)

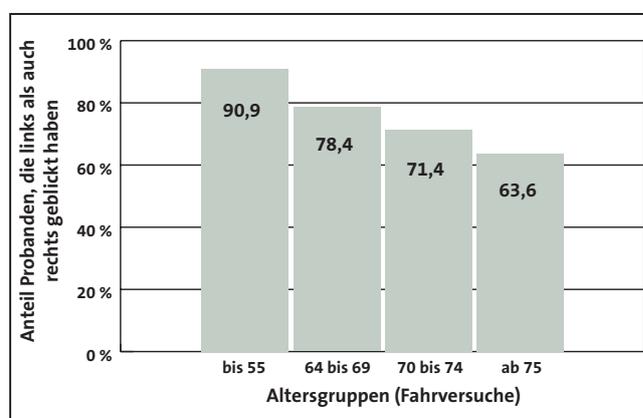
quert werden. In beiden Situationen befand sich neben dem Fußweg ein zusätzlicher Radweg. Ebenfalls in beiden Situationen mussten die nach Richtung getrennten Strassenbahngleise gequert werden.

Besonders Situation 1a stellte aufgrund schlechter Sichtverhältnisse durch Gebäude und ruhenden Verkehr und ein hohes Aufkommen von Fußgängern und Radfahrern aus beiden Richtungen hohe Anforderungen an die Fahrer.

Während in Situation 1b ein grundsätzlich gleiches Fahrmanöver wie in Situation 1a verlangt wurde, waren die Anforderungen in Situation 1b geringer. Dies lag daran, dass die Situation insgesamt besser einsehbar war und sich der Fuß- und Radweg, durch deren Lage auf der anderen Straßenseite, mit weniger Blickaufwand absichern ließen.

### Ergebnisse Situation 1a: Blickverhalten

Es wurde ausgewertet, wie viele Personen je Altersgruppe sowohl links als auch rechts blickten. Je höher dieser



**Abbildung 47:**  
Anteil der Probanden je Altersgruppe, die in Situation 1a sowohl links als auch rechts blickten

Anteil war, desto mehr Personen verhielten sich also korrekt.

Trotz einer deutlichen Tendenz (Abbildung 47) ergab die Auswertung nach Altersgruppen mit dem Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Unterschiede ( $X^2(3) = 4.10$ ,  $p = .25$ ).

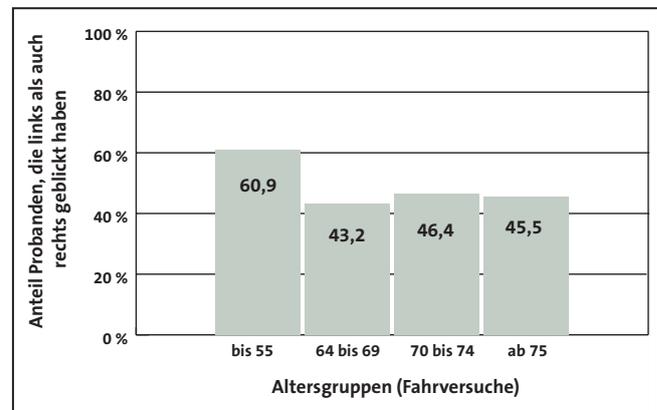
Diese Analyse wurde noch einmal gerechnet, diesmal mit der zusammengefassten Gruppe aller älteren Probanden im Vergleich zur Kontrollgruppe. Auch hier zeigte der Chi-Quadrat-Test keine Unterschiede an ( $X^2(1) = 2.91$ ,  $p = .15$ ). Ebenso wenig wurden Unterschiede zwischen den drei Versuchsgruppen signifikant ( $X^2(2) = 1.07$ ,  $p = .56$ ).

Das Blickverhalten wurde aufbauend auf obigen Daten auch nach der Relevanz für die Verkehrssicherheit gewichtet. Diese Daten wurden ebenfalls statistisch ausgewertet. Eine Prüfung der Normalverteilung und der Homogenität der Varianzen ergab allerdings, dass die Werte weder normalverteilt noch homogen waren. Daher wurde eine nicht-parametrische Auswertung mit dem Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, dieser wurde nicht signifikant ( $p = .23$ ). Auch ein nicht parametrischer Vergleich der beiden Extremgruppen mit dem Mann-Whitney-U-Test wurde nicht signifikant ( $p = .09$ ).

Die Korrelation zwischen Alter und gewichtetem Blickverhalten in Situation Ia wurde hingegen signifikant (Kendall's  $\tau = -.18$ ;  $p < .05$ ), die in Abbildung 47 ersichtliche Tendenz ist also durchaus beachtenswert.

### Ergebnisse Situation Ib: Blickverhalten

Die Auswertung des Blickverhaltens in Situation Ib erfolgt wie in der Situation 1a. Auch in Situation Ib waren die Unterschiede zwischen den Altersgruppen trotz der vermeintlich eindeutigen Tendenz nicht signifikant ( $X^2(3) = 1.91$ ,  $p = .60$ ). Auch wenn die Daten auf zwei extreme Altersgruppen aufgeteilt wurden (KG versus alle VGs), wurden die Unterschiede nicht signifikant ( $X^2(1) = 1.84$ ,  $p = .18$ ). Ebenso wenig wurden Unterschiede nur zwischen den drei Versuchsgruppen signifikant ( $X^2(2) = 0.07$ ,  $p = .95$ ).



**Abbildung 48:**  
Anteil der Probanden je Altersgruppe, die in Situation Ib sowohl links als auch rechts blickten

Auch in Situation Ib wurde das Blickverhalten gewichtet ausgewertet und auch hier ergaben sich bei nicht normalverteilten Daten mit homogenen Varianzen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 99) = .62$ ,  $p = .60$ ;  $\eta^2 = .02$ ).

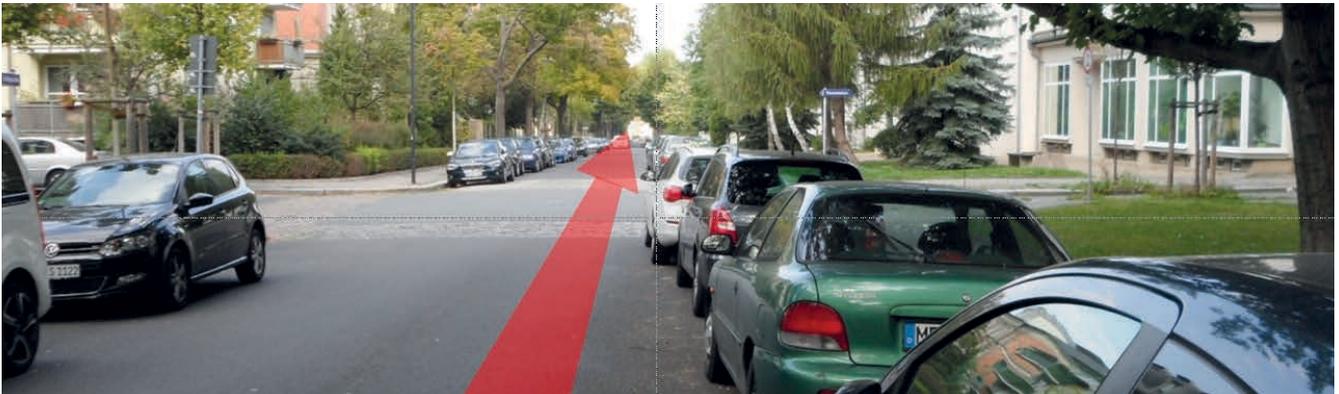
Auch die Korrelation zwischen dem gewichtetem Blickverhalten und dem Alter wurde nicht signifikant (Kendall's  $\tau = -.11$ ;  $p = .09$ ).

### Kurzbeschreibung Situation IIa und IIb: Rechts-vor-Links-Situationen

Bei den Situationen IIa und IIb handelte es sich um Rechts-vor-Links-Kreuzungen, die beide in einem ruhigen Wohngebiet mit seitlich parkenden Fahrzeugen lagen. In beiden Fällen verlängerte sich die kreuzende Straße, so dass auch Verkehr aus der nicht bevorrechtigten Gegenrichtung kommen konnte.

Die Rechts-vor-Links-Situation IIa war durch Mehrdeutigkeit der Situation gekennzeichnet. Die bevorrechtigte Eisenstückstraße führte durch eine Öffnung in dem an der Liebigstraße stehenden Haus und vermittelte so auf den ersten Blick den Eindruck einer Grundstückszufahrt, keiner Straße.

Nach etwa 200 Metern wurde die Situation IIb erreicht, hier kreuzte die bevorrechtigte Altenzeller Straße die Lie-



**Abbildung 49:**  
Situation IIa: verdeckte Rechts-vor-Links Kreuzung (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)



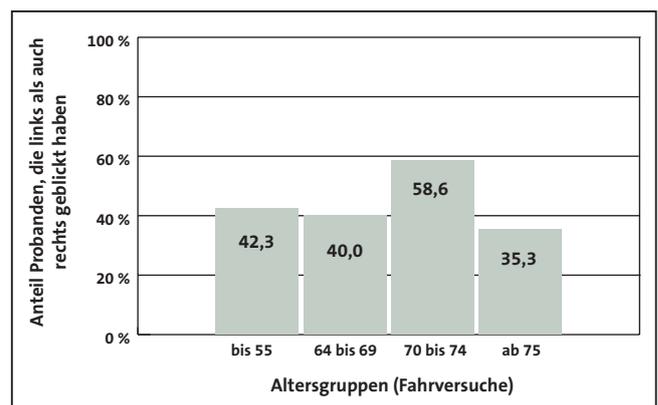
**Abbildung 50:**  
Situation IIb: gut einsehbare Rechts-vor-links Kreuzung (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)

bigstraße. Im Gegensatz zu Situation IIa war Situation IIb eindeutig und zudem durch fehlende Bebauung am Eckgrundstück gut einsehbar.

### Ergebnisse Situation IIa: Blickverhalten

In Situation IIa blickten nur jeweils ein Fahrer der Versuchsgruppen 1 (junge Ältere) und 3 (alte Ältere) nicht nach rechts und übersahen so also die Situation. Weiter differenzieren ließ sich das Blickverhalten noch, indem ausgewertet wurde, ob zusätzlich auch nach links geblickt wurde. Wie in den Situationen Ia und Ib, ist dieser Sicherungsblick nicht zwingend vorgeschrieben, aber anzuraten, um mögliches Fehlverhalten anderer ausgleichen zu können.

Die in Abbildung 51 gezeigten Unterschiede zwischen den Altersgruppen waren nicht signifikant ( $X^2(3) = 3.30$ ,



**Abbildung 51:**  
Anteil der Probanden je Altersgruppe, die in Situation IIa sowohl links als auch rechts geblickt haben

$p = .36$ ). Auch Vergleiche zwischen den Extremgruppen wurden nicht signifikant ( $X^2(1) = 0.08$ ,  $p = .83$ ), ebenso wenig wie der Vergleich nur zwischen den drei Versuchsgruppen ( $X^2(2) = 3.21$ ,  $p = .22$ ).

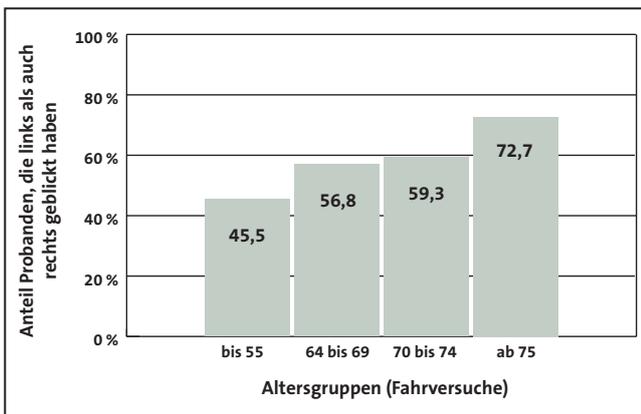
Die Korrelation zwischen Alter und Blickverhalten war nicht signifikant (Kendall's  $\tau$ .03;  $p = .34$ ).

Die nicht normalverteilten, aber homogenen Werte der gewichteten Blickdaten waren ebenso nicht signifikant ( $F(3, 95) = 0.85$ ,  $p = .47$ ;  $\eta^2 = .03$ ).

Auch die Korrelation zwischen Alter und den gewichteten Werten war nicht signifikant (Kendall's  $\tau$ .07;  $p = .22$ ).

### Situation IIb: Blickverhalten

Die Situation IIb schätzten alle Fahrer in der Hauptrichtung richtig ein, d. h. alle Probanden machten mindestens einen Blick nach rechts. Die statistische Auswertung von Situation IIb bezieht sich daher wieder auf das zusätzliche Sicherungsverhalten nach links.



**Abbildung 52:** Anteil der Probanden je Altersgruppe, die in Situation IIb sowohl links als auch rechts geblickt haben



**Abbildung 53:** Situation III: Wendeschleife am Dr.-Külz-Ring (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)

Die in Abbildung 52 dargestellten Unterschiede zwischen Probanden waren nicht signifikant ( $X^2(3) = 2.36$ ,  $p = .50$ ). Auch die Unterschiede zwischen den Extremgruppen ( $X^2(1) = 1.47$ ,  $p = .22$ ) und zwischen den drei Versuchsgruppen ( $X^2(2) = 0.91$ ,  $p = .69$ ) waren nicht signifikant.

Die Korrelation zwischen Alter und diesem Blickverhalten verfehlte knapp den Wert zur Signifikanz (Kendall's  $\tau$ .14;  $p = .06$ ).

Die nicht normalverteilten, aber homogenen Werte der gewichteten Daten unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Gruppen ( $F(3, 95) = 3.84$ ,  $p < .47$ ;  $\eta^2 = .03$ ). Die Korrelation zwischen Alter und gewichtetem Blickwert war nicht signifikant (Kendall's  $\tau$ .07;  $p = .22$ ).

### Kurzbeschreibung Situation III: Wenden an einer Wendeschleife

Die Situation III befand sich in der Innenstadt von Dresden in unmittelbarer Nähe zur Prager Straße, einer Haupteinkaufsstraße. Die Fahrer hatten die Aufgabe vom zweistreifigen Dr.-Külz-Ring kommend über eine Wendeschleife die Mittelinsel zu queren und die Fahrt danach auf der ebenfalls zweistreifigen Waisenhausstraße in Gegenrichtung fortzuführen.

Auf der Mittelinsel musste eine vielbefahrene Fahrspur mit Gleisanlage des ÖPNV gequert werden. Die Querrung der ÖPNV-Fahrspur wurde über eine Lichtsignalanlage (LSA) geregelt. Diese zeigte bei Näherung eines Busses oder einer Bahn ein Rotsignal, der Autoverkehr

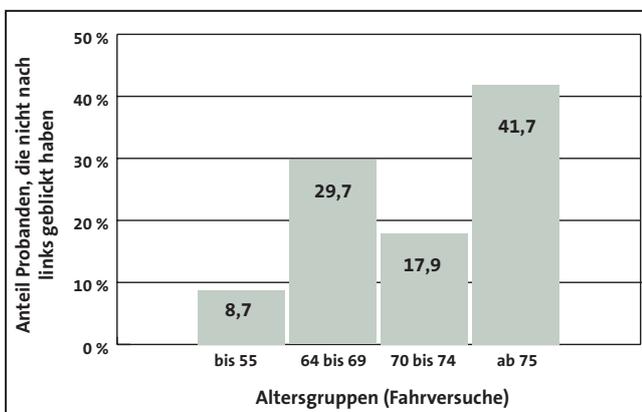
auf der Waisenhausstraße war von dieser LSA nicht betroffen.

Durch die Trennung der Richtungsfahrbahnen konnte es an der Wendeschleife zu Fehlinterpretation hinsichtlich der Verkehrsregelung kommen. So kam es häufig vor, dass sich Fahrer auf der Gegenfahrbahn einordneten.

Direkt gegenüber der Wendeschleife befand sich ein Parkplatz mit hohem Publikumsverkehr. Von diesem Parkplatz kommende, querende Fußgänger mussten unmittelbar nach dem Einbiegen auf die Waisenhausstraße zusätzlich zum von rechts kommenden motorisierten Individualverkehr beachtet werden.

### Ergebnisse Situation III: Blickverhalten und Verständnis der Situation

Situation III war eine stark frequentierte Innenstadtsituation, bei der die Probanden wenden mussten. Dazu war es notwendig, sich zunächst auf dem Mittelstück zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen auf der richtigen Spur einzuordnen. Weiter musste eine LSA beachtet werden und das damit gesicherte Straßenbahngleis überquert werden. Beim eigentlichen Einbiegen in die andere Fahrtrichtung sollte nicht nur der Verkehr von rechts beachtet werden, idealerweise musste auch zusätzlich nach links gesichert werden. Dies lag daran, dass sich genau gegenüber der Eingang zu einem Großparkplatz befindet und die Querung so auch stark von Fußgängern und Radfahrern benutzt wurde.



**Abbildung 54:**  
Anteil der Probanden je Altersgruppe, die in Situation III nicht nach links geblickt haben

Die statistische Prüfung der Häufigkeiten mit dem Chi-Quadrat-Test ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $\chi^2(3)=6.38$ ,  $p=.09$ ). Auch die Unterschiede zwischen den beiden Extremgruppen waren nicht signifikant ( $\chi^2(1)=3.45$ ,  $p=.09$ ), verfehlten aber bei einseitiger Testung die Grenze zur Signifikanz nur knapp ( $\chi^2(1)=3.45$ ,  $p=.05$ ). Die Unterschiede innerhalb der drei Versuchsgruppen waren nicht signifikant ( $\chi^2(2)=2.61$ ,  $p=.28$ ).

Die Korrelation mit dem Alter war nicht signifikant (Kendall's  $\tau$ :  $-.13$ ;  $p=.07$ ).

**Tabelle 53:**  
Situation III innerorts: deskriptive Statistik gewichtetes Blickverhalten

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	4	6	5.83 (.58)
64 bis 69	41	4	6	5.41 (.93)
70 bis 74	29	4	6	5.64 (.78)
ab 75	18	0	6	4.83 (1.80)

Anmerkungen:

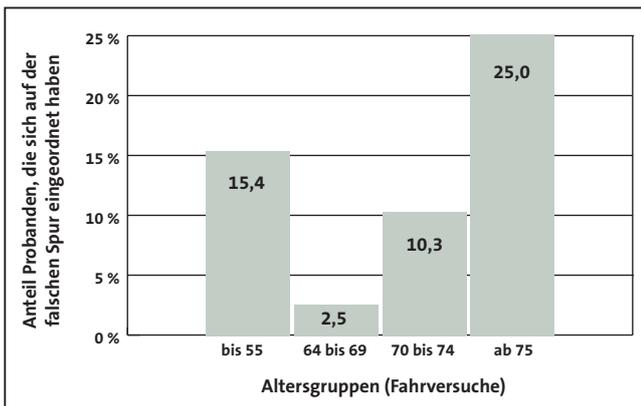
4 = Blick nur nach rechts; 6 = Blicke nach rechts und links; 0 = kein Sicherungsverhalten

Weiter wurde das gewichtete Blickverhalten ausgewertet. Hier zeigte sich zunächst, dass die Daten nicht normalverteilt und nicht homogen waren. Dies ließ streng genommen die Auswertung mit der Varianzanalyse nicht zu. Deren Ergebnisse sollen hier aber berichtet werden, weil sie zur Interpretation des Gesamtbildes beitragen können. Die einfache Varianzanalyse war signifikant ( $F(3, 96)=8.68$ ,  $p<.05$ ;  $\eta^2=.09$ ), nicht jedoch wenn die Korrektur nach Welch verwendet wurde ( $F(3, 36.9)=2.31$ ,  $p=.09$ ). Der für die Signifikanz bei der einfachen Varianzanalyse relevante Unterschied beim post-hoc-Test liegt zwischen der Kontrollgruppe und der ältesten Versuchsgruppe ( $p<.05$ ), andere Unterschiede zwischen den Gruppen waren nicht signifikant.

Bei den nicht-parametrischen Verfahren waren weder der Kruskal-Wallis-Test ( $p=.08$ ) noch der Mann-Whitney-Test zur Testung der Unterschiede zwischen den beiden Extremgruppen signifikant, auch wenn die Grenze zur Signifikanz nur knapp verfehlt wurde ( $p=.06$ ).

Die Korrelation zwischen Alter und gewichtetem Testwert war nicht signifikant, aber auch hier wurde die Grenze nur knapp verfehlt (Kendall's  $\tau$ : -.13;  $p$  = .06).

Neben dem Blickverhalten wurde auch ausgewertet, ob die Probanden die Situation richtig einschätzten. Dies



**Abbildung 55:**  
Anteil der Probanden je Altersgruppe, die sich in Situation III auf der falschen Spur eingeordnet haben

wurde daran festgemacht, ob sie sich auf der richtigen (nämlich der rechten) Spur im Mittelstück zwischen den Gleisen einordneten.

#### **Kurzbeschreibung Situation IV: Rechtsabbiegen an einem Knotenpunkt mit LSA**

Bei beiden hier ausgewählten Situationen muss an einem mit einer Lichtsignalanlage (LSA) geregelten Knotenpunkt und einem extra ausgewiesenen Fahrradstreifen nach rechts abgebogen werden.

Situation IVa befand sich am Lennéplatz, die Fahrer mussten hier von der Parkstraße kommend nach rechts in die Gellertstraße einbiegen. Da die Gellertstraße zweistreifig war, mussten die Fahrer beim Einbiegen noch darauf achten, auf ihrem Fahrstreifen zu bleiben.

Situation IVb befand sich am Knotenpunkt der Teplitzer Straße mit der Wilhelm-Franke-Straße. Auch diese Situ-



**Abbildung 56:**  
Situation IVa: Situation mit Rechtsabbiegen (am Lennéplatz), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)



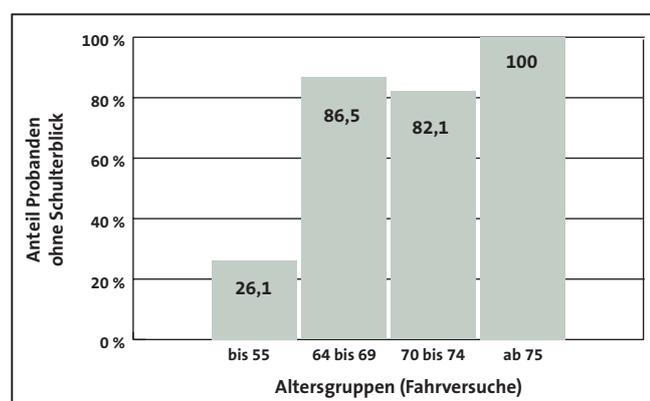
**Abbildung 57:**  
Situation IVb: Situation mit Rechtsabbiegen (Teplitzer Straße), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)

ation war mit einer LSA geregelt und durch den zusätzlichen Fahrradstreifen charakterisiert.

### Ergebnisse Situation IV: Blickverhalten beim Rechtsabbiegen

Im Folgenden wurde das Blickverhalten beim Rechtsabbiegen in zwei Situationen untersucht. Da in beiden Situationen auch auf den Radweg zu achten war, war insbesondere relevant, ob ein Schulterblick durchgeführt wurde.

Die in Abbildung 58 gezeigten Unterschiede zwischen den Altersgruppen waren hoch signifikant, sowohl bei einfacher Testung auf Unterschiede zwischen allen vier Gruppen ( $X^2(3) = 34.272$ ,  $p < .001$ ) als auch bei der Testung der zwei Extremgruppen ( $X^2(1) = 33.35$ ,  $p < .001$ ). Innerhalb der älteren Versuchsgruppen gab es keine signifikanten Unterschiede ( $X^2(2) = 2.39$ ,  $p = .32$ ).



**Abbildung 58:** Anteil der Probanden je Altersgruppe ohne Schulterblick beim Rechtsabbiegen in Situation IVa

Die Korrelation mit dem Alter war hoch signifikant (Kendall's  $\tau$ :  $-.43$ ;  $p < .001$ ).

Situation IVa wurde, wie die vorangegangenen Situationen, auch mit den gewichteten Daten ausgewertet. Die Daten waren nicht normalverteilt und nicht homogen. Der nicht-parametrische Kruskal-Wallis-Test zeigte hoch signifikante Ergebnisse zwischen den Gruppen ( $p < .001$ ), ebenso wie die hier nur ergänzend berichtete Varianzanalyse ohne Korrektur ( $F(3,96) = 16.03$ ,

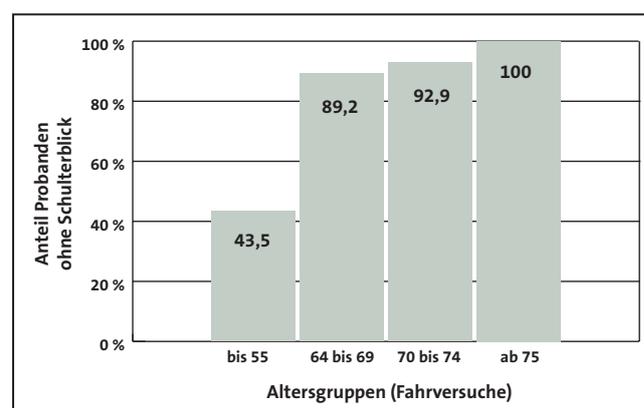
$p < .001$ ;  $\eta^2 = .33$ ) und mit der Korrektur nach Welch ( $F(3,43.3) = 15.58$ ,  $p < .001$ ).

Die post-hoc-Tests zeigten, dass sich die Kontrollgruppe von allen Versuchsgruppen ( $p < .001$ ) und sich die jüngste Versuchsgruppe zusätzlich von der ältesten Versuchsgruppe unterschied ( $p < .05$ ).

Die Korrelation zwischen Alter und Testwert war hoch signifikant (Kendall's  $\tau$ :  $-.40$ ;  $p < .001$ ).

**Tabelle 54:** Situation IVa innerorts: deskriptive Statistik gewichtetes Blickverhalten

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	.00	9.00	6.43 (3.03)
64 bis 69	41	.00	8.00	2.89 (1.82)
70 bis 74	29	.00	9.00	2.68 (2.89)
ab 75	18	.00	4.00	1.42 (1.24)



**Abbildung 59:** Anteil der Probanden je Altersgruppe ohne Schulterblick beim Rechtsabbiegen in Situation IVb

Vor einer Interpretation der Befunde soll die zweite Situation ausgewertet werden.

Wie bei Situation IVa waren auch bei Situation IVb die Unterschiede zwischen den Altersgruppen hoch signifikant ( $X^2(3) = 28.03$ ,  $p < .001$ ). Dies traf auch auf die Unterschiede zwischen den beiden Extremgruppen zu ( $X^2(1) = 27.33$ ,  $p < .001$ ) nicht jedoch auf den Unterschied innerhalb der älteren Versuchsgruppen ( $X^2(2) = 1.50$ ,  $p = .54$ ).

Die Korrelation zwischen Alter und Testwert war hoch signifikant (Kendall's  $\tau$  = .40;  $p < .001$ ).

Die gewichteten Testdaten waren nicht normalverteilt, aber homogen, weswegen im Folgenden die Ergebnisse der Varianzanalyse berichtet werden. Diese zeigte hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 96) = 11.19$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .26$ ), wobei sich die Kontrollgruppe von allen älteren Versuchsgruppen unterschied ( $P < .001$ ), diese sich jedoch nicht untereinander.

Die Korrelation zwischen Alter und Testwert war hoch signifikant (Kendall's  $\tau$  = .36;  $p < .001$ ).

**Tabelle 55:**  
**Situation IVb innerorts: deskriptive Statistik gewichtetes Blickverhalten**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	.00	9.00	5.04 (2.55)
64 bis 69	41	.00	8.00	2.38 (2.15)
70 bis 74	29	.00	6.00	2.32 (1.87)
ab 75	18	.00	4.00	1.42 (1.62)

Insgesamt wurde deutlich, dass es ab einem bestimmten Alter eine relativ harte Grenze zu geben scheint, ab der der Schulterblick deutlich weniger eingesetzt wurde. Diese Grenze lag bei oder sogar unterhalb der jüngsten der drei Gruppen älterer Autofahrer, also etwa bei 60 bis 64 Jahren.

### **Kurzbeschreibung Situation V: Linkseinbiegen an einem Knotenpunkt mit beschilderter Vorfahrtsregelung:**

Die beiden Situationen Va und Vb waren Knoten, deren Vorfahrt nur über eine Beschilderung geregelt war. In beiden Fällen kamen die Fahrer von einer untergeordneten Straße und mussten nach links abbiegen. Diese Situationen gelten laut Literatur (Kapitel 1) als besonders unfallträchtig für Ältere. Die Auswertung der Unfallzahlen zeigte zwar für Situation Va (Franklinstraße/ Strehler Straße) eine Unfalhhäufungsstelle an, diese erwies sich allerdings nicht als unfallauffällig für älterer Fahrer (Kapitel 3.8.1.). Für Situation Vb ergab sich keine Unfalhhäufungsstelle. Bedacht werden muss hier, dass



**Abbildung 60:**  
**Situation Va: Situation mit Linksabbiegen (Franklinstraße), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)**



**Abbildung 61:**  
**Situation Vb: Situation mit Linksabbiegen (Semperstraße), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)**

	Parkstraße	
1150	LSA Lenneplatz (rechts abbiegen)	keine Spiegelt bis Schenkelsch
	Gellerstraße	V40 Rückblick
1320	LSA Gellerstraße/ Wiener Straße	
	Franklinstraße (weiter geführte Gellerstraße)	
1520	LSA Franklinstraße/ Strehleiner Straße (links abbiegen)	sehr knapp vor Links-Konkrete
	Strehleiner Straße	
1760	Einmündung Semperstraße (rechts abbiegen)	
	Semperstraße	
1940	Einmündung Schnorrstraße (RVL)	
	Semperstraße	
2110	KP Semperstraße/ Reichenbachstraße (Vorfahrt beachten) (links abbiegen)	knapp und langsam in die Kurve
	Reichenbachstraße	
2210	KP Reichenbachstraße/ Geinitzstraße	
	Reichenbachstraße	

Abbildung 62: Ausschnitt aus einem Fahrprotokoll für die Situationen IVa, Va und Vb

in der Definition von UHS nach FGSV (1998) das Verkehrsaufkommen nicht berücksichtigt ist.

Die Situation Va am Knoten Franklinstraße Strehleiner Straße war zweistreifig gestaltet. Somit war die Sicht auf den Verkehr nicht nur durch Büsche links und rechts der Kreuzung sondern auch durch neben dem eigenen Fahrzeug befindliche Fahrzeuge verdeckt. Die Strehleiner Straße ist eine Verbindungsstraße zum Hauptbahnhof und als solche stark befahren.

Die Situation Vb am Knoten Semperstraße Reichenbacher Straße lag in einer Tempo-30-Zone. Durch die Steigung der Semperstraße und links und rechts parkende Fahrzeuge in Kreuzungsnähe war auch Situation Vb schwer einsehbar.

### Ergebnisse Situation V: Fehler beim Linksabbiegen

Dass ältere Fahrer besonders beim Linksabbiegen Probleme haben, ist in der Literatur bekannt (Kapitel 1). Aus der Versuchsstrecke wurden daher zwei Situationen ausgewählt, die dieses Fahrmanöver erforderten. Anhand der Videos konnte zunächst festgestellt werden, dass alle Probanden zumindest einmal in alle Richtungen geblickt hatten, niemand hat diese Situation also vollkommen falsch eingeschätzt. Allerdings bestand in beiden Situationen die Schwierigkeit darin, Abstände richtig einzuschätzen und die Blickrichtung auf die Situation abzustimmen. Dies zu beurteilen war anhand des vorhandenen Videomaterials nicht möglich (dazu hätten zwei zusätzliche Kameras die Sicht nach links und rechts aufzeichnen müssen, was technisch nicht umzusetzen war).

Daher wurde eine Auswertung der Daten anhand der Versuchsleiterprotokolle durchgeführt. Diese Protokolle geben einen subjektiven Eindruck des Versuchsleiters wieder. Die auf die Situation bezogenen Kommentare waren unterschiedlich detailliert, auch abhängig davon, wie sich die Situation weiter entwickelte. Damit können die Protokolle keine detaillierte Auswertung nach der Fahrt ersetzen, sie geben aber einen Eindruck der Situation wieder (Abbildung 62).

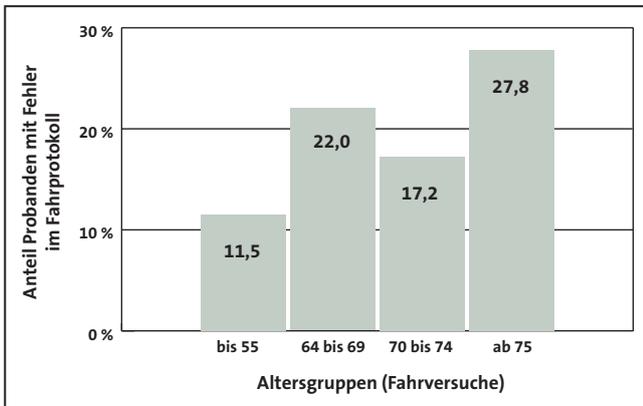
Eine Auswahl anderer Kommentare, die zu einem Eintrag führten, sind im Folgenden wiedergegeben:

- knapp, noch gebremst vor Gegenverkehr
- Gegenverkehr spät beachtet
- Problem mit Gegenverkehr
- kein Blick
- Fahrradfahrer!
- Auto von links spät wahrgenommen.

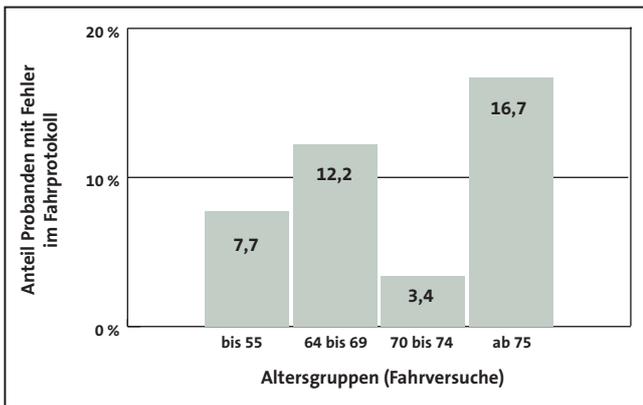
Die statistische Auswertung der in Abbildung 63 gezeigten Werte zeigt keine signifikanten Unterschiede, weder für alle Gruppen ( $X^2(3) = 2.10$ ,  $p = .55$ ) noch zwischen beiden Extremgruppen ( $X^2(1) = 1.30$ ,  $p = .28$ ), noch innerhalb der drei älteren Versuchsgruppen ( $X^2(2) = 0.73$ ,  $p = .70$ ).

Die Korrelation mit dem Alter war nicht signifikant (Kendall's  $\tau$ : .08;  $p = .16$ ).

Die Auswertung der zweiten Linksabbiegesituation brachte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede, weder zwischen allen Gruppen ( $X^2(3) = 2.72$ ,  $p = .45$ )



**Abbildung 63:**  
**Situation Va: Anteil der Probanden je Altersgruppe mit einem Fehler im Fahrprotokoll**



**Abbildung 64:**  
**Situation Vb: Anteil der Probanden je Altersgruppe mit einem Fehler im Fahrprotokoll**

noch zwischen der Kontrollgruppe und Älteren gesamt ( $X^2(1) = 0.15, p = .74$ ), noch innerhalb der älteren Versuchsgruppen ( $X^2(2) = 2.44, p = .34$ ).

Die Korrelation mit dem Alter ist nicht signifikant (Kendall's  $\tau = -.02; p = .42$ ).

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss bedacht werden:

- der Versuchsleiter orientierte sich auch selber in der Situation, es konnte also sein, dass falsches Verhalten nicht vom Versuchsleiter wahrgenommen wurde
- sofern keine weiteren groben Fehler des Probanden vorlagen, wurde eine Situation erst durch die Anwesenheit anderer Verkehrsteilnehmer gefährlich, gerade beim Linksabbiegen - daher kann es sein, dass Fehler nicht aufgedeckt wurden.

### 3.8.2.2 Geschwindigkeitswahl

#### Geschwindigkeitswahl zwischen Situation Ia und Ib

Zwischen den Situationen Ia und Ib am Nürnberger Ei musste die etwa 100 Meter breite Mittelinsel gequert werden. Wie schnell hier gefahren wurde, war abhängig von den persönlichen Wünschen der Fahrer (ein Überschreiten der maximal zulässigen Innerortsgeschwindigkeit ist aufgrund der dann folgenden Querung und der schlechten Sichtverhältnisse nur unter Missachtung der Sicherheit möglich). Um den Fahrerwunsch widerzuspiegeln, wurde die maximale Geschwindigkeit als relevanter Parameter ausgewählt (Tabelle 56).

**Tabelle 56:**  
**Deskriptive Statistik der maximalen Geschwindigkeit zwischen Situation Ia und Ib [km/h]**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	21.2	39.3	27.5 (4.2)
64 bis 69	41	17.0	35.7	26.0 (4.1)
70 bis 74	29	17.9	33.9	25.4 (3.6)
ab 75	18	13.8	30.6	23.6 (5.8)

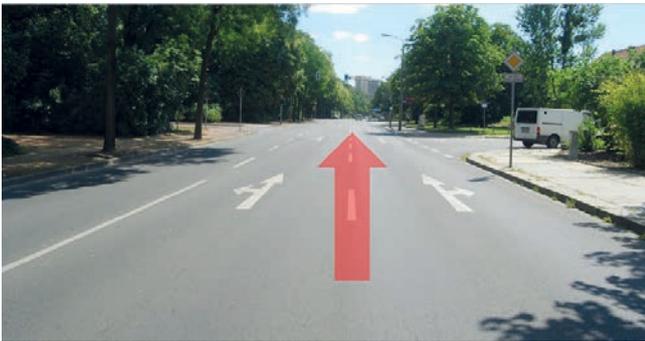
Tendenziell nahm die Geschwindigkeit zwar mit steigendem Alter der Altersgruppe ab, die Unterschiede zwischen den Altersgruppen waren jedoch nicht signifikant ( $F(3, 79) = 2.08, p = .11; \eta^2 = .07$ ).

Signifikant dagegen war der Zusammenhang zwischen kalendarischem Alter und Geschwindigkeit, hier zeigte sich, dass mit zunehmendem Alter langsamer gefahren wurde (Kendall's  $\tau = -.15; p < .05$ ).

#### Kurzbeschreibung Situation VI: Geschwindigkeitswahl auf freier Innerortsstrecke

Zur Überprüfung der Hypothese wonach Geschwindigkeitsverstöße bei Älteren seltener sind (Kapitel 1), wurden zwei Strecken ausgewählt, auf denen das Geschwindigkeitsverhalten untersucht wurde.

Situation Va bezeichnete die Strecke zwischen Georgplatz und Lennéplatz, Situation Vb bezeichnete die Strecke zwischen dem Knoten Reichenbachstraße/Teplitzer



**Abbildung 65:**  
Situation VIa: Situation mit freier Geschwindigkeitswahl (Bürgerwiese), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)



**Abbildung 66:**  
Situation VIb: Situation mit freier Geschwindigkeitswahl (Teplitzer Straße), (Pfeilrichtung gibt die Fahrtrichtung der Probanden an)

Straße und dem Knoten Teplitzer Straße/Caspar-David-Friedrich-Straße. Auf beiden Strecken galt eine maximal zulässige Geschwindigkeit von 50 km/h.

### Ergebnisse Situationen VIa und VIb: Geschwindigkeitswahl auf freier Innerortsstrecke

Für die Situation VIa wurde das Geschwindigkeitsverhalten auf der Bürgerwiese ausgewertet. Die Ergebnisse für die Situation VIa sind in Tabelle 57 dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Altersgruppen waren nicht signifikant ( $F(3, 81) = 1.40$ ,  $p = .25$ ;  $\eta^2 = .05$ ), ebenso wenig wie die Korrelation zwischen Alter und Geschwindigkeit (Kendall's  $\tau$ :  $-.11$ ;  $p < .08$ ).

Für die Situation VIb wurde das Geschwindigkeitsverhalten auf der Teplitzer Straße ausgewertet. Die Ergebnisse für die Situation VIb sind in Tabelle 58 dargestellt. Die

**Tabelle 57:**  
Deskriptive Statistik der maximalen Geschwindigkeit für die Situation VIa [km/h]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	49.1	64.1	56.8 (4.3)
64 bis 69	41	48.6	64.1	54.3 (3.6)
70 bis 74	29	45.7	62.1	54.2 (4.6)
ab 75	18	45.4	68.6	55.5 (6.8)

**Tabelle 58:**  
Deskriptive Statistik der maximalen Geschwindigkeit für die Situation VIb [km/h]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	52.3	75.0	60.6 (5.6)
64 bis 69	41	51.4	65.5	58.5 (3.7)
70 bis 74	29	52.6	72.6	60.2 (4.6)
ab 75	18	51.3	65.8	60.4 (4.4)

Unterschiede zwischen den Altersgruppen waren nicht signifikant ( $F(3, 82) = 1.16$ ,  $p = .33$ ;  $\eta^2 = .04$ ), ebenso wenig wie die Korrelation zwischen Alter und Geschwindigkeit (Kendall's  $\tau$ :  $.06$ ;  $p < .20$ ).

### Kurzbeschreibung Situation VII: Querung

Situation VII bezeichnete die Kreuzung Helmholzstraße/ Münchner Straße. Die Fahrer kamen aus der untergeordneten Helmholzstraße und mussten beide, durch einen mit einem Fußweg und mit Bäumen bepflanzten Mittelstreifen getrennte Richtungsfahrbahnen der Münchner Straße queren.



**Abbildung 67:**  
Situation VII: Querung einer Straße mit baulich getrennten Richtungsfahrbahnen

**Ergebnisse Situation VII: Dauer einer zweifachen Querung**

Die Dauer der Querung wurde als Zeitdifferenz zu Beginn und am Ende der Querung gemessen. Unterschiede zwischen den Altersgruppen waren nicht signifikant ( $F(3, 65) = 0.43, p = .73; \eta^2 = .02$ ) (Tabelle 59), ebenso wenig wie die Korrelation zwischen dem Alter und der Dauer der Querung (Kendall's  $\tau = -.01; p < .48$ ). Auffallend war trotz der nicht-signifikanten Unterschiede, dass die Gruppe der jüngsten Alten tendenziell länger brauchte als alle anderen Gruppen.

**Tabelle 59:**  
**Dauer der Querung einer zweibahnigen Straße: deskriptive Statistik [s]**

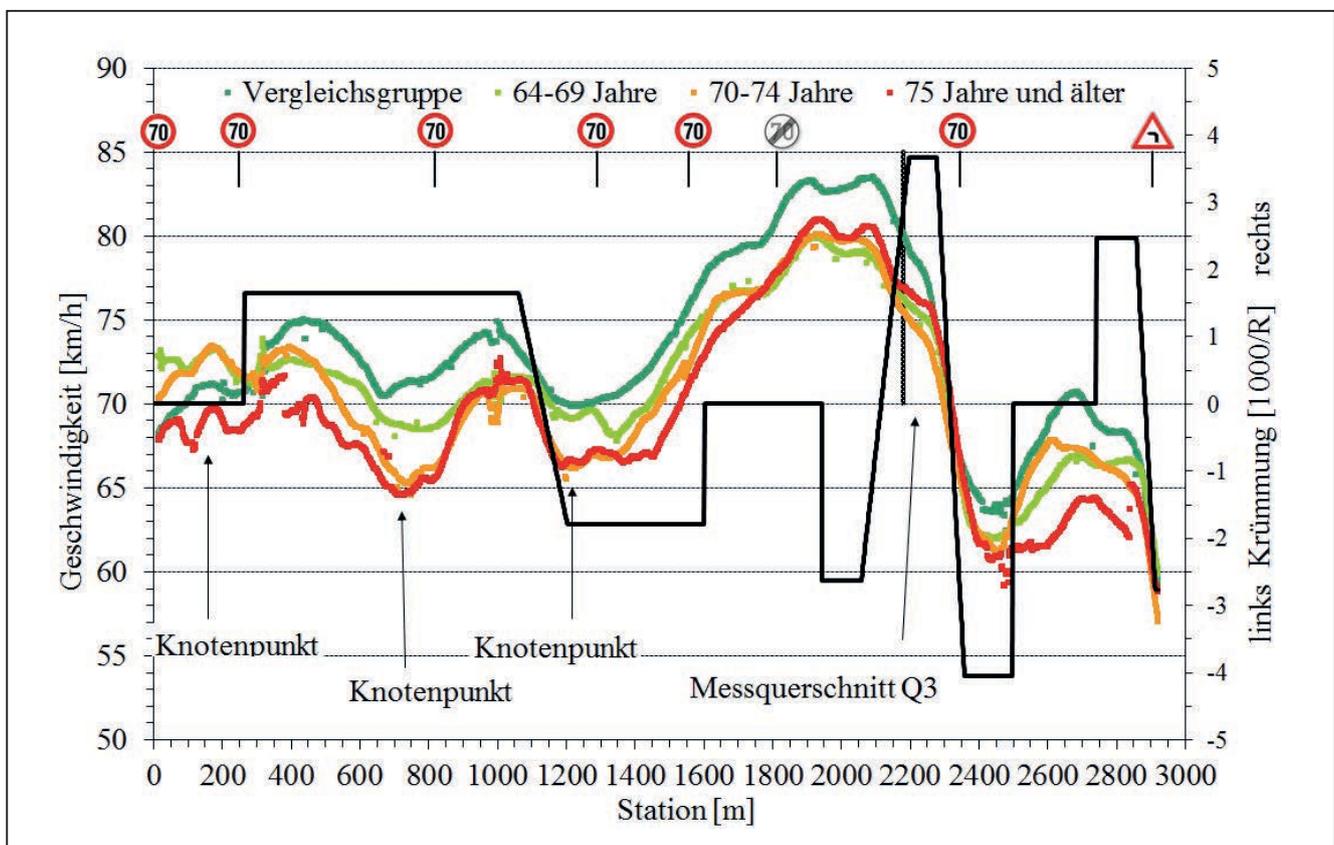
Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	8.3	33.8	16.3 (7.3)
64 bis 69	41	9.5	34.4	18.4 (7.7)
70 bis 74	29	7.2	40.4	16.6 (7.9)
ab 75	18	9.7	26.5	15.6 (7.2)

**3.8.3 Auswertung der Landstraßensituationen**

In Abbildung 68 sind zur Veranschaulichung der Daten die mittleren Geschwindigkeiten getrennt nach Altersgruppen über die gesamte Strecke 1 dargestellt. Für die statistische Auswertung der Daten ist diese Art der Darstellung jedoch nicht geeignet, da dafür einzelne Parameter benötigt werden. Daher werden im Folgenden sowohl die mittlere als auch die maximale Geschwindigkeit über den gesamten jeweiligen Abschnitt getrennt nach Altersgruppe und Abschnitt betrachtet.

