

# **Verkehrssicherheits- relevante Leistungs- potenziale, Defizite und Kompensationsmöglich- keiten älterer Autofahrer**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Mensch und Sicherheit Heft M 231**



**bast**

# Verkehrssicherheits- relevante Leistungs- potenziale, Defizite und Kompensationsmöglich- keiten älterer Autofahrer

von

Sebastian Poschadel  
Michael Falkenstein  
Gerhard Rinkenauer  
German Mendzheritskiy

Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund

Bruno Fimm  
Britta Worringer

Universitätsklinik Aachen, Neurologische Klinik  
Lehr- und Forschungsgebiet Neuropsychologie

Tülin Engin  
Uwe Kleinemas  
Georg Rudinger

Zentrum für Alternskulturen an der Universität Bonn (ZAK)

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Mensch und Sicherheit Heft M 231**

**bast**

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

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

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

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

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

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

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die Berichte der BAST zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<http://bast.opus.hbz-nrw.de/benutzung.php?la=de>

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.347/2008:**  
Verkehrssicherheitsrelevante Leistungspotenziale, Defizite und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer

### Projektbetreuung

Hardy Holte

### Herausgeber

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

### Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

### Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9315

ISBN 978-3-86918-275-9

Bergisch Gladbach, Dezember 2012

## Kurzfassung – Abstract

### **Verkehrssicherheitsrelevante Leistungspotenziale, Defizite und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer**

In Deutschland sind ältere Menschen das am stärksten wachsende Segment der Bevölkerung. Insofern wird der Straßenverkehr – den Prognosen nach – in den nächsten Jahrzehnten durch einen wachsenden Anteil älterer Kraftfahrer geprägt werden. Bisher fehlt jedoch eine umfassende Dokumentation, in der die Grundlagen über verkehrsbezogene Leistungspotenziale und -defizite sowie über Kompensationsmöglichkeiten älterer Verkehrsteilnehmer zusammengefasst dargestellt sind, um auf diese Entwicklungen adäquat reagieren zu können. Darüber hinaus besteht die Frage, welche Mindestanforderungen für verschiedene verkehrssicherheitsrelevante Leistungsbereiche an ältere Autofahrer in Zukunft zu stellen sind.

In dem vorgelegten Forschungsprojekt wurde weitgehend zusammengetragen, was derzeit aus international wissenschaftlicher Perspektive zur Frage von Leistungspotenzialen, Defiziten und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer auf der Mikro- und der Makroebene ausgesagt werden kann. Die Literaturbefunde wurden außerdem (zum Teil) in einer Fahrverhaltensprobe im Realverkehr überprüft.

Neuere Forschungsergebnisse der psychologischen, neurologischen und medizinischen Wissenschaften zeigen deutlich, dass der alternde Mensch gut in der Lage ist, sich den eigenen nachlassenden Fähigkeiten anzupassen, auch im Straßenverkehr. Zwar verringert sich über die Lebensspanne das Leistungsvermögen (auch beim Autofahren), wird aber meist durch eine aktive Anpassung des Verhaltens an die Situationsanforderungen (Kompensation) ausgeglichen. Auch sind die absoluten Unfallzahlen älterer Autofahrer gering im Vergleich mit allen anderen Altersgruppen. Das zeigt einen insgesamt sehr verantwortungsvollen Umgang mit der Fahrerlaubnis. Individuelle Leistungsunterschiede sind mit zunehmendem Alter in allen untersuchten Bereichen ganz erheblich. Es lassen sich deshalb auf Basis des kalendarischen Alters kaum individuelle Vorhersagen über das Leistungsvermögen in einzelnen Bereichen machen.

Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass das psychometrische und motorische Leistungspotenzial weitgehend gesunder älterer Kraftfahrer erheblich ist und durch gezieltes Training aktiviert werden sollte. Wenn allerdings eine Krankheit vorliegt, deren Risikopotenzial bekannt ist, sollte gegebenenfalls geprüft werden, welches Leistungsvermögen in Bezug auf das Autofahren noch besteht.

Eine grundsätzliche Frage bestand darin zu prüfen, ob es sinnvoll ist (und aus wissenschaftlicher Sicht vertretbar wäre), aufgrund der bei Älteren nachlassenden motorischen und kognitiven Fähigkeiten andere Mindestkriterien für das Führen eines Kraftfahrzeuges anzulegen als bei allen anderen Gruppen von Autofahrern. Nach der Würdigung aller Ergebnisse des Forschungsprojektes muss diese Frage eindeutig verneint werden.

Wie schon früher gezeigt wurde, ist es nicht möglich, die Fahrkompetenz bei Älteren auf Basis von Laborwerten vorherzusagen. Im Wesentlichen hat sich im Empiriemodul des Forschungsprojektes gezeigt, dass das gute Abschneiden in verschiedenen Untersuchungen (augenärztlich, verkehrsmedizinisch, Befragungsdaten) eine relativ gute Vorhersage zulässt, ob ein älterer Kraftfahrer noch über die nötigen Kompetenzen zum Autofahren verfügt. Der Umkehrschluss ließ sich nicht bestätigen: Das schlechte Abschneiden älterer Autofahrer war kein guter Prädiktor für eine schlechte Fahrkompetenz. Viele der als unterdurchschnittlich geltenden Autofahrer haben trotz der eher schlechten Labor- und Ärztwerte zufriedenstellende Leistungen bei der Fahrverhaltensbeobachtung gezeigt. Aus diesem Grund wird eine alterskohortenbezogene Aberkennung der Fahreignung nur auf Basis von Laborwerten klar abgelehnt.