Um valide Ergebnisse zu erhalten, wurden nur Fahrten betrachtet, bei denen der Proband auf dem jeweiligen Abschnitt freie Fahrt hatte. Dies wurde anhand der Videoaufzeichnung festgestellt.

Vor der eigentlichen Datenauswertung auf Unterschiede zwischen den Altersgruppen erfolgte die Auswertung



**Abbildung 68:**  
**Landstraße Strecke 1: Streckencharakteristika und mittlere Geschwindigkeiten getrennt nach Altersgruppen über gesamte Strecke**

der Unterschiede zwischen Radarmessungen und Probandenfahrten.

### 3.8.3.1 Vergleich der Probandenfahrten mit den Radarmessungen (Querschnittsmessungen)

Zunächst wurden alle Daten getrennt nach Strecke und Datenquelle (Probandenfahrt versus Radarmessung) auf Normalverteilung geprüft. Der KS-Test zeigt für alle Strecken der Probandenfahrten keine Abweichungen von der Annahme der Normalverteilung an. Dieser Test war für die Daten der Radarmessungen für alle Strecken signifikant. Zusätzlich wurden die Schiefe und die Kurtosis berechnet und die Histogramme visuell geprüft. Diese Prüfung ergab, dass die Annahme einer Normalverteilung auch für diese Daten aufrechterhalten werden konnte. Dementsprechend werden im Folgenden die Ergebnisse der univariaten ANOVA berichtet (Tabelle 60).

Wie Tabelle 60 zu entnehmen ist, wurden, mit Ausnahme der Strecke 2, auf allen Strecken in den Radarmessungen höhere Geschwindigkeiten als bei den Probandenfahrten gefahren.

Nach Ansicht der teilnehmenden Versuchsleiter dürfte dieser Effekt weniger auf Testeffekte bei den Probanden zurückzuführen sein, als vielmehr auf die Tatsache, dass die untersuchten Strecken den Probanden nicht, den per Radar gemessenen Fahrern aber sehr wohl bekannt gewesen sein dürften (Pendlerverkehr von mit den Strecken vertrauten Anwohnern).

**Tabelle 60:**  
**Zusammenfassung der Ergebnisse zum Vergleich der Probandenfahrten und der Querschnittsmessungen auf verschiedenen Landstraßenabschnitten [km/h]**

Datenquelle	Strecke 1	Strecke 2	Strecke 3	Strecke 4	Strecke 5
Probandenfahrt	76.8	64.42	63.53	83.18	78.35
Radarmessung	87.3	65.28	70.29	86.17	84.12
F-Statistik nach Welch (df1 = 1)	65.78	.69	35.09	6.59	19.04
df2	80.86	95.01	146.38	102.32	66.44
p	< .001	.70	< .001	< .05	< .001

### 3.8.3.2 Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Die Auswertung erfolgte getrennt nach Strecken, wobei immer zuerst der Mittelwert, danach der Maximalwert der Geschwindigkeit betrachtet wurde.

#### Strecke 1

Unterschiede zwischen den einzelnen Probandengruppen in der mittleren Geschwindigkeit über die Strecke 1 wurden nicht signifikant (Tabelle 64) ( $F(3,46)=1.37$ ,  $p=.27$ ;  $\eta^2=.08$ ). Bei Annahme der Normalverteilung der Daten (nicht signifikanter KS-Test) ergaben sich signifikante Zusammenhänge zwischen Alter und Geschwindigkeit, derart, dass mit zunehmendem Alter tendenziell langsamer gefahren wurde (Pearson  $r: -.29$ ;  $p<.05$ ).

**Tabelle 61:**  
**Landstraße Strecke 1: Deskriptive Statistik, Mittelwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	67.5	80.4	73.3 (4.0)
64 bis 69	41	65.5	78.5	71.2 (4.0)
70 bis 74	29	65.6	77.0	70.7 (3.6)
ab 75	18	63.1	74.1	69.5 (4.3)

Ähnlich zu den mittleren Geschwindigkeiten ergaben sich auch bei den maximal gefahrenen Geschwindigkeiten auf Strecke 1 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen (Tabelle 62) ( $F(3,46)=.34$ ,  $p=.80$ ;  $\eta^2=.02$ ). Die Korrelation zwischen Alter und maximaler Geschwindigkeit war ebenfalls nicht signifikant (Pearson  $r: -.12$ ;  $p=.20$ ).

**Tabelle 62:**  
**Landstraße Strecke 1: Deskriptive Statistik, Maximalwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	76.1	97.5	85.6 (7.9)
64 bis 69	41	70.3	94.1	82.5 (7.8)
70 bis 74	29	74.1	99.5	84.0 (8.2)
ab 75	18	75.9	95.4	83.1 (5.9)

## Strecke 2

Unterschiede zwischen den einzelnen Probandengruppen in der mittleren Geschwindigkeit über die Strecke 2 wurden nicht signifikant ( $F(3, 36) = 1.59$ ,  $p = .21$ ;  $\eta^2 = .12$ ). Bei Annahme der Normalverteilung der Daten (nicht signifikanter KS-Test) ergaben sich auch bei Strecke 2 signifikante Zusammenhänge zwischen Alter und Geschwindigkeit, derart, dass mit zunehmendem Alter tendenziell langsamer gefahren wurde (Pearson  $r = -.32$ ;  $p < .05$ ).

**Tabelle 63:**  
Landstraße Strecke 2: Deskriptive Statistik, Mittelwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	58.5	64.3	61.4 (2.3)
64 bis 69	41	52.8	65.9	59.4 (3.5)
70 bis 74	29	51.4	63.9	58.0 (4.1)
ab 75	18	55.8	60.8	58.3 (1.9)

**Tabelle 64:**  
Landstraße Strecke 2: Deskriptive Statistik, Maximalwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	62.9	73.0	68.4 (3.7)
64 bis 69	41	59.4	76.3	66.6 (4.9)
70 bis 74	29	56.4	74.4	64.8 (5.6)
ab 75	18	58.6	70.7	66.7 (4.0)

Auch bei den maximal gefahrenen Geschwindigkeiten auf Strecke 2 gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen (Tabelle 64) ( $F(3, 36) = .83$ ,  $p = .47$ ;  $\eta^2 = .07$ ). Die Korrelation zwischen Alter und maximaler Geschwindigkeit war ebenfalls nicht signifikant (Pearson  $r = -.18$ ;  $p = .13$ ).

## Strecke 3

Unterschiede zwischen den einzelnen Probandengruppen in der mittleren Geschwindigkeit über die Strecke 3 wurden annähernd signifikant ( $F(3, 48) = 2.46$ ,  $p = .07$ ;  $\eta^2 = .13$ ). Dies war auf die annähernd signifikanten Unterschiede zwischen der Vergleichsgruppe und der jüngsten Gruppe der älteren Fahrer zurückzuführen (post-hoc Vergleich nach Gabriel  $p = .09$ ). Bei Annahme der Normalverteilung der Daten (nicht signifikanter KS-Test) ergaben

sich auch bei Strecke 3 signifikante Zusammenhänge zwischen Alter und Geschwindigkeit, derart, dass mit zunehmendem Alter tendenziell langsamer gefahren wurde (Pearson  $r = -.28$ ;  $p < .05$ ).

**Tabelle 65:**  
Landstraße Strecke 3: Deskriptive Statistik, Mittelwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	50.0	70.6	63.0 (6.4)
64 bis 69	41	48.5	66.9	57.4 (5.5)
70 bis 74	29	50.5	65.6	57.6 (4.6)
ab 75	18	42.6	63.9	57.6 (6.9)

**Tabelle 66:**  
Landstraße Strecke 3: Deskriptive Statistik, Maximalwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	58.0	73.5	68.5 (5.1)
64 bis 69	41	50.7	76.1	64.1 (7.4)
70 bis 74	29	56.7	75.5	64.3 (5.6)
ab 75	18	52.3	72.5	64.5 (6.1)

Bei den maximal gefahrenen Geschwindigkeiten auf Strecke 3 gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen (Tabelle 66) ( $F(3, 47) = 1.14$ ,  $p = .34$ ;  $\eta^2 = .07$ ). Die Korrelation zwischen Alter und maximaler Geschwindigkeit war in der erwarteten Richtung annähernd signifikant (Pearson  $r = -.20$ ;  $p = .08$ ).

## Strecke 4

Unterschiede zwischen den einzelnen Probandengruppen in der mittleren Geschwindigkeit über die Strecke 4 wurden nicht signifikant ( $F(3, 36) = .93$ ,  $p = .44$ ;  $\eta^2 = .07$ ). Bei Annahme der Normalverteilung der Daten (nicht signifikanter KS-Test) ergaben sich bei Strecke 4 nur näherungsweise signifikante Zusammenhänge zwischen

**Tabelle 67:**  
Landstraße Strecke 4: Deskriptive Statistik, Mittelwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	68.8	78.2	72.9 (3.9)
64 bis 69	41	65.6	80.5	71.3 (4.5)
70 bis 74	29	64.8	75.0	69.5 (3.7)
ab 75	18	61.8	75.6	70.7 (4.3)

Alter und Geschwindigkeit, wobei die Richtung des Zusammenhangs mit den oben beschriebenen Ergebnissen übereinstimmte (Pearson  $r = -.24$ ;  $p = .07$ ).

Auch bei den maximal gefahrenen Geschwindigkeiten auf Strecke 4 gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen (Tabelle 68) ( $F(3,36) = .26$ ,  $p = .85$ ;  $\eta^2 = .02$ ). Die Korrelation zwischen Alter und maximaler Geschwindigkeit war ebenfalls nicht signifikant (Pearson  $r = .05$ ;  $p = .39$ ).

**Tabelle 68:**  
**Landstraße Strecke 4: Deskriptive Statistik, Maximalwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	79.0	89.1	84.3 (4.5)
64 bis 69	41	76.1	97.5	85.6 (6.8)
70 bis 74	29	77.9	99.1	84.3 (5.8)
ab 75	18	75.6	92.6	86.3 (5.6)

## Strecke 5

Unterschiede zwischen den einzelnen Probandengruppen in der mittleren Geschwindigkeit über die Strecke 5 wurden nicht signifikant ( $F(3,44) = 52$ ,  $p = .67$ ;  $\eta^2 = .04$ ). Bei Annahme der Normalverteilung der Daten (nicht signifikanter KS-Test) ergaben sich bei Strecke 5 keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Alter und Geschwindigkeit (Pearson  $r = -.10$ ;  $p = .26$ ).

**Tabelle 69:**  
**Landstraße Strecke 5: Deskriptive Statistik, Mittelwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	57.2	68.7	61.7 (4.5)
64 bis 69	41	49.9	73.9	59.3 (5.5)
70 bis 74	29	54.6	64.8	59.4 (3.1)
ab 75	18	50.1	64.3	59.7 (4.0)

Auch bei den maximal gefahrenen Geschwindigkeiten auf Strecke 5 gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen (Tabelle 70) ( $F(3,44) = .29$ ,  $p = .83$ ;  $\eta^2 = .02$ ). Die Korrelation zwischen Alter und maximaler Geschwindigkeit war ebenfalls nicht signifikant (Pearson  $r = .04$ ;  $p = .39$ ).

**Tabelle 70:**  
**Landstraße Strecke 5: Deskriptive Statistik, Maximalwert Geschwindigkeit je Altersgruppe [km/h]**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	26	70.8	100.5	81.2 (10.4)
64 bis 69	41	64.6	102.6	78.9 (10.7)
70 bis 74	29	70.7	92.7	80.6 (6.8)
ab 75	18	61.0	93.5	82.2 (9.5)

## Geschwindigkeitsverhalten an besonderen Punkten: schwer einsehbare Kuppe

Die ausgesuchte Stelle befand sich innerhalb der Strecke 3 und war gekennzeichnet durch eine einer Wanne folgenden Kuppe, die zudem nicht einsehbar war. Des Weiteren lag dieser Abschnitt auf einer Strecke mit sehr geringem Querschnitt. Insgesamt war also eine Reaktion der Fahrer zu erwarten, wobei diese nicht aus physikalischen Ursachen heraus zu erklären war (etwa durch die Zentripetalkraft in einer Kurve), sondern allein aus Sicherheitsüberlegungen heraus (mangelnde Vorausschau) erfolgen sollte.



**Abbildung 69:**  
**Landstraße besondere Punkte, Strecke 3, Punkt 3: Kuppe nach Wanne**

Als relevanter Parameter wurde die minimale Geschwindigkeit vor Erreichen der Kuppe gewählt (Tabelle 71). Die statistische Auswertung ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $F(3,47) = .51$ ,  $p = .68$ ;  $\eta^2 = .03$ ).

**Tabelle 71:**  
Landstraße besondere Punkte, Strecke 3, Punkt3: Deskriptive Statistik, minimale Geschwindigkeit vor Erreichen der Kuppe je Altersgruppe [km/h]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	9	44.3	66.6	55.3 (7.5)
64 bis 69	18	40.7	65.5	51.9 (7.6)
70 bis 74	14	40.4	65.2	52.4 (5.8)
ab 75	10	37.9	61.0	52.7 (6.5)

**Tabelle 72:**  
Landstraße besondere Punkte, Strecke 4, Punkt2: Deskriptive Statistik, minimale Geschwindigkeit am Ortseingang je Altersgruppe [km/h]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	5	55.7	78.5	63.4 (9.8)
64 bis 69	13	48.7	78.0	59.7 (9.4)
70 bis 74	14	44.0	88.1	59.7 (10.6)
ab 75	9	48.0	81.4	65.2 (12.3)

### Geschwindigkeitsverhalten an besonderen Punkten: Ortseinfahrt

Die Ortseinfahrt Possendorf war relativ schlecht einsehbar und lag am Ende einer neu ausgebauten Straße (Strecke 4). Weiter war der formelle Ortseingang, gekennzeichnet durch das Zeichen 310 (Ortseingangsschild), nicht direkt zu erkennen, da die linke Seite der Straße bis nach einer Kurve unbebaut war und dem Charakter der durchfahrenen Strecke entsprach (Abbildung 70).

Ausgewertet wurde die minimale Geschwindigkeit am Ortseingangsschild.

Die statistische Auswertung ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 37) = .69$ ,  $p = .57$ ;  $\eta^2 = .05$ ).



**Abbildung 70:**  
Landstraße besondere Punkte, Strecke 4, Punkt2: Ortseingang

### 3.8.3.3 Unterschiede zwischen den Altersgruppen auf Landstraßen: Fazit

Insgesamt ist festzuhalten, dass es keine statistisch nachweisbaren Unterschiede im Geschwindigkeitsverhalten zwischen den verschiedenen Altersgruppen auf Landstraßen gab. Dies betraf sowohl das durchschnittliche Geschwindigkeitsverhalten über längere Abschnitte als auch das Verhalten an besonders relevanten Stellen.

Gefunden wurden dagegen mehrere signifikante Korrelationen zwischen kalendarischem Alter und Geschwindigkeit. Auch wenn diese nicht besonders hoch waren, war ein Trend zu erkennen, dass mit zunehmendem Alter langsamer gefahren wird.

Bei Vorliegen eines derartigen Ergebnismusters (keine Unterschiede zwischen Altersgruppen, aber Korrelationen mit dem Alter) stellt sich die Frage, warum die Unterschiede zwischen den Altersgruppen nicht signifikant wurden. Bei Betrachtung der deskriptiven Statistik fällt zunächst die hohe Varianz in den Daten je Altersgruppe auf. Die Schwankungen innerhalb einer Gruppe waren meist größer als die Unterschiede zwischen den Gruppen. Dieses Muster in Verbindung mit der, durch die Notwendigkeit, nur freie Fahrten nutzen zu können, bedingten verringerten Stichprobengröße, sind als Ursache anzusehen. Festzuhalten bleibt, dass eine Vorhersage der Geschwindigkeit allein aufgrund der Zugehörigkeit zu einer Altersgruppe nicht möglich ist.

### 3.8.4 Auswertung der Autobahnabschnitte

#### 3.8.4.1 Auswertung der Geschwindigkeiten

In Tabelle 73 sind die Unterschiede in den maximalen Geschwindigkeiten getrennt nach Abschnitten dargestellt. Auf einen Blick auffallend ist, dass es bei keinem Abschnitt signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Altersgruppen gab. Auch die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und den maximalen Geschwindigkeiten je Abschnitt zeigte keinerlei signifikante Zusammenhänge.

Ebenso wie für die maximal gefahrenen Geschwindigkeiten auf den Streckenabschnitten gab es auch für die Geschwindigkeiten an besonderen Punkten wie Geschwindigkeitsbegrenzungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Auch die Korrelationen zwischen Alter und den Geschwindigkeiten an diesen besonderen Orten wurden nicht signifikant.

**Tabelle 73:**  
Maximale Geschwindigkeiten auf der Autobahn [km/h]: Übersicht der Unterschiede zwischen Altersgruppen und der Zusammenhänge mit dem Alter getrennt nach Streckenabschnitten

Alter (Jahre)	Deskriptive Statistik		Ergebnisse der Varianzanalyse			Ergebnisse der Korrelation mit Alter [Jahre]	
	M	SD	F	p	$\eta^2$	$\tau$	p
<b>Abschnitt 0811 Hinrichtung</b>							
bis 55	130.1	14.9	.89	.46	.03	-.01	.45
64 bis 69	135.1	17.7					
70 bis 74	128.7	14.5					
ab 75	134.2	18.9					
<b>Abschnitt 0506 Hinrichtung</b>							
bis 55	137.8	16.3	1.25	.30	.04	.01	.43
64 bis 69	140.0	21.0					
70 bis 74	134.0	14.3					
ab 75	146.3	18.1					
<b>Abschnitt 0607 Hinrichtung</b>							
bis 55	137.9	16.4	.45	.72	.02	-.04	.30
64 bis 69	137.1	18.2					
70 bis 74	132.5	17.4					
ab 75	135.8	15.4					
<b>Abschnitt 0607 Rückrichtung</b>							
bis 55	137.8	15.1	.76	.52	.03	-.02	.40
64 bis 69	133.8	17.8					

70 bis 74	130.2	14.5					
ab 75	133.7	18.4					
<b>Abschnitt 0506 Rückrichtung</b>							
bis 55	78.1	6.2	2.28	.09	.08	-.09	.15
64 bis 69	72.7	9.6					
70 bis 74	73.5	7.8					
ab 75	71.4	7.6					
<b>Abschnitt 0811 Rückrichtung</b>							
bis 55	127.8	12.5	1.23	.30	.04	-.04	.36
64 bis 69	127.5	16.7					
70 bis 74	120.4	11.5					
ab 75	127.6	18.5					

**Tabelle 74:**  
Geschwindigkeiten auf der Autobahn an relevanten Punkten: Übersicht der Unterschiede zwischen Altersgruppen und der Zusammenhänge mit dem Alter getrennt nach relevanten Punkten

Alter (Jahre)	Deskriptive Statistik		Ergebnisse der Varianzanalyse			Ergebnisse der Korrelation mit Alter [Jahre]	
	M	SD	F	p	$\eta^2$	$\tau$	p
<b>Hinrichtung Station 6060 100 m vor Tempolimit 130 (Zeichen 274 - 63)</b>							
bis 55	126.6	9.4	.76	.52	.03	-.01	.49
64 bis 69	124.4	18.9					
70 bis 74	125.3	16.3					
ab 75	133.7	21.4					
<b>Hinrichtung Station 6160 am Tempolimit 130 (Zeichen 274 - 63)</b>							
bis 55	124.7	9.5	1.54	.21	.06	-.01	.45
64 bis 69	119.5	15.6					
70 bis 74	124.2	15.1					
ab 75	130.7	18.5					
<b>Hinrichtung Station 6550 am Tempolimit 100 (Zeichen 274 - 60)</b>							
bis 55	112.2	10.6	1.82	.15	.06	-.01	.46
64 bis 69	104.9	13.1					
70 bis 74	109.9	11.7					
ab 75	111.6	14.4					
<b>Hinrichtung Station 7340 an Aufhebung Tempolimits (Zeichen 282)</b>							
bis 55	107.8	8.9	.84	.48	.03	-.07	.19
64 bis 69	104.2	11.2					
70 bis 74	108.2	10.0					
ab 75	105.4	12.9					
<b>Hinrichtung Station 7440 100 m nach Aufhebung Tempolimits (Zeichen 282)</b>							
bis 55	112.4	11.5	.86	.47	.03	-.02	.40
64 bis 69	108.1	12.9					
70 bis 74	112.9	10.9					
ab 75	110.5	12.8					

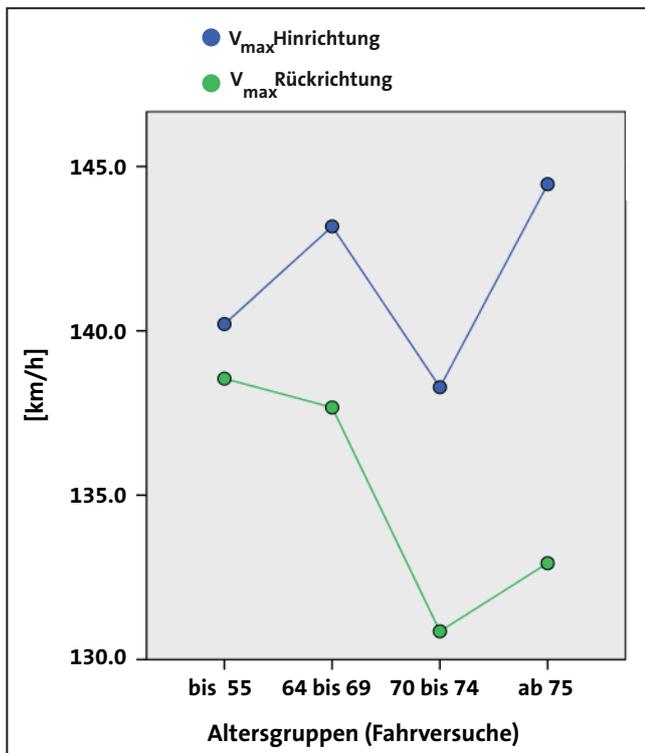


Abbildung 71: Unterschiede zwischen den Altersgruppen in den maximalen Geschwindigkeiten getrennt nach Hin- und Rückrichtung auf der Autobahn

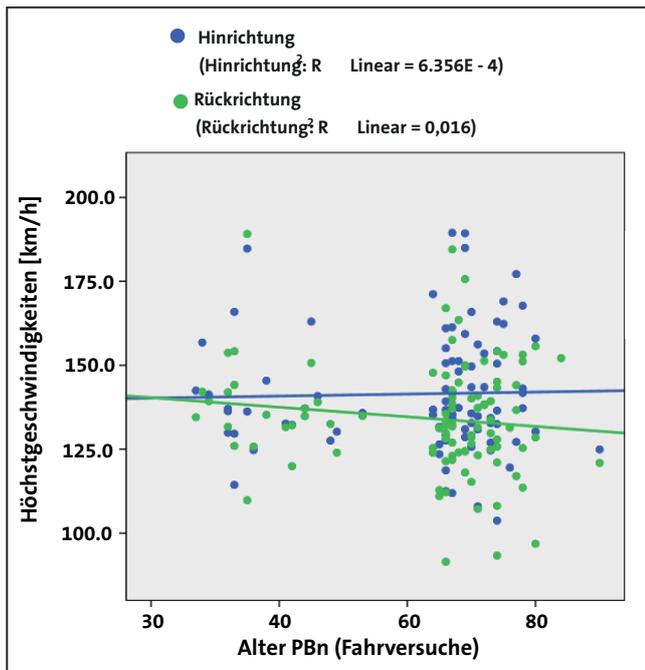


Abbildung 72: Maximale Geschwindigkeit auf der Autobahn, Unterschiede zwischen Hin- und Rückrichtung und Zusammenhang mit Alter

Für die Interpretation der Ergebnisse zum Geschwindigkeitsverhalten insgesamt sind die Ergebnisse zu Abbildung 71 und Abbildung 72 relevant. Wird die Altersgruppe als Faktor verwendet, zeigte sich ein signifikanter Effekt der Richtung (auf der Hinrichtung wurde insgesamt schneller gefahren: 141.4 km/h versus 135.5 km/h;  $F(24.4, 66.1) = 24.40$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .22$ ) und sonst kein weiterer signifikanter Effekt. Wurde das Alter als Kovariate mit einbezogen, wurde der Effekt der Richtung nicht mehr signifikant, wohl aber der Wechselwirkungseffekt zwischen Richtung und Alter ( $F(297.0, 87) = 4.52$ ,  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .05$ ). Dies lässt sich, mit der gegebenen Vorsicht, so interpretieren, dass Ältere das von ihnen selbst gewählte hohe Tempo am Anfang nicht bis zum Schluss durchhalten konnten oder wollten.

### 3.8.4.2 Auswertung des Blickverhaltens

Nach den Befunden für die Stadtfahrten wurden auch für die Autobahnfahrten auf freier Strecke die Schulterblicke näher analysiert. Diese wurden getrennt nach Ausschervorgängen und den Einfahrten auf die Autobahn aufgenommen und für die statistische Auswertung an der Anzahl der Ausschervorgänge und der Einfahrten auf die Autobahn relativiert. Die Ergebnisse (Boxplots) sind in Abbildung 73 dargestellt.

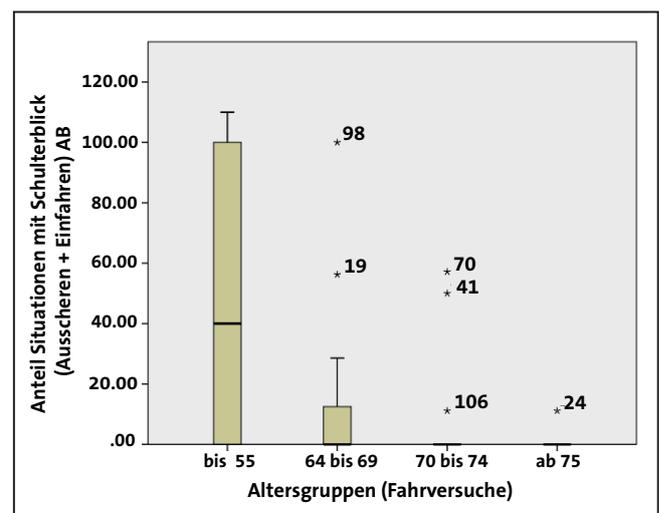
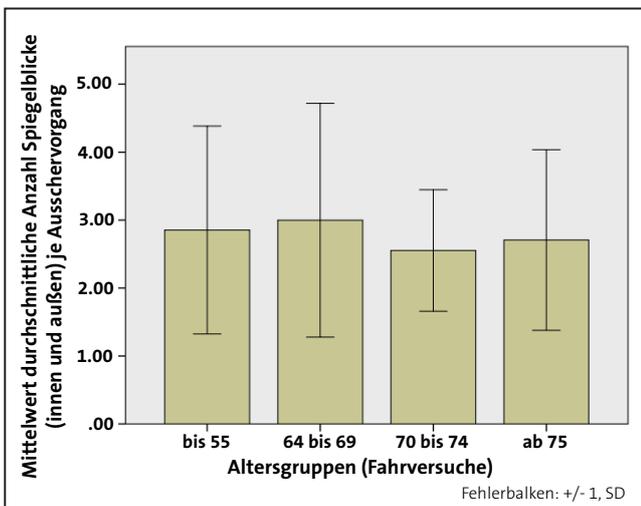


Abbildung 73: Boxplots der Anteile der Situationen mit Schulterblick, die einen Schulterblick erfordern (Ausschere und Einfahren). Getrennt nach Altersgruppen

Da die Werte nicht normalverteilt waren, wurden die Daten mit dem Kruskal-Wallis-Test ausgewertet. Dieser ergab höchst signifikante Unterschiede ( $p < .001$ ).

Des Weiteren wurde die durchschnittliche Anzahl der Spiegelblicke (sowohl Innen- als auch Außenspiegel) getrennt nach Ausschervorgängen (Abbildung 74) und Einschervorgängen (Abbildung 75) berechnet und statistisch ausgewertet. Die statistische Auswertung ergab keine signifikanten Unterschiede für die Spiegelbenutzung beim Ausscheren (KW-Test,  $p = .93$ ), aber signifikante Unterschiede für die Spiegelnutzung beim Einscheren (KW-Test,  $p < .05$ ). Diese Unterschiede wurden weiter auf Unterschiede zwischen den einzelnen Altersgruppen untersucht (Mann-Whitney-U-Test). Es zeigte sich, dass die Vergleichsgruppe signifikant mehr Spiegelblicke beim Einscheren aufwies als alle Versuchsgruppen ( $p < .05$ ).

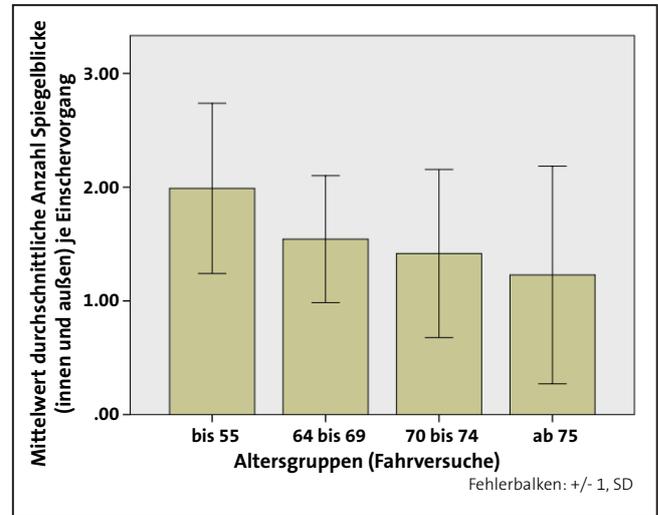
Unterschiede innerhalb der Gruppe der älteren Versuchsgruppen waren nicht signifikant.



**Abbildung 74:** Mittelwerte und Standardabweichung der durchschnittlichen Anzahl an Spiegelblicken beim Ausscheren, getrennt nach Altersgruppen

### 3.8.4.3 Auswertung der Autobahnabschnitte: Fazit

Zunächst wurden keine signifikanten Unterschiede im Geschwindigkeitsverhalten zwischen den Altersgruppen gefunden. Bedenkt man die mit dem Alter abnehmende Leistungsfähigkeit, die auch für die hier vorliegende Stich-



**Abbildung 75:** Mittelwerte und Standardabweichung der durchschnittlichen Anzahl an Spiegelblicken beim Einscheren, getrennt nach Altersgruppen

probe im Labor deutlich wurde, könnte dies als mangelndes Kompensationsverhalten interpretiert werden. Möglicherweise ist das Fahren auf Autobahnen aber auch so wenig fordernd, dass, subjektiv gesehen, kein Kompensationsverhalten notwendig ist.

Unter Berücksichtigung der Unterschiede zwischen Hin- und Rückrichtung zeigte sich ein differenzierteres Bild: so wurde mit zunehmendem Alter in Rückrichtung langsamer gefahren. Bedenkt man, dass die Fahrt des Abschnittes in Rückrichtung am Ende der gesamten Fahrt erfolgte, kann dies als Anzeichen von Ermüdung oder Kompensation interpretiert werden. Zu beachten ist auch hier, dass eine sehr große Varianz der Daten innerhalb der einzelnen Altersgruppen vorliegt.

Problematisch war das Blickverhalten der älteren Fahrer: Ab einem Alter von 65 Jahren und weiter mit dem Alter zurückgehend, findet sich eine deutliche Abnahme bis hin zu einem vollständigen Verzicht auf Schulterblicke beim Auffahren auf die Autobahn und beim Ausscheren. Keine Unterschiede zwischen den Altersgruppen gab es bei der durchschnittlichen Anzahl an Spiegelblicken in eben diesen Ausschersituationen. Dies bedeutet jedoch auch, dass Ältere den fehlenden Schulterblick nicht mit häufigeren Spiegelblicken zu kompensieren versuchten.

Deutliche Unterschiede in der durchschnittlichen Anzahl der Spiegelblicke wurden wieder beim Einscheren gefunden: hier hatten alle älteren Versuchsgruppen deutlich weniger Spiegelblicke zu verzeichnen als die jüngere Vergleichsgruppe.

### 3.9 Zusammenhang Leistung in den Labortests und Fahrverhalten

Je nach Datenniveau der vorherzusagenden Variablen mussten für diese Aufgabe unterschiedliche statistische Verfahren verwendet werden. So wurde für die dichotome Variable Blickverhalten in Situation Ia (kodiert als „Blick nach links und rechts“ und „Blick nur links“) eine binäre logistische Regression gerechnet. Für die annähernd normalverteilten Geschwindigkeitsdaten konnten lineare Regressionsanalysen gerechnet werden.

#### 3.9.1 Prädiktoren

Für die Vorhersage des Fahrverhaltens auf der Versuchsstrecke im Feld wurden die gleichen Prädiktoren wie für die Vorhersage des Fahrverhaltens im Simulator verwendet:

- Alter
- physiologische Leistungsfähigkeit
  - Sehschärfe (Kontrast 100%, logarithmiert)
  - Sehschärfe (Kontrast 10%, logarithmiert)
  - peripheres Sehen (PP): Gesichtsfeld (Wiener Testsystem)
  - kognitive Leistungsfähigkeit
  - Verarbeitungsgeschwindigkeit (UFOV-Test)
  - selektive Aufmerksamkeit (UFOV-Test)
  - geteilte Aufmerksamkeit (UFOV-Test)
  - Stroop-Test: mittlere RT inkompatible Reize (IfADO-Tests)
  - visuelle Suche RT nur wenn Zielreiz vorhanden (IfADO-Tests)
  - visuelle Suche Anteil ausgelassener Reize (IfADO-Tests)
  - Go-NoGo-Task Mittelwert Reaktionszeit aller richtigen Reaktionen
  - Cognitrone, mittlere Zeit für korrekte Zurückweisungen (um die Stichprobe nicht noch weiter zu verringern, werden die nicht-korrigierten Werte verwendet) (Wiener Testsystem)

- Reaktionstest RT, mittlere Reaktionszeit (Wiener Testsystem)
- Überblicksgewinnung (ATAVT Personenparameterschätzer) (Wiener Testsystem)
- motorische Leistungsfähigkeit
  - Reaktionstest RT, mittlere motorische Zeit (Wiener Testsystem)
  - Mittlere Dauer 2Hand-Test (Wiener Testsystem)
- differentielle Eigenschaften
  - Risikoaversion ohne Ausreißer (WRBTV, Wiener Testsystem)
  - Spannungsbedürfnis & Abenteuerlust (IVPE, Wiener Testsystem)

#### 3.9.2 Situation Ia: Blickverhalten an einer komplexen Kreuzung

Für die Auswertung der Situation wurde die Methode binäre logistische Regression verwendet. Zuerst wurden alle Prädiktoren in die Gleichung einbezogen.

Es ergab sich ein insgesamt gutes Modell, dessen Vorhersagekraft besser war als die Ausgangslösung (Omnibus Test Statistik:  $X^2(18) = 30.16$ ,  $p < .05$ ). Weiter zeigte sich die Qualität des Modells durch den nicht signifikanten Homer-Lemeshow-Test ( $X^2(8) = 3.19$ ,  $p = .92$ ). Auch die anderen Test-Statistiken waren zufriedenstellend: Cox & Snellen Pseudo R=47 und Nagelkerkes R-Quadrat= .69. Die Klassifikationsstatistik kann als gut angesehen werden, es wurden 85,4% der Fälle richtig klassifiziert. Dennoch offenbarte sich bei näherem Hinsehen ein entscheidender Nachteil dieser Vorhersage: von den für die Vorhersage verwendeten Variablen leistete nur eine einen signifikanten Beitrag zur Vorhersage. Dies ist die Variable Spannungsbedürfnis und Abenteuerlust des IVPE-Tests.

Die Lösung allein mit der Variablen Spannungsbedürfnis und Abenteuerlust muss notwendigerweise an Qualität verlieren, zumindest wenn die Vorhersagegüte für den gleichen Datensatz verwendet wird. Dies zeigte sich erwartungsgemäß in den statistischen Kennzahlen. So verfehlte der Omnibus-Test in diesem Fall die Signifikanzgrenze, wenn auch nur knapp (Omnibus Test Statistik:  $X^2(1) = 3.07$ ,  $p = .08$ ). Weiter war der Homer-Lemeshow-

**Tabelle 75:**  
**Vorhersage des Verhaltens: Ergebnisse binäre logistische Regression für das Blickverhalten an einer komplexen Kreuzung**

Variable	B	SE	Wald (df=1)	p	OR	CI 95%	
<b>Ausschnitt der Lösung mit allen Prädiktoren (dargestellt ist nur der Prädiktor TAivpe)</b>							
TAivpe	-2.21	1.07	4.30	.04	.11	.01	.88
<b>Vollständige Lösung der logistischen Regression ausschließlich mit TAivpe</b>							
TAivpe	-.20	.12	2.80	.09	.82	.65	1.04
Konstante	-.48	.46	1.06	.30	.62		

Anmerkung:

TAivpe = Spannungsbedürfnis und Abenteuerlust des IVPE

Test signifikant, was auf einen schlechten Modell-Fit hindeutet ( $X^2(6) = 16.32$ ,  $p = .01$ ). Auch die anderen Test-Statistiken nahmen im Vergleich zur Lösung mit allen Variablen deutlich ab: Cox & Snellen Pseudo R = .03 und Nagelkerkes R-Quadrat = .05. Dennoch brachte die Klassifizierung noch 76% korrekt klassifizierte Fälle. Berücksichtigt man die deutliche Reduzierung der Prädiktoren, ist dies ein durchaus bedeutender Beitrag.

Inhaltlich interessant ist, dass es sich bei dieser Variablen um einen motivationalen Parameter handelt. Dies könnte man so interpretieren, dass es sich bei dem Nicht-nach-rechts-Schauen um ein Nicht-Wollen und nicht um ein Nicht-Können handelt. Inhaltlich besagt die Richtung, dass Personen mit einem niedrigen Spannungsbedürfnis eher nur nach links sahen als Personen mit einem hohen Spannungsbedürfnis.

### 3.9.3 Situation IIb: Blickverhalten beim Linksabbiegen

Zur Überprüfung des vorher genannten Zusammenhangs wurde eine zweite Situation mit Blickverhalten verwendet. In dieser Situation zeigten Ältere ein tendenziell, aber nicht signifikant, besseres Blickverhalten als jüngere Fahrer. Handelt es sich bei obigem Effekt um einen stabilen Prädiktor, müsste er auch in dieser Situation signifikant werden.

Die Ergebnisse der logistischen Regression entsprachen nicht diesen Erwartungen. Wiederum lieferte zwar nur

eine Variable einen annähernd signifikanten Beitrag zur Erklärung des Blickverhaltens. Diese Variable war in Situation IIb allerdings nicht das Spannungsbedürfnis sondern die selektive Aufmerksamkeit des UFOV-Tests (Tabelle 76). Bei der Entscheidung für oder gegen diesen Prädiktor muss weiter bedacht werden, dass das Vertrauensintervall von unter eins bis knapp darüber reicht, was einem Vorzeichenwechsel bei der Vorhersage gleichkommt. Da dies möglicherweise am Einfluss der übrigen Variablen lag, wurde auch hier eine logistische Regression nur mit der selektiven Aufmerksamkeit gerechnet.

Zunächst soll aber die Güte der Regression berichtet werden. Diese kann als gut bis mittelmäßig bezeichnet werden: Omnibus Test Statistik:  $X^2(18) = 20.04$ ,  $p = .33$ ; nicht signifikanter Homer-Lemeshow-Test ( $X^2(8) = 11.40$ ,  $p = .18$ ); Cox & Snellen Pseudo R = .34 und Nagelkerkes R-Quadrat = .46. Die Klassifizierung ergab 77% korrekt klassifizierte Fälle.

Wie Tabelle 76 zu entnehmen ist, verliert die Variable selektive Aufmerksamkeit bei alleiniger Betrachtung an Vorhersagekraft. Auch insgesamt verliert das Modell deutlich an Güte: Omnibus Test Statistik:  $X^2(1) = .39$ ,  $p = .23$ ; signifikanter Homer-Lemeshow-Test ( $X^2(8) = 17.53$ ;  $p < .05$ ; Cox & Snellen Pseudo R = .02 und Nagelkerkes R-Quadrat = .03. Die Klassifizierung ergab 56% korrekt klassifizierte Fälle.

**Tabelle 76:**  
**Vorhersage des Verhaltens: Ergebnisse binäre logistische Regression für das Blickverhalten beim Linksabbiegen**

Variable	B	SE	Wald (df=1)	p	OR	CI 95%	
<b>Ausschnitt der Lösung mit allen Prädiktoren (dargestellt ist nur der Prädiktor Selektive A)</b>							
Selektive A	-.02	.01	3.56	.06	.98	.97	1.01
<b>Vollständige Lösung der logistischen Regression ausschließlich mit TAivpe</b>							
Konstante	.31	.63	.25	.62	1.37		
Selektive A	-.01	.01	1.31	.25	.99	.99	1.01

Anmerkung:

Selektive A = Selektive Aufmerksamkeit des UFOV-Test

### 3.9.4 Situation IVa: Blickverhalten beim Rechtsabbiegen

Vor der eigentlichen Regressionsanalyse wurde diese Variable umkodiert, so dass sich annähernd eine normalverteilte Variable ergibt<sup>6)</sup>. Die Ausprägung dieser annähernd normalverteilten Variablen wurde im nächsten Schritt mit einer linearen Regression vorhergesagt.

Trotz zahlreicher signifikanter Korrelationen mit der abhängigen Variablen, wurde die Regression mit der Methode Einschluss nicht signifikant. In einem zweiten Schritt wurde daher eine schrittweise Analyse gerechnet, wobei nur diejenigen Variablen berücksichtigt wurden, die eine signifikante Korrelation mit der abhängigen Variable aufwiesen.

Im Ergebnis der schrittweisen Analyse wurde das kalendrische Alter als einzige Variable in die Regression aufgenommen und lieferte dort einen hoch signifikanten Beitrag zur Erklärung des Verhaltens (Tabelle 77).

**Tabelle 77:**  
Ergebnisse der linearen Regression für den Blickindex beim Rechtsabbiegen in Situation IVa

Variable	B	SE B	$\beta$	T	p
Konstante	6.05	.64			
Alter	-.05	.01	-.54	-4.89	< .001

Anmerkung:  
 $R^2 = .30$ , Korrigiertes  $R^2 = .28$ ,  $F(1,57) = 23.87$ ,  $p < .001$

Dieses Ergebnis ist aussagekräftig insofern, als Alter an sich eben doch auch ein relevanter Prädiktor des Verhaltens sein kann. Dass Alter alleine deswegen noch kein guter Prädiktor ist, sieht man an den 70% ungeklärter Varianz im Modell. Dass keine anderen Prädiktoren in das Modell aufgenommen wurden, kann an den Verteilungen der anderen Variablen in Verbindung mit den strengen Kriterien liegen, die die Regressionsanalyse an die Aufnahme von Variablen setzt.

Um Hinweise auf die Relevanz weiterer Prädiktoren zu erhalten, wurde daher die Regression noch einmal durchge-

<sup>6)</sup> Umkodierung erfolgte nach dem Schema: (0=1) (1=2) (3=3) (4=4) (5=4) (6=4) (8=5) (9=5)

**Tabelle 78:**  
Ergebnisse der linearen Regression für den Blickindex beim Rechtsabbiegen in Situation IVa, durchgeführt ohne den Prädiktor „Alter“

Variable	B	SE B	$\beta$	T	p
Konstante	.59	1.04			
Gesichtsfeld	.02	.01	.30	2.44	.02
Überblicksgewinnung (ATAVT)	.41	.19	.27	2.18	.03

Anmerkung:  
 $R^2 = .20$ , Korrigiertes  $R^2 = .17$ ,  $F(1,56) = 4.74$ ,  $p < .05$ .

führt, allerdings ohne die Variable Alter. Es zeigte sich zwar eine insgesamt schlechtere Varianzaufklärung, doch war auch dieses Modell mit den beiden Prädiktoren Gesichtsfeld und Überblicksgewinnung signifikant (Tabelle 78).

### 3.9.5 Geschwindigkeitsverhalten

Für die Vorhersage des Geschwindigkeitsverhaltens mit Prädiktoren wurden verschiedene Situationen betrachtet. Wie bei den oben dargestellten Situationen wurden nur diejenigen Variablen in eine schrittweise Regression einbezogen, die mit dem vorherzusagenden Verhalten signifikant korrelierten.

Für das Geschwindigkeitsverhalten in der Stadt wird die maximale Geschwindigkeit zwischen den Situationen Ia und Ib (Querung des sogenannten „Nürnberger Ei“) betrachtet. Diese Situation lag zwischen den beiden sehr anspruchsvollen Situationen Ia und Ib und es wird vermutet, dass daher Unterschiede in der Leistungsfähigkeit zwischen Versuchspersonen zum Tragen kommen. Die Ergebnisse einer schrittweisen Regression mit denjenigen Variablen, die eine signifikante Korrelation mit der Geschwindigkeit aufwiesen, ist in Tabelle 79 dargestellt.

Die Varianzaufklärung der maximalen Geschwindigkeit durch die beiden Prädiktoren „Mittlere Zeit für korrekte Zurückweisung“ und „Mittlere motorische Zeit“ betrug 17%. Dieser Wert scheint zunächst nicht besonders hoch, muss aber an der Vielzahl der Einflüsse relativiert werden, die auf das Geschwindigkeitsverhalten einwirken, und gewinnt so an Bedeutung.

**Tabelle 79:**  
Ergebnisse der linearen Regression für die maximale Geschwindigkeit in der Innenstadt zwischen den Situationen Ia und Ib

Variable	B	SE B	$\beta$	$\tau$	p
Konstante	35.08	2.36		14.89	.00
Mittlere Zeit für korrekte Zurückweisung (Cognitrone)	-2.00	0.69	-.032	-2.89	.01
Mittlere motorische Zeit (RT)	-0.01	0.01	-0.24	-2.18	.03

Anmerkung:  
 $R^2 = .19$ , Korrigiertes  $R^2 = .17$ ,  $F(1,69) = 4.73$ ,  $p < .05$

**Tabelle 80:**  
Ergebnisse der linearen Regression für die mittlere Geschwindigkeit auf der Landstraße (Strecke 1)

Variable	B	SE B	$\beta$	$\tau$	p
Konstante	83.43	5.90		14.13	0.00
Mittlere RT visuelle suche bei vorh. Zielreiz	-7.13	3.42	-0.29	-2.08	0.04

Anmerkung:  
 $R^2 = .09$ , Korrigiertes  $R^2 = .07$ ,  $F(1,46) = 4.34$ ,  $p < .04$

Für die mittlere Geschwindigkeit auf der Landstraße (Strecke 1) waren dies die Variablen Alter und mittlere Reaktionszeit der visuellen Suche, wenn ein Reiz vorhanden war. Die Ergebnisse der schrittweisen Regression sind in Tabelle 80 dargestellt.

Die Befunde zeigen, dass umso langsamer gefahren wurde, je höher die Reaktionszeit war. Zu beachten ist die sehr geringe, aber statistisch signifikante, Varianzaufklärung.

Analog zu obiger Analyse wurde die Analyse für Strecke 3 berechnet. Hier korrelierten Alter, selektive Aufmerksamkeit und die Überblicksgewinnung signifikant mit dem Verhalten.

**Tabelle 81:**  
Ergebnisse der linearen Regression für die mittlere Geschwindigkeit auf der Landstraße (Strecke 3)

Variable	B	SE B	$\beta$	$\tau$	p
Konstante	63.89	2.32		27.55	.00
Selektive Aufmerksamkeit	-0.03	0.01	-0.43	-2.54	.02

Anmerkung:  
 $R^2 = .19$ , Korrigiertes  $R^2 = .16$ ,  $F(1,28) = 6.47$ ,  $p < .05$

Je geringer der Wert in der selektiven Aufmerksamkeit, desto schneller wird also gefahren (Tabelle 81). Da geringere Werte im Test „Selektive Aufmerksamkeit“ einer besseren Leistung entsprechen, könnte dieser Befund als Hinweis auf eine Kompensation gedeutet werden.

Als dritte Strecke der Landstraße wurde die maximale Geschwindigkeit auf der Strecke 5 betrachtet. Da hier allerdings keine der als Prädiktoren ausgewählten Variablen mit dem entsprechenden Verhalten korrelierte, wurden keine weiteren Berechnungen durchgeführt.

Weiter wurde das Geschwindigkeitsverhalten auf der Autobahn betrachtet. Dazu wurden aufgrund der starken Unterschiede in der Hin- und Rückrichtung zwei ausgewählte Abschnitte betrachtet, zum Einen der erste Abschnitt in Hinrichtung (0811 H) und zum Anderen der letzte Abschnitt in Rückrichtung (0811 R).

**Tabelle 82:**  
Ergebnisse der linearen Regression für die Geschwindigkeit auf der Autobahn (Abschnitt 0811 in Rückrichtung)

Variable	B	SE B	$\beta$	$\tau$	p
Konstante	96.52	10.92		8.84	.00
Gesichtsfeld	0.20	0.07	0.30	2.71	.01

Anmerkung:  
 $R^2 = .09$ , Korrigiertes  $R^2 = .08$ ,  $F(1,72) = 7.36$ ,  $p < .05$

In Hinrichtung ergaben sich keinerlei signifikante Korrelationen, weswegen für diesen Abschnitt auch keine Regressionsanalyse gerechnet wird. Als möglich Ursache für die fehlenden Korrelationen können individuell unterschiedliche Strategien, mit der Gewöhnung an das Auto umzugehen, genannt werden: einige Fahrer waren möglicherweise aufgrund eigener leistungsstarker Autos gänzlich unbeeindruckt, andere wollten auf dem ersten Autobahnabschnitt die Leistungsgrenzen des Versuchsfahrzeugs zumindest antesten, wieder andere fuhren möglicherweise gerade wegen des Versuchsfahrzeugs besonders vorsichtig.

Für die Rückrichtung des Abschnittes sind die Ergebnisse in Tabelle 82 dargestellt. Neben dem Gesichtsfeld war auch die Korrelation mit der mittleren motorischen Zeit im Reaktionstest (RT) signifikant, konnte jedoch nichts zur Güte der Regression beitragen.

### 3.9.6 Zusammenfassung zur Prädiktion des Verhaltens in den Fahrversuchen

Für den überwiegenden Teil des Verhaltens in den hier dargestellten Situationen konnte mit Hilfe verschiedener Regressionsansätze über die Prädiktoren eine überzufällig gute Vorhersage des Verhaltens erzielt werden. Die Qualität der Vorhersage variierte stark zwischen der Art des Verhaltens. Für das Blickverhalten war die Vorhersage tendenziell gut, weniger gut war die Vorhersage für das Geschwindigkeitsverhalten.

Die Vorhersage des Blickverhaltens erfolgte je nach verwendeter abhängiger Variable über zwei unterschiedliche Regressionsanalysen. Mit Hilfe binärer logistischer Regressionen war es möglich, Unterschiede in einfachem Blickverhalten vorherzusagen. Lineare Regressionsanalysen wurden zur Vorhersage komplexer Blickstrategien verwendet. Für diese Vorhersage erwies sich die Verwendung eines Blickindex als abhängige Variable als sinnvoll. In einem derartigen Index können unterschiedliche Blickstrategien in einer einzigen Kennzahl berücksichtigt werden und sind so aufgrund der Streuung dieses Index gut modellierbar.

Auch innerhalb des Geschwindigkeitsverhaltens muss eine Unterscheidung getroffen werden, je nachdem, in welcher Situation das Geschwindigkeitsverhalten vorhergesagt werden soll. So war die Vorhersage des Verhaltens in beanspruchenden Situationen im Vergleich zum „normalen“ Fahren in einfachen Situationen deutlich besser. Da über die Labortests die Leistungsfähigkeit erhoben wurde, entspricht dies (in Verbindung mit der Annahme einer Verhaltensadaptation an höhere Beanspruchungen) den Erwartungen.

Betrachtet man die Vorhersage des Verhaltens über alle Situationen hinweg, ergaben sich ähnliche Muster. Zunächst fällt auf, dass gleiches Verhalten in verschiedenen Situationen durch unterschiedliche Prädiktoren bestimmt wurde. Dies hängt zu einem großen Teil mit den oben dargestellten Unterschieden in den Anforderungen zwischen den Situationen zusammen. Gleichzeitig bedeutet dies aber auch, dass es nicht den einen Prädiktor

für das Verhalten gibt, ebenso wenig, wie es „ein“ Verhalten gibt. Verhalten ist immer determiniert von der Wechselwirkung zwischen Person und Situation, wobei die Situation nicht nur statisch beschrieben werden kann, sondern sich auch dynamisch durch den Einfluss anderer Verkehrsteilnehmer verändert.

Berücksichtigt man die Vielzahl dieser äußeren Einflüsse auf das Verhalten, relativiert sich die zunächst als gering zu bezeichnende Varianzaufklärung je Situation. Trotz der insgesamt geringen Aufklärung leisten die Prädiktoren einen signifikanten Beitrag zur Erklärung des Verhaltens. Dabei ist zu beachten, dass der Beitrag der leistungsbezogenen Parameter in den allermeisten Fällen so groß ist, dass der Faktor Alter keine Rolle mehr spielt. Auch in den wenigen Fällen, in denen das Alter der wertvollste Prädiktor war, konnte eine alternative Leistungsvariable einen ähnlich großen Anteil der Varianz erklären. Damit verliert das Alter insgesamt seine Vorhersagekraft für das Verhalten. Dies spricht gegen die Verwendung allein des kalendarischen Alters als Kriterium für eine Prüfung der Fahreignung.

Hinsichtlich der Vorhersagegüte einzelner Variablen ergab sich ein gemischtes Bild. So gab es keine einzige Variable, die über alle Situationen hinweg die Varianz aufklären konnte. Zur Veranschaulichung sind alle Prädiktoren, die in einer der obigen Situationen einen signifikanten Beitrag leisten konnten, im Folgenden genannt (alphabetische Sortierung):

- Alter
- Gesichtsfeld (2\*) (Test PP)
- mittlere motorische Zeit (RT)
- mittlere Reaktionszeit bei vorhandenem Zielreiz (visuelle Suche)
- mittlere Zeit für korrekte Zurückweisung (Cognitrone)
- selektive Aufmerksamkeit (2\*) (UVOF)
- Spannungsbedürfnis & Abenteuerlust (IVPE)
- Überblicksgewinnung (Test ATAVT).

Trotz der unterschiedlichen Prädiktoren ließ sich die Anzahl der Prädiktoren insgesamt reduzieren. Sowohl das Gesichtsfeld als auch die selektive Aufmerksamkeit konnten in jeweils zwei Situationen einen signifikanten

Beitrag zur Varianzaufklärung leisten. Auffallend ist die geringe Bedeutung motivationaler Prädiktoren für das Verhalten. Dies dürfte der Charakteristik der Stichprobe geschuldet sein: mit zunehmendem Alter gewinnt die Leistungsfähigkeit im Vergleich zu motivationalen Variablen an Bedeutung. Weiter auffallend ist, dass die Sehschärfe, die in der Fahrerlaubnisverordnung eine zentrale Position einnimmt, nicht zur Erklärung des Verhaltens beiträgt. Dies lässt sich auf zwei Arten erklären: zum Einen wurde das Fahrverhalten vorhergesagt, nicht das Unfallgeschehen. Möglicherweise ist die Sehschärfe ein besserer Prädiktor für das Unfallgeschehen (doch auch hierfür finden sich wenige Belege in der Forschung). Zum Anderen ist dieser Befund durchaus kritisch zu interpretieren: da ja sehr deutliche Unterschiede in der Sehfähigkeit zwischen den Probanden gefunden wurden, bedeutet der geringe Einfluss dieses Parameters zur Vorhersage des Verhaltens, dass sich die Probanden ihrer mangelnden Sehfähigkeit nicht in ausreichendem Maß bewusst waren und entsprechend keine Verhaltensadaptation zeigten.

### 3.10 Gesamtinterpretation der Ergebnisse

#### 3.10.1 Sensorische, kognitive und motorische Leistungsfähigkeit

Im Einklang mit den in der Literatur berichteten Veränderungen mit dem Alter (Schlag, 2008) fand sich auch in der hier untersuchten Stichprobe eine deutliche Verschlechterung in der Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter. Diese Verschlechterung betraf alle Bereiche der sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit und konnte sowohl über Unterschiede zwischen den verschiedenen Altersgruppen als auch über die Korrelation zwischen Alter und entsprechendem Parameter der Leistungsfähigkeit bestätigt werden.

Berücksichtigt werden muss hierbei, dass trotz einer signifikanten Korrelation mit dem Alter Unterschiede in der Leistungsfähigkeit oft nur zwischen der jüngeren Kontrollgruppe und allen älteren Versuchsgruppen, jedoch nicht immer auch zwischen diesen älteren Ver-

suchsgruppen nachgewiesen werden konnte. Die große Varianz der Labordaten bestätigt zudem den Befund, dass die Leistungsfähigkeit mit dem Alter abnimmt, dass diese Abnahmen jedoch für unterschiedliche Individuen unterschiedlich ablaufen können (Schlag, 2008a).

#### 3.10.2 Selbst und Fremdeinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit

Die körperliche Leistungsfähigkeit der Stichprobe wurde vom Versuchsleiter aufgrund des Verhaltens eingeschätzt. Die Ergebnisse stimmen mit den Erwartungen überein: Je älter die Versuchsgruppe war, desto schlechter war ihre fremdgeschätzte körperliche Leistungsfähigkeit. Anzumerken ist auch hier, dass diese Ergebnisse den Mittelwert beschreiben und nicht geeignet sind zur Beschreibung einzelner Individuen. So waren auch in der Altersgruppe ab 75 Jahren etwa 40% der Personen ohne erkennbare körperliche Schwächen.

Hinsichtlich der Selbsteinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit können die Ergebnisse nicht vollständig als realistisches Abbild angesehen werden. Mögliche kritische Tendenzen sind darin zu sehen, dass Ältere (ebenso wenig wie Jüngere) kaum eine Veränderung der eigenen Leistungsfähigkeit feststellten. Dies bestätigt das Wissen darüber, dass diese Prozesse im Alter schleichend verlaufen und von den Betroffenen kaum bemerkt werden.

#### 3.10.3 Ergebnisse Simulatorversuche

Simulatorversuche haben für das hier durchgeführte Projekt, neben einer Reihe von Nachteilen, zwei entscheidende Vorteile gegenüber Fahrversuchen im Feld:

- Nur in Simulatorversuchen ist die experimentell kontrollierbare und ungefährliche Untersuchung auch kritischer Situationen möglich.
- Zusammenhänge zwischen den in Laborversuchen gewonnenen Prädiktoren und dem Fahrverhalten lassen sich im Vergleich zu Fahrversuchen reliabler in Simulatorversuchen bestimmen. Diese Prädiktoren können dann gezielter zur Modellierung des Verhaltens in den realen Versuchen benutzt werden.

Die Simulatorversuche dienen somit als Zwischenglied zwischen Laborversuchen und Fahrversuchen im Feld.

Die hier durchgeführten Simulatorversuche konnten diese Anforderungen nicht erfüllen. Dies lag an einer, gegenüber den ebenfalls durchgeführten Vorversuchen, deutlich höheren Ausfallquote wegen Simulator Sickness von nahezu 80%. Als Hauptursache dieser hohen Ausfallrate wurde eine Wechselwirkung zwischen der untersuchten Stichprobe ("digital immigrants") und der Simulation an sich ausgemacht. Neben einem grundsätzlichen Wechsel der Simulationsumgebung sind von Seiten der Simulation vor allem die hohe Anzahl der innerstädtischen Abbiegevorgänge zusammen mit der insgesamt langen Fahrtdauer zu nennen.

Von einem denkbaren Einsatz von Fahrsimulatoren als Screening-Instrument zur Diagnose der Fahreignung muss aufgrund dieser Ausfallraten abgeraten werden. Dies gilt in besonderem Maße für ältere Fahrer.

Trotz der geringen auswertbaren Stichprobe ergaben sich für ausgewählte Situationen deutliche Tendenzen in die erwartete Richtung. So konnte gezeigt werden, dass Ältere deutlich geringere Abstände zu einem auf dem eigenen Fahrstreifen entgegen kommenden Fahrzeug hatten, generell langsamer fuhren und zudem eine deutlich konservativere Nutzung der Zeitlücken in der Simulation zeigten als jüngere Fahrer.

### 3.10.4 Ergebnisse Fahrversuche

Auch wenn die Auswertung des Verhaltens formal getrennt nach Innerorts, Landstraße und Autobahn erfolgte, lassen sich gemeinsame Trends über alle drei Situationsklassen feststellen. Für die Verkehrssicherheit problematisch dürfte in erster Linie der bei den älteren Versuchsgruppen nahezu nicht mehr vorhandene Schulterblick sein. Dieser wurde weder beim Ausscheren auf der Autobahn noch beim Rechtsabbiegen Innerorts an Kreuzungen mit Radweg gezeigt.

Ein weiterer Unterschied zwischen jüngeren und älteren Fahrern ergab sich bei der Nutzung des rechten

Außenspiegels beim Wiedereinscheren auf die rechte Spur nach einem Überholvorgang. Auch dieser Blick fehlte nahezu vollständig bei allen älteren Fahrern. Diesem mangelnden Sicherungsverhalten liegt möglicherweise eine Jahrzehntelange ungünstige Lernhistorie zugrunde. Das Blickverhalten in Situationen, die keinen Schulter- oder Spiegelblick erfordern, unterscheidet sich dagegen kaum systematisch zwischen jüngeren und älteren Fahrern.

Hinsichtlich der Geschwindigkeit gab es ein differenziertes Bild: so zeigten sich kaum Unterschiede in Situationen, die wenig beanspruchend waren. Dazu zählen das Fahren auf Landstraßen unter den hier vorliegenden Bedingungen (Tageslicht, Trockenheit), sowie das Fahren auf der Autobahn und im Innenstadtverkehr, sofern es sich um einfache Situationen handelt. Unterschiede im Geschwindigkeitsverhalten zeigten sich in Situationen, die anspruchsvoller waren oder bei denen anzunehmen ist, dass die Fahrer ermüdet waren. So fuhren ältere Fahrer am Ende der Fahrt auf der Autobahn langsamer als jüngere Fahrer. Ähnliche Effekte zeigten sich in der Stadt auf einer kurzen Strecke, die zwischen zwei anspruchsvollen Situationen lag. Diese Befunde zeigen die Bedeutung der Geschwindigkeitsregulation als primären Mechanismus zur Reduzierung von Beanspruchung.

### 3.10.5 Vorhersage des Verhaltens

Eine Vorhersage des Verhaltens war sowohl beim Fahren im Simulator als auch beim Fahren im Feld mit Einschränkungen möglich. Die Güte der Vorhersage war der Vielzahl innerer und äußerer Einflüsse auf das Verhalten entsprechend gering, doch signifikant. Über alle Erhebungen, Situationen und Verhaltensarten waren Variablen der kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit dem Alter als Prädiktor ebenbürtig oder sogar überlegen.

Auch für das Verhalten im Simulator ergaben sich trotz der Einschränkungen in der Stichprobe akzeptable Vorhersagen durch verschiedene Prädiktoren. Als zur Verhaltensvorhersage geeignet erwiesen haben sich das Gesichtsfeld, die Überblicksgewinnung (Test ATAVT) und die Sehschärfe bei 10% Kontrast.

### 3.10.6 Zusammenfassende Interpretation der Befunde

Zunächst bestätigten die Laborfunde auch für die hier vorliegende Stichprobe, dass die sensorische, kognitive und motorische Leistungsfähigkeit mit dem kalendarischen Alter abnimmt. Diese Unterschiede spiegelten sich jedoch nicht in gleichem Maße im Fahrverhalten wider, weder für das Fahren im Simulator noch im Feld.

Unterschiede zwischen der jüngeren Vergleichsgruppe und den älteren Versuchsgruppen wurden dennoch gefunden. Sicherheitskritische Verhaltenstendenzen waren gerade in den Simulatorversuchen nachweisbar, dort vor allem in Situationen, die unerwartet auftraten. Derartige Situationen kamen beim Fahren im Feld nicht systematisch vor, weswegen dort die möglichen Auswirkungen der nachlassenden Leistungsfähigkeit nicht exakt abgebildet wurden. Hier ergibt sich ein generelles Problem von Fahrversuchen im Feld das mit Simulatorversuchen zu lösen ist: ein Austesten der Grenzen ist aus Gründen der Sicherheit im Feld nicht möglich. Gerade hier zeigen sich aber möglicherweise die Probleme Älterer.

Als deutlich problematisches Verhalten beim Fahren im Feld wurde das mangelhafte Blickverhalten identifiziert. So wurde von älteren Fahrern im Gegensatz zu jüngeren Fahrern in Situationen, die einen Schulterblick erforderten, kein Schulterblick durchgeführt. Kommentare der Fahrer nach der Fahrt deuten darauf hin, dass es sich hier um mangelndes Problembewusstsein handelte, weniger um Verhalten, das aufgrund mangelnder Fähigkeit ausgeführt wird. Analysen zur Vorhersage des Blickverhaltens konnten dies nicht durchgängig bestätigen: So fanden sich, wenn auch geringe, Zusammenhänge des Blickverhaltens mit der kognitiven Leistungsfähigkeit.

Insgesamt zeigte die Vorhersage des Verhaltens über die sensorische, motorische und kognitive Leistungsfähigkeit teils bessere oder ebenbürtige Qualitäten im Vergleich zu einer Vorhersage über das kalendarische Alter. Dennoch war der Anteil an aufgeklärter Varianz durch die Leistung

vergleichsweise gering und lässt einen Rückschluss der Leistung im Fahren im Einzelfall anhand der Testergebnisse nicht zweifelsfrei zu.

---

## Literatur

---

Anstey, K. J., Wood, J., Lord, S. & Walker, J. G. (2005). Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults. *Clinical Psychology Review*, 25(1), 45-65.

Bach, M. & Kommerell, G. (1998). Sehschärfestimmung nach Europäischer Norm: wissenschaftliche Grundlagen und Möglichkeiten der automatischen Messung. *Klinische Monatsblätter Augenheilkunde*, 212(4), 190-195.

Baier, M. M., Schäfer, K. H. & Klemps-Kohnen, A. (2009). Verbesserung der Verkehrssicherheit älterer Verkehrsteilnehmer. Schlussbericht - Kurzfassung. SV-Projekt 5003-07. Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.; Abteilung Unfallforschung.

Baltes, P. B. & Baltes, M. M. (1990). Psychological perspectives on successful aging: The model of selective optimization with compensation. In P. B. Baltes & M. M. Baltes (Hrsg.), *Successful Aging. Perspectives from the behavioural sciences* (S. 1-34). Cambridge, NY: Cambridge University Press.

Baumann, M., Rösler, D. & Krems, J. F. (2007). Situation awareness and secondary task performance while driving. In D. Harris (Hrsg.), *Engineering psychology and cognitive ergonomics* (S. 256-263). Berlin: Springer.

Baumann, M., Rösler, D. & Krems, J. F. (2009). A procedure to estimate the effects of cognitive and visual distraction of in-car tasks on situation awareness while driving [Der Einfluss von Zusatzsystemen auf das Situationsbewusstsein beim Fahren - Ein Verfahren zur Messung kognitiver und visueller Ablenkungswirkung]. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 63(1), 33-43.

Berry, C. (2011). *Can older drivers be nudged? How the public and private sectors can influence older drivers' self-regulation*. London: RAC Foundation.

Bundesministerium für Verkehr Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS). (2009). Verordnung über die Zulassung von Personen zum Straßenverkehr (Fahrerlaubnis-Verordnung - FeV), 1998, Version nach der Änderung vom 05. August 2009. Verfügbar unter: <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/fev/gesamt.pdf>.

Bundesministerium für Verkehr Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS). (2010). *Mobilität in Deutschland* Verfügbar unter: [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008\\_Abschlussbericht\\_I.pdf](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Abschlussbericht_I.pdf).

Bundesministerium für Verkehr Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS). (2011). Verordnung über die Zulassung von Personen zum Straßenverkehr (Fahrerlaubnis-Verordnung - FeV), 1998, Version nach der Änderung vom 07. Januar 2011. Verfügbar unter: [http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/fev\\_2010/gesamt.pdf](http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/fev_2010/gesamt.pdf) [Juni 2011].

Burgard, E. & Kiss, M. (2008). Messung fahrrelevanter Kompetenzen im Alter - die Aussagekraft testpsychologischer Untersuchungen für das Autofahren. In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung, S. 301-322). Köln: TÜV Media.

Clark, J. H. (1924). The Ishihara Test for Color Blindness. *American Journal of Physiological Optics*, 5, 269-276.

- Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C. & Truman, W. (2010). Older drivers' road traffic crashes in the UK. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1018-1024.
- Clarke, D. D., Ward, P., Truman, W. & Bartle, C. (2009). Collisions Involving Older Drivers: An In-depth Study. Road Safety Research Report 109. Department for Transport, London. Verfügbar unter: <http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/research/rsrr/theme5/rsrrno109.pdf> [September 2009].
- Cohen, A. S. (2008). Wahrnehmung als Grundlage der Verkehrsorientierung bei nachlassender Sensorik während der Alterung. In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung, S. 65-84). Köln: TÜV Media.
- DIN 58220-5. (2009). Sehschärfebestimmung - Teil 5: Allgemeiner Sehtest. Berlin: Beuth.
- DIN 58220-6. (2009). Sehschärfebestimmung - Teil 6: Straßenverkehrsbezogener Sehtest. Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 8596. (2009). Augenoptik - Sehschärfeprüfung - Das Normsehzeichen und seine Darbietung (ISO 8596:2009); Deutsche Fassung EN ISO 8596:2009. Berlin: Beuth.
- Dobbs, B. M. (2006). Medical Conditions and Driving: A Review of the Literature (1960-2000). NHTSA Report No DOT HS 809 690 Verfügbar unter: [http://www.nhtsa.gov/people/injury/research/Medical\\_Condition\\_Driving/Medical%20Cond%20809%20690-8-04\\_Medical%20Cond%20809%20690-8-04.pdf](http://www.nhtsa.gov/people/injury/research/Medical_Condition_Driving/Medical%20Cond%20809%20690-8-04_Medical%20Cond%20809%20690-8-04.pdf) [October 2011].
- Donges, E. (1999). A conceptual framework for active safety in road traffic. *Vehicle System Dynamics*, 32(2/3), 113-128.
- Eby, D. W. & Molnar, L. J. (2009). Older Adult Safety and Mobility: Issues and Research Needs. April 2009 13:.. *Public Works Management & Policy*, 13(4), 288-300.
- Ellinghaus, D., Schlag, B. & Steinbrecher, J. (1990). Leistungsfähigkeit und Fahrverhalten älterer Kraftfahrer. In Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), *Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr*. Heft 80. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T. & Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures* (2nd). Bingley, UK: Emerald Group.
- Engeln, A. & Schlag, B. (2008). Kompensationsstrategien im Alter. In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung, S. 255-275). Köln: TÜV Media.
- Eurostat. (2010). *Europa in Zahlen - Eurostat Jahrbuch 2010*. Luxemburg: Eurostat.
- Ewert, U. (2008). Alterskorrelierte Erkrankungen, die die Verkehrsteilnahme beeinträchtigen können. In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung, S. 181-199). Köln: TÜV Media.

- Falkenstein, I. A., Cochran, D. E., Azen, S. P., Dustin, L., Tammewar, A. M., Kozak, I. et al. (2008). Comparison of Visual Acuity in Macular Degeneration Patients Measured with Snellen and Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Charts. *Ophthalmology*, 115(2), 319-323.
- Falkenstein, M. & Sommer, S. M. (2008). Altersbegleitende Veränderungen kognitiver und neuronaler Prozesse mit Bedeutung für das Autofahren. In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung, S. 113-141). Köln: TÜV Media.
- Fastenmeier, W. & Gstalter, H. (2008). Anforderungsgerechtes Autofahren im Alter. In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung, S. 37-64). Köln: TÜV Media.
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen). (1998). Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen. Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten. Köln: FGSV-Verlag.
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen). (2008). Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA). Köln: FGSV-Verlag.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3rd). London: Sage.
- Fildes, B. (2006). Older drivers' safety and mobility: Current and future issues. *Transportation Research Part F*, 9(5), 307-308.
- Freeman, E. E., Gange, S. J., Muñoz, B. & West, S. K. (2006). Driving Status and Risk of Entry into Long-Term Care in Older Adults. *American Journal of Public Health*, 96(7), 1254-1259.
- Fuller, R. (2005). Towards a general theory of driver behaviour. *Accident Analysis & Prevention*, 37(3), 461-472.
- Gajewski, P. D., Wipking, C., Falkenstein, M. & Gehlert, T. (2011). Dortmunder Altersstudie: Studie zur Förderung der Hirnleistungsfähigkeit bei Älteren. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Forschungsbericht VV04. Verfügbar unter: [http://www.udv.de/uploads/tx\\_udvpublications/Web\\_Version2\\_100910\\_AB\\_final.pdf](http://www.udv.de/uploads/tx_udvpublications/Web_Version2_100910_AB_final.pdf) [March 2012].
- Geertsema, K. M. (2007). Auswirkungen von Reflexionen in der Windschutzscheibe auf die visuelle Wahrnehmung, die Fahrzeugführung und den Komfort des Fahrers. Dissertation Technische Universität Dresden. Berlin: dissertation.de.
- Goldstein, E. B. (2008). *Wahrnehmungspsychologie. Der Grundkurs [Sensation and Perception]* (7th). Berlin: Springer.
- 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.
- Hergovich, A., Bognar, B., Arendasy, M. & Sommer, M. (2007). *Wiener Testsystem: Manual WRBTV Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr Version 22.00*. Mödling: Schuhfried.
- Hergovich, A., Bognar, B., Arendasy, M. & Sommer, M. (2011). *Wiener Testsystem. Manual Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr. Kurzbezeichnung WRBTV. Version 23 - Revision 1*. Mödling: Schuhfried.

- Herle, M., Sommer, M., Wenzl, M. & Litzenberger, M. (2009). Wiener Testsystem: Manual IVPE Inventar verkehrsrelevanter Persönlichkeitseigenschaften Version 24.00. Mödling: Schuhfried.
- Herzberg, P. Y. (2008). Soziale Entwicklung im hohen Erwachsenenalter aus verkehrspsychologischer Perspektive. In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung, S. 223-238). Köln: TÜV Media.
- Herzberg, P. Y. & Schlag, B. (2003). Sensation Seeking und Verhalten im Straßenverkehr. In M. Roth & P. Hammelstein (Hrsg.), *Sensation Seeking - Konzeption, Diagnostik und Anwendung* (S. 162-182). Göttingen: Hogrefe.
- Kniestedt, C. & Stamper, R. L. (2003). Visual acuity and its measurement. *Ophthalmology Clinics of North America*, 16(2), 155-170.
- Küting, H. J. & Krüger, K. (2002). Zukünftige Automobilität älterer Menschen. In B. Schlag & K. Megel (Hrsg.), *Mobilität und gesellschaftliche Partizipation im Alter* (S. 161-172). Stuttgart: Kohlhammer.
- 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 & Prevention*, 38(3), 574-578.
- Michon, J. A. (1985). A critical view of driver behavior models: What do we know, what should we do? In L. Evans & R. C. Schwing (Hrsg.), *Human behavior and traffic safety* (S. 485-524). New York: Plenum Press.
- Mollenkopf, H. & Engeln, A. (2008). Gesellschaftlicher Kontext und motivationale Veränderungen der Mobilität im Alter. In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung, S. 239-254). Köln: TÜV Media.
- OECD. (2001a). *Ageing and Transport. Mobility Needs and Safety Issues*. Paris: OECD.
- OECD. (2001b). *Society at a Glance: OECD Social Indicators*. Paris: OECD.
- Oswald, W. D. (1999). Ältere Menschen im Straßenverkehr - Täter oder Opfer. In H. J. Kaiser & W. D. Oswald (Hrsg.), *Altern und Autofahren*. Göttingen: Huber.
- Oxley, J., Fildes, B., Corben, B. & Langford, J. (2006). Intersection design for older drivers. *Transportation Research Part F*, 9(5), 335-346.
- Pfafferott, I. (1993). Ältere Menschen im Verkehr - Mobilität, Verhalten, Sicherheit. In B. Schlag & Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V. (Hrsg.), *Verkehrssicherheit älterer Menschen. Mobilität erhalten und fördern* (S. 20-24). Bonn: DVR.
- Plainis, S., Tzatzala, P., Orphanos, Y. & Tsilimbaris, M. K. (2007). A Modified ETDRS Visual Acuity Chart for European-Wide Use. *Optometry and Vision Science*, 84(7), 647-653.
- Poschadel, S. (2011). "Trainierbarkeit der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer im Realverkehr: Eine kontrollgruppebasierte Evaluationsstudie" im Auftrag der Eugen-Otto-Butz-Stiftung. Kurzbericht.

- Pottgießer, S. (2012). Profile von Senioren mit Autounfällen (PROSA). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Heft M228. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Prieler, J. (2008). Wiener Testsystem: Manual RT Reaktionstest Version 31.00. Mödling: Schuhfried.
- Puhr, U. (2008). Wiener Testsystem: Manual 2Hand Zweihand Koordination Version 28.00. Mödling: Schuhfried.
- Rasmussen, J. (1986). Information processing and human-machine interaction. An approach to cognitive engineering. New York: North-Holland.
- Reichart, G. (2001). Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen [Human reliability when driving a vehicle]. *Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 22, Nr. 7*. Düsseldorf: VDI Verlag.
- Richter, J. (2009). Selbstbild und Fremdbild älterer Autofahrer. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Dresden.
- Richter, J., Schlag, B. & Weller, G. (2010). Selbstbild und Fremdbild älterer Autofahrer [Self-image and public image of elderly drivers]. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 57(1)*, 13-20.
- Richter, P., Debitz, U. & Schulze, F. (2002). Diagnostik von Arbeitsanforderungen und kumulativen Beanspruchungsfolgen am Beispiel eines Call Centers [Diagnostic of job demands and cumulating strain consequences in call center jobs]. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft(1-2)*, 67-76.
- Rinkenauer, G. (2008). Motorische Leistungsfähigkeit im Alter. In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung, S. 143-180). Köln: TÜV Media.
- Ruamviboonsuk, P., Tiensuwan, M., Kunawut, C. & Masayaanon, P. (2003). Repeatability of an automated Landolt C test, compared with the early treatment of diabetic retinopathy study (ETDRS) chart testing. *American Journal of Ophthalmology, 136(4)*, 662-669.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review, 103(3)*, 403-428.
- Schade, F.-D. (2000). Verkehrsauffälligkeit von PKW-Fahrern und ihre Entwicklung mit dem Lebensalter - ein Modell. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 46(1)*, 9-18.
- Schade, F.-D. (2008). Der Kraftfahrer in der zweiten Lebenshälfte: Verkehrsteilnahme und Verkehrsauffälligkeit. In J. Schade & A. Engeln (Hrsg.), *Fortschritte der Verkehrspsychologie* (S. 51-79). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schlag, B. (1993). Elderly drivers in Germany - Fitness and driving behavior. *Accident Analysis & Prevention, 25(1)*, 47-55.
- Schlag, B. (2003). Safety and Accidents Among Older Drivers: The German Perspective. In K. W. Schaie, H.-W. Wahl, H. Mollenkopf & F. Oswald (Hrsg.), *Aging Independently. Living Arrangements and Mobility*. New York: Springer.
- Schlag, B. (2008a). Älter werden und Auto fahren. *Report Psychologie, 33(2)*, 75-85.

Schlag, B. (Hrsg.). (2008b). Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung). Köln: TÜV Media.

Schlag, B. & Engeln, A. (2001). Kompensationsmöglichkeiten und Bewältigungsstrategien im Alter. In A. Flade (Hrsg.), *Mobilität älterer Menschen* (S. 259-271). Opladen: Leske + Budrich.

Schmidt, A. (2004). Verkehrsplanung für ältere Autofahrer in USA und Deutschland. Zusammenfassung der Befragungsergebnisse. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Fakultät für Verkehrswissenschaften "Friedrich List", Dresden.

Schuhfried, G. (2009). Wiener Testsystem: Manual ATAVT Adaptiver Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest Version 22.00. Mödling: Schuhfried.

Schuhfried GmbH. (2009). Expertensystem Verkehr. Computergestützte Fahreignungsdiagnostik. Katalog (4. Auflage). A-Mödling: Schuhfried.

Schuhfried GmbH. (2010). Beschreibung der Testverfahren des Expertensystem-Verkehr. Verfügbar unter: <http://www.schuhfried.at/de/produkte/wts-verkehr/expertensystem-verkehr/testverfahren.html>.

Shinar, D. (2007). *Traffic safety and human behavior*. Amsterdam: Elsevier.

Siren, A. & Kjær, M. (2011). How is the older road users' perception of risk constructed? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(3), 222-228.

Sivak, M. (1996). The information that drivers use: Is it indeed 90% visual? *Perception*, 25(9), 1081-1089.

Sloan, L. L., Rowland, W. M. & Altman, A. (1952). Comparison of three types of test target for the measurement of visual acuity. *Quarterly Review of Ophthalmology*, 8, 4-16.

Statistisches Bundesamt. (2009a). *Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 18. November 2009 in Berlin*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Statistisches Bundesamt. (2009b). *Verkehr. Verkehrsunfälle. 2008. [Traffic. Accidents. 2008]* (Fachserie 8, Reihe 7). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Statistisches Bundesamt. (2011a). *Verkehr. Verkehrsunfälle. 2009. Fachserie 8, Reihe 7*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Statistisches Bundesamt. (2011b). *Verkehrsunfälle. Unfälle von Senioren im Straßenverkehr. 2010*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Stelzner, R. (2010). *Auswirkung zusätzlicher Hinweisschilder an Kreuzungen auf das Verhalten älterer Fahrzeugführer-empirische Untersuchung in einem Fahrsimulator*. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Dresden.

Stewart, C. E., Hussey, A., Davies, N. & Moseley, M. J. (2006). Comparison of logMAR ETDRS chart and a new computerised staircased procedure for assessment of the visual acuity of children. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 26(6), 597-601.

Teichler, G. (2009). Untersuchungen zum Vergleich der Sehzeichen Landolt-Ring, E-Haken und Sloan-Buchstaben (ETDRS-Letters) sowie zur Reproduzierbarkeit der Visusbestimmung. Dissertation, Universität Giessen Verfügbar unter: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2009/7249/>.

TOMEY. (2010). Persönliche Mitteilung per mail.

TOMEY. (o.J.). User manual for the TCP-2000A Chart Panel [42-00013.02].

Tournier, I., Dommès, A. & Cavallo, V. (2011). Influence of Alcohol and Medication. SaMERU Workpackage 1 - Action 1.8. (Safer Mobility for Elder Road Users, European Commission, Grant Agreement MOVE/SUB/2010/D3/300-1/SI2.565668-SaMERU).

Velhagen, K. & Broschmann, D. (Hrsg.). (2005). Tafeln zur Prüfung des Farbsehens. Stuttgart: Thieme.

Vollrath, M. & Briest, S. (2008). "Ich hab den einfach nicht gesehen"- Ursachen für menschliche Fehler bei Autounfällen. In J. Schade & A. Engeln (Hrsg.), *Fortschritte der Verkehrspsychologie* (S. 143-155). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Vollrath, M., Maciej, J., Howe, J. & Briest, S. (2009). Fahren Ältere situationsbewusster als Jüngere? [Do the elderly drive with more situation awareness than the younger?]. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 63(1), 23-31.

Wagner, M. & Karner, T. (2008). Wiener Testsystem. Manual. COG Cognitrone Version 38.00. Mödling: Schuhfried.

Weller, G. & Geertsema, K. (2008). Werden ältere Fahrer durch die Fahraufgabe stärker beansprucht als jüngere? In B. Schlag (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter* (Bd. 3, 'Mobilität und Alter'; Eugen-Otto-Butz Stiftung, S. 85-111). Köln: TÜV Media.

Welsh, R., Morris, A., Hassan, A. & Charlton, J. (2006). Crash characteristics and injury out-comes for older passenger car occupants. *Transportation Research Part F*, 9(5), 322-334.

Whelan, M., Langford, J., Oxley, J., Koppel, S. & Charlton, J. (2006). *The Elderly and Mobility: A Review of the Literature*. Report No. 255, . Clayton, Victoria, Australia: Monash University Accident Research Center.

## Anlage 1: Umrechnung Visus

Tabelle A1:

Umrechnung VISUS, log (VISUS), MAR und log (MAR) (nach Bach &amp; Kommerell, 1998; DIN EN ISO 8596, 2009)

VISUS (EN ISO1,00 8596)	log (VISUS)	MAR	log (MAR)
0,050	-1,3	20,00	1,3
0,063	-1,2	15,80	1,2
0,080	-1,1	12,60	1,1
0,100	-1,0	10,00	1,0
0,125	-0,9	7,90	0,9
0,160	-0,8	6,30	0,8
0,200	-0,7	5,00	0,7
0,250	-0,6	4,00	0,6
0,320	-0,5	3,20	0,5
0,400	-0,4	2,50	0,4
0,500	-0,3	2,00	0,3
0,630	-0,2	1,60	0,2
0,800	-0,1	1,30	0,1
1,000	0,0	1,00	0,0
1,250	0,1	0,79	-0,1
1,600	0,2	0,63	-0,2
2,000	0,3	0,50	-0,3

## Anlage 2: Versuchsleiter-Protokoll

### Protokoll Vor-Versuchsreihe UDV 2010

Versuchsperson Nummer: \_\_\_\_\_

Namenskürzel: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Beginn: \_\_\_\_\_

#### Ergebnisse Sehzeichen:

Kontrast 100%: \_\_\_\_\_ logMar

Kontrast 10%: \_\_\_\_\_ logMar

#### Ishihara Tafeln:

Tafel Nummer	Richtige Lösung:	OK?	Vorgelesen:
1	12	<input type="checkbox"/>	
2	8	<input type="checkbox"/>	
3	6	<input type="checkbox"/>	
4	29	<input type="checkbox"/>	
5	57	<input type="checkbox"/>	
6	5	<input type="checkbox"/>	
7	3	<input type="checkbox"/>	
8	15	<input type="checkbox"/>	
9	74	<input type="checkbox"/>	
10	2	<input type="checkbox"/>	
11	6	<input type="checkbox"/>	
12	97	<input type="checkbox"/>	
13	45	<input type="checkbox"/>	
14	5	<input type="checkbox"/>	
15	7	<input type="checkbox"/>	
16	16	<input type="checkbox"/>	
17	73	<input type="checkbox"/>	
18	Muster	<input type="checkbox"/>	
19	Muster	<input type="checkbox"/>	
20	Muster	<input type="checkbox"/>	
21	Muster	<input type="checkbox"/>	
22	26	<input type="checkbox"/>	
23	42	<input type="checkbox"/>	
24	35	<input type="checkbox"/>	
25	96	<input type="checkbox"/>	

#### Ifado Tests:

Anmerkungen?

## Anlage 3: Vorbefragung

### Vorbefragung

Pb.-Nr.: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_2010

Vielen Dank für Ihre Bereitschaft an unserer Untersuchung teilzunehmen. Zuerst benötigen wir einige persönliche Angaben die zur Beschreibung der Stichprobe benötigt werden. Alle Angaben werden anonymisiert ausgewertet und nicht an Dritte weitergeben.

1. Ihr Alter: \_\_\_\_\_Jahre
2. Ihr Geschlecht:  weiblich  männlich
3. Benötigen Sie beim Autofahren eine Sehhilfe?  nein  ja
4. Seit wie vielen Jahren besitzen Sie einen Führerschein? seit \_\_\_\_\_Jahren
5. Wie häufig nutzen Sie Ihr Fahrzeug?
  - täglich
  - mehrmals die Woche
  - ca. einmal die Woche
  - ein- bis zweimal im Monat
  - seltener
6. Während der letzten drei Jahre, wie viele Kilometer haben Sie durchschnittlich pro Jahr zurückgelegt? \_\_\_\_\_Kilometer / Jahr
7. Ausgehend von 100 Prozent, wie häufig (Zeitanteile) fahren Sie auf der Autobahn, der Landstraße und im Stadtverkehr (innerorts)?
  - Autobahn \_\_\_\_\_%
  - Landstraße \_\_\_\_\_%
  - Stadtverkehr \_\_\_\_\_%
  - $\Sigma = 100\%$
8. Wie viel PS hat ihr Auto? \_\_\_\_\_PS
9. Wie viele Strafzettel haben Sie in den letzten 5 Jahren wegen Falschparkens bekommen? \_\_\_\_\_
10. Wie oft wurden Sie in den letzten 5 Jahren wegen zu schnellen Fahrens geblitzt? \_\_\_\_\_
11. Wie oft mussten Sie in den letzten 5 Jahren aufgrund anderer Regelwidrigkeiten im Straßenverkehr Bußgelder zahlen? \_\_\_\_\_

- 12. Haben Sie eine Insassenversicherung?  Ja  Nein
- 13. Wie viele Verkehrsunfälle hatten Sie innerhalb der letzten 5 Jahre (auch leichte Unfälle, siehe unten)? \_\_\_\_\_
- 14. Davon selbstverschuldet: \_\_\_\_\_
- 15. Davon nur leichte Sachschäden z.B. beim Aus- oder Einparken? \_\_\_\_\_
- 16. Wie viele Punkte haben Sie momentan? \_\_\_\_\_
- 17. Welche Geschwindigkeit bevorzugen Sie auf Autobahnen, wenn es keine Geschwindigkeitsbegrenzung gibt und das Verkehrsaufkommen gering ist? \_\_\_\_\_ km/h
- 18. Haben Sie ein Handy?  Ja  Nein

Für die folgenden Fragen kreuzen Sie bitte wieder die Antwortkategorie an die Ihr Verhalten am ehesten wiedergibt. Dabei gibt es keine richtigen oder falschen Antworten, nur Ihr tatsächliches Verhalten ist wichtig.

	Diese Aussage trifft auf mich ...	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Teils/teils	Trifft eher zu	Trifft zu
19.	Wenn ich im Auto angerufen werde, würde ich auch ohne Freisprechanlage telefonieren	<input type="checkbox"/>				
20.	Ich achte darauf, dass alle meine Mitfahrer im Auto angeschnallt sind.	<input type="checkbox"/>				
21.	Im Grunde fahre ich nach 1-2 Flaschen Bier noch sicher Auto	<input type="checkbox"/>				
22.	Beim Fahrzeugkauf achte ich vor allem auf eine hohe PS-Zahl.	<input type="checkbox"/>				
23.	Wenn die Parksituation schlecht ist, parke ich auch mal im Parkverbot.	<input type="checkbox"/>				
24.	Wenn man in Eile ist, dann ist es in Ordnung auch mal auf einem Behindertenparkplatz zu parken.	<input type="checkbox"/>				

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre Fahrgewohnheiten, Ihren Fahrstil und die Bedeutung Ihres Autos für Sie. Denken Sie daran: Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, die Antwort, die Ihnen zuerst in den Sinn kommt, ist die Richtige.

	Diese Aussage trifft auf mich ...	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Teils/teils	Trifft eher zu	Trifft zu
25.	Ich fahre ungern auf Autobahnen	<input type="checkbox"/>				
26.	Ich vermeide es auf Autobahnen zu fahren.	<input type="checkbox"/>				
27.	Nachts empfinde ich die Blendung entgegenkommender Fahrzeuge als störend.	<input type="checkbox"/>				
28.	Ich vermeide es nachts Auto zu fahren.	<input type="checkbox"/>				
29.	Ich vermeide es bei nassen oder glatten Straßen Auto zu fahren.	<input type="checkbox"/>				
30.	Zu Stoßzeiten in der Stadt zu fahren empfinde ich als sehr anstrengend.	<input type="checkbox"/>				
31.	Ich vermeide es zu Stoßzeiten in die Stadt zu fahren.	<input type="checkbox"/>				
32.	Ich vermeide es Strecken zu fahren, die ich nicht kenne.	<input type="checkbox"/>				
33.	Ich vermeide es lange Strecken mit dem Auto zu fahren.	<input type="checkbox"/>				

#### Bedeutung des Autos

	Diese Aussage stimme ich ...	Stimme zu	Stimme eher zu	Teils/teils	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu
34.	Das Auto ist ein wichtiger Bestandteil meiner Unabhängigkeit.	<input type="checkbox"/>				
35.	Ohne Auto käme ich mir verloren vor.	<input type="checkbox"/>				
36.	Um aktiv am Leben teilhaben zu können, brauche ich ein Auto.	<input type="checkbox"/>				

#### Fahrstil

		Gar nicht	Bis 10 km/h	Bis 20 km/h	Mehr als 20 km/h	
37.	Wenn es die Situation erlaubt, überschreite ich die vorgegebene Höchstgeschwindigkeit gewöhnlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Sehr ruhig	Eher ruhig	Weder noch	Eher sportlich	Sehr sportlich
38.	Jeder Mensch fährt anders. Wie beurteilen Sie insgesamt Ihren Fahrstil?	<input type="checkbox"/>				

		Deutlich langsamer	Eher langsamer	Ungefähr gleich	Eher schneller	Deutlich schneller
39.	Wie langsam bzw. schnell fahren Sie im Vergleich zum überwiegenden Verkehrsfluss?	<input type="checkbox"/>				

Stellen Sie sich nun bitte vor, ein Fahrlehrer würde eine reale Fahrprobe mit Ihnen machen. Dabei sitzen Sie am Steuer eines Autos und fahren auf einer Ihnen unbekanntem Strecke. Auf dem Beifahrersitz sitzt der Fahrlehrer und macht Notizen. Zunächst fahren Sie auf die Autobahn, anschließend geht es durch den Stadtverkehr. Sie müssen auf Ampeln, Stopp-Schilder, Zebrastreifen, gegebenenfalls Straßenbahnen, Grüne Pfeile und alles andere achten- im Grunde wie immer.

		Deutlich besser	Eher besser	Ungefähr gleich	Eher schlechter	Deutlich schlechter
40.	Wie glauben Sie würden Sie im Vergleich zu anderen Fahrerinnen und Fahrern Ihrer Altersgruppe abschneiden?	<input type="checkbox"/>				
41.	Wie glauben Sie beurteilen Ihnen nahestehende Personen Ihre Fahrfähigkeiten im Vergleich zu anderen Fahrern?	<input type="checkbox"/>				

Für die nächste Frage müssen Sie eine Vergleichsgruppe wählen: Sind Sie jünger als 50 Jahre, wählen Sie als Vergleichsgruppe Fahrer älter als 65, sind Sie älter als 65 Jahre, wählen Sie bitte eine Vergleichsgruppe zwischen 30 und 50 Jahren.

42.	Wie gut glauben Sie würden Sie im Vergleich zu Ihrer Vergleichsgruppe abschneiden?	<input type="checkbox"/>				
-----	--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Auch für einige der folgenden Fragen müssen Sie Ihre Vergleichsgruppe je nach Ihrem Alter auswählen. Dabei gilt wieder: Sind Sie jünger als 50 Jahre, wählen Sie als Vergleichsgruppe Fahrer die älter sind als 65 Jahre. Sind Sie älter als 65 Jahre, wählen Sie bitte eine Vergleichsgruppe zwischen 30 und 50 Jahren.

**Sehvermögen**

Zur Erklärung: Unter Sehvermögen verstehen wir die wichtigsten zum Fahren benötigten Sehleistungen wie Sehschärfe bei Tag und Nacht, Kontrastsehen und Farbsehen.

		Deutlich besser	Eher besser	Ungefähr gleich	Eher schlechter	Deutlich schlechter
43.	Im Vergleich zu meiner eigenen Altersgruppe ist mein Sehvermögen ...	<input type="checkbox"/>				
44.	Im Vergleich zu der Altersgruppe der ich nicht angehöre, ist meine Sehvermögen ....	<input type="checkbox"/>				
45.	Im Vergleich zu vor zehn Jahren ist meine Sehvermögen ...	<input type="checkbox"/>				

<b>Reaktionsfähigkeit in unerwarteten Situationen</b>						
Zur Erklärung: Eine gute Reaktionsfähigkeit ist nötig wenn ein vor Ihnen fahrendes Auto unerwartet bremsst oder ein Kind plötzlich auf die Straße läuft.						
		Deutlich besser	Eher besser	Ungefähr gleich	Eher schlechter	Deutlich schlechter
46.	Im Vergleich zu meiner eigenen Altersgruppe ist meine Reaktionsfähigkeit ...	<input type="checkbox"/>				
47.	Im Vergleich zu der Altersgruppe der ich nicht angehöre, ist meine Reaktionsfähigkeit ...	<input type="checkbox"/>				
48.	Im Vergleich zu vor zehn Jahren ist meine Reaktionsfähigkeit ...	<input type="checkbox"/>				
<b>Konzentrationsfähigkeit</b>						
Zur Erklärung: Ihre Konzentrationsfähigkeit ist hoch wenn Sie sich nicht ablenken lassen und auch bei längerdauernden Tätigkeiten wenige Fehler bei der Aufgabenausführung machen.						
		Deutlich besser	Eher besser	Ungefähr gleich	Eher schlechter	Deutlich schlechter
49.	Im Vergleich zu meiner eigenen Altersgruppe ist meine Konzentrationsfähigkeit ...	<input type="checkbox"/>				
50.	Im Vergleich zu der Altersgruppe der ich nicht angehöre, ist meine Konzentrationsfähigkeit ...	<input type="checkbox"/>				
51.	Im Vergleich zu vor zehn Jahren ist meine Konzentrationsfähigkeit ...	<input type="checkbox"/>				
<b>Belastbarkeit</b>						
Zur Erklärung: Stellen Sie sich bitte vor Sie müssten eine komplexe Kreuzung mit viel Verkehr überqueren: Wenn Sie dies als sehr anstrengend erleben, ist ihre Belastbarkeit eher gering.						
		Deutlich besser	Eher besser	Ungefähr gleich	Eher schlechter	Deutlich schlechter
52.	Im Vergleich zu meiner eigenen Altersgruppe ist meine Belastbarkeit ...	<input type="checkbox"/>				
53.	Im Vergleich zu der Altersgruppe der ich nicht angehöre, ist meine Belastbarkeit ...	<input type="checkbox"/>				
54.	Im Vergleich zu vor zehn Jahren ist meine Belastbarkeit ...	<input type="checkbox"/>				

Bei den nächsten Fragen kommt es darauf an, dass Sie sich in die beschriebenen Situationen hineinversetzen. Geben Sie dann für jede Situation an wie viel Ärger Sie empfinden würden, wenn Sie das Geschilderte erleben. Es gibt keine falschen oder richtigen Antworten, es zählt nur Ihre persönliche Einschätzung.

		Wenn ich diese Situation erlebe ärgere ich mich ...				
		gar nicht	ein wenig	mäßig	stark	sehr stark
55.	Jemand wechselt ständig die Spur und nutzt dabei jede Lücke aus um schneller voranzukommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.	Ein sehr langsamer LKW lässt mehrere Gelegenheiten verstreichen ohne folgenden Verkehr vorbei zu lassen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
57.	Jemand fährt ohne zu schauen aus einer Parklücke.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
58.	Jemand überfährt eine rote Ampel oder ein Stoppschild.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
59.	Sie fahren etwas zu schnell und werden geblitzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
60.	Jemand gibt Gas während Sie überholen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
61.	Jemand braucht sehr lange zum Einparken und hält damit den Verkehr auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
62.	Sie stecken im Stau.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
63.	Jemand zeigt Ihnen wegen Ihres Fahrverhaltens den Mittelfinger oder macht eine andere obszöne Geste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
64.	Jemand hupt laut wegen Ihres Fahrverhaltens.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
65.	Ein Fahrradfahrer fährt auf der Mitte des Fahrstreifens und hält damit den Verkehr auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
66.	Ein Polizist winkt Sie wegen eines kleinen Vergehens aus dem Verkehr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
67.	Ein vor Ihnen fahrender LKW wirbelt Sand und Kieselsteinchen auf die auf ihr Auto fallen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
68.	Sie fahren hinter einem großen LKW und können nicht daran vorbeisehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
69.	Jemand kommt Ihnen nachts entgegen ohne abzublenden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
70.	Sie fahren an einer Radarfalle vorbei ohne geblitzt zu werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abschließend bitten wir Sie, die folgenden Aussagen zu Ihrem aktuellen Befinden zu beantworten, je nachdem inwieweit diese momentan auf Sie zutreffen.

71.	Fühlen Sie sich im Moment...	(1) überhaupt nicht	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) sehr
72.	gut gelaunt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
73.	energiegeladen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
74.	müde?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
75.	unterfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
76.	unkonzentriert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
77.	heiter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
78.	unsicher?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
79.	frisch?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
80.	verärgert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
81.	erschöpft?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
82.	gereizt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
83.	gelangweilt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
84.	unwohl?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
85.	schwindlig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vielen Dank im Voraus für Ihre Teilnahme und  
Mitarbeit an der Untersuchung!

## Anlage 4: Abbildung Versuchsstrecke

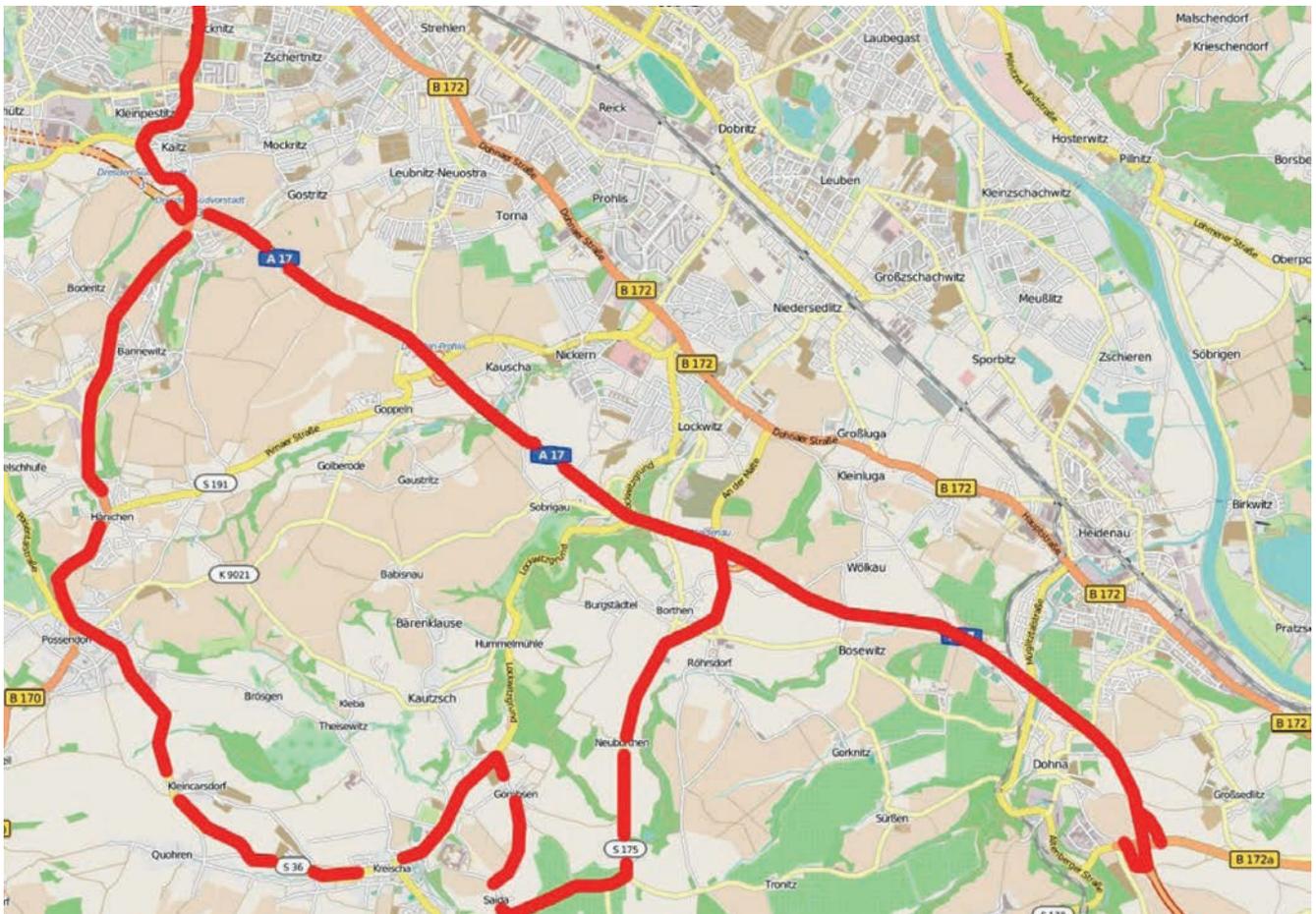


Abbildung A1:  
Versuchsstrecke Teil I (Quelle: Openstreetmap.org)



Abbildung A2:  
Versuchsstrecke Teil II (Quelle: Openstreetmap.org)



Abbildung A3:  
Versuchsstrecke Teil III (Quelle: Openstreetmap.org)

## Anlage 5: Beschreibung der Stichprobe: Zusatzergebnisse

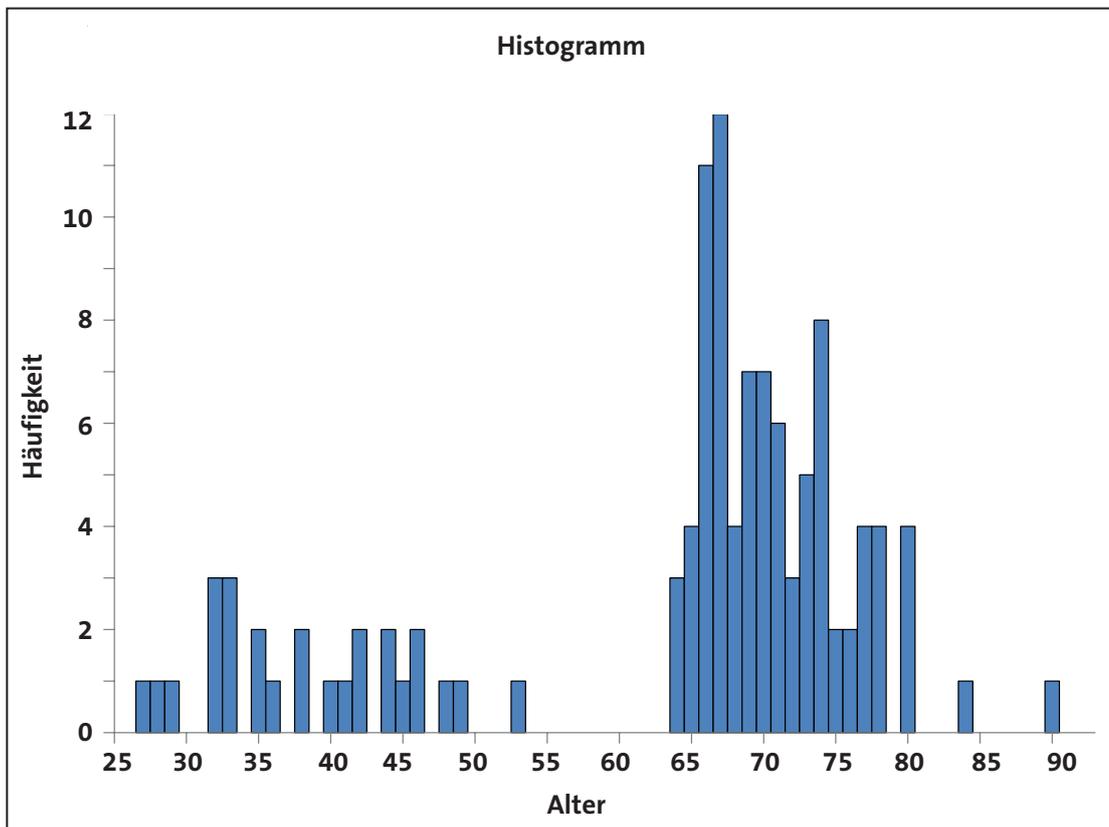


Abbildung A4:  
Altersverteilung der Gesamtstichprobe im Histogramm

## Anlage 6: UFOV-Test: Zusatzergebnisse

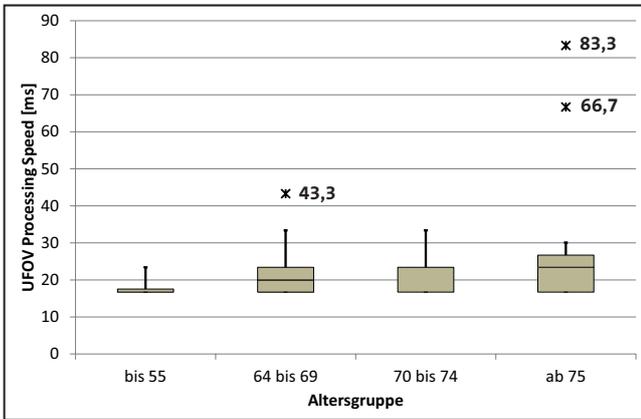


Abbildung A5:  
UFOV-Test, Boxplot Verarbeitungsgeschwindigkeit

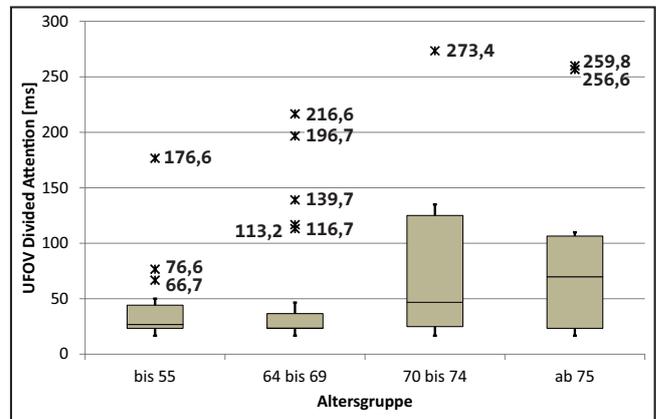


Abbildung A6:  
UFOV-Test, Boxplot Geteilte Aufmerksamkeit

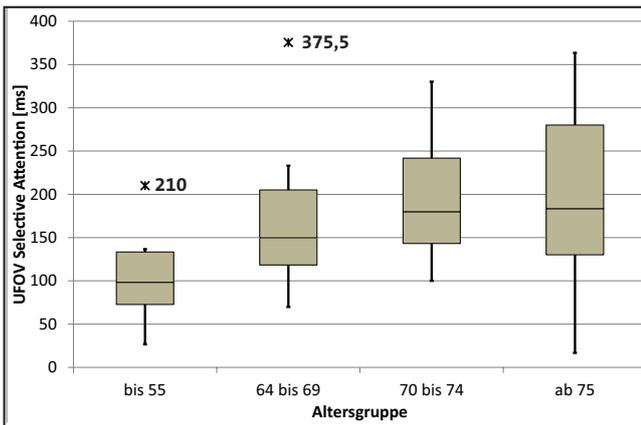


Abbildung A7:  
UFOV-Test, Boxplot Selektive Aufmerksamkeit

## Anlage 7: Visus-Messung: Zusatzergebnisse

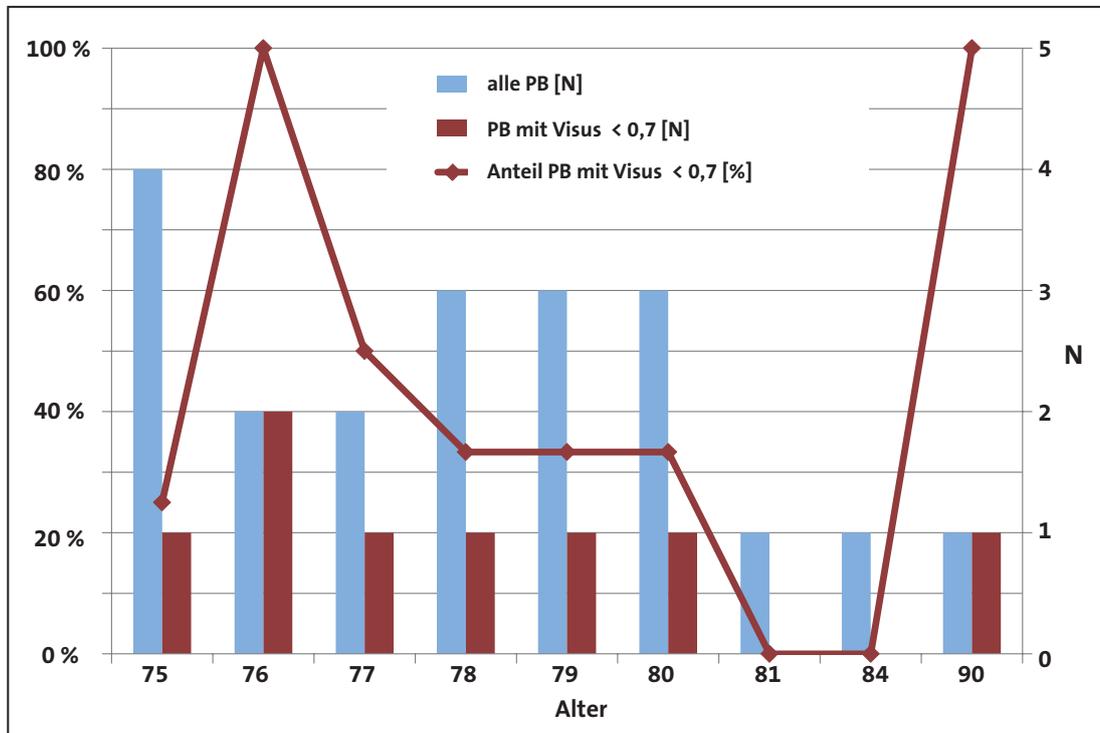


Abbildung A8:  
Verteilung der Probanden innerhalb der ältesten Altersgruppe mit einem Visus geringer 0,7

## Anlage 8: WRBTV: Zusatzergebnisse

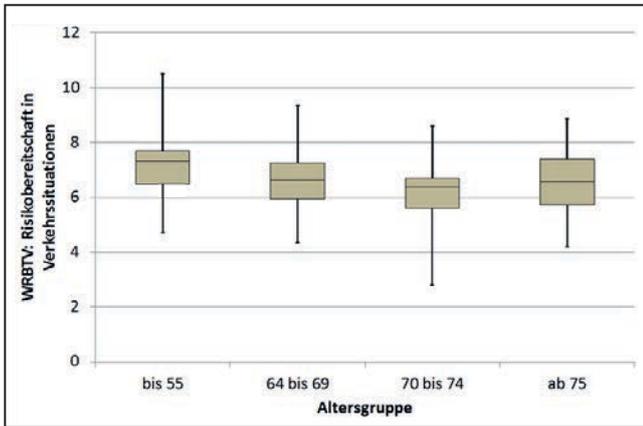


Abbildung A9:  
Boxplot zum WRBTV (Einzelpunkte sind Ausreißer mit Fallnummer)

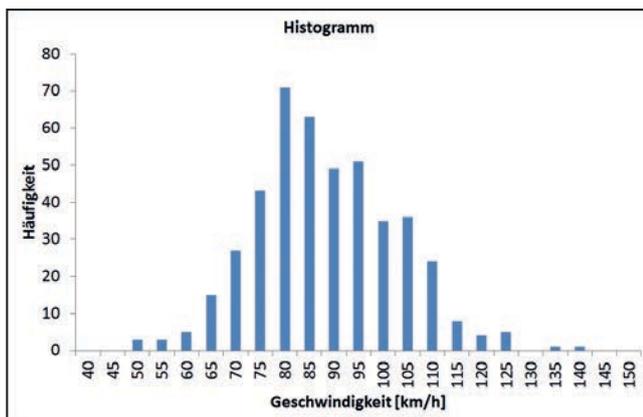
## Anlage 9: Radarmessungen auf der Landstraße: Histogramme der Daten

**Tabelle A2:**  
Schiefe und Kurtosis der Radarmessungen getrennt nach Strecke

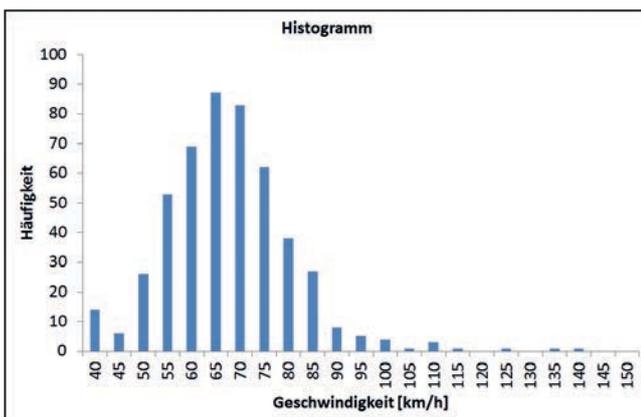
Datenquelle	Schiefe	Kurtosis	Z <sub>Schiefe</sub>	Z <sub>Kurtosis</sub>
Strecke 1	.31	.27	3.18	1.38
Strecke 2	.57	4.04	5.21	18.36
Strecke 3	.06	.50	.55	2.12
Strecke 4	-.37	1.11	-3.17	4.81
Strecke 5	.43	.47	4.62	2.51

Anmerkung:

Nach Field (2009) gelten bei großen Stichproben z-Werte  $> 3.29$  als Indikator einer signifikanten Abweichung von der Annahme der Normalverteilung. Bei Stichproben  $> 200$  wird von Field (2009) empfohlen, nur die Histogramme zu betrachten.



**Abbildung A10:**  
Histogramm Radarmessung Strecke 1



**Abbildung A11:**  
Histogramm Radarmessung Strecke 2

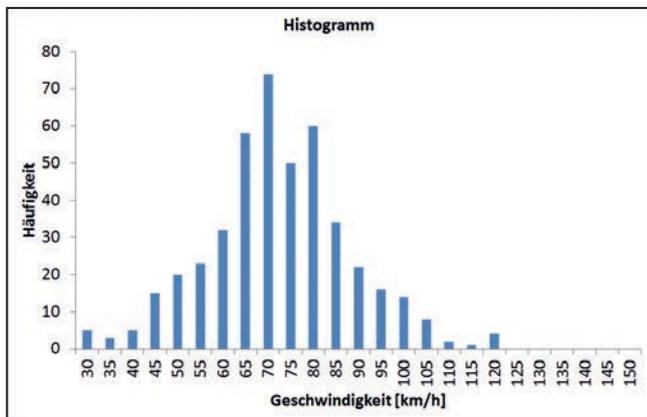


Abbildung A12:  
Histogramm Radarmessung Strecke 3

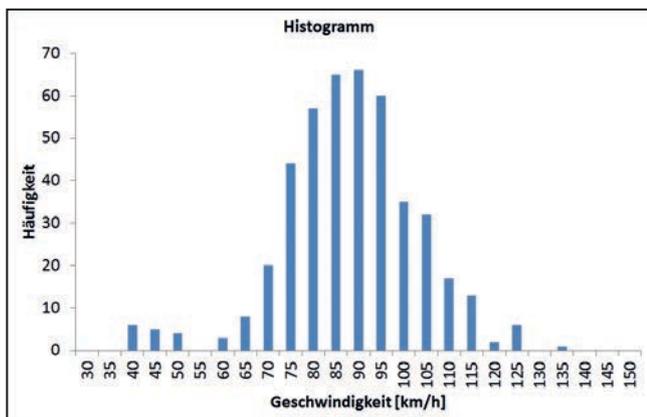


Abbildung A13:  
Histogramm Radarmessung Strecke 4

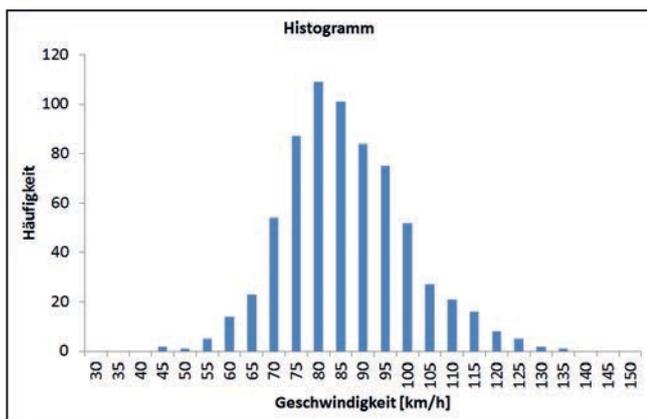


Abbildung A14:  
Histogramm Radarmessung Strecke 5

Im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV)

# Teil 2:

# Simulatorversuche mit älteren Pkw-Fahrern

bearbeitet durch:

Technische Universität Dresden  
Fakultät Verkehrswissenschaften  
Lehrstuhl für Verkehrspsychologie



Dr. Gert Weller  
Prof. Dr. Bernhard Schlag  
Dipl.-Psych. Lars Rößger

Bei der UDV betreut von:

Dipl.-Ing. Petra Butterwegge  
Dr. rer. nat. Tina Gehlert





---

## Inhalt

---

<b>1</b>	<b>Projekthintergrund und Forschungsfragen</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Methodisches Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen</b>	<b>10</b>
2.1	Operationalisierung der Variablen	10
2.1.1	Sensorische Leistungsfähigkeit	10
2.1.1.1	Sehschärfe	10
2.1.1.2	Kontrastsehen	10
2.1.1.3	Farbsehen	10
2.1.2	Erhebung demographischer Daten	10
2.1.3	Items zu Selbsteinschätzungen	10
2.1.4	Aktuelle Befindlichkeit	10
2.2	Anpassung der Simulation zur Verringerung von Simulator Sickness	12
2.3	Simulation: Eingewöhnungsfahrt	13
2.4	Simulation: Nebenaufgaben	13
2.5	Simulation: Strecke	14
2.5.1	Ereignis Radfahrer	14
2.5.2	Ereignis Bus ohne Ablenkung	15
2.5.3	Ereignis Bus mit Ablenkung	15
2.5.4	Stopp- Schild unverdeckt	15
2.5.5	Stopp-Schild verdeckt	15
2.5.6	Linksabbiegen einfach	15
2.5.7	Linksabbiegen komplex	15
2.5.8	Ereignis Fußgänger ohne Ablenkung (PED10)	15
2.5.9	Ereignis Fußgänger mit Ablenkung (PED11)	16
2.5.10	Ereignis Taxi ohne Ablenkung (V20)	16
2.5.11	Ereignis Taxi mit Ablenkung (V21)	16
2.6	Stichprobengewinnung und -beschreibung	16
2.7	Verwendete statistische Verfahren	17
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>18</b>
3.1	Physiologische und kognitive Leistungsfähigkeit	18
3.1.1	Farbsehen: Ishihara Tests	18
3.1.2	Sehschärfe: Visus 100	19
3.1.3	Kontrastsehen: Visus 10	20
3.1.4	Gesichtsfeld	20
3.2	Motorische und kognitive Leistungsfähigkeit	21
3.2.1	Stroop Aufgabe	21
3.2.2	Visuelle Suche	22
3.2.3	UFOV-Test	23

3.2.3.1	Verarbeitungsgeschwindigkeit (Processing Speed)	23
3.2.3.2	Geteilte Aufmerksamkeit (Divided Attention)	24
3.2.3.3	Selektive Aufmerksamkeit (Selective Attention)	24
3.2.4	ATAVT S1: Überblicksgewinnung/Beobachtungsfähigkeit	25
3.2.5	Neck Rotation Test	25
3.2.6	Rapid Walk Test (RWT)	26
3.3	Fremdeinschätzung der (körperlichen) Fitness	26
3.4	Selbsteinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit	27
3.5	Ergebnisse der Simulatorversuche	28
3.5.1	Einfaches Linksabbiegen: Wahl einer geeigneten Lückengröße	28
3.5.2	Komplexes Linksabbiegen: Beachtung von Radfahrern	28
3.5.3	Querender Fußgänger ohne Ablenkung des Fahrers (PED10)	29
3.5.4	Querender Fußgänger mit Ablenkung des Fahrers (PED11)	30
3.5.5	Querende Fußgänger: Vergleich der Bedingungen ohne versus mit Ablenkung	31
3.5.6	Bremsen vor Stoppschild - unverdeckt versus verdeckt	32
3.5.7	Ausscherendes Taxi: abgelenkt versus nicht abgelenkt	34
3.5.8	Zusammenhang zwischen Laborleistung und Fahrverhalten im Simulator	35
3.5.9	Zusammenfassung der Ergebnisse zu den Simulatorversuchen	37
<b>Literatur</b>		<b>38</b>
<b>Anlagen:</b>		
	Anlage 1: Umrechnung Visus	40
	Anlage 2: Vorbefragung: Fragebogen	41

---

## Abbildungen

---

<b>Abbildung 1:</b>	Ausfallquoten bei den Simulatorfahrten im Projekt „Fahrversuche mit älteren Pkw-Fahrern“	9
<b>Abbildung 2:</b>	Simulator der Professur für Verkehrspsychologie vor dem Umbau	12
<b>Abbildung 3:</b>	Simulator der Professur für Verkehrspsychologie nach dem Umbau	13
<b>Abbildung 4:</b>	Beispiel eines bei der Nebenaufgabe verwendeten Wegweisers	13
<b>Abbildung 5:</b>	Simulator der Professur für Verkehrspsychologie nach dem Umbau	14
<b>Abbildung 6:</b>	Bemaßung der Fußgängersituation	16
<b>Abbildung 7:</b>	Anteil derjenigen Probanden mit mindestens einem Unfall je Altersgruppe	17
<b>Abbildung 8:</b>	Boxplot Visus 100 (nach ISO 8596) getrennt nach Altersgruppen	19
<b>Abbildung 9:</b>	Visus 10: Boxplot	20
<b>Abbildung 10:</b>	Im Test PP erhobenes Gesichtsfeld in Grad je Altersgruppe	20
<b>Abbildung 11:</b>	Boxplot der Mittelwerte der Reaktionszeiten auf kompatible Reize je Altersgruppe	21
<b>Abbildung 12:</b>	Boxplot der Mittelwerte der Reaktionszeiten auf inkompatible Reize je Altersgruppe	21
<b>Abbildung 13:</b>	Test Visuelle Suche Boxplot der Mittelwerte der Reaktionszeiten bei vorhandenem Zielreiz je Altersgruppe	22
<b>Abbildung 14:</b>	Test Visuelle Suche Boxplot des Anteils der ausgelassenen Zielreize (Misses in %) je Altersgruppe	22
<b>Abbildung 15:</b>	UFOV-Test Kategoriale Risikoeinschätzung aus dem Gesamtscore: Anteile je Altersgruppe	23
<b>Abbildung 16:</b>	UFOV-Test Untertest Verarbeitungsgeschwindigkeit: Boxplot der Testwerte je Altersgruppe*	23
<b>Abbildung 17:</b>	UFOV-Test Untertest Geteilte Aufmerksamkeit: Boxplot der Testwerte je Altersgruppe	24
<b>Abbildung 18:</b>	UFOV-Test Untertest selektive Aufmerksamkeit: Boxplot der Testwerte je Altersgruppe	24
<b>Abbildung 19:</b>	ATAVT Überblicksgewinnung: Boxplot der Testwerte je Altersgruppe	25
<b>Abbildung 20:</b>	Neck Rotation Test: Boxplot der Werte für die Kopfdrehung in Grad	26
<b>Abbildung 21:</b>	Rapid Walk Test: Boxplot der benötigten Zeit in Sekunden	26
<b>Abbildung 22:</b>	Einschätzung körperlicher Fitness durch die Versuchsleiter: Anteil der einzelnen Kategorien innerhalb der Altersgruppen [%]	27
<b>Abbildung 23:</b>	Boxplot Selbsteinschätzung im Vergleich zur jeweils anderen Altersgruppe bei einer fiktiven Fahrprobe (1=deutlich besser bis 5=deutlich schlechter)	27

<b>Abbildung 24:</b>	Einfaches Linksabbiegen: Wahl der Lücken ("GAP") getrennt nach Altersgruppen	28
<b>Abbildung 25:</b>	Einfaches Linksabbiegen: gewählte Zeitlücken zum Abbiegen [s] getrennt nach Altersgruppen	28
<b>Abbildung 26:</b>	Komplexes Linksabbiegen: Wahl der Lücken getrennt nach Altersgruppen (Lücke 1 und 2 mit Radfahrer, Lücke 3 ohne Radfahrer)	29
<b>Abbildung 27:</b>	Querender Fußgänger ohne Ablenkung: Boxplot der TTC zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [s]	30
<b>Abbildung 28:</b>	Querender Fußgänger ohne Ablenkung (PED10): Auswertung nach Unfällen getrennt nach Altersgruppen	30
<b>Abbildung 29:</b>	Querender Fußgänger mit Ablenkung: Boxplot der TTC zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [s]	31
<b>Abbildung 30:</b>	Querender Fußgänger mit Ablenkung (PED11): Auswertung nach Unfällen getrennt nach Altersgruppen	31
<b>Abbildung 31:</b>	Querende Fußgänger: Unterschiede in der Ausgangsgeschwindigkeit zwischen der Bedingung mit versus ohne Ablenkung getrennt nach Altersgruppen	32
<b>Abbildung 32:</b>	Querende Fußgänger: Unterschiede in der Bremsreaktionszeit zwischen der Bedingung mit versus ohne Ablenkung getrennt nach Altersgruppen	32
<b>Abbildung 33:</b>	Unverdecktes Stoppschild: Boxplot der Entfernung zum Schild zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [m]	33
<b>Abbildung 34:</b>	Verdecktes Stoppschild: Boxplot der Entfernung zum Schild zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [m]	33
<b>Abbildung 35:</b>	Stoppschilder: Unterschiede zwischen verdecktem und nicht verdecktem Schild in der Entfernung des ersten Bremsens [m] getrennt nach Altersgruppen	33
<b>Abbildung 36:</b>	Ausscherendes Taxi mit Ablenkung (V21): Boxplot der Bremsreaktionszeiten (BRT) getrennt nach Altersgruppen [s]	34
<b>Abbildung 37:</b>	Ausscherendes Taxi ohne Ablenkung (V20): Boxplot der Bremsreaktionszeiten (BRT) getrennt nach Altersgruppen [s]	34
<b>Abbildung 38:</b>	Ausscherendes Taxi: Unterschiede in der BRT [s] zwischen Bedingung mit und ohne Ablenkung getrennt nach Altersgruppen	35
<b>Abbildung 39:</b>	Anteil an fehlerfreien Antworten und Fahrten mit mindestens zwei fehlerhaften Antworten getrennt nach Altersgruppen	35
<b>Anlage:</b>		
	Abbildung A2:    Vorbefragung: Fragebogen	41

---

## Tabellen

---

<b>Tabelle 1:</b>	Einteilung der Probanden in Altersgruppen	10
<b>Tabelle 2:</b>	Tests zur Erhebung der kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit	12
<b>Tabelle 3:</b>	Einteilung der Probanden in Altersgruppen	17
<b>Tabelle 4:</b>	Beschreibung der Gesamtstichprobe nach Angaben zur Kilometerleistung pro Jahr [km/Jahr]	17
<b>Tabelle 5:</b>	Bedeutung der Werte von Kurtosis und Schiefe in Hinblick auf die Verteilung der Werte	18
<b>Tabelle 6:</b>	Ergebnisse des Sehzeichentests nach DIN EN ISO 8596 und Anzahl und Prozent derjenigen Probanden mit einem Visus geringer als 0,7	19
<b>Tabelle 7:</b>	Deskriptive Statistik zum Gesichtsfeld (Test PP)	20
<b>Tabelle 8:</b>	Stroop Test Mittelwert Reaktionszeit auf kompatible Reize	21
<b>Tabelle 9:</b>	Stroop Test Mittelwert Reaktionszeit auf inkompatible Reize	21
<b>Tabelle 10:</b>	Visuelle Suche: deskriptive Statistik der Reaktionszeiten bei vorhandenem Zielreiz je Altersgruppe	22
<b>Tabelle 11:</b>	Visuelle Suche: deskriptive Statistik des Anteils [%] an Auslassern je Altersgruppe	22
<b>Tabelle 12:</b>	UFOV-Test Untertest Verarbeitungsgeschwindigkeit: deskriptive Statistik der Testwerte je Altersgruppe	23
<b>Tabelle 13:</b>	UFOV-Test Untertest Geteilte Aufmerksamkeit: deskriptive Statistik der Testwerte je Altersgruppe	24
<b>Tabelle 14:</b>	UFOV-Test Untertest selektive Aufmerksamkeit: deskriptive Statistik der Testwerte je Altersgruppe	24
<b>Tabelle 15:</b>	ATAVT S1: deskriptive Statistik „Personenparameterschätzer“	25
<b>Tabelle 16:</b>	Neck Rotation Test: deskriptive Statistik zur Kopfdrehung in Grad	25
<b>Tabelle 17:</b>	Rapid Walk Test: deskriptive Statistik (benötigte Zeit in Sekunden)	26
<b>Tabelle 18:</b>	Selbsteinschätzung im Vergleich zur eigenen Altersgruppe bei einer fiktiven Fahrprobe: deskriptive Statistik	27
<b>Tabelle 19:</b>	Selbsteinschätzung im Vergleich zur jeweils anderen Altersgruppe bei einer fiktiven Fahrprobe: deskriptive Statistik	27
<b>Tabelle 20:</b>	Einfaches Linksabbiegen: deskriptive Statistik für die gewählten Zeitlücken [s]	28
<b>Tabelle 21:</b>	Komplexes Linksabbiegen: Anzahl und Anteile der übersehenen Radfahrer (Lücke 1 oder 2) und der richtig genutzten Lücke je Altersgruppe	29
<b>Tabelle 22:</b>	Querender Fußgänger ohne Ablenkung (PED10): deskriptive Statistik der TTC zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [s]	30
<b>Tabelle 23:</b>	Querender Fußgänger mit Ablenkung (PED11): deskriptive Statistik der TTC zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [s]	31

<b>Tabelle 24:</b>	Unverdecktes Stoppschild (Stopp01): Entfernung zum Schild zum Zeitpunkt des Bremsens [m]	33
<b>Tabelle 25:</b>	Verdecktes Stoppschild (Stopp02): Entfernung zum Schild zum Zeitpunkt des Bremsens [m]	33
<b>Tabelle 26:</b>	Reaktionszeiten (BRT) auf ausscherendes Taxi mit Ablenkung (V21) getrennt nach Altersgruppen [s]	34
<b>Tabelle 27:</b>	Reaktionszeiten (BRT) auf ausscherendes Taxi ohne Ablenkung (V20) getrennt nach Altersgruppen [s]	34
<b>Tabelle 28:</b>	Ergebnisse der linearen Regression (Methode Einschluss) für die TTC in der Situation Fußgänger ohne Ablenkung (PED10)	36
<b>Tabelle 29:</b>	Ergebnisse der linearen Regression (Methode Schrittweise) für die TTC in der Situation Fußgänger ohne Ablenkung (PED10)	36
<b>Tabelle 30:</b>	Ergebnisse der linearen Regression (Methode Schrittweise) für die TTC in der Situation Fußgänger mit Ablenkung (PED11)	37
<b>Tabelle 31:</b>	Ergebnisse der linearen Regression (Methode Schrittweise) für die Entfernung des ersten Bremsens zum verdeckten Stoppschild	37
<b>Tabelle 32:</b>	Ergebnisse der linearen Regression (Methode Schrittweise) für die Bremsreaktionszeit auf das ausscherende Taxi mit Ablenkung	37
<b>Anlage:</b>		
	Tabelle A 1: Umrechnung VISUS	40

## 1 Projekthintergrund und Forschungsfragen

Im UDV-Projekt „Fahrversuche mit älteren Pkw-Fahrern“ wurden, neben der Untersuchung der sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit im Labor und den Fahrversuchen in einem instrumentierten Messfahrzeug im Feld, auch Fahrsimulatorversuche durchgeführt. Diese Fahrsimulatorversuche wurden aus folgenden Gründen durchgeführt:

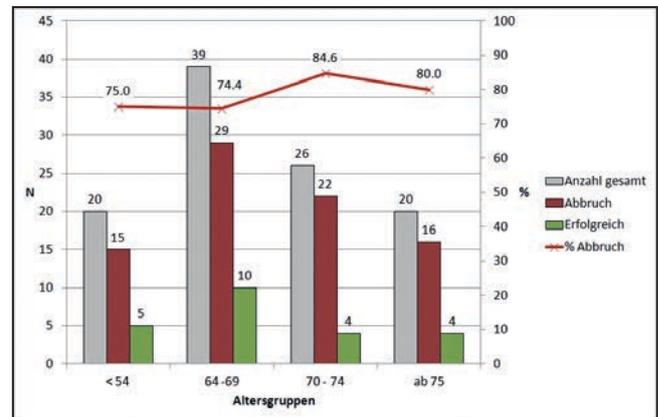
- Nur in Simulatorversuchen ist die experimentell kontrollierbare und ungefährliche Untersuchung auch kritischer Situationen möglich.
- Zusammenhänge zwischen den in Laborversuchen gewonnenen Prädiktoren und dem Fahrverhalten lassen sich im Vergleich zu Fahrversuchen reliabler in Simulatorversuchen bestimmen. Der Grund hierfür sind die kontrollierten Bedingungen im Simulator und das Fehlen externen Störeinflüsse sowie die Option, möglicherweise kritische Situationen gezielt und häufiger als im realen Verkehr zu erheben. Werden in den Simulatorfahrten valide Prädiktoren des Fahrverhaltens gefunden, können diese gezielter zur Modellierung des Verhaltens in den realen Versuchen benutzt werden. Damit stellen die Simulatorversuche ein logisches Zwischenglied in der Erklärung des Fahrverhaltens durch im Labor gewonnene Prädiktoren dar.

Entgegen den Erwartungen betrug die Ausfallquote bei den Simulatorfahrten jedoch fast 80 % (Abbildung 1).

Legt man bisherige, allerdings nicht vollständig hinreichende Kenntnisse der einschlägigen Forschung zur Entstehung der Simulator Sickness zugrunde (vgl. Schlender, 2008), sind dafür folgende Gründe zu vermuten:

- Häufige Abbiegesituationen mit entsprechenden Brems- und Beschleunigungsvorgängen
- Vergleichsweise lange Simulatorfahrt
- Hohe Anzahl älterer Probanden.

Obwohl sich die hohe Ausfallquote post-hoc näherungsweise erklären lässt, war eine derartige Quote keinesfalls vorhersehbar und konnte auch in keiner der in Weller (2010) zusammengefassten Arbeiten zur Simulator Sick-



**Abbildung 1:** Ausfallquoten bei den Simulatorfahrten im Projekt „Fahrversuche mit älteren Pkw-Fahrern“

ness gefunden werden. Zu vermuten ist, dass die Kombination aller oben genannten Faktoren zur hohen Ausfallquote beitrug.

Aufgrund der hohen Ausfallquote war der Nachweis eines Zusammenhangs zwischen Alter, Laborwerten und dem Fahrverhalten im Simulator in der UDV Studie „Fahrversuche mit älteren Pkw-Fahrern“ nur eingeschränkt möglich. Dennoch lassen die bereits jetzt gefundenen Ergebnisse den Schluss zu, dass die Grundannahme eines Zusammenhangs zwischen dem Alter, Befunden aus Laborversuchen und Parametern des Fahrverhaltens gültig ist und sich mit einer der Ausgangsstichprobe entsprechenden Stichprobengröße nachweisen lässt. Daher wird im Folgenden eine Ergänzungsstudie mit zusätzlichen Simulatorfahrten berichtet. Die Ergänzungsstudie lehnt sich eng an die UDV-Studie „Fahrversuche mit älteren Pkw-Fahrern“ an.

Folgende Forschungsfragen sollen beantwortet werden:

- Unterscheiden sich Autofahrer verschiedener Altersgruppen in der sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit?
- Unterscheiden sich Autofahrer verschiedener Altersgruppen hinsichtlich ihres Fahrverhaltens in einer Simulatorfahrt?
- Gibt es Zusammenhänge zwischen der sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit und dem Fahrverhalten in der Simulatorfahrt?

Zur Untersuchung der Unterschiede wurde zwischen folgenden vier Altersgruppen unterschieden:

**Tabelle 1:**  
**Einteilung der Probanden in Altersgruppen**

Bezeichnung	Abkürzung	Alter (Jahre)
Kontrollgruppe	KG	35 bis 55
Versuchsgruppe 1 (junge Alte)	VG 1	65 bis 69
Versuchsgruppe 2	VG 2	70 bis 74
Versuchsgruppe 3 (alte Alte)	VG 3	ab 75

## 2 Methodisches Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen

Das Vorgehen zur Beantwortung der Fragestellungen orientiert sich am Projekt „Fahrversuche mit älteren PKW-Fahrern“: die sensorische, kognitive und motorische Leistungsfähigkeit wird im Labor erhoben, das Fahrverhalten wird im Simulator erhoben.

### 2.1 Operationalisierung der Variablen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage werden zunächst die einzelnen unabhängigen und abhängigen Variablen operationalisiert. Da sich die verwendeten Tests weitestgehend mit den Tests der Fahrversuche decken, wird für die Details auf den Endbericht zu diesem Projekt verwiesen. Weicht die hier verwendete Methode davon ab, wird die Abweichung erörtert.

#### 2.1.1 Sensorische Leistungsfähigkeit

##### 2.1.1.1 Sehschärfe

Die Sehschärfe wurde gemäß DIN 58220-6 (2009) mit Landoltringen erhoben. Die zugrundeliegende Einheit war logMar. Diese Werte wurden gemäß der Tabelle im Anhang in Visus-Einheiten umgerechnet.

##### 2.1.1.2 Kontrastsehen

Die Erhebung des Kontrastsehens erfolgte über die erneute Erhebung der Sehschärfe unter einer verringerten

Kontraststärke von 10 %. Das Vorgehen erfolgte analog zur oben beschriebenen Erhebung der Sehschärfe unter einem Kontrastniveau von 100 %. Der erreichte Wert wurde wiederum auf dem Versuchsprotokoll notiert.

##### 2.1.1.3 Farbsehen

Da für spätere Tests die Unterscheidung von Rot und Grün notwendig war, erfolgte ein Screening auf eine möglicherweise vorliegende Rot-Grün-Schwäche. Hierzu wurden vier Ishihara-Tafeln am Sehzeichenmonitor dargeboten und das Ergebnis (richtig oder falsch) auf dem Protokoll notiert.

#### 2.1.2 Erhebung demographischer Daten

Die Erhebung der demographischen Daten erfolgte mittels eines Fragebogens (Anhang 2). Unter anderem wurde nach Alter, Geschlecht und Fahrerfahrung gefragt.

#### 2.1.3 Items zu Selbsteinschätzungen

Es wurden Fahrverhalten und zum Fahrstil erhoben, siehe Fragebogen im Anhang 2.

#### 2.1.4 Aktuelle Befindlichkeit

Die Erhebung der momentanen Befindlichkeit erfolgte in gleicher Weise wie im Vorgängerprojekt „Fahrversuche mit älteren PKW-Fahrern“.

#### 2.1.5 Kognitive und motorische Leistungsfähigkeit

Die kognitive und motorische Leistungsfähigkeit wurde mit Tests aus drei verschiedenen Quellen erhoben:

- Visual awareness: UFOV-Test (vgl. Teil 1 Kap. 2.1.6)
- Wiener Testsystem der Firma Schuhfried: PP, ATAVT (vgl. Teil 1, Kap. 2.1.7.)
- Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo): Stroop, visuelle Suche (vgl. Teil 1, Kap. 2.1.5.)

Das UFOV-Testverfahren ist ein computergestützter Test der visuellen Aufmerksamkeit und Verarbeitung,

insbesondere der Detektion und Lokalisation kurzzeitig präsentierte Stimuli im visuellen Feld. Dabei umfasst das Testverfahren drei Untertests: **Verarbeitungsgeschwindigkeit**, **Geteilte Aufmerksamkeit** und **Selektive Aufmerksamkeit**. Zur Bestimmung der Verarbeitungsgeschwindigkeit werden wechselnde Stimuli (Pkw, Lkw) mit unterschiedlicher Expositionszeit im zentralen visuellen Feld präsentiert. Der Beobachter gibt durch seine Eingabe auf ein entsprechendes Symbol an, welchen Stimulus er sah. Beim Test zur Geteilten Aufmerksamkeit werden ebenfalls wechselnde Stimuli (Pkw, Lkw) im zentralen visuellen Feld kurzzeitig und gleichzeitig ein Stimulus (Pkw) an unterschiedlichen Orten in der Peripherie (12,5 cm vom Fixationszentrum) dargeboten. Der Proband hat die Aufgabe, das zentral dargebotene Objekt sowie den Ort des peripher dargebotenen Objektes durch Tastendruck zu benennen. Für die Bestimmung der Selektiven Aufmerksamkeit werden bei gleicher Aufgabe zusätzlich 47 Distraktorreize im visuellen Feld dargeboten. Der Testwert (Score) für alle drei Untertest entspricht der Expositionszeit der Stimuli in ms, bei der 75 % der Antworten korrekt waren (Test zu Schwellenbestimmung).

Die Testdauer ist entsprechend von der Konsistenz des Antwortverhaltens des Probanden abhängig, beträgt aber im Mittel für alle drei Untertest zusammen etwa 15 Minuten.

Zur weiteren Erfassung der **Geteilten Aufmerksamkeit** sowie der **Peripheren Wahrnehmung** wurde der Test Periphere Wahrnehmung (PP) der Fa. Schuhfried eingesetzt. Hierbei wurden über Leuchtdioden im peripheren Gesichtsfeld kritische Reize in gegebenen zeitlichen Abständen dargeboten, auf die die Probanden während einer zentral dargebotenen, visuellen Trackingaufgabe mittels Eingabe an einer Fußtaste reagieren sollten. Zur Bestimmung der Performanz der peripheren Wahrnehmung bzw. der geteilten Aufmerksamkeit stehen die Trackingabweichung, die Anzahl falscher Reaktionen und Auslasser sowie die Reaktionszeiten zu Verfügung.

Mit Hilfe einer Stroop-Aufgabe wurde die **Interferenzanfälligkeit** gemessen. Um Interferenz zu induzieren wurden PC-gestützt Farbwörter (rot, grün, blau, gelb) in je-

weils vier Schriftfarben dargeboten, wobei in der Hälfte der Durchgänge Schriftfarbe und Wortbedeutung nicht übereinstimmen (inkompatible Durchgänge). Die Probanden hatten die Aufgabe, die Schriftfarbe der dargebotenen Farbwörter durch Tasteneingabe zu benennen. Erhoben wurden Reaktionszeiten und Fehlerraten. Die Durchführungsdauer betrug im Mittel fünf Minuten.

**Reaktionsgenauigkeit** und **Reaktionsschnelligkeit** wurden im Rahmen einer Aufgabenreihe zur visuellen Suche erfasst. Dabei wurde den Probanden auf einem Bildschirm in einer Matrix von 3 x 3 Zeichen Pfeile in variierender Ausrichtung (oben, unten, links, rechts) und variierender Farbe für max. 1000 ms dargeboten. Die Aufgabe bestand darin, per Tastendruck zu indizieren, wenn sich ein grüner Pfeil nach oben oder ein roter Pfeil nach rechts (Zielreize) unter den dargebotenen Elementen befand. Es wurden insgesamt 106 Matrizen dargeboten, von den 50 % die entsprechenden Zielreize enthielten. Das Interstimulusintervall zwischen zwei Darbietungen betrug 1000 ms. Gemessen wurden die Reaktionszeiten (RT) und der Anteil unentdeckter Zielreize.

Die visuelle **Beobachtungsfähigkeit** und **Überblicksgewinnung** wurde mit Hilfe des Adaptiven Tachistoskopischen Verkehrsauffassungstests (ATAVT) der Fa. Schuhfried erhoben. Dabei wurden dem Probanden kurzzeitig Szenen von Verkehrssituation dargeboten. Im Anschluss zur Präsentation hatte der Proband die Aufgabe, aus vorgegebenen Antwortitems zu wählen, was in der Szene zu sehen. Die Vorgabe der Items erfolgt jeweils adaptiv, d. h. nach einer Initialphase erfolgt die Auswahl der Items entsprechend einem zunehmend an den Bereich der Leistungsfähigkeit des Probanden angepassten Schwierigkeitsniveau. Als Testergebnisse stehen ein (testspezifischer?) Personenparameter, sowie ein korrespondierender Prozentrang und ein Testwert zu Verfügung. Die Bearbeitungszeit dauerte zwischen 5 und 10 vMinuten.

Der Neck Rotation Test und der Rapid Walk Test messen jeweils die motorische **Beweglichkeit**. Dabei wird einerseits erhoben, wie weit die Versuchspersonen ihren Kopf drehen können (als Addition von links und rechts) und andererseits wird die Zeit erhoben, die die Probanden benö-

**Tabelle 2:**  
**Tests zur Erhebung der kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit**

Gemessenes Konstrukt	Test	Kürzel und Version	Ca. Dauer [min]
Beweglichkeit (Kopfdrehung)	Neck Rotation Test	NRT	10
Beweglichkeit (Gehgeschwindigkeit)	Rapid Walk Test	RWT	5
Periphere Wahrnehmung	Periphere Wahrnehmung	PP	15
Geteilte Aufmerksamkeit			
Überblicksgewinnung / Beobachtungsfähigkeit	Adaptiver Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest	ATAVT S1	5 - 10
Verarbeitungsgeschwindigkeit (processing speed)	UFOV-Test	PS	5
Geteilte Aufmerksamkeit (divided attention)		DA	5
Selektive Aufmerksamkeit (selective attention)		SA	5
Inhibitionskontrolle	Stroop-Test Block 2 (Test 402)		5
Reaktionsgenauigkeit	Visuelle Suche (Test 701)		7
Reaktionsschnelligkeit			

tigen, um eine definierte Strecke schnell gehend zurück legen können.

Die Zuordnung der erhobenen Konstrukte zu den Tests ist in Tabelle 2 dargestellt.

## 2.2 Anpassung der Simulation zur Verringerung von Simulator Sickness

Die Simulatorversuche im Vorgängerprojekt waren durch sehr hohe Ausfallraten gekennzeichnet. Um zu guten Ergebnissen zu kommen, war es daher auch Ziel der vorliegenden Versuchsreihe, geeignete Maßnahmen zur Verringerung der Ausfallrate aufgrund von Simulator Sickness zu finden. Folgende Maßnahmen wurden dazu als geeignet eingestuft:

- Verkürzung der Fahrdauer
- Verkleinerung des Sichtfeldes
- Vermeidung von Situationen mit großer Diskrepanz zwischen visuellen und kinästetischen Sinneseindrücken
- Reduzierung der Simulation von drei Kanälen auf einen Kanal.

Gleichzeitig durfte keine dieser Maßnahmen die externe Validität verringern. Daher wurde eine Literaturrecherche zum Thema „Einfluss der technischen Spezifikation einer Simulation auf die (externe) Validität von Simulatordaten“ durchgeführt.

Folgende Quellen wurden ausgewertet:

- (Blaauw, 1982)
- (Yan, Abdel-Aty, Guo, & Radwan, 2012)
- (Kaptein, Theeuwes, & van der Horst, 1996)
- Riemersma, 1990, zitiert in (Kaptein, et al., 1996)
- (Stedmon et al., 2012)
- (Underwood, Crundall, & Chapman, 2011).

Die überwiegende Mehrheit der Studien stimmt darin überein, dass es keine Bedenken gegen eine Reduktion der Kanäle gibt. Daraufhin wurde die Projektion von den Projektoren auf Displays umgebaut und die Anzahl der Kanäle auf einen Kanal reduziert.



**Abbildung 2:**  
**Simulator der Professur für Verkehrspsychologie vor dem Umbau**



**Abbildung 3:**  
Simulator der Professur für Verkehrspsychologie nach dem Umbau

Zur Vermeidung von Situationen mit hoher Diskrepanz der Sinneseindrücke, wurde weiter darauf verzichtet, die Probanden abbiegen zu lassen. Stattdessen sollten die Probanden einen Knopf am Lenkrad drücken und zwar genau zu dem Zeitpunkt, an dem sie tatsächlich abgelenkt wären.

Weiter wurden Situationen, bei denen stark gebremst werden musste, erst gegen Ende untersucht.

Zur Simulation wurde die Simulationssoftware STISIM Drive 2.0 der Firma Systems Technology, Inc. ([www.sti-simdrive.com](http://www.sti-simdrive.com)) verwendet.

## 2.3 Simulation: Eingewöhnungsfahrt

Vor der eigentlichen Fahrt im Simulator absolvierten die Probanden eine Eingewöhnungsfahrt. Diese Eingewöhnungsfahrt hatte eine Länge von 1.800 Metern. Während der Strecke wurden die beiden Nebenaufgaben und das Linksabbiegen geübt. Weiter bestand die Strecke aus einem Stopp-Schild, an dem gehalten werden musste.

## 2.4 Simulation: Nebenaufgaben

Um Ablenkungen im realen Verkehr zu simulieren, mussten die Probanden an ausgewählten Abschnitten Nebenaufgaben bearbeiten. Es wurden zwei Nebenaufgaben verwendet:



**Abbildung 4:**  
Beispiel eines bei der Nebenaufgabe verwendeten Wegweisers

- Zählen von Radfahrern auf dem rechten Seitenstreifen
- Lesen von Wegweisern und Nennung des nächstgelegenen Ortes.

Die Aufgabe „Zählen von Radfahrern“ wurde durch eine Ansage über die Simulationslautsprecher angekündigt („Bitte zählen Sie die Radfahrer auf der rechten Fahrbahnseite“). Das Ende der Aufgabe wurde den Probanden ebenfalls durch eine Ansage mitgeteilt („Bitte nennen Sie dem Versuchsleiter das Ergebnis“). Diese Aufgabe wurde zweimal eingesetzt, die Länge der Abschnitte mit dieser Nebenaufgabe betrug jeweils etwa 300 Meter. Innerhalb der Abschnitte befanden sich etwa sechs Radfahrer. Die Radfahrer wurden teilweise durch parkende Fahrzeuge verdeckt, so dass das Zählen der Radfahrer einige Aufmerksamkeit erforderte.

Die zweite Nebenaufgabe bestand darin, auf mehreren Wegweisern (Verkehrszeichen 434) mit fiktiven Entfernungsangaben den jeweils nächstgelegenen Ort zu benennen. Dieser Ort sollte dann dem Versuchsleiter laut genannt werden. In Abbildung 4 wäre dies also der Ort Kiel gewesen.

Der Beginn der Aufgabe wurde den Probanden wieder über eine Ansage mitgeteilt („Bitte nennen Sie dem Versuchsleiter den jeweils nächstgelegenen Ort“). Die Aufgabe wurde einmal in der Simulation verwendet. Dabei

wurden vier Schilder unmittelbar nacheinander gezeigt. Die Antworten der Probanden wurden vom Versuchsleiter protokolliert.

## 2.5 Simulation: Strecke

Dem Entwurf der Strecke lagen ähnliche Überlegungen zugrunde wie bei dem Entwurf der Strecke aus der vorangegangenen Untersuchung: es sollten Situationen untersucht werden, die im Verkehr vorkommen können und insbesondere für ältere Personen kritisch sind. Dies sind im Allgemeinen Situationen mit unerwarteten Ereignissen und komplexe Situationen, oft mit Entscheidungen, die unter Zeitdruck getroffen werden müssen. Zur letzten Situation gehören Kreuzungen und dort insbesondere das Linksabbiegen. Um zu vermeiden, dass es in dieser

Situation zu Ausfällen aufgrund von Simulator Sickness kommt, wurde ein neuer Untersuchungsansatz gewählt (Kapitel 2.2). Die Reihenfolge in der Simulation ist in Abbildung 5 dargestellt.

### 2.5.1 Ereignis Radfahrer

Nach einem Fußgängerüberweg (Zebrastreifen) fährt ein Radfahrer vom Seitenstreifen auf die Fahrbahn des Ego. Um den Fahrradfahrer nicht zu überfahren, muss eine Reaktion des Ego erfolgen. Da keine Fahrzeuge entgegenkommen, kann die Reaktion in einem Ausweichen oder einem Abbremsen bestehen. Diese Situation lag am Anfang der Simulation und diente in erster Linie dazu, die Probanden auf mögliche Ereignisse vorzubereiten. Sie wird daher nicht ausgewertet.

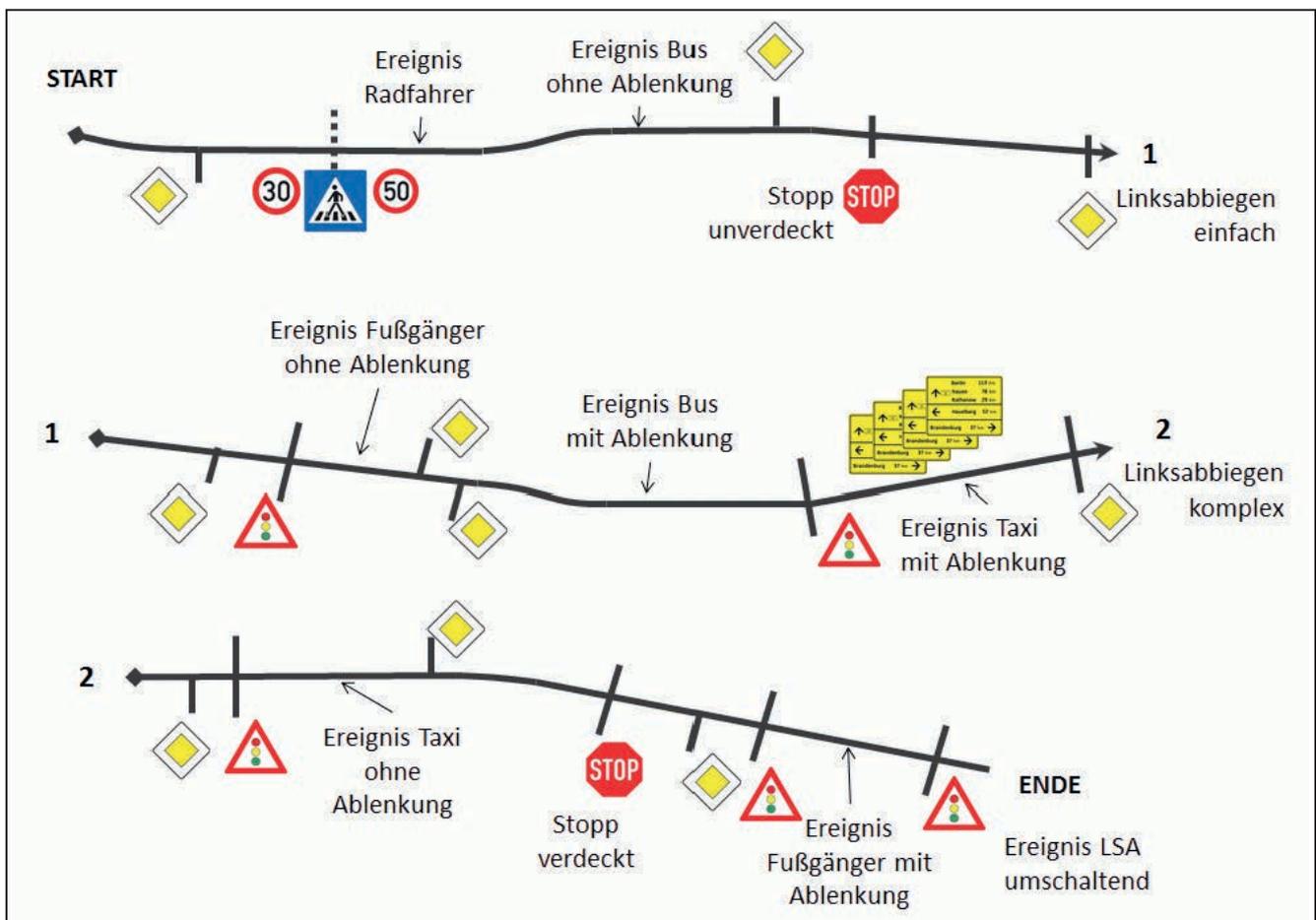


Abbildung 5: Simulator der Professur für Verkehrspsychologie nach dem Umbau

### 2.5.2 Ereignis Bus ohne Ablenkung

Auf einem geraden Streckenabschnitt kommt dem Ego ein Bus auf der anderen Fahrbahn entgegen. Hinter dem Bus befindet sich ein für das Ego nicht sichtbares Fahrzeug. Dieses Fahrzeug ändert seine Position in einer Entfernung zum Ego von etwa 70 Metern und schwenkt dann so ein, dass sich der Mittelpunkt des Fahrzeugs auf der Mittellinie befindet.

### 2.5.3 Ereignis Bus mit Ablenkung

Wie „Ereignis Bus ohne Ablenkung“ mit zusätzlicher Ablenkung. Die Ablenkung bestand in der Aufgabe „Zählen von Radfahrern“

### 2.5.4 Stopp- Schild unverdeckt

Bei dieser Situation handelt es sich um ein einfaches, gut sichtbares Stopp-Schild an dem gebremst werden sollte. Nach dem Bremsen erfolgte die Anweisung weiter zu fahren. Diese Situation dient lediglich als Baseline für die folgende Situation.

### 2.5.5 Stopp-Schild verdeckt

Diese Situation unterschied sich durch die vorangegangene Situation dadurch, dass das verwendete Stopp-Schild durch einen am Straßenrand geparkten Bus verdeckt war. Dadurch konnte es erst sehr spät wahrgenommen werden und erforderte eine unmittelbare Reaktion, um rechtzeitig zum Stehen zu kommen.

### 2.5.6 Linksabbiegen einfach

Bei der Situation Linksabbiegen einfach bestand die Aufgabe der Probanden lediglich darin, eine Lücke (engl.: gap) zwischen sich nähernden Fahrzeugen auszuwählen. Üblicherweise wird diese Situation so untersucht, dass die Probanden tatsächlich abbiegen müssen. Zur Vermeidung des Auftretens von Simulator Sickness wurde jedoch beschlossen, dass die Probanden nicht abbiegen sollten sondern statt abzubiegen einen Knopf am Lenkrad drücken sollten. Der Knopfdruck sollte genau dann

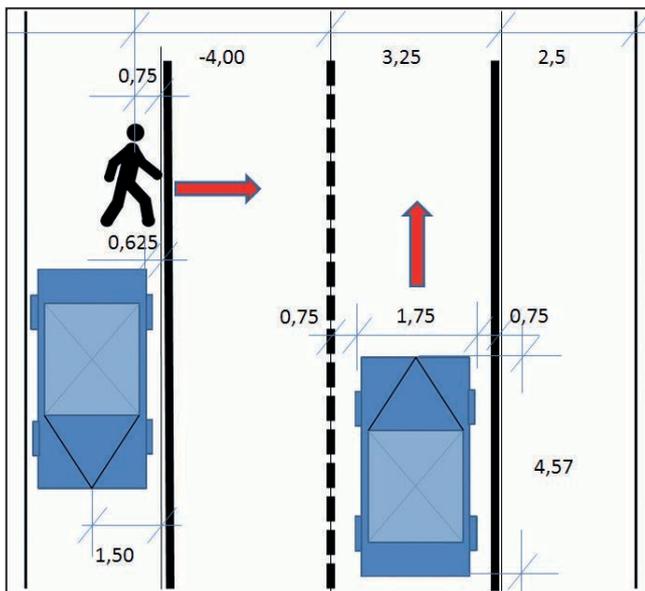
erfolgen wenn der Proband tatsächlich abgebogen wäre, also zum Zeitpunkt des Losfahrens. Die Aufgabe wurde durch zwei aufeinander folgende Ansagen vor Erreichen der Kreuzung angekündigt („An der nächsten Kreuzung bitte anhalten“, „Bitte wählen Sie die erste mögliche Gelegenheit zum sicheren Abbiegen und drücken Sie den Plus-Knopf am Lenkrad genau dann, wenn Sie tatsächlich abbiegen würden. Fahren Sie nach dem Drücken des Knopfes geradeaus weiter.“).

### 2.5.7 Linksabbiegen komplex

Die Situation „Linksabbiegen komplex“ ähnelt vom Aufbau her der Situation mit einfachem Abbiegen: über die gleiche Ansage wird mitgeteilt, dass an der nächsten Kreuzung abgebogen werden soll und bei der ersten Gelegenheit zum sicheren Abbiegen der Knopf am Lenkrad gedrückt werden soll. Die Situation unterscheidet sich insofern von der Situation mit einfachem Abbiegen, als zusätzlich entgegenkommende Radfahrer zu beachten waren. Um den Einfluss der Lückengröße zu verringern, waren alle Lücken so gestaltet, dass sie zum Abbiegen geeignet waren. Die entgegenkommenden Fahrradfahrer befanden sich auf dem Fahrradweg, aus Ego-Sicht links neben den entgegenkommenden Fahrzeugen. Es wurden insgesamt drei Lücken präsentiert. Die Fahrradfahrer waren nur in den ersten beiden Lücken vorhanden, so dass nur die dritte Lücke ausgewählt werden sollte. Um die Aufgabe nicht zu schwer zu machen und um den Fahrern einen Hinweis auf andere Verkehrsteilnehmer zu geben, wurde noch vor der ersten Lücke ein Fahrradfahrer direkt auf der Fahrbahn zwischen den entgegenkommenden Fahrzeugen gezeigt.

### 2.5.8 Ereignis Fußgänger ohne Ablenkung (PED10)

In dieser Situation querte ein Fußgänger von links kommend die Straße. Der Fußgänger befand sich vor dem Start hinter einem am Straßenrand parkenden Fahrzeug und wurde erst sichtbar nachdem er aus dem Sichtschatten des Fahrzeuges heraustrat. Der Fußgänger begann seine Bewegung bei einer Entfernung zum Ego von 4,5 Sekunden. Bei einer Ego-Geschwindigkeit von 50 km/h entspricht dies einem Abstand von 62,5 Metern.



**Abbildung 6:**  
Bemaßung der Fußgängersituation

Die Geschwindigkeit des Fußgängers wurde auf etwa 4 km/h (1,1 m/s) festgelegt. In den 4,5 Sekunden trafe der Fußgänger bei gleichbleibender Geschwindigkeit des Ego auf eine Stelle etwa 20 cm von der Außenkante in Richtung Motorhaube, es käme also zu einer Kollision.

Diese „Vorausschauzeit“ von 4,5 Sekunden wurde gewählt, um allen Probanden die Möglichkeit zu geben, bei aufmerksamem Fahren auf den Fußgänger zu reagieren. Die Bemaßung der Szene ist in Abbildung 6 dargestellt.

### 2.5.9 Ereignis Fußgänger mit Ablenkung (PED11)

Das Ereignis Fußgänger mit Ablenkung stimmte hinsichtlich der Bemaßung exakt mit dem Ereignis Fußgänger ohne Ablenkung überein. Der einzige Unterschied bestand darin, dass die Probanden in der Ablenkungsbedingung zusätzlich Radfahrer auf der rechten Fahrbahnseite zählen sollten (Details zu dieser Aufgabe, Kapitel 2.4).

### 2.5.10 Ereignis Taxi ohne Ablenkung (V20)

Bei dieser Situation fährt ein PKW (in diesem Fall ein Taxi) von der Parkposition am rechten Rand auf den Fahrstreifen des Ego ein, fährt mit einer Geschwindigkeit von ca.

10 km/h (3m/s) etwa 30 Meter und schert danach wieder auf den Seitenstreifen ein und parkt dort. Relevant für die Auswertung ist die Entfernung in der das Taxi ausschert. Dies geschieht bei einem zeitlichen Abstand von 2,6 Sekunden.

### 2.5.11 Ereignis Taxi mit Ablenkung (V21)

Diese Situation ist genauso spezifiziert wie das Ereignis Taxi ohne Ablenkung allerdings mussten die Probanden in dieser Situation die Nebenaufgabe mit Schildern ausführen (Kapitel 2.4).

## 2.6 Stichprobengewinnung und -beschreibung

Aufgrund der hohen qualitativen und quantitativen Anforderungen an die zu untersuchende Stichprobe wurde sehr frühzeitig mit der Rekrutierung begonnen. Die Rekrutierung erfolgte auf verschiedenen Wegen über:

- Kleinanzeigen in örtlichen Tageszeitungen und kostenlosen Anzeigenblättern
- Anzeigen im redaktionellen Teil der örtlichen Presse
- Persönliche Ansprache auf Wochenmärkten
- Aushang von Flyern an öffentlichen Orten (Supermärkte, etc.)
- Direkte Ansprache im Rahmen von Veranstaltungen der Seniorenakademie Dresden
- Anzeigen im Internet (u. a. auf den Seiten der Professur und der Seniorenakademie Dresden).

Die Kontaktdetails der Probanden wurden zusammen mit demographischen Merkmalen erhoben und die Probanden dann je nach Bedarf vor Beginn der Versuche kontaktiert. Bei Zusage erhielten die Probanden eine e-mail oder, sofern keine e-mail Adresse vorhanden war, einen Brief mit einer Wegbeschreibung und der Terminbestätigung.

Die Versuche wurden mit insgesamt 146 Probanden durchgeführt. Von diesen Probanden wurden 28 ausgeschlossen, so dass die Nettostichprobe aus 118 Personen bestand. Die Charakteristika der Stichprobe sind in Tabelle 3 dargestellt. Der Ausschluss von Probanden erfolgte

**Tabelle 3:**  
**Einteilung der Probanden in Altersgruppen**

Altersgruppe (Jahre)	Bezeichnung	Anzahl	Anteil [%]	Minimum	Maximum	MW
35 bis 55	KG	27	22,9	35	55	45
65 bis 69	VG1	29	24,6	65	69	67
70 bis 74	VG2	34	28,8	70	74	72
ab 75	VG3	28	23,7	75	86	79

aufgrund von Simulator Sickness während der Eingewöhnungs- oder der Testfahrt (12 Probanden, entsprechend 8,2 % der Bruttostichprobe), aufgrund zu geringer Fahrerfahrung (unter 100 km/Jahr) oder aufgrund technischer Probleme bei der Datenerhebung.

Die Einteilung der Probanden erfolgte wie bei den Fahrversuchen nach kalendarischem Alter in vier verschiedene Altersgruppen. Fahrer zwischen 35 und 55 Jahren dienten als Kontrollgruppe (KG) zu den drei Versuchsgruppen (VG) älterer Fahrer verschiedenen Alters.

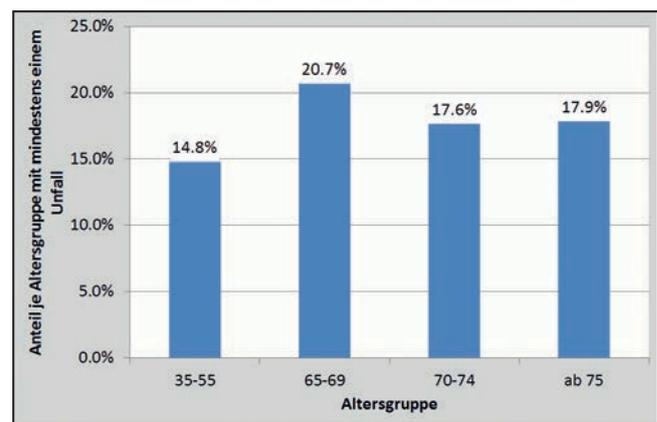
Als Voraussetzung der Teilnahme wurde gefordert, dass die Probanden über eine gültige Fahrerlaubnis verfügen und noch selber Auto fahren. Verschiedene Parameter der durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung (gemittelt über die letzten drei Jahre; Angaben aus der Vorbefragung) sind in Tabelle 4 dargestellt.

**Tabelle 4:**  
**Beschreibung der Gesamtstichprobe nach Angaben zur Kilometerleistung pro Jahr [km/Jahr]**

Altersgruppe (Jahre)	Min	Max	MW	SD
35 - 55	1000	40000	11519	10018
65 - 69	1000	50000	8862	9404
70 - 74	2000	20000	10118	4068
ab 75	300	20000	8100	4733

Die Fahrleistung war nicht normalverteilt, es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $F(3, 114) = 1.139, p = n.s$ ) und keinen signifikanten Zusammenhang mit dem kalendarischen Alter (Kendalls  $\tau$ . -01;  $p = n.s$ ).

Hinsichtlich des Anteils der Fahrer je Altersgruppe mit mindestens einem Unfall unterscheiden sich die Altersgruppen nicht (Abbildung 7).



**Abbildung 7:**  
**Anteil derjenigen Probanden mit mindestens einem Unfall je Altersgruppe**

## 2.7 Verwendete statistische Verfahren

Die Auswertung erfolgte für alle Teile nach einem gleichen Muster. Zunächst wurden Zusammenhänge zwischen der jeweiligen abhängigen Variable und dem kalendarischen Alter untersucht. Dazu wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Welcher Korrelationskoeffizient verwendet wurde, war abhängig vom Datenniveau und davon ob die Daten normalverteilt waren. Waren die Daten intervallskaliert und normalverteilt, wurde Pearson's  $r$  verwendet, in allen anderen Fällen Kendall's  $\tau$ . Bei Korrelationen mit dem Alter (das wegen der zwei Gipfel bei KG und den VG nicht normalverteilt war), wurden beide Koeffizienten verwendet.

Die Prüfung auf Normalverteilung erfolgte mit dem Kolmogorov-Smirnoff-Test. Wird dieser Test signifikant, liegt eine Abweichung von der Normalverteilung vor. Zusätzlich wurden Kurtosis und Schiefe der Variablen betrachtet. Eine Einordnung der Werte ist in Tabelle 5 dargestellt, die Prüfung der Signifikanz der Werte erfolgte

durch Umrechnung in z-Werte und Überprüfung deren Abweichung von einer Normalverteilung (falls  $> 1,96$ ,  $p < .05$ ; falls  $> 2,58$ ,  $p < .01$ ; falls  $> 3,29$ ,  $p < .001$ , siehe Field, 2009).

**Tabelle 5:**  
**Bedeutung der Werte von Kurtosis und Schiefe in Hinblick auf die Verteilung der Werte**

		Schiefe	
		negativ	positiv
Kurtosis	negativ	linksschief, flachgipflig	rechtsschief, flachgipflig
	positiv	linksschief, steilgipflig	rechtsschief, steilgipflig

Die Auswertung der Unterschiede zwischen einzelnen Altersgruppen folgte ebenfalls dem Vorgehen zur Auswertung der Fahrversuche: waren die abhängigen Variablen intervallskaliert und innerhalb der Gruppen normalverteilt, erfolgte die Auswertung mit einfaktoriellem Varianzanalysen, gefolgt von post-hoc Tests zwischen den Gruppen. Da die Varianzanalyse als relativ robust gegenüber Verletzungen der Normalverteilung gilt (Details, siehe Field, 2009), wurde dieses Vorgehen auch bei nicht normalverteilten Daten gewählt. In jedem Fall erfolgte die Prüfung der Homogenität der Varianzen mit dem Levene-Test. Ist dieser signifikant, muss die Nullhypothese der Homogenität der Varianzen abgelehnt werden. Da dies bei ungleich großen Stichproben, wie sie hier teilweise vorliegen, zu falschen Ergebnissen führen kann (Field, 2009) wurde zusätzlich der F-Wert nach Welch angefordert. Ist die Homogenität der Varianzen verletzt, wird nur die Welch Statistik berichtet.

Einzelvergleiche wurden mit post-hoc Tests durchgeführt. Diese korrigieren die Alpha-Fehler Kumulation wie sie bei der Durchführung mehrerer getrennter t-Tests auftritt. Welche Korrektur verwendet wurde, war abhängig von der Verteilung der Probanden in den einzelnen Gruppen und möglichen weiteren Verletzungen der Annahmen. In Anlehnung an eine Diskussion der verschiedenen Korrekturen in Field (2009) fanden folgende Korrekturen Verwendung: unter der Annahme gleicher Varianzen (nicht signifikanter Levene-Test) wurde die Korrektur nach Gabriel (leicht unterschiedliche Stichprobengrößen) und die

Q-Korrektur nach Welch (in SPSS als „Q nach R-E-G-W“ bezeichnet) verwendet. Unter der Annahme ungleicher Varianzen (signifikanter Levene Test) wurde die Korrektur nach Games-Howell gewählt. Die Interpretation der Ergebnisse kann letztendlich nur in der Gemeinsamkeit der Ausgaben erfolgen. Die Angabe statistischer Kennwerte im weiteren Text erfolgt zusammen mit der dafür verwendeten Korrektur.

Wurden zusätzliche Faktoren oder Kovariaten verwendet, erfolgte die Berechnung als univariate Varianzanalyse über die Prozedur UNIANOVA in SPSS. Einstellungen wurden analog zu oben verwendet, der Welch-Test ist in dieser Prozedur allerdings nicht möglich.

Waren die Voraussetzungen für eine ANOVA verletzt oder liegen ordinalskalierte Daten vor, wurde der Kruskal-Wallis Test verwendet. Eventuelle Unterschiede zwischen zwei Gruppen wurden mit anschließenden Mann-Whitney-Tests weiter auf Unterschiede geprüft.

Wurden Unterschiede zwischen einzelnen Abschnitten oder Situationen innerhalb der Personen untersucht, wurden entsprechende Verfahren für Meßwiederholungen verwendet.

Lagen nominale Daten vor, oder konnte eine Auswertung nur über eine Aggregation der Werte erfolgen, erfolgte die Auswertung mit Chi-Quadrat Tests (über die Prozedur CROSS-TABS).

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Physiologische und kognitive Leistungsfähigkeit

#### 3.1.1 Farbsehen: Ishihara Tests

Zur Überprüfung auf eine mögliche Rot-Grün-Schwäche wurde lediglich ein Screening mit vier Ishihara-Tafeln am Seezeichenmonitor durchgeführt. Dieses Screening war notwendig, um auszuschließen, dass Probanden beim dem Stroop-Test oder dem Test visuelle Suche unberech-

**Tabelle 6:**  
**Ergebnisse des Sehzeichentests nach DIN EN ISO 8596 und Anzahl und Prozent derjenigen Probanden mit einem Visus geringer als 0,7**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)	Anzahl mit Visus < 0,7	% nicht bestanden
35 bis 55	27	1.00	2.00	1.61 (.33)	0	0.0
65 bis 69	29	.50	2.00	1.24 (.45)	4	13.8
70 bis 74	34	.63	1.60	1.22 (.28)	1	2.9
ab 75	28	.32	1.60	1.03 (.30)	1	3.6

tigt schlechter abschnitten. Personen, die mindestens eine der vier Ishihara-Tafeln falsch erkannt hatten, wurden bei der Instruktion gefragt ob sie Probleme hatten, die Zeichen unterscheiden zu können. Dies wurde von den Probanden verneint, weswegen sie weiter in der Stichprobe belassen wurden.

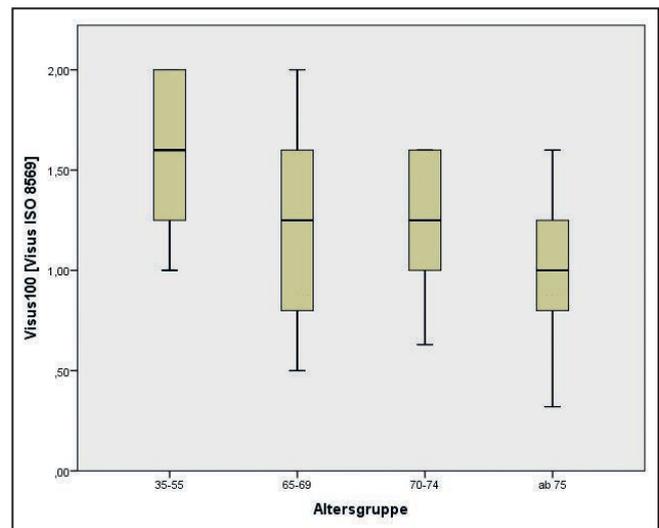
In der Stichprobe befand sich je Altersgruppe eine Person (ca. 4 %), die mindestens ein Zeichen falsch erkannte. Lediglich in der Altersgruppe 70 bis 74 Jahre befanden sich drei Personen (ca. 9 %) auf die dies zutraf. Aufgrund der geringen Fallzahlen erfolgte keine statistische Auswertung.

### 3.1.2 Sehschärfe: Visus 100

Der Visus 100 bezeichnet die Tagessehschärfe bei 100 % Kontrast. Die deskriptive Statistik zu dem Visustest nach DIN EN ISO 8596 (2009) ist in Tabelle 6 dargestellt. Die Grenze von 0,7 bezieht sich auf die Fahrerlaubnisverordnung (BMVBS, 2011), wonach ein Sehtest als bestanden gilt wenn die Tagessehschärfe mit oder ohne Sehhilfe mindestens 0,7 beträgt.

Die in dieser Erhebung gefundenen Ergebnisse unterscheiden sich von den Ergebnissen der vorangegangenen Studie „Fahrversuche mit älteren Pkw-Fahrern“ insofern, als deutlich weniger Probanden einen Wert unter dem gesetzlichen vorgeschriebenen Wert von 0,7 hatten (siehe Tabelle 6 und Abbildung 8).

Wie in der Vorgängerstudie wurde der Visus logarithmiert, um Gleichabständigkeit zwischen den einzelnen Visusstufen zu gewährleisten. Die folgenden Auswertungen beziehen sich auf den logarithmierten Visus mit



**Abbildung 8:**  
**Boxplot Visus 100 (nach ISO 8596) getrennt nach Altersgruppen**

einem möglichen Bestwert von 0,3 (entspricht einem Visus von 2,0) und einem schlechtesten Wert von -1,3 (entspricht einem Visus von 0,05).

Die statistische Auswertung ergab mit der Korrektur nach Welch hoch signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $F(3, 61.1) = 15.51, p < .001$ ). Bei signifikantem Levene-Test ergaben die post-hoc Tests mit den Korrekturen nach Games-Howell hoch signifikante Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und allen Versuchsgruppen ( $p < .01$ ). Zwischen den älteren Versuchsgruppen gab es keine signifikanten Unterschiede, lediglich der Vergleich zwischen der ältesten Versuchsgruppe (ab 75 Jahre) und der nächst jüngeren Versuchsgruppe (70 bis 4 Jahre) wird mit  $p = .08$  annähernd signifikant.

Wie zu erwarten, verschlechtert sich die Sehschärfe (hier der logarithmierte Visus) mit dem Alter (Kendall's  $\tau$ :  $-.38; p < .001$ ).

### 3.1.3 Kontrastsehen: Visus 10

Der Visus 10 beschreibt die Sehschärfe bei verminder-tem Kontrast (10 % des Kontrastes zur Messung der Tagessehschärfe). Die Auswertung erfolgte analog zum Visus 100.

Für die statistische Auswertung wurde der Visus wie-der logarithmiert, so dass kleinere, negative Werte einer schlechteren Sehschärfe entsprechen.

Bei nicht signifikantem Levene-Test ergab die stati-stische Auswertung hoch signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen  $F(3, 114) = 13.39, p < .001; \eta^2 = .26$ . Hinsichtlich der Einzelunterschiede zeigten sich mit der Korrektur nach Gabriel signifikante Un-terschiede zwischen der Kontrollgruppe und allen Ver-suchsgruppen. Diese Unterschiede waren signifikant zu den jungen Alten (65 bis 69) ( $p < .05$ ) und hoch signifi-kant zu den beiden älteren Versuchsgruppen ( $p < .001$ ). Weiter gab es hoch signifikante Unterschiede zwischen der jüngeren (65 bis 69) und der ältesten Versuchsgrup-pe (ab 75) ( $p < .001$ ).

Das kalendarische Alter und der logarithmierte Visus10 korrelieren hoch signifikant miteinander (Kendall's  $\tau$   $-.41; p < .001$ ).

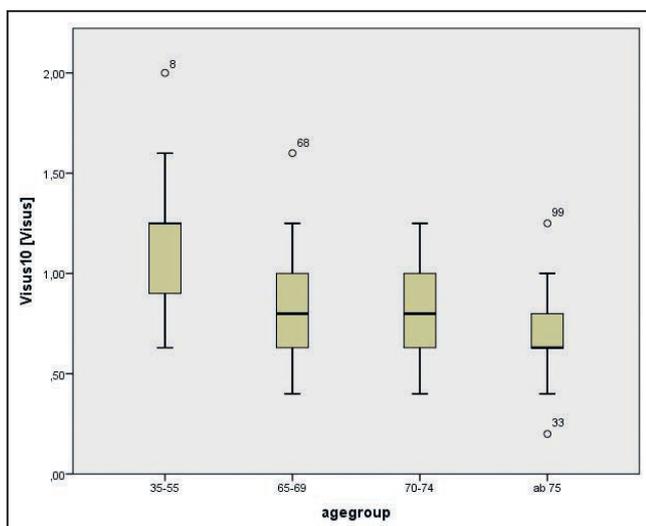


Abbildung 9:  
Visus 10: Boxplot

### 3.1.4 Gesichtsfeld

Mit dem Test PP, „Periphere Wahrnehmung“ des Wie-ner Testsystems, wurde das Gesichtsfeld in Grad erho-ben. Die Auswertung der Daten ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 113) = 11.70, p < .001; \eta^2 = .24$ ). Die Auswertung der Einzelunter-schiede ergab bei einem nicht signifikantem Levene-Test mit den Korrekturen nach Gabriel hoch signifikante Un-terschiede zwischen der Kontrollgruppe und allen Ver-suchsgruppen. Zwischen den älteren Versuchsgruppen gab es keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 7:  
Deskriptive Statistik zum Gesichtsfeld (Test PP)

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	27	122.2	180.4	164.0 (15.7)
65 bis 69	29	109.7	171.1	145.1 (17.2)
70 bis 74	34	113.7	167.1	141.3 (16.2)
ab 75	28	89.1	165.7	140.3 (19.0)

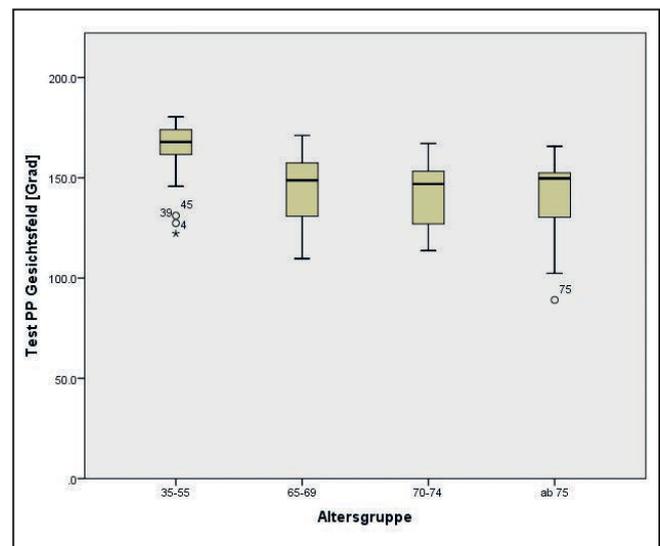


Abbildung 10:  
Im Test PP erhobenes Gesichtsfeld in Grad je Altersgruppe

Die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und Test-leistung war hoch signifikant (Kendall's  $\tau$   $-.31; p < .001$ ). Die Verteilung der Mittelwerte (Abbildung 10) lässt ver-muten, dass zwischen 55 und 65 eine recht deutliche Ab-nahme des Gesichtsfeldes stattfindet.

## 3.2 Motorische und kognitive Leistungsfähigkeit

Sofern die hier berichteten Werte Reaktionszeiten betreffen, wurden einzelne Werte nur in die Auswertung mit einbezogen, sofern sie nicht größer waren als der personenbezogene Mittelwert plus drei Standardabweichungen. Diese Korrektur wurde vorgenommen, um zu vermeiden, dass einzelne sehr lange Reaktionszeiten, die wahrscheinlich auf externe Ereignisse zurückzuführen sind, die Person falsch einordnen. Ergeben sich trotz dieser Korrektur der Einzelwerte Mittelwerte, die über dem Mittelwert aller Personen liegen, verbleiben diese Personen aufgrund der vorangegangenen Korrektur in der Auswertung.

### 3.2.1 Stroop Aufgabe

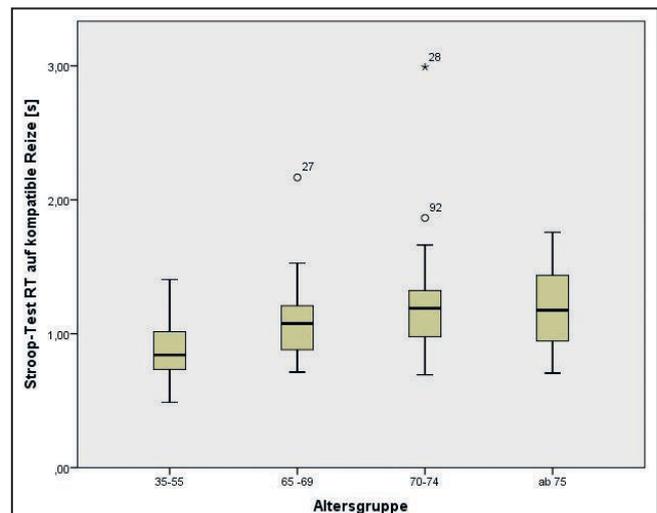
Bei der Stroop Aufgabe wurde die mittlere Reaktionszeit ausgewertet, getrennt nach kompatiblen (Farbe der Buchstaben stimmt mit Bedeutung des Wortes überein) und inkompatiblen Reizen (Farbe der Buchstaben stimmt mit Bedeutung des Wortes nicht überein).

Die statistische Auswertung der Reaktionszeiten auf kompatible Reize ergab insgesamt hoch signifikante Unterschiede ( $F(3, 113) = 6.65, p < .001; \eta^2 = .15$ ). Die post-hoc-Vergleiche zeigten signifikante Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und allen drei Versuchsgruppen. Diese Unterschiede sind beim Vergleich zur jüngsten Versuchsgruppe (65 bis 69 Jahre) signifikant ( $p < .05$ ), beim Vergleich zu den anderen beiden Versuchsgruppen hoch signifikant ( $p < .001$ ).

Die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und Testwert war hoch signifikant (Kendall's  $\tau .27; p < .001$ ).

**Tabelle 8:**  
Stroop Test Mittelwert Reaktionszeit auf kompatible Reize

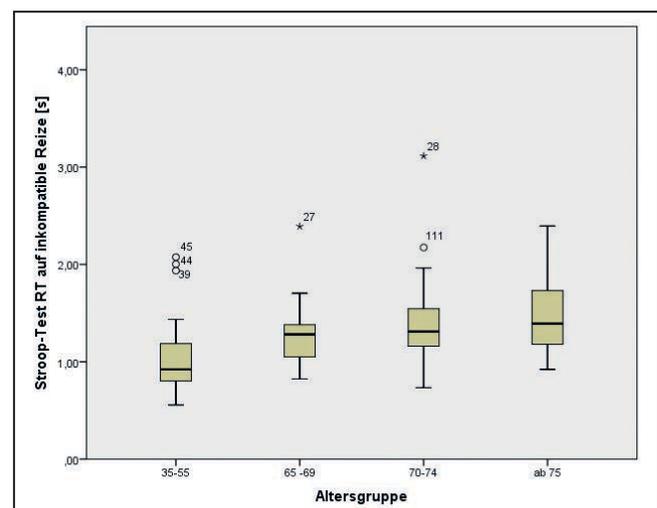
Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	.49	1.40	.87 (.22)
65 bis 69	29	.71	2.17	1.11 (.30)
70 bis 74	34	.69	2.99	1.22 (.43)
ab 75	28	.71	1.76	1.19 (.28)



**Abbildung 11:**  
Boxplot der Mittelwerte der Reaktionszeiten auf kompatible Reize je Altersgruppe

**Tabelle 9:**  
Stroop Test Mittelwert Reaktionszeit auf inkompatible Reize

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	.56	2.08	1.05 (.40)
65 bis 69	29	.82	2.39	1.28 (.31)
70 bis 74	34	.73	3.11	1.42 (.46)
ab 75	28	.92	2.40	1.46 (.39)



**Abbildung 12:**  
Boxplot der Mittelwerte der Reaktionszeiten auf inkompatible Reize je Altersgruppe

Wie die Ergebnisse zu den Reaktionszeiten auf kompatible Reize, ergab auch die Auswertung der Reaktionszeiten auf

inkompatible Reize hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 113) = 6.04, p < .001; \eta^2 = .14$ ). Die detaillierte Auswertung zeigte Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den beiden ältesten Versuchsgruppen ( $p < .01$ ), der Unterschied zur jüngsten Versuchsgruppe wurde nicht signifikant, ebenso wenig wie Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen (alle Ergebnisse der post-hoc-Tests mit der Korrektur nach Gabriel).

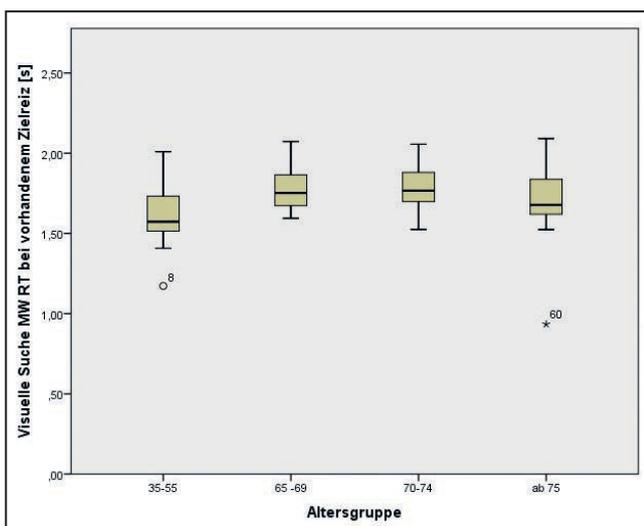
Die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und Testwert war hoch signifikant (Kendall's  $\tau$  .30;  $p < .001$ ).

### 3.2.2 Visuelle Suche

Beim Test Visuelle Suche wurden zwei Parameter ausgewertet, die mittleren Reaktionszeiten auf Bedingungen mit vorhandenem Zielreiz und der Anteil der Misses, also der Bedingungen mit Zielreiz, bei denen keine Reaktion erfolgte.

**Tabelle 10:**  
Visuelle Suche: deskriptive Statistik der Reaktionszeiten bei vorhandenem Zielreiz je Altersgruppe

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	1.17	2.01	1.61 (.18)
65 bis 69	29	1.59	2.07	1.78 (.13)
70 bis 74	34	1.52	2.06	1.77 (.13)
ab 75	28	.93	2.09	1.71 (.22)



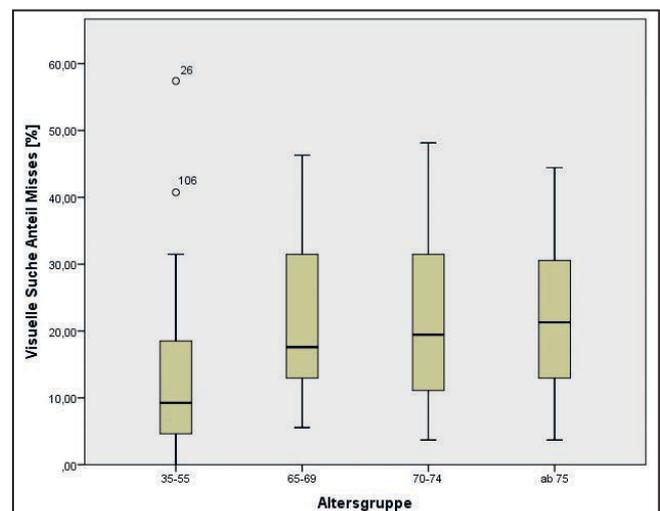
**Abbildung 13:**  
Test Visuelle Suche Boxplot der Mittelwerte der Reaktionszeiten bei vorhandenem Zielreiz je Altersgruppe

Für die Reaktionszeiten bei vorhandenem Zielreiz ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 113) = 6.35, p < .01; \eta^2 = .14$ ). Im Einzelnen sind diese Unterschiede auf hoch signifikante Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den beiden jüngeren Versuchsgruppen ( $p < .01$ ) zurückzuführen. Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der ältesten Versuchsgruppe (ab 75 Jahre) waren nicht signifikant. Ebenso wenig Unterschiede zwischen den älteren Versuchsgruppen.

Die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und Testwert war signifikant, (Kendall's  $\tau$  .15;  $p < .01$ ).

**Tabelle 11:**  
Visuelle Suche: deskriptive Statistik des Anteils [%] an Auslassern je Altersgruppe

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	.00	57.41	13.24 (13.32)
65 bis 69	29	5.56	46.30	21.69 (11.38)
70 bis 74	34	3.70	48.15	21.35 (12.45)
ab 75	28	3.70	44.44	21.56 (11.11)



**Abbildung 14:**  
Test Visuelle Suche Boxplot des Anteils der ausgelassenen Zielreize (Misses in %) je Altersgruppe

Für den Faktor Alter konnte ein signifikanter Effekt auf die Rate an Auslassern nachgewiesen werden ( $F(3, 113) = 3.25, p < .05; \eta^2 = .08$ ). Konsistent hierzu zeigt sich in der Korrelationsanalyse ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter der Probanden und dem Anteil an Auslassern (Kendall's  $\tau$  .18;  $p < .01$ ). Post-hoc-Paarvergleiche

verweisen darauf, dass diese Effekte insbesondere auf tendenzielle Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den Gruppen ältere Versuchsteilnehmer zurückzuführen sind ( $p = 0,06$  bzw.  $p = 0,07$ ). Statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen den älteren Versuchsgruppen konnten in den Einzelvergleichen nicht nachgewiesen werden. Das heisst, dass ältere Probanden im Vergleich zu jüngeren Probanden während der visuellen Inspektion von Verkehrssituationen häufiger visuelle Elemente nicht erfassen/auslassen. Innerhalb der älteren Subgruppen scheinen den Ergebnissen zufolge diese Unterschiede weniger stark ausgeprägt. Weiterhin gelingt der jüngeren Kontrollgruppe die visuelle Suche nach bestimmten Zielreizen insgesamt schneller (Reaktionszeit) als den drei älteren Gruppen. Zwischen den älteren Gruppen zeigen sich keine Unterschiede.

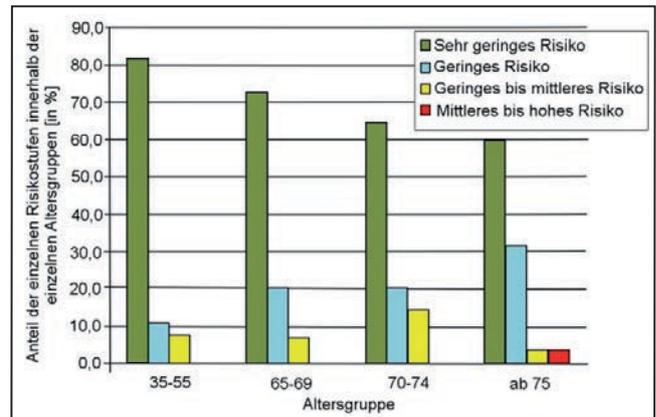
### 3.2.3 UFOV-Test

Der UFOV-Test besteht aus drei Teilen, die getrennt ausgewertet werden. Die Einheiten, in denen die Ergebnisse aller drei Untertests angegeben werden, sind Millisekunden. Die Ergebnisse sind als Antwort auf die Frage zu verstehen, wie lange die Zeichen gezeigt werden müssen, um ein definiertes Kriterium zu erfüllen.

Eine Analyse der Boxplots der Testwerte ergab einige Ausreißer und Extremwerte. Da es sich bei dem UFOV-Test um eine adaptives Stufenverfahren handelt, bei dem die Ergebniswerte nur bestimmte, vordefinierte Stufen erreichen können, wurden die Ausreißer in der Auswertung belassen.

Vor der eigentlichen statistischen Auswertung der Darstellungszeiten der Zeichen, sind in Abbildung 16 die Ergebnisse zur kategorialen Auswertung des UFOV-Gesamtscores dargestellt. Erläuterungen zum UFOV-Test inklusive der Zusammenfassung in einen Gesamtscore finden sich im Teil 1, Kap. 2.1.5 und 3.3.5.

Aufgrund der kleinen Fallzahlen in den hohen Risikokategorien wurden die Kategorien zwei bis vier zusammengefasst. Um eine Abschätzung der statistischen Relevanz zu bekommen, wurde ein Qui-Quadrat-Test gerechnet. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

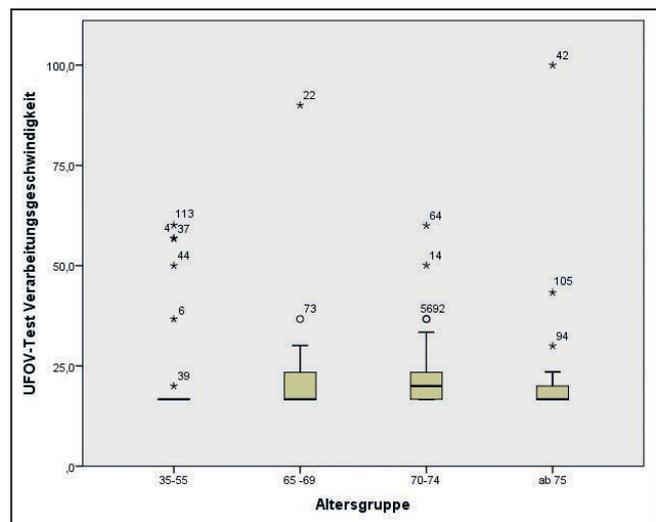


**Abbildung 15:** UFOV-Test Kategoriale Risikoeinschätzung aus dem Gesamtscore: Anteile je Altersgruppe

#### 3.2.3.1 Verarbeitungsgeschwindigkeit (Processing Speed)

**Tabelle 12:** UFOV-Test Untertest Verarbeitungsgeschwindigkeit: deskriptive Statistik der Testwerte je Altersgruppe

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	16.7	60.1	23.4 (14.4)
65 bis 69	29	16.7	90.0	22.5 (13.9)
70 bis 74	34	16.7	293.4	30.8 (47.4)
ab 75	28	16.7	100.0	22.5 (16.5)



**Abbildung 16:** UFOV-Test Untertest Verarbeitungsgeschwindigkeit: Boxplot der Testwerte je Altersgruppe\*

\* In Abbildung 16 wurde ein Extremwert (siehe auch Tabelle 12 und Kapiteleinleitung) aus Gründen der Anschaulichkeit nicht dargestellt.

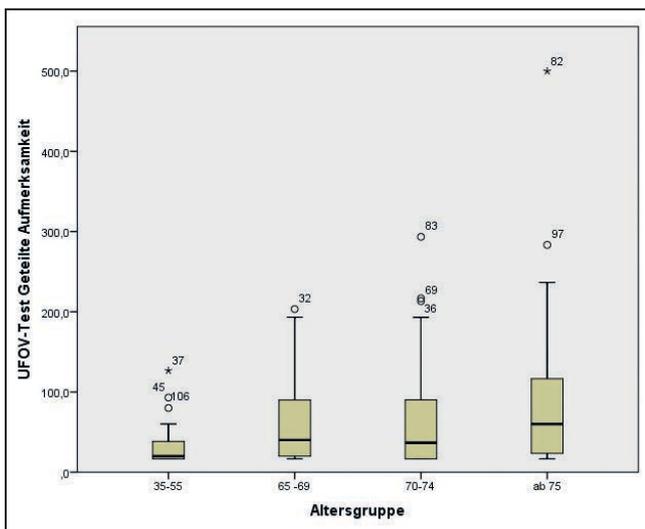
Die statistische Auswertung des UFOV-Untertests Verarbeitungsgeschwindigkeit ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Auch die Korrelation zwischen Alter und Testwert war nicht signifikant.

3.2.3.2 Geteilte Aufmerksamkeit (Divided Attention)

Die Auswertung der Testergebnisse zum UFOV-Teilttest Geteilte Aufmerksamkeit ergab mit der Korrektur nach Welch hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 56.71) = 5.45, p < .01$ ). Für die Einzelvergleiche ergab sich mit der Korrektur nach Games-Howell lediglich ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der ältesten Versuchsgruppe ( $p < .05$ ), sowie ein annähernd signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der zweitältesten Versuchsgruppe ( $p = .05$ ).

**Tabelle 13:**  
UFOV-Test Untertest Geteilte Aufmerksamkeit: deskriptive Statistik der Testwerte je Altersgruppe

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	16.7	126.6	33.7 (28.0)
65 bis 69	29	16.7	203.4	60.7 (51.4)
70 bis 74	34	16.7	293.4	69.6 (73.0)
ab 75	28	16.7	500.0	98.3 (112.4)



**Abbildung 17:**  
UFOV-Test Untertest Geteilte Aufmerksamkeit: Boxplot der Testwerte je Altersgruppe

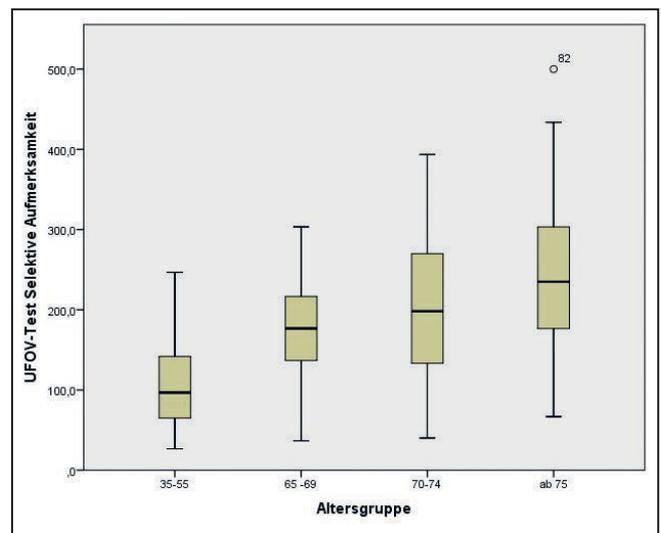
Die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und Testwert fiel insgesamt signifikant aus (Kendall's  $\tau = .22; p < .001$ ).

3.2.3.3 Selektive Aufmerksamkeit (Selective Attention)

Die Auswertung der Testergebnisse zum UFOV-Teilttest Selektive Aufmerksamkeit ergab mit der Korrektur nach Welch hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 60.31) = 5.45, p < .001$ ). Für die Einzelvergleiche ergaben sich mit der Korrektur nach Games-Howell für alle Vergleiche zwischen der Kontrollgruppe und den Versuchsgruppen hoch signifikante Unterschiede ( $p < .001$ ). Weiter unterschied sich die älteste Versuchsgruppe (ab 75) signifikant von der jüngsten Versuchsgruppe (65 bis 69,  $p < .05$ ).

**Tabelle 14:**  
UFOV-Test Untertest selektive Aufmerksamkeit: deskriptive Statistik der Testwerte je Altersgruppe

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	26.7	246.7	103.2 (51.7)
65 bis 69	29	36.7	303.4	171.4 (61.2)
70 bis 74	34	40.1	393.5	204.0 (90.4)
ab 75	28	66.8	500.0	241.9 (96.8)



**Abbildung 18:**  
UFOV-Test Untertest selektive Aufmerksamkeit: Boxplot der Testwerte je Altersgruppe

Die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und Testwert war hoch signifikant (Kendall's  $\tau$  .41;  $p < .001$ ).

Insgesamt ist also eine deutliche Zunahme der Stärke der Unterschiede zwischen den Altersgruppen mit steigender Testschwierigkeit festzustellen: Während es kaum Altersunterschiede bei den einfachen Reaktionsaufgaben gab (Verarbeitungsgeschwindigkeit), nahmen diese mit der geteilten bis hin zur selektiven Aufmerksamkeit zu. Ebenso wurden die Zusammenhänge zwischen kalendarischem Alter und Testleistung mit steigender Testschwierigkeit stärker.

### 3.2.4 ATAVT S1: Überblicksgewinnung/ Beobachtungsfähigkeit

Der Adaptive Tachistoskopische Verkehrsauffassungstest misst laut Manual die „Fähigkeit zur visuellen Beobachtung, Überblicksgewinnung sowie der visuellen Orientierungsleistung und der Auffassungsgeschwindigkeit“ (Schuhfried, 2009, S.20). Der Test wird als adaptive Testung durchgeführt, der Parameter Überblicksgewinnung bezeichnet das Ergebnis der adaptiven Testung.

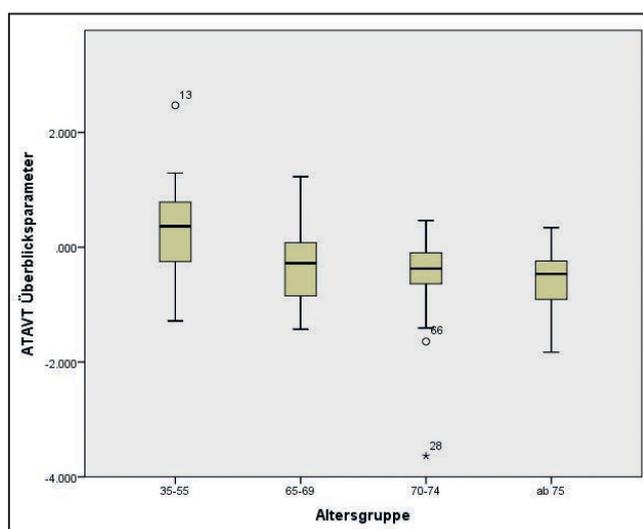
Die resultierenden Werte des Parameters der Überblicksgewinnung „Personenparameterschätzer“ sind in Tabelle 32 dargestellt. Diese Werte waren normalverteilt und homogen in ihren Varianzen. Unterschiede waren hoch signifikant ( $F(3, 114) = 9.81, p < .001; \eta^2 = .21$ ). Die Einzelvergleiche ergaben hoch signifikante Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und allen anderen Versuchsgruppen ( $p < .01$ ), jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen.

Die Korrelation nach Pearson zwischen Alter und Testwert der Variable „Personenparameterschätzer“ war hoch signifikant (Pearson's  $r: -.30, p < .001$ ).

Somit erreichte die Kontrollgruppe ein signifikant höheres Ausmaß an Überblicksgewinnung als alle älteren Versuchsgruppen.

**Tabelle 15:**  
**ATAVT S1: deskriptive Statistik „Personenparameterschätzer“**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
bis 55	27	-1.283	2.472	.319 (.785)
65 bis 69	29	-1.428	1.229	-.341 (.626)
70 bis 74	34	-3.635	.465	-.504 (.748)
ab 75	28	-1.829	.341	-.565 (.539)



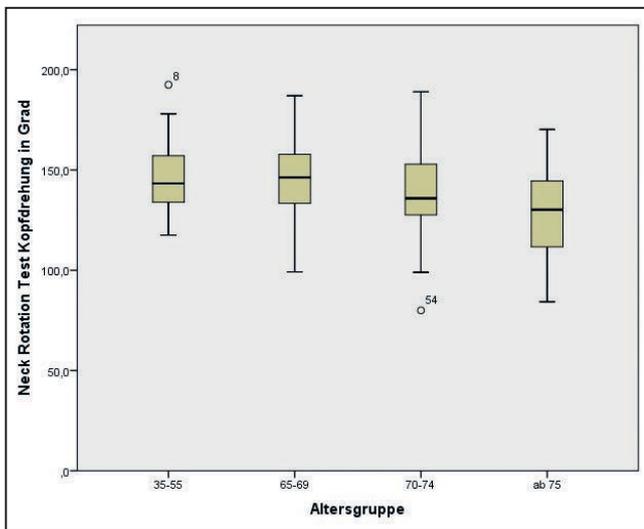
**Abbildung 19:**  
**ATAVT Überblicksgewinnung: Boxplot der Testwerte je Altersgruppe**

### 3.2.5 Neck Rotation Test

Für die Auswertung des Neck Rotation Tests wurden die Werte in Grad für die linke und für die rechte Seite addiert, so dass sich ein einziger Wert ergibt. Dieser bildet ab wie weit die Probanden ihren Kopf drehen können.

**Tabelle 16:**  
**Neck Rotation Test: deskriptive Statistik zur Kopfdrehung in Grad**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	117.5	192.5	147.1 (19.7)
65 bis 69	29	99.2	187.0	147.3 (20.7)
70 bis 74	34	80.0	189.0	139.1 (21.8)
ab 75	28	84.3	170.2	128.5 (22.4)



**Abbildung 20:**  
Neck Rotation Test: Boxplot der Werte für die Kopfdrehung in Grad

Die statistische Auswertung zeigte hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 114) = 4.90$ ,  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .11$ ). Die Einzelvergleiche ergaben hoch signifikante Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der ältesten Versuchsgruppe ( $p < 01$ ), sowie zwischen dieser ältesten Versuchsgruppe (ab 75 Jahre) und der jüngsten Versuchsgruppe (65 bis 69 Jahre,  $p < 01$ ).

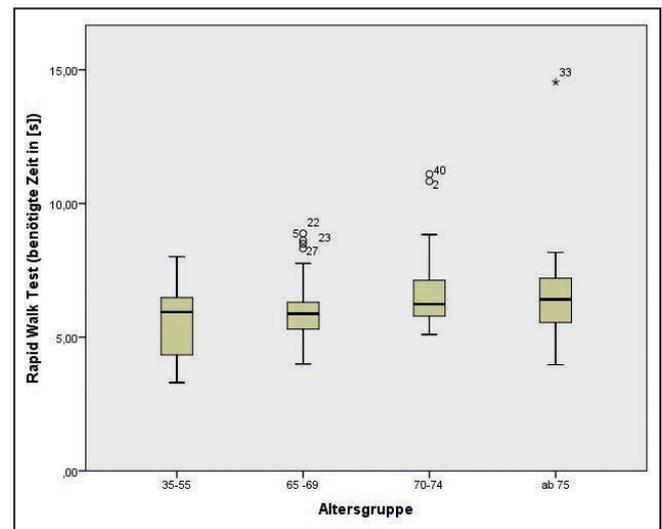
Die Korrelation zwischen Alter und maximaler Kopfdrehung war hoch signifikant (Kendall's  $\tau$ . -.24;  $p < .001$ ).

### 3.2.6 Rapid Walk Test (RWT)

Der Rapid Walk Test diente zur weiteren Erhebung der motorischen Leistungsfähigkeit. Mit ihm wurde die Zeit erhoben, die die Probanden brauchten, um eine festgelegte Strecke schnell gehend zurückzulegen. Die statistische Auswertung zeigte hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(3, 114) = 3.58$ ,  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .09$ ). Die Einzelvergleiche ergaben lediglich zwischen der Kontrollgruppe und der zweitältesten Versuchsgruppe (70 bis 74) einen signifikanten Unterschied ( $p < 05$ ). Zusätzlich näherte sich der Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der ältesten Altersgruppe (ab 75) mit ( $p = .08$ ) der Grenze zur Signifikanz. Die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und der benötigten Zeit war signifikant (Kendall's  $\tau$ . .19;  $p < .01$ ).

**Tabelle 17:**  
Rapid Walk Test: deskriptive Statistik (benötigte Zeit in Sekunden)

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	3.30	8.01	5.58 (1.29)
65 bis 69	29	4.00	8.88	6.07 (1.26)
70 bis 74	34	5.10	11.10	6.71 (1.42)
ab 75	28	3.97	14.54	6.59 (1.88)



**Abbildung 21:**  
Rapid Walk Test: Boxplot der benötigten Zeit in Sekunden

## 3.3 Fremdeinschätzung der (körperlichen) Fitness

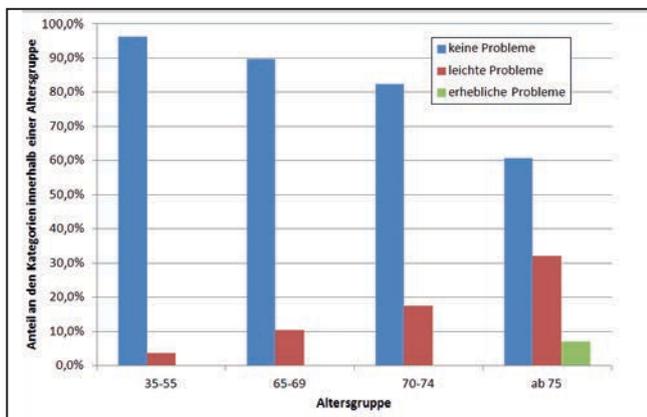
Die Versuchsleiter der jeweiligen Versuche haben die Fitness der Probanden eingeschätzt. Dafür waren drei Kategorien vorgesehen:

- keinerlei erkennbare Probleme
- leichte Probleme = z. B. verlangsamte Bewegungen, leichte Schwierigkeiten beim An- und Ablegen der Mäntel.
- erhebliche Probleme = z. B. notwendiges Abstützen beim Ein- und Aussteigen, Benutzung von Gehhilfen etc.

Die in Abbildung 11 gezeigten Kategorien wurden, um für die statistische Auswertung eine ausreichende Besetzung der einzelnen Zellen zu erhalten, in Extremgruppen gruppiert:

- keinerlei Probleme
- mindestens leichte Probleme.

Die Auswertung ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $\chi^2(3) = 12.34, p < .01$ ), wobei die älteste Versuchsgruppe einen überzufällig höheren Anteil an Personen mit mindestens leichten Problemen hatte ( $p < .05$ ).



**Abbildung 22:** Einschätzung körperlicher Fitness durch die Versuchsleiter: Anteil der einzelnen Kategorien innerhalb der Altersgruppen [%]

### 3.4 Selbsteinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit

Neben der Einschätzung durch den Versuchsleiter erfolgte auch eine Einschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit durch die Probanden selber. Konkret wurde gefragt, ob die Probanden ihr Abschneiden in einer fiktiven Fahrprobe im Vergleich zu anderen Personen ihrer eigenen Altersgruppe als besser oder schlechter einschätzen.

**Tabelle 18:** Selbsteinschätzung im Vergleich zur eigenen Altersgruppe bei einer fiktiven Fahrprobe: deskriptive Statistik

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	1	4	2.8 (.6)
65 bis 69	29	1	4	2.7 (.6)
70 bis 74	34	2	4	2.8 (.5)
ab 75	28	2	3	2.6 (.5)

Anmerkung:  
Antworten auf einer fünf-stufigen Likert-Skala  
1 = deutlich besser 5 = deutlich schlechter.

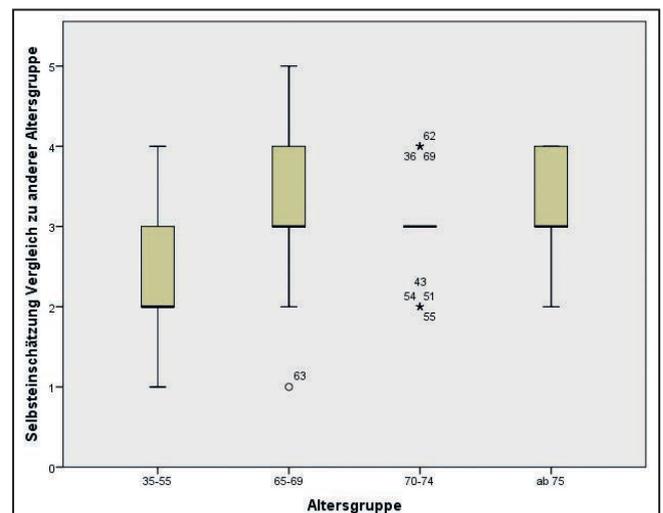
Die Antworten wurden auf einer fünfstufigen Likert-Skala präsentiert. Die nicht-normalverteilten Daten wurden mit der nicht-parametrischen Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis ausgewertet. Unterschiede waren nicht signifikant ( $p = .46$ ). Dieses Ergebnis wurde von der zusätzlich gerechneten Varianzanalyse bestätigt ( $F(3, 114) = 0.73, p = .54; \eta^2 = .02$ ). Auch die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und Testwert war nicht signifikant (Kendall's  $\tau: -.09; p < .12$ ).

Weiter wurde gefragt, wie gut die Probanden glauben, dass sie im Vergleich zu ihrer jeweils anderen Vergleichsgruppe (für jüngere Fahrer die Älteren, für ältere Fahrer die Jüngeren) abschneiden würden. Hier zeigten sich leichte Unterschiede (Tabelle 19).

**Tabelle 19:** Selbsteinschätzung im Vergleich zur jeweils anderen Altersgruppe bei einer fiktiven Fahrprobe: deskriptive Statistik

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	1	4	2.3 (.9)
65 bis 69	29	1	5	3.1 (.9)
70 bis 74	34	2	4	3.0 (.6)
ab 75	28	2	4	3.3 (.6)

Anmerkung:  
Antworten auf einer fünf-stufigen Likert-Skala 1= deutlich besser 5 = deutlich schlechter.



**Abbildung 23:** Boxplot Selbsteinschätzung im Vergleich zur jeweils anderen Altersgruppe bei einer fiktiven Fahrprobe (1=deutlich besser bis 5=deutlich schlechter)

Im Gegensatz zur Einschätzung innerhalb der eigenen Altersgruppe unterscheiden sich jüngere und ältere Fahrer bei dieser Frage voneinander: der Kruskal-Wallis Test ergab hoch signifikante Unterschiede ( $p < .001$ ). Dieses Ergebnis wurde von der zusätzlich gerechneten Varianzanalyse mit der Korrektur nach Welch bestätigt ( $F(3, 59.6) = 7.68, p < .001$ ). Auch die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und Testwert war signifikant (Kendall's  $\tau .30; p < .001$ ). Dies deutet darauf hin, dass sich bereits die jüngeren älteren Fahrer (65 bis 69 Jahre) ihrer Leistungseinbußen bewusst sind.

### 3.5 Ergebnisse der Simulatorversuche

#### 3.5.1 Einfaches Linksabbiegen: Wahl einer geeigneten Lückengröße

Beim einfachen Linksabbiegen bestand die Aufgabe der Probanden darin, die erste mögliche Lücke zum sicheren Abbiegen zu wählen. Die Zeitabstände der Lücken ("GAP") vergrößerten sich beginnend bei etwa 1,8 Sekunden um jeweils ca. eine Sekunde bis zur siebten Lücke. In Abbildung 24 sind die gewählten Lücken je Altersgruppe dargestellt.

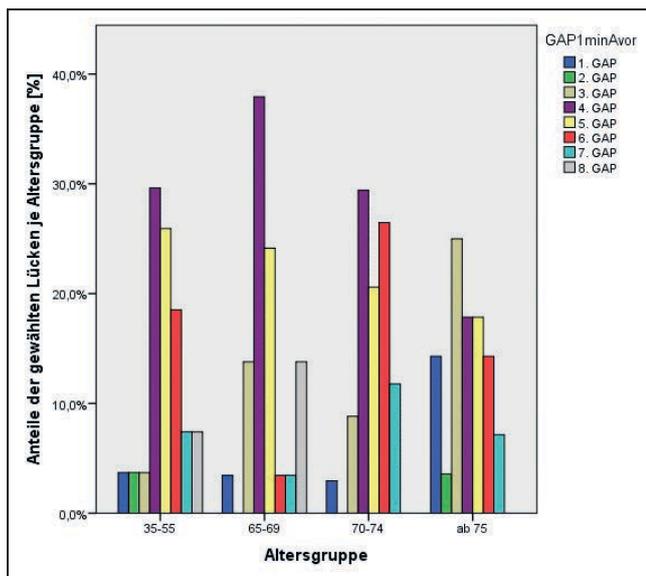


Abbildung 24: Einfaches Linksabbiegen: Wahl der Lücken ("GAP") getrennt nach Altersgruppen

Für die statistische Auswertung der Unterschiede zwischen den Altersgruppen wurden statt der Lückennummern die entsprechenden Zeitabstände der Lücken verwendet. Die deskriptive Statistik dazu ist in Tabelle 20, der entsprechende Boxplot in Abbildung 25 dargestellt.

Tabelle 20: Einfaches Linksabbiegen: deskriptive Statistik für die gewählten Zeitlücken [s]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	1.80	8.80	5.75 (1.62)
65 bis 69	29	1.80	8.80	5.53 (1.71)
70 bis 74	34	1.80	7.80	5.74 (1.40)
ab 75	28	1.80	7.80	4.75 (1.80)

Die statistische Auswertung ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen, auch wenn sich die Irrtumswahrscheinlichkeit der Signifikanzgrenze nähert ( $F(3, 114) = 2.42, p = .07; \eta^2 = .06$ ). Die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und gewählter Lücke war knapp signifikant (Kendall's  $\tau -.11; p < .05$ ).

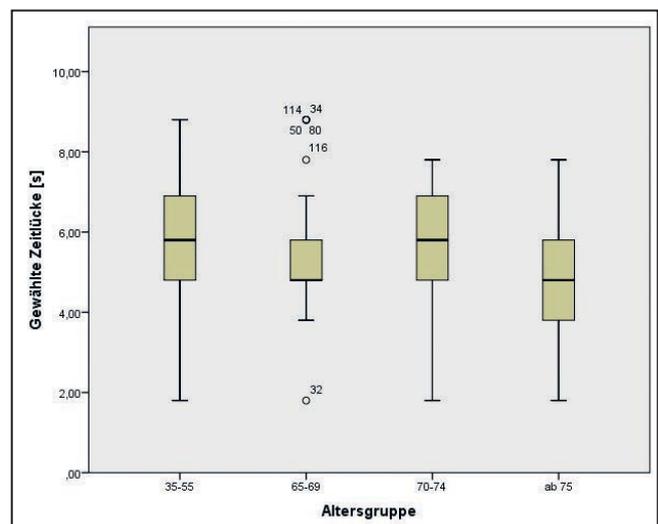


Abbildung 25: Einfaches Linksabbiegen: gewählte Zeitlücken zum Abbiegen [s] getrennt nach Altersgruppen

#### 3.5.2 Komplexes Linksabbiegen: Beachtung von Radfahrern

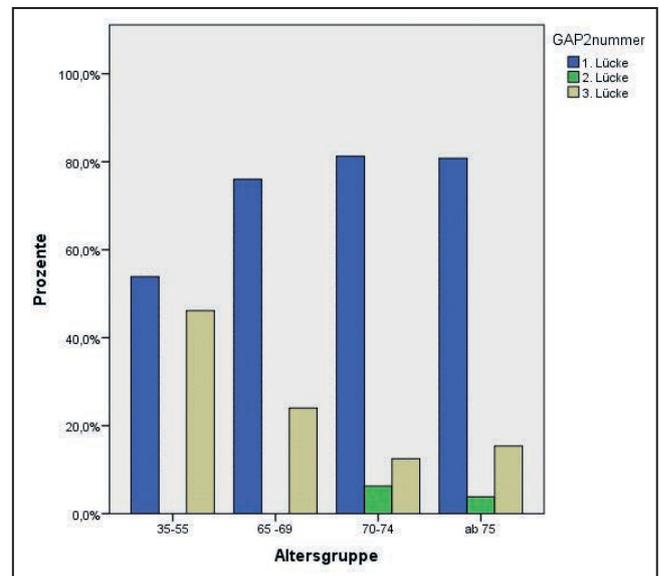
Für die statistische Auswertung wurden die beiden ersten Lücken mit vorhandenen Radfahrern zusam-

mengefasst, so dass nur zwei Kategorien resultierten (Lücke 1 und 2: Radfahrer übersehen versus Lücke 3 Radfahrer nicht übersehen, vgl. Abschnitt 2.5.7). Die Auswertung erfolgte mittels Chi-Quadrat Test. Das heisst, es wurde geprüft, ob das Ereignis „Rad übersehen“ in einer Gruppe mit spezifischem Altersmerkmal überzufällig häufig beobachtet wurde. Dies erfolgte in zwei Stufen: einmal wurden die erwarteten und die beobachteten Häufigkeitsverteilungen des Ereignisses in separaten Zellen für jede untersuchte Gruppe betrachtet (2 x 4-Felder Kreuztabelle: Ereignis [ja vs. nein] x Alter [35 - 55; 65 - 69; 70 - 74; 75+]) und anschliessend wurden die einzelnen Subgruppen der älteren Probanden zu einer Zelle (Gruppe) zusammengefasst (2 x 2-Felder Kreuztabelle: Ereignis [ja vs. nein] x Alter [35 - 55 vs. 65 - 75+]). Dieses Vorgehen wurde gewählt, um potentiellen Verzerrungen in den Analysen durch zu geringe Zellenbesetzungen entgegenzuwirken.

**Tabelle 21:**  
**Komplexes Linksabbiegen: Anzahl und Anteile der übersehenen Radfahrer (Lücke 1 oder 2) und der richtig genutzten Lücke je Altersgruppe**

Altersgruppe (Jahre)	N	Radfahrer übersehen N (%)	Korrekt abgebogen N (%)
35 bis 55	26	14 (53.8)	12 (46.2)
65 bis 69	25	19 (76.0)	6 (24.0)
70 bis 74	32	28 (87.5)	4 (12.5)
ab 75	26	22 (84.6)	4 (15.4)

Die statistische Auswertung ergab sowohl bei der Auswertung über alle Altersgruppen als auch bei der Auswertung nach dem 2 x 2 Felderschema hoch signifikante Unterschiede ( $\chi^2(3) = 10.42$ ,  $p < .01$  bzw.  $\chi^2(3) = 9.35$ ,  $p < .01$ ). Die Ergebnisse zeigen, dass die beobachtete Häufigkeit für das Ereignis „Rad übersehen“ für die jüngere Kontrollgruppe im Vergleich zu älteren Probanden unter der erwarteten Häufigkeit liegt. Das heisst, dass jüngere Probanden in Relation zu ihrem Erwartungswert beim Vergleich zu älteren Probanden überzufällig seltener einen Radfahrer übersehen.



**Abbildung 26:**  
**Komplexes Linksabbiegen: Wahl der Lücken getrennt nach Altersgruppen (Lücke 1 und 2 mit Radfahrer, Lücke 3 ohne Radfahrer)**

### 3.5.3 Querender Fußgänger ohne Ablenkung des Fahrers (PED10)

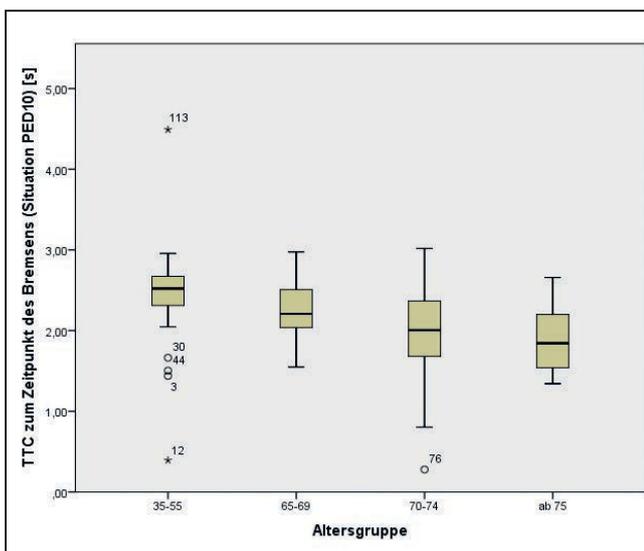
In der Situation querender Fußgänger ohne Ablenkung bestand die Aufgabe der Probanden darin, die Kollision mit einem unerwartet von links kommenden und die Straße querenden Fußgänger durch Bremsen zu vermeiden. Berechnet wurde zunächst die Entfernung zum querenden Fußgänger zum Zeitpunkt des ersten Bremsens. Bezugspunkt war dabei nicht der aktuelle Standpunkt des Fußgängers, sondern der Punkt der potentiellen Kollision auf der Trajektorie des Ego-Fahrzeugs. Aus dieser Variablen und der Geschwindigkeit des Ego zum Zeitpunkt des Bremsens wurde die Time-to-collision (TTC) berechnet ( $d/\Delta v$ ). Die ausgewertete Stichprobe zu diesem Parameter verringert sich um diejenigen Probanden, die gar nicht gebremst haben.

Die statistische Auswertung ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $F(3, 102) = .96$ ,  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .15$ ). Die detaillierte Auswertung der Unterschiede zwischen den Gruppen ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den beiden ältesten Versuchsgruppen ( $p < .01$ ), jedoch kei-

ne signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen älteren Versuchsgruppen. Die einseitige Korrelation zwischen kalendarischem Alter und der TTC war hoch signifikant (Kendall's  $\tau$  .33;  $p < .01$ ).

**Tabelle 22:**  
**Querender Fußgänger ohne Ablenkung (PED10): deskriptive Statistik der TTC zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [s]**

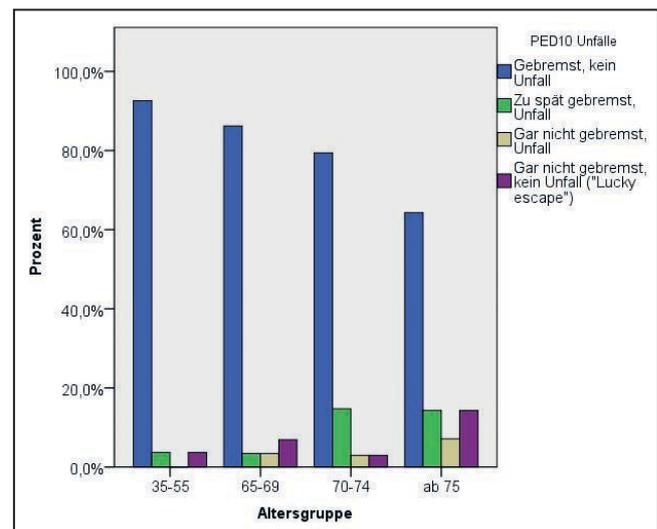
Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	.39	4.49	2.43 (.70)
65 bis 69	29	1.55	2.97	2.24 (.34)
70 bis 74	34	.28	3.02	1.92 (.60)
ab 75	28	1.34	2.66	1.90 (.38)



**Abbildung 27:**  
**Querender Fußgänger ohne Ablenkung: Boxplot der TTC zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [s]**

Weiter wurde der Anteil derjenigen Probanden ausgewertet, bei denen es zu einem Unfall kam, getrennt danach ob gar nicht oder zu spät gebremst wurde. In seltenen Fällen war es möglich, dass es zu keinem Unfall kam, obwohl der Fahrer nicht gebremst hatte. Dies ist der Fall, wenn der Fahrer seine Geschwindigkeit nach Losgehen des Fußgängers stark geändert hat oder gerade zwischen dem querenden Fußgänger und dem Seitenstreifen durchfuhr. Dies hätte in der Realität sehr wahrscheinlich zu einem Unfall geführt, wäre in jedem Fall aber hoch riskant gewesen. Da insofern nicht von

einer bewussten, unfallvermeidenden Handlung gesprochen werden kann, sind diese Fälle zwar formal unter der Kategorie "kein Unfall" aufgeführt, sollten aber ebenfalls zu Unfällen gezählt werden. Die Auswertung nach den verschiedenen Ausgängen sind in Abbildung 24 dargestellt.



**Abbildung 28:**  
**Querender Fußgänger ohne Ablenkung (PED10): Auswertung nach Unfällen getrennt nach Altersgruppen**

Die statistische Auswertung der Unfälle erfolgte mittels Chi-Quadrat Test. Um die Mindestanforderungen an die Fallzahlen je Zelle zu erreichen, wurden die Kategorien mit Unfällen oder Beinahe-Unfällen in eine Kategorie zusammengefasst („zu spät gebremst, Unfall“, „gar nicht gebremst, Unfall“ und „gar nicht gebremst, kein Unfall - lucky escape“). Die Unterschiede verfehlten knapp die Signifikanzgrenze, auch bei einer Analyse, die nur zwei Altersgruppen (35 bis 55 Jahre vs. ab 65 Jahre) betrachtete.

### 3.5.4 Querender Fußgänger mit Ablenkung des Fahrers (PED11)

Auch in der Situation querender Fußgänger mit Ablenkung bestand die Aufgabe der Probanden zunächst darin, die Kollision mit einem unerwartet von links kommenden und die Straße querenden Fußgänger durch Bremsen zu vermeiden. Die zusätzliche Schwierigkeit

bestand in dieser Situation darin, gleichzeitig eine Nebenaufgabe auszuführen. Diese bestand darin, Radfahrer auf der rechten Fahrbahnseite zu zählen (Kapitel 2.4). Die Auswertung folgt dem Vorgehen zur Situation mit querendem Fußgänger ohne Ablenkung.

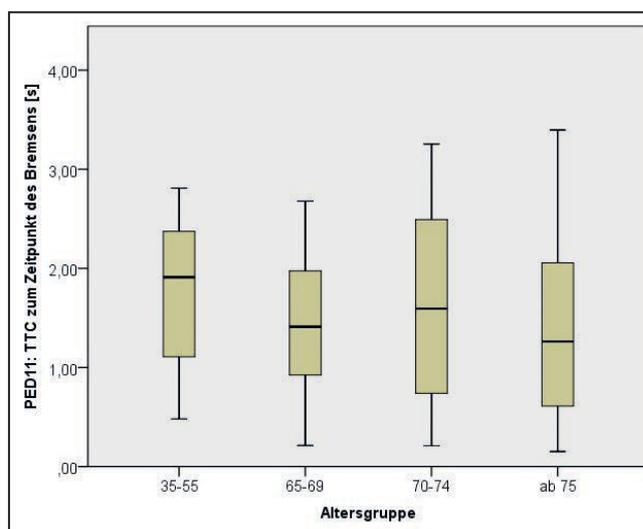
Im Rahmen der ANOVA konnte kein signifikanter Effekt des Alters auf die TTC festgestellt werden ( $F(3, 105) = 1.57, p = n.s.; \eta^2 = .04$ ). Damit einhergehend wurde auch nur ein marginaler Zusammenhang in der Korrelationsprüfung festgestellt (Kendall's  $\tau = -.13; p < .05$ ). Demnach trägt das Alter nur unerheblich zur Erklärung der TTC-Varianz bei (4 %), so dass dieser Effekt (bei gegebener Stichprobengröße) in der Varianzanalyse nicht statistisch nachweisbar ist. Unter Beachtung dieser geringen Effektstärke lässt die Richtung der (schwachen) Korrelation vermuten, dass die TTC umso kleiner wird, je älter die Probanden sind, d. h., ältere Probanden leiten den Bremsvorgang tendenziell etwas später ein als jüngere Fahrer.

Die Auswertung der Unfälle orientierte sich wiederum an dem Vorgehen zum querenden Fußgänger ohne Ablenkung mit der entsprechenden Unterscheidung in Reaktionen und Ausgängen. Die Ergebnisse sind zunächst in Abbildung 30 dargestellt.

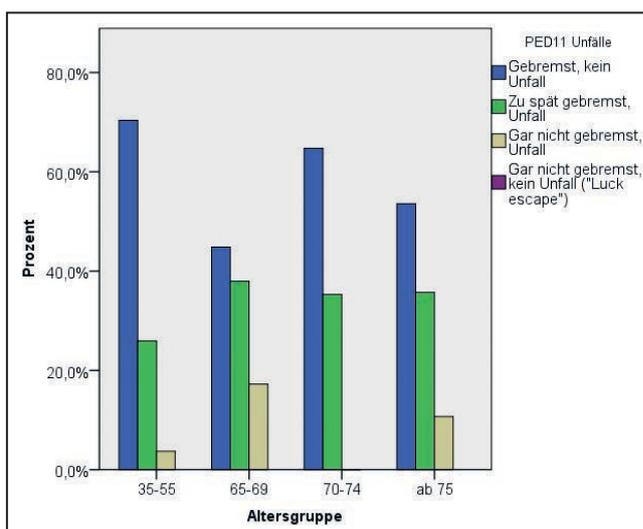
Wie die Auswertung zum querenden Fußgänger ohne Ablenkung ergab auch die statistische Auswertung zur Situation querender Fußgänger mit Ablenkung keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Alterskategorien. Ebenso ergaben sich keine signifikante Unterschiede bei den Vergleich von der Kontrollgruppe jüngere Personen und der Gesamtgruppe der älteren Teilnehmer

**Tabelle 23:**  
**Querender Fußgänger mit Ablenkung (PED11): deskriptive Statistik der TTC zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [s]**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	.48	2.81	1.81 (.75)
65 bis 69	29	.21	2.68	1.44 (.77)
70 bis 74	34	.21	3.25	1.64 (.95)
ab 75	28	.15	3.40	1.34 (.89)



**Abbildung 29:**  
**Querender Fußgänger mit Ablenkung: Boxplot der TTC zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [s]**



**Abbildung 30:**  
**Querender Fußgänger mit Ablenkung (PED11): Auswertung nach Unfällen getrennt nach Altersgruppen**

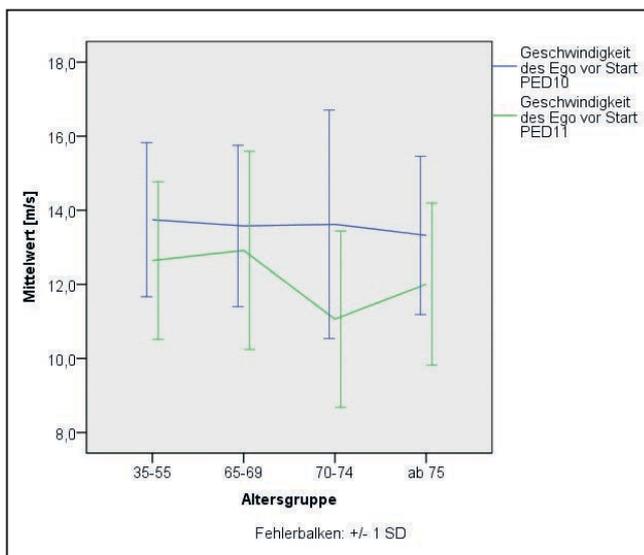
### 3.5.5 Querende Fußgänger: Vergleich der Bedingungen ohne versus mit Ablenkung

Zum Vergleich des Effektes der Ablenkung wurde die Geschwindigkeit kurz vor dem Erscheinen des Fußgängers und während der Bearbeitung der Nebenaufgabe ausgewertet. Diese Variable kann als Indikator der Beanspruchung durch die Nebenaufgabe gewertet werden. Bei der Interpretation

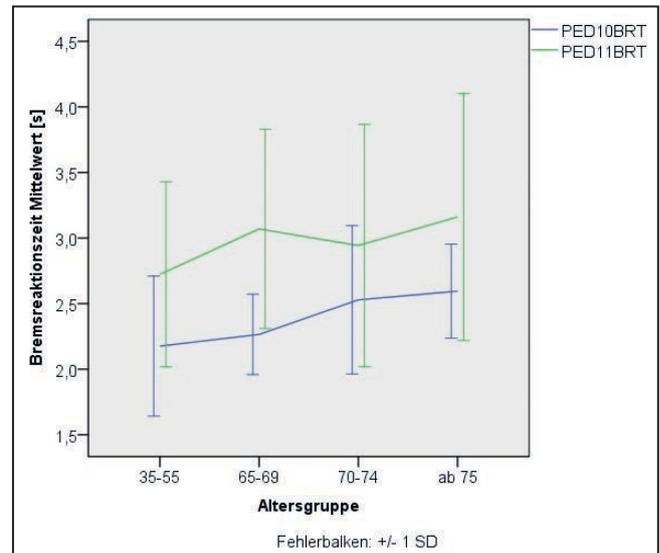
der Effekte muss darauf geachtet werden, dass keine Randomisierung der Reihenfolge der Bedingungen stattfand.

Für die Auswertung wurde eine einfaktorielle multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholung gerechnet. Im Ergebnis zeigte sich ein hoch signifikanter Effekt der Ablenkung ( $F(1, 114) = 37.59, p < .001; \eta^2 = .25$ ) sowie ein signifikanter Wechselwirkungseffekt der Ablenkung mit dem Alter ( $F(3, 114) = 3.43, p < .05; \eta^2 = .08$ ). Die Ergebnisse sind in Abbildung 31 dargestellt. Sie zeigt, dass sich die Geschwindigkeit zwischen den Altersgruppen ohne Ablenkung (PED10) nur sehr wenig unterscheidet. In der Bedingung mit Ablenkung (PED11) fahren alle Altersgruppen langsamer, die beiden ältesten Versuchsgruppen (70 bis 74 und ab 75 Jahre) zudem deutlich langsamer als die Kontrollgruppe und die 65 bis 69jährigen.

Ebenso wie die Ausgangsgeschwindigkeit wurden auch die Bremsreaktionszeiten (berechnet als Zeit vom Erscheinen des Fußgängers bis zur ersten Betätigung des Bremspedals) auf Unterschiede hinsichtlich Ablenkung ausgewertet. Ausgewertet wurden nur Probanden, die in beiden Situationen gebremst hatten (auch wenn es wegen zu spätem Bremsens dennoch zum Unfall kam). Die statistische Auswertung erfolgte wie die Auswertung für die Geschwindigkeit.



**Abbildung 31:**  
Querende Fußgänger: Unterschiede in der Ausgangsgeschwindigkeit zwischen der Bedingung mit versus ohne Ablenkung getrennt nach Altersgruppen



**Abbildung 32:**  
Querende Fußgänger: Unterschiede in der Bremsreaktionszeit zwischen der Bedingung mit versus ohne Ablenkung getrennt nach Altersgruppen

Im Ergebnis zeigte sich ein hoch signifikanter Effekt der Ablenkung ( $F(1, 97) = 45.59, p < .001; \eta^2 = .32$ ) jedoch kein signifikanter Wechselwirkungseffekt der Ablenkung mit dem Alter ( $F(3, 97) = 0.93, p = n.s.; \eta^2 = .03$ ). Die Ergebnisse sind in Abbildung 32 dargestellt. Das bedeutet, dass alle Gruppen in der Ablenkungsbedingung später bremsen.

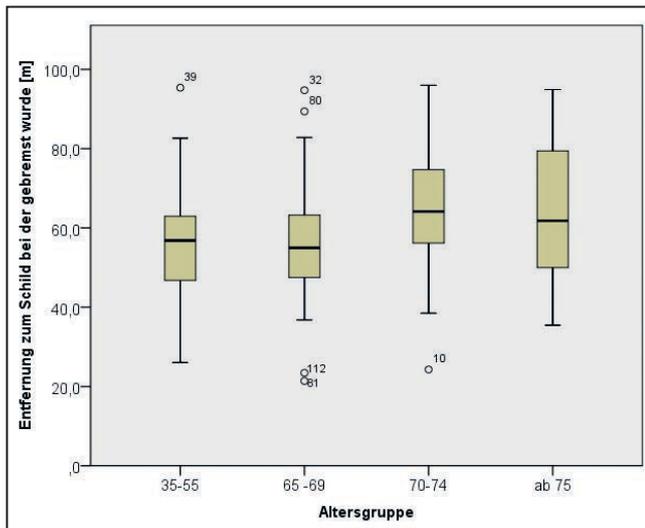
### 3.5.6 Bremsen vor Stoppschild - unverdeckt versus verdeckt

Die Situation unverdecktes Stoppschild diente als Baseline für die Situation mit verdecktem Stoppschild. Beim unverdeckten Stoppschild zeigte sich anhand der deskriptiven Statistik zunächst, dass die älteren Probanden früher bremsen als die jüngeren Probanden (Tabelle 24). Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von .08 findet sich im Gruppenvergleich allerdings nur ein tendenzieller Unterschied (Welchs  $F(3, 62.5) = 2.29, p = .08$ ), während die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und dem Abstand zum Stoppschild beim ersten Bremsen signifikant wurde (Kendall's  $\tau = .15; p < .05$ ).

Die zweite Situation mit verdecktem Stoppschild wurde wie die Situation mit unverdecktem Stoppschild ausge-

**Tabelle 24:**  
**Unverdecktes Stoppschild (Stopp01): Entfernung zum Schild zum Zeitpunkt des Bremsens [m]**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	26.05	95.38	56.75 (15.41)
65 bis 69	29	21.40	94.73	57.13 (17.49)
70 bis 74	34	24.29	95.98	65.53 (17.06)
ab 75	28	35.46	94.93	64.62 (17.97)

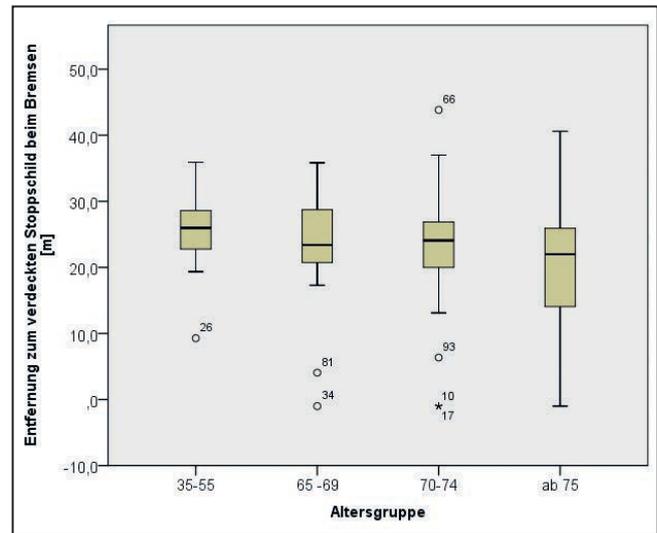


**Abbildung 33:**  
**Unverdecktes Stoppschild: Boxplot der Entfernung zum Schild zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [m]**

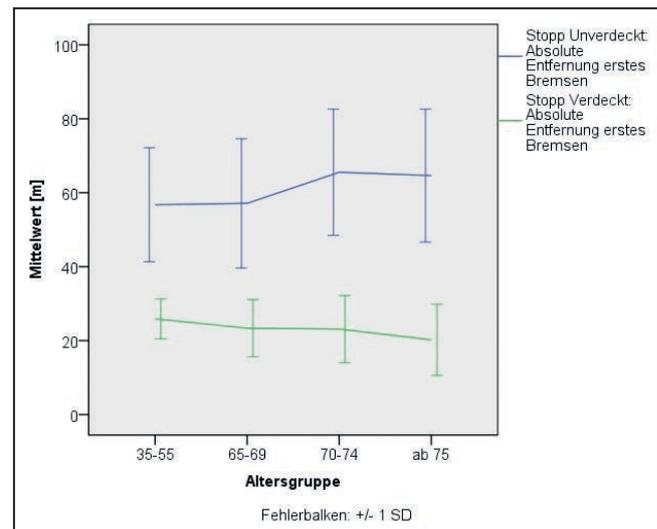
wertet. Die deskriptive Statistik zeigte zunächst, dass die älteren Probanden beim verdeckten Stoppschild später bremsen als die jüngeren Probanden (Tabelle 25). Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von .06 findet sich im Gruppenvergleich wiederum nur ein tendenzieller Unterschied (Welch's  $F(3, 62.2) = 2.66, p = .06$ ), während die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und dem Abstand zum verdeckten Stoppschild beim ersten Bremsen signifikant wurde (Kendall's  $\tau = -.19; p < .05$ ).

**Tabelle 25:**  
**Verdecktes Stoppschild (Stopp02): Entfernung zum Schild zum Zeitpunkt des Bremsens [m]**

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	9.28	35.90	25.89 (5.43)
65 bis 69	29	-1.00	35.83	23.35 (7.73)
70 bis 74	34	-1.00	43.84	23.11 (9.05)
ab 75	28	-1.00	40.60	20.21 (9.60)



**Abbildung 34:**  
**Verdecktes Stoppschild: Boxplot der Entfernung zum Schild zum Zeitpunkt des Bremsens getrennt nach Altersgruppen [m]**



**Abbildung 35:**  
**Stoppschilder: Unterschiede zwischen verdecktem und nicht verdecktem Schild in der Entfernung des ersten Bremsens [m] getrennt nach Altersgruppen**

Zur Auswirkung möglicher Wechselwirkungen zwischen der Bedingung (verdeckt versus unverdeckt) und dem Alter wurde wiederum eine einfaktorische multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholung gerechnet. Es zeigte sich ein hoch signifikanter Effekt der Bedingung (verdeckt versus unverdeckt) ( $F(1, 114) = 506.04, p < .001; \eta^2 = .82$ ) sowie ein signifikanter Wechselwirkungseffekt der Bedingung (ver-

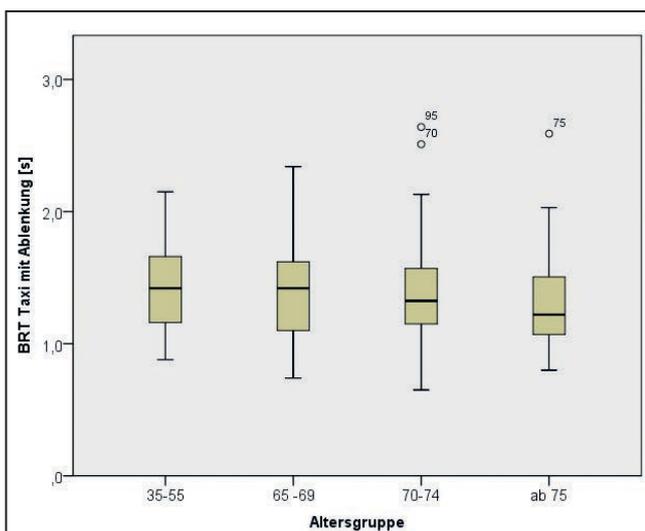
deckt versus unverdeckt) mit dem Alter ( $F(3, 114) = 3.72, p < .05; \eta^2 = .09$ ). Während die älteren Probanden beim unverdeckten Stoppschild früher als die jungen Probanden bremsen, war es beim verdeckten Stoppschild genau umgekehrt. In der kritischeren Situation wird hier das ansonsten vorsichtiger Verhalten Älterer vergleichsweise problematischer. Die Ergebnisse sind in Abbildung 35 dargestellt.

### 3.5.7 Ausscherendes Taxi: abgelenkt versus nicht abgelenkt

Die Probanden wurden zweimal mit der Situation eines am Straßenrand geparkten und dann unvermutet ausscherenden Taxis konfrontiert. Zum ersten Mal wurde die Situation während der Bearbeitung der Nebenaufgabe mit Schild als Ablenkungsbedingung dargeboten, zum zweiten Mal ohne Bearbeitung einer Nebenaufgabe. Um eine Kollision zu vermeiden, musste der Fahrer in beiden Situationen bremsen.

**Tabelle 26:**  
Reaktionszeiten (BRT) auf ausscherendes Taxi mit Ablenkung (V21) getrennt nach Altersgruppen [s]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	.88	2.15	1.45 (.37)
65 bis 69	29	.74	2.34	1.40 (.43)
70 bis 74	34	.65	2.64	1.38 (.43)
ab 75	28	.80	2.59	1.32 (.38)



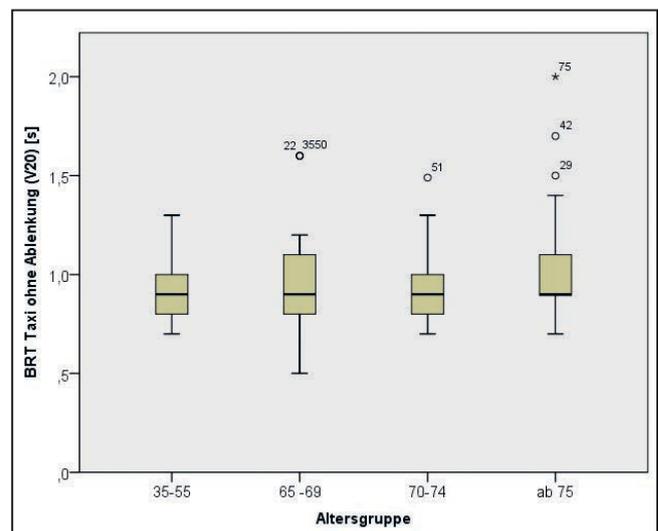
**Abbildung 36:**  
Ausscherendes Taxi mit Ablenkung (V21): Boxplot der Bremsreaktionszeiten (BRT) getrennt nach Altersgruppen [s]

Ausgewertet wurde die Bremsreaktionszeit (BRT) als Zeit, die verging zwischen Ausscheren des Taxis und dem ersten Betätigen des Bremspedals. Die statistische Auswertung der Situation mit Ablenkung (V21) ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $F(3, 114) = 0.45, p = n. s.; \eta^2 = .01$ ). Die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und der BRT war nicht signifikant (Kendall's  $\tau = -.06, n. s.$ ).

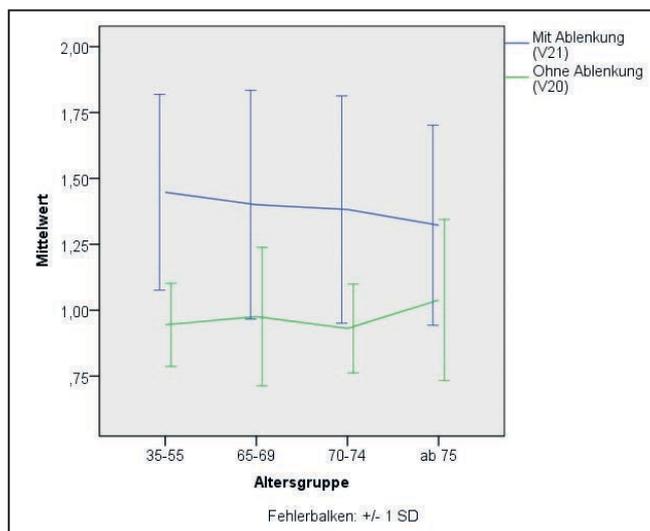
Für die zweite Situation ohne Ablenkung (V20) ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Altersunterschiede ( $F(3, 114) = 1.28, p = n. s.; \eta^2 = .03$ ). Die Korrelation zwischen kalendarischem Alter und der BRT war ebenfalls nicht signifikant (Kendall's  $\tau = .04; p = n. s.$ ).

**Tabelle 27:**  
Reaktionszeiten (BRT) auf ausscherendes Taxi ohne Ablenkung (V20) getrennt nach Altersgruppen [s]

Alter (Jahre)	N	Min	Max	M (SD)
35 bis 55	27	.70	1.30	.94 (.16)
65 bis 69	29	.50	1.60	.98 (.26)
70 bis 74	34	.70	1.49	.93 (.17)
ab 75	28	.70	2.00	1.04 (.30)



**Abbildung 37:**  
Ausscherendes Taxi ohne Ablenkung (V20): Boxplot der Bremsreaktionszeiten (BRT) getrennt nach Altersgruppen [s]

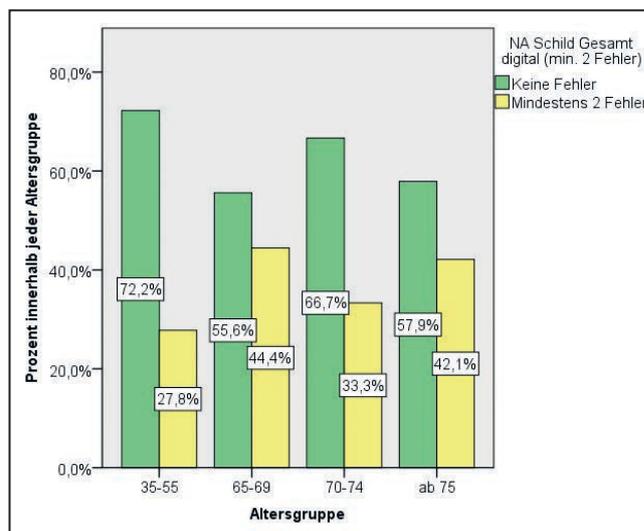


**Abbildung 38:** Ausscherendes Taxi: Unterschiede in der BRT [s] zwischen Bedingung mit und ohne Ablenkung getrennt nach Altersgruppen

Zur Überprüfung möglicher Wechselwirkungseffekte wurde wiederum eine Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem Faktor Ablenkung gerechnet. Es zeigte sich ein hoch signifikanter Effekt der Bedingung (abgelenkt versus nicht abgelenkt) ( $F(1, 114) = 140.57, p < .001; \eta^2 = .55$ ), jedoch kein signifikanter Wechselwirkungseffekt der Bedingung (abgelenkt versus nicht abgelenkt) mit dem Alter ( $F(3, 114) = 1.71, p = n.s.; \eta^2 = .04$ ). Die Ergebnisse sind in Abbildung 38 dargestellt.

Zur Kontrolle des Effektes durch die Nebenaufgabe wurde getestet, ob die Nebenaufgabe von den Altersgruppen unterschiedlich bearbeitet wurde. Dazu wurden die von den Versuchsleitern notierten Antworten der Probanden mittels Chi-Quadrat-Test ausgewertet. Vor der Auswertung wurden die Antworten nach Richtigkeit kodiert (Richtig/Falsch/Auslasser) und summiert. Diese Summen wurden in Extremgruppen geteilt nach ohne Fehler und mindestens zwei Fehler (Auslasser und falsche Antworten wurden als gleiche Kategorie gewertet).

Die statistische Auswertung ergab keine signifikanten Unterschiede, und zwar weder für Unterschiede zwischen allen Altersgruppen noch für die Auswertung der Probanden getrennt in nur zwei Altersgruppen. Insofern können die nicht vorhandenen Unterschiede zwischen den Altersgrup-



**Abbildung 39:** Anteil an fehlerfreien Antworten und Fahrten mit mindestens zwei fehlerhaften Antworten getrennt nach Altersgruppen

pen in den Bremsreaktionszeiten nicht auf unterschiedliche Bearbeitung der Nebenaufgabe zurückgeführt werden, wie dies eine Kompensationsthese vermuten liesse.

### 3.5.8 Zusammenhang zwischen Laborleistung und Fahrverhalten im Simulator

Die Auswertung der Zusammenhänge zwischen Fahrverhalten im Simulator und den Testergebnissen im Labor orientiert sich am Vorgehen der Hauptstudie. Sofern die Kriteriumsvariable (AV) metrisches Datenniveau aufwies, wurde deren Vorhersagbarkeit durch ausgewählte Prädiktorvariablen im Rahmen von linearen Regressionsmodellen geprüft. Dabei kamen zwei Verfahren zum Einsatz: In der Einschluß-Methode wurde der gesamte Prädiktorensatz in einem Schritt aufgenommen, um zu prüfen, wie gut die Vorhersage insgesamt gelingt, wenn sämtliche Faktoren berücksichtigt werden. In der schrittweisen Regression (Vorwärts) wurden die Prädiktoren sukzessive hinsichtlich ihres signifikanten Beitrags bei der Änderung der Vorhersageleistung im Modell berücksichtigt. Dies erfolgte, um die relativen Erklärungsbeiträge einzelner Variablen näher zu betrachten. Es ist zu beachten, dass Unterschiede in den Ergebnissen zwischen beiden Verfahren zu erwarten sind: einerseits ist das Bestimmtheitsmaß (Vorhersageleistung) für das Einschlußverfahren stets

höher, da der gesamte Prädiktorensatz verwendet wird; die relative Bedeutung der einzelnen Prädiktoren (Beta-Gewichte) in der geschätzten Regressionsgleichung fällt dann jedoch in der Regel geringer aus und verfehlt die statistische Signifikanz wahrscheinlicher. Andererseits werden im schrittweisen Verfahren bedeutsame Prädiktoren auch dann ausgeschlossen, wenn zuvor beachtete Prädiktoren bereits die entsprechenden Anteile an Kriteriumsvarianz erklären.

Für den Fall, dass die Kriteriumsvariable alternatives Datenniveau aufwies, wurde die Eintrittswahrscheinlichkeit im Rahmen einer binären logistischen Regression geschätzt.

Als Prädiktoren wurden aufgrund der vorangegangenen Befunde ausgewählt:

- Alter
- Sehschärfe (Kontrast 100 %, logarithmiert)
- Peripheres Sehen (PP): Gesichtsfeld (Wiener Testsystem)
- selektive Aufmerksamkeit (UFOV-Test)
- geteilte Aufmerksamkeit (UFOV-Test)
- Stroop-Test: mittlere RT kompatible Reize (IfADO-Tests)
- visuelle Suche RT bei vorhandenem Zielreiz (IfADO-Tests)
- Überblicksgewinnung (ATAVT Personenparameterschätzer) (Wiener Testsystem)
- Neck Rotation Test: Gesamtscore
- Rapid Walk Test.

Als vorherzusagendes Fahrverhalten wurden folgende Variablen ausgewählt:

- Einfaches Linksabbiegen: gewählte Zeitlücke
- Querender Fußgänger ohne Ablenkung: TTC zum Zeitpunkt der BRT
- Querender Fußgänger mit Ablenkung: TTC zum Zeitpunkt der BRT
- Verdecktes Stoppschild: Bremsreaktionszeit
- Ausschierendes Taxi ohne Ablenkung: Bremsreaktionszeit
- Ausschierendes Taxi mit Ablenkung: Bremsreaktionszeit

Im Rahmen einer binären logistischen Regression wurde zusätzlich folgende Situation ausgewählt:

- Linksabbiegen mit Radfahrern: Richtige versus falsche Lücke.

Die Regressionsanalyse für die Lückenwahl beim einfachen Linksabbiegen brachte keine signifikanten Ergebnisse, d. h. keiner der Prädiktoren konnte zur Vorhersage der gewählten Lückengröße einen signifikanten Beitrag liefern.

Die Analyse für die TTC beim querenden Fußgänger ohne Ablenkung (PED10) erbrachte zwei signifikante Prädiktoren und das Alter als dritten, annähernd signifikanten Prädiktor (Tabelle 28). Eine zusätzlich gerechnete Regression mit der schrittweisen Methode zeigte, dass der Visus als einziger signifikanter Prädiktor in der Regression verblieb. Die Ergebnisse sind so zu verstehen, dass Probanden mit besserer Sehschärfe den Fußgänger früher erkannt und entsprechend früher gebremst haben.

**Tabelle 28:**  
Ergebnisse der linearen Regression (Methode Einschluss) für die TTC in der Situation Fußgänger ohne Ablenkung (PED10)

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	3.71	1.23			
Alter	-0.01	.01	-.27	-1.87	.06
ATAVT	-0.22	.09	-.28	-2.46	.02
Sehschärfe (Visus 100)	0.49	.16	.33	2.93	.00

Anmerkung:  
 $R^2 = .27$ , Korrigiertes  $R^2 = .20$ ,  $F(9,92) = 3.86$ ,  $p < .01$ .

**Tabelle 29:**  
Ergebnisse der linearen Regression (Methode Schrittweise) für die TTC in der Situation Fußgänger ohne Ablenkung (PED10)

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	1.30	.18			
Sehschärfe (Visus 100)	0.64	.13	.43	4.76	.00

Anmerkung:  
 $R^2 = .19$ , Korrigiertes  $R^2 = .18$ ,  $F(1,100) = 22.65$ ,  $p < .001$ .

Anders als bei der Situation mit querendem Fußgänger ohne Ablenkung ergaben sich in der Situation querender Fußgänger mit Ablenkung mit der Methode Einschluss keinerlei signifikanten Prädiktoren. Unter Verwendung der schrittweisen Methode stellte sich jedoch wie in der Situation des querenden Fußgängers ohne Ablenkung die Sehschärfe als einzig signifikanter Prädiktor dar (Tabelle 30).

**Tabelle 30:**  
**Ergebnisse der linearen Regression (Methode Schrittweise) für die TTC in der Situation Fußgänger mit Ablenkung (PED11)**

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	0.76	.28			
Sehschärfe (Visus 100)	0.64	.21	.29	3.00	.00

Anmerkung:  
 $R^2 = .08$ , Korrigiertes  $R^2 = .07$ ,  $F(1,102) = 9.02$ ,  $p < .01$ .

Die Regressionsanalyse mit der Methode Einschluss zum verdeckten Stoppschild erbrachte zunächst kein signifikantes Ergebnis, lediglich der Prädiktor kalendarisches Alter näherte sich mit  $p = .08$  der Grenze zur Signifikanz. Eine anschließend gerechnete schrittweise Regression erbrachte überraschend, dass nicht das Alter (wie aus der vorangegangenen Regressionsanalyse vielleicht zu vermuten gewesen wäre) sondern die Ergebnisse zum Neck Rotation Test der einzig signifikante Prädiktor war (Tabelle 31). Die Ergebnisse sind so zu interpretieren, dass mit größerem Drehwinkel des Kopfes früher gebremst wurde.

**Tabelle 31:**  
**Ergebnisse der linearen Regression (Methode Schrittweise) für die Entfernung des ersten Bremsens zum verdeckten Stoppschild**

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	13.06	4.77			
Neck Rotation Test	0.07	.03	.21	2.20	.03

Anmerkung:  
 $R^2 = .04$ , Korrigiertes  $R^2 = .03$ ,  $F(1,110) = 4.86$ ,  $p < .05$ .

Weiter wurde die Bremsreaktionszeit beim ausscherenden Taxi mit und ohne Ablenkung auf mögliche Prädiktoren untersucht. Für die Situation ohne Ablenkung (V20) erbrachte weder die Methode Einschluss noch die schrittweise Methode signifikante Ergebnisse.

Für die Situation ausscherendes Taxi mit Ablenkung erbrachte die Regression mit der Methode Einschluss keine signifikanten Ergebnisse, die schrittweise Methode zeigte jedoch einen schwachen, aber signifikanten Einfluss der Reaktionszeit auf vorhandene Zielreize beim Test visuelle Suche (Tabelle 32). Die Richtung des Zusammenhangs bedeutet, dass Personen mit schnelleren Reaktionen bei der visuellen Suche langsamer auf das

ausscherende Taxi unter der Bedingung mit Ablenkung reagiert haben. Ablenkung hat einen starken Effekt, Altersunterschiede finden sich in dieser Situation jedoch nicht (Kapitel 3.5.7).

**Tabelle 32:**  
**Ergebnisse der linearen Regression (Methode Schrittweise) für die Bremsreaktionszeit auf das ausscherende Taxi mit Ablenkung**

Variable	B	SE B	$\beta$	t	p
Konstante	2.19	0.40			
Visuelle Suche RT	-0.47	.23	.19	-2.03	.04

Anmerkung:  
 $R^2 = .04$ , Korrigiertes  $R^2 = .03$ ,  $F(1,110) = 4.14$ ,  $p < .05$ .

Die Auswertung der Lückenwahl in der Situation mit Radfahrern (GAP2) mit der binären logistischen Regression (richtige versus falsche Lücke) erbrachte keine signifikante Lösung.

### 3.5.9 Zusammenfassung der Ergebnisse zu den Simulatorversuchen

Zunächst erwies sich die Anpassung des Simulators als probates Mittel zur Verringerung der Ausfälle durch Simulator Sickness.

Weiter zeigten sich im Labor bei der Mehrheit der Tests deutliche Unterschiede zwischen den Altersgruppen, wobei die Leistung regelmäßig mit dem kalendarischen Alter abnahm.

Hinsichtlich der Leistung in den Simulatorversuchen zeigte sich kein einheitliches Bild: während in der Mehrheit der Situationen Alterseffekte gefunden wurden, sind diese jedoch geringer als im Labor und treffen auch auf insgesamt weniger Situationen zu (im Vergleich zur Anzahl der Labortests, die Unterschiede zeigten).

Dementsprechend war die Vorhersage des Verhaltens im Simulator aufgrund der Testdaten im Labor nur eingeschränkt möglich.

---

## Literatur

---

- Bach, M., & Kommerell, G. (1998). Sehschärfebestimmung nach Europäischer Norm: wissenschaftliche Grundlagen und Möglichkeiten der automatischen Messung. *Klinische Monatsblätter Augenheilkunde*, 212(4), 190 - 195.
- Blaauw, G. J. (1982). Driving Experience and Task Demands in Simulator and Instrumented Car: A Validation Study. *Human Factors*, 24(4), 473 - 486.
- Bundesministerium für Verkehr Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS). (2011). Verordnung über die Zulassung von Personen zum Straßenverkehr (Fahrerlaubnis-Verordnung - FeV), 1998, Version nach der Änderung vom 07. Januar 2011. Retrieved Juni 2011, from [http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/fev\\_2010/gesamt.pdf](http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/fev_2010/gesamt.pdf).
- DIN 58220-6. (2009). Sehschärfebestimmung - Teil 6: Straßenverkehrsbezogener Sehtest. Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 8596. (2009). Augenoptik - Sehschärfepfung - Das Normsehzeichen und seine Darbietung (ISO 8596:2009); Deutsche Fassung EN ISO 8596:2009. Berlin: Beuth.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3rd ed.). London: Sage.
- Hergovich, A., Bognar, B., Arendasy, M., & Sommer, M. (2007). *Wiener Testsystem: Manual WRBTV Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr Version 22.00*. Mödling: Schuhfried.
- Hergovich, A., Bognar, B., Arendasy, M., & Sommer, M. (2011). *Wiener Testsystem. Manual Wiener Risikobereitschaftstest Verkehr. Kurzbezeichnung WRBTV. Version 23 - Revision 1*. Mödling: Schuhfried.
- Herle, M., Sommer, M., Wenzl, M., & Litzenberger, M. (2009). *Wiener Testsystem: Manual IVPE Inventar verkehrsrelevanter Persönlichkeitseigenschaften Version 24.00*. Mödling: Schuhfried.
- Kaptein, N., Theeuwes, J., & van der Horst, R. (1996). Driving simulator validity: Some considerations. *Transportation Research Record*, 1550, 30 - 36.
- Prieler, J. (2008). *Wiener Testsystem: Manual RT Reaktionstest Version 31.00*. Mödling: Schuhfried.
- Puhr, U. (2008). *Wiener Testsystem: Manual 2Hand Zweihand Koordination Version 28.00*. Mödling: Schuhfried.
- Schlender, D. (2008). Simulatorkrankheit in Fahrsimulatoren. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 54 (2), 74 - 80.
- Schuhfried, G. (2009). *Wiener Testsystem: Manual ATAVT Adaptiver Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest Version 22.00*. Mödling: Schuhfried.
- Statistisches Bundesamt (2015). *Verkehrsunfälle - Zeitreihen 2013*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, abrufbar unter: [www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Verkehrsunfaelle.html](http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Verkehrsunfaelle.html), zuletzt abgerufen: Februar 2015.

---

---

Stedmon, A. W., Richardson, J., Bayer, S. H., Graham, R., Carter, C., Young, M., et al. (2012). Speech input applications for driving: using different levels of fidelity in simulator research. *Advances in Transportation Studies*(28), 17 - 34.

Underwood, G., Crundall, D., & Chapman, P. (2011). Driving simulator validation with hazard perception. *Transportation Research Part F*, 14(6), 435 - 446.

Wagner, M., & Karner, T. (2008). Wiener Testsystem. Manual. COG Cognitrone Version 38.00. Mödling: Schuhfried.

Weller, G. (2010). *The Psychology of Driving on Rural Roads*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Yan, X., Abdel-Aty, M., Guo, D., & Radwan, E. (2012). Visualization of signalized intersections in driving simulator and validity of driving behaviors in virtual environments. *Advances in Transportation Studies*(26), 17 - 28.

## Anlage 1: Umrechnung Visus

Tabelle A 1:  
Umrechnung VISUS, log (VISUS), MAR und log (MAR) (nach Bach & Kommerell, 1998; DIN EN ISO 8596, 2009).

VISUS (EN ISO 8596)	log (VISUS)	MAR	log (MAR)
0,050	-1,3	20,00	1,3
0,063	-1,2	15,80	1,2
0,080	-1,1	12,60	1,1
0,100	-1,0	10,00	1,0
0,125	-0,9	7,90	0,9
0,160	-0,8	6,30	0,8
0,200	-0,7	5,00	0,7
0,250	-0,6	4,00	0,6
0,320	-0,5	3,20	0,5
0,400	-0,4	2,50	0,4
0,500	-0,3	2,00	0,3
0,630	-0,2	1,60	0,2
0,800	-0,1	1,30	0,1
1,000	0,0	1,00	0,0
1,250	0,1	0,79	-0,1
1,600	0,2	0,63	-0,2
2,000	0,3	0,50	-0,3

## Anlage 2: Vorbefragung: Fragebogen

Abbildung A 2:  
Vorbefragung: Fragebogen

**Vorbefragung**

Pb.-Nr.: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ 2013

Vielen Dank für Ihre Bereitschaft an unserer Untersuchung teilzunehmen. Wir benötigen zunächst einige persönliche Angaben, die zur Beschreibung der Stichprobe benötigt werden. Alle Angaben werden ausschließlich anonymisiert ausgewertet, von Dritten ist kein Rückschluss auf Ihre Person möglich.

1. Ihr Alter: \_\_\_\_\_ Jahre
2. Ihr Geschlecht:  weiblich  männlich
3. Benötigen Sie beim Autofahren eine Sehhilfe?  nein  ja
4. Wie häufig nutzen Sie aktuell Ihr Fahrzeug (bezogen auf **die letzten zwölf Monate**)?
  - täglich
  - mehrmals die Woche
  - ca. einmal die Woche
  - ein- bis zweimal im Monat
  - seltener
5. Wie viele Kilometer haben Sie insgesamt **in den letzten zwölf Monaten** zurückgelegt?  
Insgesamt \_\_\_\_\_ Kilometer
6. Hatten Sie **in den letzten drei Jahren** einen Unfall (auch leichte Unfälle)?
  - nein  ja
  - Wenn „ja“, wie viele? \_\_\_\_\_
  - Wenn „ja“, war der Unfall /die Unfälle selbstverschuldet?  nein  ja, zu \_\_\_\_\_%
  - Wenn „ja“, wie viele der Unfälle waren nur leichte Sachschäden z.B. beim Aus- oder Einparken? \_\_\_\_\_
7. Welche Geschwindigkeit bevorzugen Sie auf Autobahnen, wenn es keine Geschwindigkeitsbegrenzung gibt und das Verkehrsaufkommen gering ist? \_\_\_\_\_ km/h

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre Fahrgewohnheiten, Ihren Fahrstil und die Bedeutung Ihres Autos für Sie. Denken Sie daran: Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, die Antwort die Ihnen zuerst in den Sinn kommt, ist die Richtige.

		Sehr ruhig	Eher ruhig	Weder noch	Eher sportlich	Sehr sportlich
8.	Wie beurteilen Sie insgesamt Ihren Fahrstil?	<input type="checkbox"/>				

	Wenn es die Situation erlaubt, überschreite ich die vorgegebene Höchstgeschwindigkeit gewöhnlich	Gar nicht	Bis 10 km/h	Bis 20 km/h	Mehr als 20 km/h		
9.	... in der Stadt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10.	... auf Landstraßen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11.	... auf der Autobahn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		Deutlich langsamer	Eher langsamer	Ungefähr gleich	Eher schneller	Deutlich schneller	
12.	Wie langsam bzw. schnell fahren Sie im Vergleich zum überwiegenden Verkehrsfluss?	<input type="checkbox"/>					
<p>Stellen Sie sich nun bitte vor, ein Fahrlehrer würde eine reale Fahrprobe mit Ihnen machen. Dabei sitzen Sie am Steuer eines Autos und fahren auf einer Ihnen unbekanntem Strecke. Auf dem Beifahrersitz sitzt der Fahrlehrer und macht Notizen. Zunächst fahren Sie auf die Autobahn, anschließend geht es durch den Stadtverkehr. Sie müssen auf Ampeln, Stopp-Schilder, Zebrastreifen, gegebenenfalls Straßenbahnen, Grüne Pfeile und alles andere achten- im Grunde wie immer.</p>							
		Deutlich besser	Eher besser	Ungefähr gleich	Eher schlechter	Deutlich schlechter	
13.	Wie glauben Sie würden Sie im Vergleich zu anderen Fahrerinnen und Fahrern Ihrer Altersgruppe abschneiden?	<input type="checkbox"/>					
14.	Wie glauben Sie beurteilen Ihnen <b>nachstehende Personen</b> Ihre Fahrfähigkeiten im Vergleich zu anderen Fahrern?	<input type="checkbox"/>					
<p>Für die nächste Frage müssen Sie eine Vergleichsgruppe wählen: Sind Sie jünger als 55 Jahre, wählen Sie als Vergleichsgruppe Fahrer älter als 65, sind Sie älter als 65 Jahre, wählen Sie bitte eine Vergleichsgruppe zwischen 30 und 50 Jahren.</p>							
15.	Wie gut glauben Sie würden Sie im Vergleich zu Ihrer Vergleichsgruppe abschneiden?	<input type="checkbox"/>					
<p>Bitte geben Sie für jedes der unten stehenden Adjektive an, wie sehr es Ihre momentane Stimmung wiedergibt. Bitte beantworten Sie die Skale für jedes Adjektiv.</p>							
	Fühlen Sie sich im Moment...	(1) überhaupt nicht	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) sehr
16.	frisch?	<input type="checkbox"/>					
17.	verärgert?	<input type="checkbox"/>					
18.	erschöpft?	<input type="checkbox"/>					
19.	unwohl?	<input type="checkbox"/>					
20.	schwindlig?	<input type="checkbox"/>					
<p><b>Vielen Dank im Voraus für Ihre Teilnahme!</b></p>							

Im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV)

# Teil 3:

# Gesamtinterpretation der Ergebnisse

bearbeitet durch:

Technische Universität Dresden  
Fakultät Verkehrswissenschaften  
Lehrstuhl für Verkehrspsychologie



Dr. Gert Weller  
Prof. Dr. Bernhard Schlag  
Dipl.-Psych. Lars Rößger

Bei der UDV betreut von:

Dipl.-Ing. Petra Butterwegge  
Dr. rer. nat. Tina Gehlert

Unfallforschung  
der Versicherer   




---

## Inhalt

---

<b>Gesamtinterpretation der Ergebnisse</b>	<b>46</b>
Sensorische, kognitive und motorische Leistungsfähigkeit	47
Selbst- und Fremdeinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit	48
Ergebnisse der Fahrversuche und der Simulatorversuche	49
Vorhersage des Verhaltens	50
Zusammenfassende Diskussion der Befunde	52
<b>Literatur</b>	<b>54</b>



Dort verlaufen die Trends der Unfallentwicklung inzwischen weniger ungünstig für die älteren und ältesten Gruppen. Cicchino & McCartt (2014) berechnen zwar weiterhin einen leichten Anstieg der Unfallbeteiligung relativ zur Fahrleistung ab einem Alter von 70 Jahren. Dieser altersbezogene Anstieg des Unfallrisikos fällt jedoch inzwischen (selbst für die 80Jährigen und Älteren) weit niedriger aus als noch 1995 und er erreicht bei weitem nicht die Überrepräsentation bei den jüngsten Gruppen. Der Rückgang bei der Unfallbeteiligung (betrachtet über die odds ratios) war auch für Unfälle mit schwerem oder tödlichem Personenschaden in den älteren Gruppen (ab 70 Jahre), und auch bei den 80Jährigen und Älteren, zwischen 1997 und 2012 stärker als in der mittelalten Vergleichsgruppe (35 bis 54 Jahre).

Die abschließende Gesamtinterpretation der Ergebnisse basiert auf zwei empirischen Studien im Auftrag des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft. Im Mittelpunkt dieser Studien standen die Beziehungen zwischen der psychophysischen Leistungsfähigkeit von Autofahrern und ihrem Fahrverhalten. Mit den Teilnehmern wurden vielfältige Labortests durchgeführt, die teilweise Bestandteil derzeitiger gesetzlicher Fahreignungsprüfungen in Deutschland sind. Sie befuhren sodann eine längere Teststrecke im Realverkehr oder auf einem Fahrsimulator. Verhaltensmaße und Blickbewegungen wurden dabei aufgezeichnet. Die Stichproben bestanden aus vier Altersgruppen: einer Kontrollgruppe im Alter bis 55 Jahren und drei Versuchsgruppen von 64 bis 69 Jahren, 70 bis 74 Jahren und 75 bis 90 Jahren. Jede Gruppe umfasste mindestens 25 Teilnehmer. Insgesamt nahmen 232 Autofahrer teil, 114 in der ersten Studie (Laboruntersuchungen und Fahrten im Realverkehr) und 118 in der zweiten Studie (Laboruntersuchungen und Simulatorfahrten). Die Ergebnisse zeigen deutliche Altersgruppenunterschiede in den meisten psychophysischen Testverfahren. In den Fahrversuchen im Realverkehr fanden sich dagegen nur wenige altersbezogene Unterschiede im Fahrverhalten. Ebenso gab es bei den Simulatorstudien insgesamt nur wenige Fahrsituationen, die auf das kalenda- rische Alter oder auf die psychophysischen Testwerte der Fahrer beziehbar waren.

## Sensorische, kognitive und motorische Leistungsfähigkeit

Im Einklang mit den in der Literatur berichteten Veränderungen mit dem Alter (im Überblick: Schlag, 2008a, 2008b, 2013) fanden sich auch in den hier untersuchten Stichproben deutliche Verschlechterungen der psychophysischen Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter. Diese Verschlechterung betraf alle Bereiche der sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit.

Berücksichtigt werden muss hierbei, dass trotz einer signifikanten Korrelation mit dem Alter Unterschiede in der Leistungsfähigkeit oft nur zwischen der jüngeren Kontrollgruppe und allen älteren Versuchsgruppen, jedoch nicht immer auch zwischen diesen älteren Versuchsgruppen nachgewiesen werden konnten. Die große Varianz der Labordaten bestätigt zudem den Befund, dass die Leistungsfähigkeit mit dem Alter abnimmt, dass diese Abnahmen jedoch interindividuell sehr heterogen verlaufen können.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Unterschiede in psychophysischen Testmaßen zwischen den 4 Altersgruppen ( $\leq 55$  Jahre = 0, 64 bis 69 Jahre = 1, 70 bis 74 Jahre = 2,  $\geq 75$  Jahre = 3), die in den beiden Studien gefunden wurden (cf. Gehlert et al, 2014).

Auch wenn nicht alle gefundenen Unterschiede in beiden Studien identisch ausfallen, wird das Gesamtbild deutlich: Die jüngere Kontrollgruppe schneidet durchgängig besser ab als die älteren Versuchsgruppen. Allerdings ändern sich die psychophysischen Fähigkeiten im Alter in unterschiedlicher Weise. So findet sich eine tendenziell lineare Abnahme der sensorischen Funktionen mit dem Alter. Kognitive Funktionen scheinen dagegen teilweise eher einer stufenweisen Abnahme zu unterliegen, die sich oft erst im höheren Alter bemerkbar macht.

**Altersbezogene Unterschiede in den psychophysischen Tests**(4 Altersgruppen:  $\leq 55$  Jahre = 0, 64 - 69 Jahre = 1, 70 - 74 Jahre = 2,  $\geq 75$  Jahre = 3)

Parameter	Altersgruppenunterschiede		Beschreibung
	Studie 1	Studie 2	
<b>Sensorische Leistungen:</b>			
Sehschärfe	(0,1) > (2,3)	0 > (1,2,3)	Visus 100
Periphere Wahrnehmung	0 > (1,2,3)	0 > (1,2,3)	Grad des visuellen Felds
Kontrastsehschärfe	0 > ((1,2) > 3)	0 > (1 > 3)	Visus 10
<b>Kognitive Leistungen:</b>			
Geteilte Aufmerksamkeit		0 < (2,3)	Mittlere Reaktionszeit
Selektive Aufmerksamkeit	0 < (2,3)	0 < (2 < 3)	Mittlere Reaktionszeit
Ablenkung	0 < (1,2,3)		Mittlere Reaktionszeit für korrekte und inkorrekte Antworten
(Stroop Test)	0 < 1 < 2 < 3	0 < (1,2,3) (k) 0 < (2,3) (ik)	Mittlere Reaktionszeit für kompatible (k) und inkompatible (ik) Reize
(Go-NoGo Task)	0 < (1,2)		Anteil inkorrekt beantworteter
Visuelle Suche	0 < (1,2,3)	0 < (1,2); Reaktionszeit bei präsenten Zielreize	% inkorrekt beantworteter, mittlere Reaktionszeit für korrekte Antworten, mittlere Reaktionszeit für Zielreize, % Auslasser
Überblicksgewinnung Verkehrsauffassung	0 > (1,2,3)	0 > (1,2,3)	Testwert
<b>Motorische Leistungen:</b>			
Reaktionsfähigkeit	0 < (1 < 3)		Mittlere Reaktionszeit
Beweglichkeit (Nacken)		0 > ((1 > 3)	Winkelgrad der Kopfdrehung nach links und rechts (kumulativ)
Beweglichkeit (Gehen)		0 > 2	Mittlere Zeit

Bemerkenswert ist, dass in der ersten Studie 40 % der Fahrer im Alter von 75 Jahren und mehr einen Visus unter 0,7 aufwiesen. Dies ist der gesetzliche Grenzwert für die Fahrerlaubniserteilung. Ähnliche Resultate zeigten sich bei Porschadel u. a. (2013). In der zweiten Studie verfehlten allerdings nur 3,6 % dieser Altersgruppe diesen Grenzwert. Dies spricht für die starke Varianz der psychophysischen Fähigkeiten im höheren Alter.

## Selbst- und Fremdeinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit

Die körperliche Leistungsfähigkeit der Stichprobe wurde vom Versuchsleiter aufgrund des Verhaltens des Teilnehmers eingeschätzt. Je älter die Versuchsgruppe war, desto schlechter war ihre fremdgeschätzte körperliche Leistungsfähigkeit. Allerdings waren auch in der Altersgruppe ab 75 Jahren etwa 40 % der Personen ohne erkennbare körperliche Schwächen.

Hinsichtlich der Selbsteinschätzung zeigen die Ergebnisse, dass Ältere (ebenso wie Jüngere) kaum eine Veränderung der eigenen Leistungsfähigkeit feststellten. Diese Prozesse verlaufen im Alter schleichend und werden von den Betroffenen oft nicht oder erst spät bemerkt.

Die Selbsteinschätzung ist allerdings für das Mobilitätsverhalten eine wesentliche Stellgröße, wie u. a. die große kanadische Candrive II-Studie zusammenfassend hervorhebt (Jouk et al, 2014, 1): „Perceptions and attitudes were associated with driving exposure and patterns such that the more positive/comfortable older adults felt about driving and their driving ability, the greater their self-reported driving exposure“. So konnte gezeigt werden, dass Ältere mit einer positiven Selbsteinschätzung höhere Fahrleistungen pro Woche aufwiesen, häufiger auch herausfordernde Verkehrs-

situationen aufsuchen und ein geringeres Vermeidungsverhalten gegenüber diesen Situationen zeigen. Demgegenüber zeigten sich bei älteren Personen mit stärker negativen Selbsteinschätzungen geringere Fahrleistungen, häufiger selbst auferlegte Einschränkungen für die aktive motorisierte Verkehrsteilnahme sowie häufiger ein aktives Vermeiden von herausfordernden Situationen.

Soweit die subjektiven Selbsteinschätzungen die tatsächlichen Fähigkeiten angemessen reflektieren, kann hierin eine gelingende Selbstregulation gesehen werden.

Die Selbsteinschätzungen fallen jedoch oft, vor allem im Vergleich zu Gleichaltrigen, sehr günstig aus und können damit eine eventuell notwendige Adaptation an sich ändernde Fähigkeiten verzögern und deren mögliche Kompensation verhindern. Die in allen Altersgruppen festzustellende positive Selbsteinschätzung der eigenen fahrerischen Kompetenzen bleibt im Alter erhalten und entfernt sich damit im hohen Alter vermehrt von den objektiven Fähigkeiten. In einer Befragung in den USA schätzten 85 % der älteren Fahrer ihre Fahrfähigkeiten als gut oder exzellent ein (Ross et al., 2012). Diese Selbsteinschätzung war dabei kein guter Prädiktor für die tatsächliche Fahrsicherheit und für Unauffälligkeit beim Fahren. Auch in einer Befragungsstudie von Richter u. a. (2011) sahen sich zwei Drittel der älteren Autofahrer als besser an als gleichaltrige Fahrer.

Dies kann zweierlei Konsequenzen haben:

- die Instrumente für eine Selbsteinschätzung müssen verbessert und durch valide Hinweise zur Selbstregulation ergänzt werden;
- und/oder die Selbsteinschätzung muss durch Fremdeinschätzungen in akzeptabler Weise ergänzt und gegebenenfalls modifiziert werden, beispielsweise aufgrund einer Rückmeldefahrt.

## Ergebnisse der Fahrversuche und der Simulatorversuche

Insgesamt fanden sich bei den **Fahrversuchen im Realverkehr** nur wenige aber durchaus sicherheitsrelevante Unterschiede zwischen Autofahrern mittleren und höheren Alters. Auf der Autobahn und auf Landstraßen gab es kaum Altersunterschiede, bei Älteren insgesamt eine Tendenz zu langsamerem Fahren und verstärkt fehlende Sicherung bei Spurwechseln. In der Stadt zeigten sich deutlichere Alterseffekte, besonders in Knoten. Auffällig ist hier das oft fehlende Sicherungsverhalten der älteren Fahrer. Darin liegt ein gemeinsamer Befund über alle drei Situationsklassen feststellen: Die fehlende Sicherung bei hohen Anforderungen und Situationswechseln. Einen Schulterblick zeigten viele ältere Versuchspersonen weder beim Ausscheren auf der Autobahn noch beim Rechtsabbiegen Innerorts an Kreuzungen mit Radweg. Auch dieser Blick in den rechten Außenspiegel beim Wiedereinscheren auf die rechte Spur nach einem Überholvorgang fehlte nahezu vollständig bei allen älteren Fahrern. Das Blickverhalten in Situationen, die keinen Schulter- oder Spiegelblick erfordern, unterscheidet sich dagegen nicht systematisch zwischen jüngeren und älteren Fahrern.

Hinsichtlich der Geschwindigkeit gab es ein differenziertes Bild: So zeigten sich keine alterskorrelierten Unterschiede in Situationen, die wenig beanspruchend waren. Dazu zählen das Fahren auf Landstraßen unter den hier gegebenen Bedingungen (Tageslicht, Trockenheit) sowie das Fahren auf der Autobahn und im Innenstadtverkehr, sofern es sich um einfache Situationen handelt. Unterschiede im Geschwindigkeitsverhalten zeigten sich in Situationen, die anspruchsvoller waren oder bei denen anzunehmen ist, dass die Fahrer ermüdet waren. So fuhren ältere Fahrer am Ende der Fahrt auf der Autobahn langsamer als jüngere Fahrer. Ähnliche Effekte zeigten sich in der Stadt auf einer kurzen Strecke, die zwischen zwei anspruchsvollen Situationen lag. Diese Befunde zeigen die Bedeutung der Geschwindigkeitsregulation als primären Mechanismus zur Reduzierung von Beanspruchung.

Trotz einzelner sowohl sicherheitskritischer wie sicherheitsförderlicher Unterschiede bleibt die weitgehende Unabhängigkeit des Fahrverhaltens vom Lebensalter hervorzuheben. Dies gilt nun für normale Fahrsituationen, die zumeist auch an einen aufgrund regelmäßiger Alterungsprozesse sensorisch, kognitiv oder motorisch vergleichsweise weniger belastbaren Fahrzeugführer keine überhöhten Anforderungen stellen. Hohe und möglicherweise gerade Ältere überfordernde Anforderungen können jedoch sicherheitskritische Situationen stellen, die im Simulator, anders als im Realverkehr, gezielt hergestellt werden können. Nur in Simulatorversuchen ist die experimentell kontrollierbare und ungefährliche Untersuchung auch kritischer Situationen möglich. Zeigen sich bei der Bewältigung seltener kritischer Situationen Altersunterschiede, im Sinne eines „testing the limits“? Die Simulatorversuche dienen somit als Zwischenglied zwischen Laborversuchen und Fahrversuchen im Feld.

Da bei einer ersten **Simulatorstudie** gerade in den älteren Gruppen viele Teilnehmer (bis zu 80 %) wegen Simulatorkrankheit ausfielen, wurde eine zweite Simulatorstudie mit reduzierten Anforderungen und unter veränderten Bedingungen konzipiert, die erfolgreich durchgeführt werden konnte.

In dieser Fahrsimulation zeigten sich im Vergleich zu den Realverkehrsfahrten mehr Altersunterschiede in verschiedenen, jedoch keineswegs in besonders vielen Fahrsituationen (Tabelle 2). Dies kann teilweise darauf zurückzuführen sein, dass ein hoch beanspruchendes Szenario zugleich gerade bei Älteren vermehrt zu Simulatorkrankheit führt und insofern ein strenges „testing the limits“ auch im Simulator nicht realisiert werden konnte.

Unterschiede fanden sich insbesondere bei unerwarteten Ereignissen. Dies spricht für die Hypothese von Schlag (2013), dass „Ältere vermehrt erfahrungsbasiert und damit erwartungsgesteuert handeln: top-down-Prozesse werden umso bedeutsamer, je schwerer bottom-up-Prozesse einer exakten und schnellen Wahrnehmung und Einschätzung sich verändernder Situationen gelingen. Diese Strategie wird in den weitaus meisten Situationen gerade aufgrund der Erfahrung Älterer erfolgreich sein, nicht jedoch bei überraschenden (eben nicht erwarteten), seltenen, kritischen oder einfach neuen Anforderungen“ (a. a. O., 131).

Die in der Literatur häufiger berichteten hohen Ausfallraten gerade bei Fahrsituationen mit hohem Belastungspotential mindern im Übrigen den Nutzen eines denkbaren Einsatzes von Fahrsimulatoren als Screening-Instrument zur

#### Altersbezogene Unterschiede im Fahrverhalten (Studie 1 und Studie 2)

Fahrsituation	Altersgruppenunterschiede	Beschreibung
<b>Fahrstudie (Studie 1):</b>		
Rechtsabbiegen an LSA (4a)	0 > (1,2,3)	Anzahl der Schulterblicke
Rechtsabbiegen an LSA (4b)	0 > (1,2,3)	Anzahl der Schulterblicke
Autobahn 11/12	0 > (1,2,3)	Anzahl der Schulterblicke
	0 > (1,2,3)	Anzahl der Spiegelblicke Wiedereinscheren
<b>Fahrsimulator (Studie 2):</b>		
STOP-Schild (15)	Interaktion Alter x Zeichen	Ältere bremsen früher am klar erkennbaren, aber später am verdeckten Zeichen.
Linksabbiegen mit entgegenkommenden Radfahrern (16b)	0 > 1 > 2 > 3	Anzahl korrekter Zeitlückenwahlen
Überquerender Fußgänger (17a/b)	Interaktion Alter x Ablenkung	Ältere fahren schneller ohne und langsamer mit Ablenkung
Überquerender Fußgänger ohne Ablenkung (17a)	0 < (2,3)	Time to collision (TTC)

Diagnose der Fahreignung. Dies gilt in besonderem Maße für ältere Fahrer, bei denen ein adaptives „testing the limits“ mit den heute verfügbaren Fahrsimulatoren weder ethisch gerechtfertigt noch valide ist.

## Vorhersage des Verhaltens

Die berichteten Befunde (vgl. Teil 1, Abschnitt 3.6.1) zeigen bedeutsame Unterschiede in den erhobenen sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungsspektren zwischen älteren Fahrern und einer Kontrollgruppe mittleren Alters, damit in wichtigen Bereichen des biologischen oder physiologischen Alters. Mögliche Auswirkungen dieser altersbezogenen Unterschiede wurden in Vorhersagemodellen für das Fahrverhalten geprüft.

Eine Vorhersage des Verhaltens aufgrund der psychophysischen Leistungsmaße war sowohl für das Fahren im Simulator als auch für das Fahren im Feld nur mit deutlichen Einschränkungen möglich. Verhaltensweisen konnten für nur wenige Fahrsituationen durch psychophysische Prädiktoren statistisch vorhergesagt werden (Tabelle 3). Die Güte der Vorhersage war der Vielzahl innerer und äußerer Einflüsse auf das Verhalten entsprechend gering, teilweise jedoch signifikant. Zudem waren die Prädiktoren über die unterschiedlichen Situationen hinweg nicht konsistent.

Insgesamt gilt: Die psychophysische Fitness kann die Gesamtleistung älterer Fahrer auf der Straße oder im Fahrsimulator nicht hinreichend erklären. Aber obwohl psychophysische Variablen als Kennwerte des biologischen Alters nur

### Überblick über die Fahrverhaltensvorhersage aufgrund psychophysischer Parameter

Fahrsituation	Erklärende Variable	Ergebnisbeschreibung
<b>Fahrversuch (Studie 1)</b>		
Kreuzungen mit Vorfahrtzeichen (Sicherungsverhalten beidseitige Blickrichtung) (1a)	Spannungsbedürfnis/ Abenteuerlust (IVPE)	Personen mit niedrigem Spannungsbedürfnis/ Abenteuerlust schauen häufiger nur in eine Richtung verglichen mit Personen mit hohem Spannungsbedürfnis/Abenteuerlust
Zwischen Situationen 1a und 1b: Mittlere Geschwindigkeit (1)	Konzentration, Reaktionsfähigkeit (Responsivness)	Je länger die Reaktionszeiten in Konzentrations- und Reaktionsfähigkeitstest desto geringer die mittlere Geschwindigkeit
Linksabbiegen (Sicherungsverhalten beidseitige Blickrichtung) (2b)	Selektive Aufmerksamkeit	Je kürzer die Reaktionszeit im UFOV-Test, umso häufiger Augenbewegungen nur nach links
Rechtsabbiegen an LSA: Schulterblick (4a)	Alter	Je älter, umso seltener Schulterblicke
Landstraße Mittlere Geschwindigkeit (6)	Visuelle Suche (bei präsentiertem Zielreiz)	Je größer die Reaktionszeit im Visuelle Suche-Test, umso niedriger die mittlere Geschwindigkeit
Landstraße Mittlere Geschwindigkeit (8)	Selektive Aufmerksamkeit	Je kürzer die Reaktionszeit bei selektiver Aufmerksamkeit, umso höher die mittlere Geschwindigkeit
Autobahn: Mittlere Geschwindigkeit	Periphere Wahrnehmung	Je größer das visuelle Feld, umso höher die mittlere Geschwindigkeit
<b>Fahrsimulation (Studie 2)</b>		
Kreuzender Fußgänger mit und ohne Ablenkung: Time to collision (TTC) (17 a/b)	Sehschärfe (Visus 100)	Je besser die festgestellte Sehschärfe, umso früher erkennen Fahrer den Fußgänger und bremsen
Verdecktes STOP-Zeichen: Bremsreaktionszeit (15)	Beweglichkeit (Nacken)	Je weiter die Nackenrotation, umso früher bremsen Fahrer
Ausscherendes Taxi: Bremsreaktionszeit (18b)	Visuelle Suche	Je kürzer die Reaktionszeit im Visuelle Suche-Test, umso länger die Bremsreaktionszeit gegenüber dem Taxi bei gleichzeitiger Ablenkung.

wenig Varianz in den Verhaltensparametern aufklären, sind sie über alle Erhebungen, Situationen und Verhaltensarten hinweg dem kalendarischen Alter als Prädiktor ebenbürtig oder sogar überlegen.

## Zusammenfassende Diskussion der Befunde

Zunächst bestätigen die Laborfunde auch für die hier vorliegenden Stichproben, dass die sensorische, kognitive und motorische Leistungsfähigkeit mit dem kalendarischen Alter abnimmt. Diese Unterschiede spiegeln sich jedoch nicht in gleichem Maße im Fahrverhalten wider, weder für das Fahren im Simulator noch im Feld. Diese Befunde stehen im Einklang mit der Literaturlage. Als ein wesentlicher Grund für die Diskrepanz zwischen Labordaten und Fahrverhaltensbefunden werden Kompensationsstrategien im Alter angesehen (Engeln & Schlag, 2008). Zudem ist die Strategie des Testens im Labor und beim Versuch im Realverkehr unterschiedlich: Im Labor geht es um die erreichbare Leistung, im Verkehr hingegen fast immer um Situationen mit durchschnittlichen und (bei hoher Geübtheit) oft niedrigen Leistungsanforderungen.

Unterschiede zwischen der jüngeren Kontrollgruppe und den älteren Versuchsgruppen im Fahrverhalten wurden dennoch gefunden. Sicherheitskritische Verhaltenstendenzen Älterer waren vor allem in Situationen nachweisbar, die unerwartet auftraten. Dies konnte im Simulator systematisch hergestellt und geprüft werden. Als deutlich problematisches Verhalten beim Fahren im Feld wurde ein häufig mangelhaftes Sicherungsverhalten Älterer identifiziert. So wurde von älteren Fahrern in Situationen, die einen Schulterblick erforderten, weitaus häufiger kein Schulterblick durchgeführt.

Insgesamt zeigte die Vorhersage des Verhaltens über die sensorische, motorische und kognitive Leistungsfähigkeit teils bessere und zumindest ebenbürtige Qualitäten im Vergleich zu einer Vorhersage über das kalendarische Alter. Als relevante Indikatoren erwiesen sich in erster Linie die selektive Aufmerksamkeit, die visuelle Suche und die periphere Wahrnehmung. Diese sind in spezifischen Fahrsituationen besonders relevant. Dennoch war der Anteil an aufgeklärter Varianz durch die psychophysischen Leistungsmaße vergleichsweise gering und lässt einen Rückschluss auf Leistungen beim Fahren im Einzelfall anhand der Testergebnisse nicht zu.

Die Resultate unterstützen damit kein verpflichtendes screening älterer Kraftfahrer. Weder das kalendarische Alter noch differenziertere psychophysische Tests ("biologisches Alter") erlauben eine valide und reliable Vorhersage des Fahrverhaltens im Realverkehr oder im Simulator. Dies schränkt auch die Nützlichkeit des Simulators als screening-Instrument ein, der zudem alterskorrelierte Probleme der Simulatorkrankheit aufweist. Dennoch bleibt die Problematik bestehen, dass vor allem ab einem Alter von etwa 75 Jahren sowohl die Unfallverursachungsbilanz wie die psychophysische Leistungsfähigkeit immer ungünstiger ausfallen. Unterstützungsmaßnahmen zur Erhaltung einer sicheren Mobilität im Alter sind deshalb sowohl individuell wie gesellschaftlich notwendig.

Die Kompensation von altersbezogenen Leistungsdefiziten kann auch außerhalb des individuellen Fahrers stattfinden. Neben Gestaltungsmaßnahmen von Straße und Fahrzeug (hier besonders durch Fahrerinformations- und -Fahrerassistenzsysteme) müssen ganzheitliche Konzepte erarbeitet werden, die Maßnahmen im Bereich aller 4E - Enforcement, Education, Engineering und Economy - beinhalten (Schlag, 2013). Unterschieden werden damit Ansätze der Verhaltensprävention von solchen der Verhältnisprävention, beides gemeinsam kann bestmögliche Wirkungen entfalten und muss aufeinander abgestimmt werden. Maßnahmen der Verhältnisprävention, die geeignet sind, die Mobilität und Sicherheit älterer Menschen zu erhöhen, werden differenziert geschildert in Schlag & Beckmann (2013), Gerlach u. a. (2007) sowie Weller et al (2014). Diese schließen die Anpassung der Straßeninfrastruktur und der Straßenverkehrs-

---

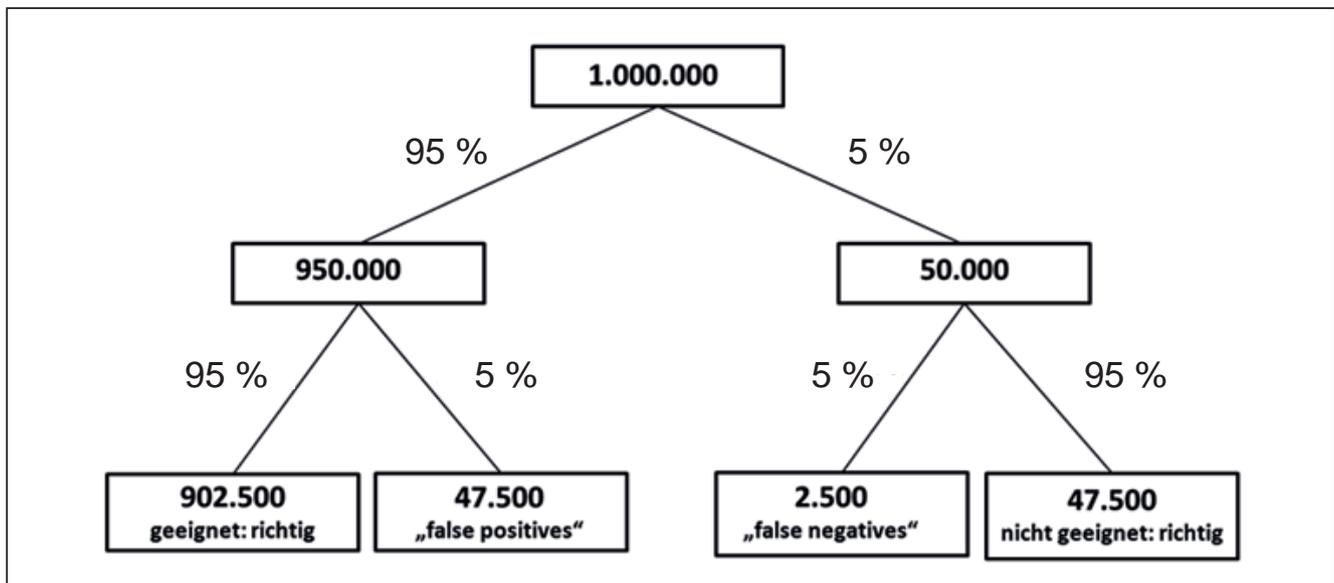
technik an die Anforderungen älterer Menschen ebenso ein wie die Anpassung des öffentlichen Fern- und Nahverkehrs und die Anpassung der individuellen Fahrzeuge. Ein zukünftiger Schwerpunkt wird dabei neben Fahrerassistenzsystemen u.a. auf der Gewährleistung visueller Barrierefreiheit liegen.

Zu beachten ist bei verhaltenspräventiven Maßnahmen vor allem, dass ein Verlust der Fahrerlaubnis soziale Ausgrenzung nach sich ziehen kann, wenn keine alternativen Mobilitätsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Er wird zudem als Kränkung empfunden, die ungünstige Auswirkungen auf die weitere persönliche, soziale und gesundheitliche Entwicklung hat.

So erscheint es fast verständlich, dass sich in Europa und ähnlich in den Staaten der USA große Unterschiede im Umgang mit der Fahrerlaubnis älterer Kraftfahrer über 70 bzw. 75 Jahre finden. Dies reicht von einer liberalen Haltung ohne altersbezogene Auflagen, wie in Deutschland oder Frankreich, bis zu verpflichtenden Führerscheinüberprüfungen und -erneuerungen, die teilweise dann in engeren zeitlichen Abständen als in jüngeren Jahren erfolgen, wie beispielsweise in Spanien, Finnland, Dänemark, der Schweiz, den Niederlanden und Italien. Die Verfahrensweisen sind in diesen Ländern allerdings sehr unterschiedlich und reichen vom Ausfüllen eines Fragebogens (Selbstauskunft) bis hin zu unterschiedlich umfangreichen ärztlichen Untersuchungen. Tatsächlich ist es für gesetzliche Screening-Verfahren unterschiedlicher Art bis auf wenige Ausnahmen (siehe Loughran, 2007) bis heute nicht gelungen, den Nachweis zu führen, dass sie eine positive Auswirkung auf die Unfallzahlen Älterer haben (OECD, 2001; Langford et al, 2004; zu „Mandatory Age-Based Assessment“ - MABA).

Ein wissenschaftliches Problem mit erheblichen praktischen Auswirkungen liegt darin, dass bisher nicht eindeutig zu belegen ist, welche Testverfahren eine gültige und zuverlässige Prognose auffälligen Fahrens erlauben und damit bei einem auf Selektion (und gegebenenfalls Modifikation) ausgerichteten Screening eingesetzt werden könnten. Zudem haben die bekannten verkehrsmedizinischen und verkehrspsychologischen Testverfahren (unterschiedlich hohe) Fehlerraten, sie arbeiten meist nicht mit hinreichender Sensitivität und Spezifität, so dass es bei ihrer Anwendung zu einer beträchtlichen Anzahl fehlerhafter Zuweisungen kommen muss, also fälschlich als geeignet und fälschlich als ungeeignet klassifizierten Personen (Schlag, 2013). Letztere sind die „false positives“. Dies ist in seinen Auswirkungen nicht trivial, vielmehr mit hohen persönlichen und gesellschaftlichen Kosten verbunden. Mit dem Aufgeben des Autofahrens verbinden die meisten älteren Fahrer eine verringerte Lebensqualität. Gesundheitsprobleme, wie z. B. Depression, können eine Folge sein (Musselwhite & Shergold, 2013). Eine Beispielrechnung zum Problem der „false positives“: Nimmt man an, zukünftig müssten alle 70-jährigen und älteren Kraftfahrer alle fünf Jahre ein definiertes Screening durchlaufen und jeder Jahrgang wäre im Mittel 250.000 Personen mit Fahrerlaubnis stark, begrenzen wir es zudem der Einfachheit halber auf 20 Jahrgänge von 70 bis 89 Jahre, so wären jährlich eine Million Screenings durchzuführen. Angenommen, davon wären 5 % der älteren Fahrer tatsächlich nicht mehr geeignet zum Führen eines Kraftfahrzeugs (50.000 Personen/a). Hat nun das aus einer Reihe von Testverfahren bestehende Screening eine Fehlerquote von 5 % in jeder Richtung, so würde man eine große Personenzahl falsch zuweisen und ihnen im Falle der „false positives“ ihre bisherigen Mobilitätsmöglichkeiten ungerechtfertigt entziehen.

Zu einem ähnlichen Befund kommen Poschadel et al. (2012b, S. 80) auf der Grundlage empirischer Daten: Die Wahrscheinlichkeit einer vorhandenen Fahreignung trotz gegenteiligem verkehrsmedizinischen oder augenärztlichen Befund betrug dort zwischen 40 und 50 %, je nach zugrunde gelegten Labor- und ärztlichen Diagnosedaten. Wenn auch bei gründlicher Untersuchung ebenso viele „false positives“ wie Treffer zu erwarten sind, erscheint ein screening auf dieser Grundlage nicht vertretbar.



Eine Beispielrechnung zum Problem der „false positives“ (Erläuterungen im Text) (aus: Schlag, 2013)

Eindeutiger positive Ergebnisse als mit Verfahrensweisen zur Selektion nicht (mehr) geeigneter Kraftfahrer wurden in Deutschland mit Trainings sowohl der kognitiven und der körperlichen Fähigkeiten als auch des Fahrens selbst, somit modifikatorischen bzw. unterstützenden Ansätzen, erzielt (Gajewski et al. 2011; Poschadel et al., 2012a; Poschadel, 2013). Angebote für Trainings zur Kompetenzerhaltung (und gegebenenfalls zur Wiedergewinnung früher erworbener Kompetenzen, z. B. bei älteren Menschen nach dem Tod des Partners) haben sich in diesen Forschungsprojekten als wirksam erwiesen. Rückmeldefahrten können als eine einfache Trainingsform mit hoher Augenscheininvalidität empfehlenswert sein. Hier sollten spezifische Kurse für ältere Kraftfahrer entwickelt werden, wie dies für das United Kingdom u. a. der Parliamentary Advisory Council for Transport Safety (2012) in seinem Bericht „It’s my choice“ vorschlägt. Allerdings führten nicht alle Trainings immer zu positiven Ergebnissen. In Japan wurden Trainings („consisting of a lecture, a driver aptitude test, on-road driving assessment and a discussion session“) in Verbindung mit der Erneuerung der Fahrerlaubnis 1998 für 75Jährige und Ältere und 2002 für 70Jährige und Ältere eingeführt. Die Anzahl durch Fahrer dieser Altersgruppen selbst verursachter Kraftfahrzeugunfälle verringerte sich dadurch jedoch nicht (Ichikawa et al, 2015, 55).

Besonders hilfreich können Trainings zur Kompetenzerhaltung unter zwei Voraussetzungen sein:

- Sie sollten adaptiv auf den Trainingsbedarf abgestimmt sein. Dies setzt allerdings eine gültige und zuverlässige Diagnose der Fähigkeiten und des Trainingsbedarfs voraus. Bei Rückmeldefahrten kann dies bei einem kompetenten Begleiter „Hand in Hand“ gehen.
- Nicht nur diejenigen, die von sich aus ein solches Angebot nachfragen (die Einsichtigen oder Gutwilligen) sollten trainiert werden, sondern vor allem diejenigen, bei denen objektiv einerseits Bedarf besteht und bei denen andererseits Effekte des Trainings zu erwarten sind. Dies führt allerdings auf die Problematik eines obligatorischen screening zurück, das die dargelegten Nachteile aufweist.

Da der Alternsprozess sehr individuell verläuft und verringerte Leistungsfähigkeiten zumindest teilweise durch Erfahrung und Anpassung des Verkehrsverhaltens kompensiert werden können, andererseits jedoch die Einsicht in zurückgehende Leistungsmöglichkeiten im Alter vielfach schwer fällt, ist eine zielgruppengerechte und persönliche Beratung

von zentraler Bedeutung. Älteren Kraftfahrern sollten zudem Anreize gegeben werden zur verstärkten Prüfung ihrer Leistungsfähigkeiten. Gestärkt werden sollte die Rolle der Ärzte in der Verkehrssicherheitsberatung Älterer, da sie von den Senioren als kompetente und vertrauenswürdige Ansprechpartner geschätzt werden. Allerdings muss sich diese Tätigkeit für die Ärzte auch wirtschaftlich darstellen lassen. Gleichzeitig sollten Anreizsysteme zur freiwilligen Prüfung der Fahreignung für Menschen ab dem 70. Lebensjahr entwickelt und attraktiv gemacht werden. Dem deutschen Prinzip des staatlichen Tätigwerdens erst nach Verkehrsauffälligkeit folgend, könnte eine anlassbezogene und spezifisch auf die jeweiligen Anlässe abgestimmte Überprüfung der Fahreignung an Auffälligkeiten geknüpft werden, die im Fahreignungsregister dokumentiert sind (Wissenschaftlicher Beirat beim BMVBS, 2010).

Die Entwicklung und Validierung geeigneter Instrumente zur Selbsteinschätzung sollte unterstützt werden. Diese können von einfachen verhaltensbezogenen screening-Instrumenten (ein Beispiel ist die Perceived Driving Abilities (PDA) scale) bis hin zu bereichsspezifischen Überprüfungsmöglichkeiten reichen. Dabei kann das verbreitete Interesse an Selbsteinschätzungsinstrumenten genutzt und durch Möglichkeiten der gamification verstärkt werden. Selbsteinschätzungsinstrumente

- verbessern das Bewußtsein eigener Fähigkeiten und möglicher Probleme,
- geben feedback und beratende Hinweise,
- unterstützen die Selbstregulation (bis hin zur freiwilligen Aufgabe oder Einschränkung des Autofahrens) (vgl. Lang, Parkes, Fernández Medina, 2013).

Wissenschaftlich zu prüfen ist die prädiktive Validität solcher Instrumente für die Selbstregulation und weiter für die Straßenverkehrssicherheit.

Ein hohes Potential wird in technischer Unterstützung der Alltagsmobilität älterer Menschen gesehen. Im Mobilitätsbereich werden in Zukunft Entwicklungen verstärkt an Bedeutung gewinnen wie sie derzeit ähnlich bei smart homes im Gange sind. Für die Pkw-Mobilität ist eine Vielzahl von Assistenz- und Informationssystemen in Entwicklung und teilweise bereits auf dem Markt, die gerade älteren Autofahrern Tätigkeiten erleichtern und das Fahren komfortabler, kontrollierbarer und sicherer machen können. Dabei wird ein oft negativ empfundenenes labeling mit Blick auf Senioren vermieden. Auch technische Rückmeldesysteme („tutorielle Systeme“) sind denkbar, die das Lernen aus Fehlern auch im höheren Lebensalter erleichtern, ohne diskriminierend oder selektiv zu wirken. Ebenso sind für den öffentlichen Verkehr personalisierte Informations- und Assistenzsysteme (virtuelle Begleiter) in Erprobung oder werden bereits eingesetzt (z. B. den BMBF-Förderschwerpunkt „Mobil bis ins hohe Alter“ im Rahmen der Forschungsagenda der Bundesregierung für den demografischen Wandel „Das Alter hat Zukunft“). Allerdings ist Technikentwicklung allein nicht hinreichend; gleichzeitig muss die Technikbereitschaft und Technikakzeptanz der älteren prospektiven Nutzer unterstützt werden.

---

## Literatur

---

Cicchino, J. B., McCartt, A. T. (2014). Trends in older driver crash involvement rates and survivability in the United States: An update. *Accident Analysis and Prevention* 72, 44 - 54.

Engeln, A., & Schlag, B. (2008). Kompensationsstrategien im Alter. In: B. Schlag (Hrsg.): *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter*, Köln: TÜV Media, 255 - 276.

Gajewski, P. D., Wipking, C., Falkenstein, M., & Gehlert, T. (2011). Dortmunder Altersstudie: Studie zur Förderung der Hirnleistungsfähigkeit bei Älteren. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Forschungsbericht VV 04.

Gehlert, T., Weller, G., Schlag, B. (2014). Does older driver's psychophysical fitness predicts their driving performance? Interdisciplinary Conference on "Ageing and Safe Mobility", BASt, Bergisch Gladbach, 27. - 28.11.2014 (unpublished presentation).

Gerlach, J., Neumann, P., Boenke, D., Bröckling, F., Lippert, W., Rönsch-Hasselhorn, B. (2007). *Mobilitätssicherung älterer Menschen im Straßenverkehr - Forschungsdokumentation*. Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Forschungsergebnisse für die Praxis. Köln: TÜV Media.

Ichikawa, M., Nakahara, S., & Inada, H. (2015). Impact of mandating a driving lesson for older drivers at license renewal in Japan. *Accident Analysis and Prevention* 75, 55 - 60.

Jouk A., Tuokko H., Myers A., Marshall S., Man-Son-Hing M., Porter, M.M., Bédard, M., Gélinas, I., Mazer, B., Naglie, G., Rapoport, M., Vrkljan, B., on behalf of the Candrive II Research Team (2014). Psychosocial constructs and self-reported driving restriction in the Candrive II older adult baseline cohort. *Transportation Research Part F* 27, 1 - 10.

Lang, B., Parkes, A., & Fernández Medina, K. (2013). *Driving Choices for the Older Motorist - The role of self-assessment tools*. RAC Foundation. Transport Research Laboratory.

Langford, J., Fitzharris, M., Newstead, S., & Koppel, S. (2004). Some consequences of different older driver licensing procedures in Australia. *Accident Analysis & Prevention*, 36(6), 993 - 1001.

Loughran, D.S., Seabury, S.A. & Zakaras, L. (2007). *Regulating Older Drivers - Are New Policies Needed?* Rand Corporation.

Millonig, A., Mandl, B., Lackner, B., Massink, R., Van Buuren, S., Perenboom, R., Gorris, T., Goldbohm, S., Hoedemaeker, M., Wilschut, E., Wulf, A., Henne, S., Bencini, G., Baldanzini, N. (2012). Profiles of Older People. Deliverable D2.1, Project GOAL - Growing Older, staying mobile: Transport needs for an ageing society, FP7-TPT-2011-RTD1, abrufbar unter: [http://www.goal-project.eu/images/reports/d2-1\\_goal\\_final\\_20120725.pdf](http://www.goal-project.eu/images/reports/d2-1_goal_final_20120725.pdf)

Musselwhite, C.B.A. Shergold, I. (2013). Examining the process of driving cessation in later life. *European Journal of Ageing*, 10, 2: 89 - 100.

OECD (2001). *Ageing and Transport. Mobility Needs and Safety Issues*. Paris: OECD

- Parliamentary Advisory Council for Transport Safety (PACTS), Buster, N (2012) It's my choice - Safer mobility for an ageing population. London: PACTS. Verfügbar unter: <http://www.pacts.org.uk/docs/pdf-bank/PACTS%20-%20Its%20my%20choice%20FINAL51.pdf>
- Poschadel, S. Boenke, D., Blöbaum, A., Rabczinski, S. (2012a) Ältere Autofahrer: Erhalt, Verbesserung und Verlängerung der Fahrkompetenz durch Training Köln: TÜV Media. (Schriftenreihe Mobilität und Alter der Eugen-Otto-Butz Stiftung, Band 6).
- Poschadel, S., Falkenstein, M. Rinkenauer, G., Mendzheritskiy, G., Fimm, B., Worringer, B., Engin, T., Kleinemas, U., Rudinger, G. (2012b) Verkehrssicherheitsrelevante Leistungspotenziale, Defizite und Kompensationsmöglichkeiten älterer Autofahrer. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 231, Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Poschadel, S. (2013). Trainierbarkeit der Fahrkompetenz im Alter. In: B. Schlag & K.-J. Beckmann (Hrsg.): Mobilität und demografische Entwicklung. Schriftenreihe „Mobilität und Alter“ der Eugen-Otto-Butz-Stiftung. Köln: Verlag TÜV Media, 181 - 210.
- Richter, J., Schlag, B. & Weller, G. (2011) Selbstbild und Fremdbild älterer Autofahrer. Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 57(1): 13 - 20.
- Ross, L.A., Dodson, J.E., Edwards, J.D., Ackerman, M.L., & Ball, K. (2012). Self-rated driving and driving safety in older adults. *Accident Analysis & Prevention*, 48: 523 - 527.
- Schlag, B. (2008a). Älter werden und Auto fahren. *Report Psychologie*, 33(2), 75 - 85.
- Schlag, B. (Hrsg.). (2008b). Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter. Schriftenreihe 'Mobilität und Alter' der Eugen-Otto-Butz Stiftung, Vol. 3. Köln: TÜV Media.
- Schlag, B. (2013). Persönliche Veränderungen der Mobilität und der Leistungsfähigkeit im Alter. In: B. Schlag & K.-J. Beckmann (Hrsg.): Mobilität und demografische Entwicklung. Schriftenreihe „Mobilität und Alter“ der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Vol. 7. Köln: Verlag TÜV Media, 119 - 144 .
- Schlag, B. & Beckmann, K.-J. (Hrsg.) (2013). Mobilität und demografische Entwicklung. Schriftenreihe „Mobilität und Alter“ der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Vol. 7. Köln: Verlag TÜV Media.
- Weller, G., N. Strauzenberg, M. Herle, B. Schlag, S. Richter (2014). Accident patterns and prospects for maintaining the safety of older drivers. SaMERU report. Herausgegeben von der Eugen-Otto-Butz-Stiftung. Köln: TÜV Media.
- Wissenschaftlicher Beirat beim BMVBS (2010) Sicherheit zuerst - Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit in Deutschland. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 56(4): 171 - 194.



**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.**

Wilhelmstraße 43 / 43 G, 10117 Berlin  
Postfach 08 02 64, 1002 Berlin

Tel. 030 / 20 20 - 50 00, Fax 030 / 20 20 - 60 00  
[www.gdv.de](http://www.gdv.de), [www.udv.de](http://www.udv.de)