Bei Zweifeln einer Fahreignung (im Sinne von Fahrkompetenz) sind schlechte Leistungswerte in psychometrischen und/oder medizinischen Tests kein hinreichendes Kriterium, um die Fahreignung grundsätzlich infrage zu stellen. Die in Deutschland bestehenden Gesetze werden für absolut ausreichend angesehen. Wenn die Fahrkompetenz eines älteren Menschen überhaupt infrage steht, ist eine Fahrverhaltensbeobachtung nach dem derzeitigen Stand die beste Methode, dies zu überprüfen.

In diesem Zusammenhang sollte – trotz aller bestehender Schwierigkeiten in dieser Frage – die Rolle der Hausärzte als kompetente Kontaktstellen bei sich verschlechternden allgemeinen Leistungswerten

ten überdacht werden bzw. nach Wegen gesucht werden, sie in die „Defiziterkennung“ einzuschließen. Gute Laborwerte sind schließlich ein guter Prädiktor.

### **Traffic related performance potentials, deficits and compensation possibilities of elderly drivers**

Older people are the segment of the population growing most strongly in Germany. Insofar, based on current forecasts, traffic will be characterized by a growing part of older drivers within the next decades. However, to be able to react to these developments adequately, a comprehensive documentation on the basics of traffic related potentials, deficits and compensation possibilities of elderly drivers has been missing by now. In addition, it is unknown which minimum requirements have to be met for various traffic safety-relevant performance areas by older drivers in the future.

Within the presented research project it is comprehensively collected what is known at present about performance potentials, deficits and compensation possibilities (micro and macro level) of elderly drivers from an international scientific perspective. The literature survey was also validated (in parts) by an onroad performance test with elderly drivers.

Latest research results – from a psychological/neurological and a medical perspective – clearly show that a person getting older is usually able to adapt to her/his own decreasing abilities, also in traffic situations. Even though capabilities are reduced along the life span (also in driving a car), this is usually compensated by an active adaptation of the behavior to the situation requirements. Beyond that, the absolute rate of accidents of older drivers is also low in the comparison with all other age groups. Altogether, this shows that elderly drivers are handling their driver license very responsibly. Individual performance differences are quite considerable in all examined areas with advancing age. Individual forecasts about the capabilities in single areas can therefore be hardly made based on the calendrical age.

To summarize, it is shown that the cognitive and motor performance potential of largely healthy

older drivers is considerable, and this potential can be activated by specific training. However, if elderly people are affected by serious diseases, whose risk potential is known, it should be checked, if necessary which capabilities are left with respect to driving a car.

A core question to be examined within the research project was to examine, if it is both reasonable, and acceptable from a scientific point of view, to apply different minimum criteria for the driving license for elderly people compared with other groups, because of the decreasing motor and cognitive performance of the elderly. After evaluation of all results of the research project this question must be clearly answered in the negative.

As already pointed out in earlier research, it is not possible to predict the driving competence of seniors based on “laboratory values”. In the onroad assessment module of the research project it could be shown that good performance in different laboratory examinations (ophthalmological examination, traffic medical examination, or questionnaire data) allows a relatively good forecast for onroad performance. The reverse could not be confirmed: Bad performance of older drivers in laboratory examinations was no good predictor for a poor driving competence. Many of the drivers classified as below average have shown satisfactory performance during the onroad observation despite their rather poor laboratory and medical scores. For this reason an age cohort-related denial of driving suitability, which is based on laboratory parameters only, is clearly not recommended.

In case of doubts about the driving competence poor values in psychometric and medical tests are no sufficient criteria to deny the driving license. The laws existing in Germany are considered as completely sufficient. If the driving competence of an older person is in question at all, a road performance test is the best method to check this, based on the present standard of knowledge.

In connection with this, the general practitioners should be reconsidered as competent contact person, if general performance values decline, to include them into the “deficit identification” despite all existing difficulties in this question. Finally good laboratory parameters are a good predictor for good driving performance.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7	4.3.5 Degenerative Erkrankungen im Alter und ihre Bedeutung für das Autofahren .....	22
1.1	Struktur des Berichtes .....	7		
<b>2</b>	<b>Problemstellung</b> .....	8	4.4 Altersbedingte motorische und motorisch-kognitive Veränderungen und ihre Auswirkungen auf das Fahren .....	24
2.1	Alterskorrelierte Verkehrsrisiken als Fahrer .....	9	4.4.1 Sicherheit .....	25
<b>3</b>	<b>Mindestanforderungen an ältere Kraftfahrer aus gesetzlicher Sicht</b> ...	10	4.4.2 Alternsproblem .....	26
			4.4.3 Gesundheitsproblem .....	26
			4.4.4 Fazit .....	27
<b>4</b>	<b>Alterskritische Funktionsveränderungen mit Auswirkung auf Leistungspotenziale</b> .....	11	4.5 Zusammenfassung: Was bedeuten die Ergebnisse der Grundlagenforschung für die Verkehrssicherheit älterer Fahrer? .....	28
4.1	Vorbemerkung: Altersbedingte hohe Variabilität in verkehrsbezogenen Leistungsbereichen .....	12	4.5.1 Fehlende diagnostische Instrumente zur Messung der Fahrbefähigung auf Basis von Tests .....	29
4.2	Altersbedingte kognitive Veränderungen bei normalem Altern und Auswirkungen auf Leistungspotenziale .....	12	4.5.2 Gestaltung von Verkehrsumgebung und Fahrzeug auf Basis der Grundlagenforschung .....	29
4.2.1	Visuelle Wahrnehmung .....	12		
4.2.2	Visuelle Suche .....	13		
4.2.3	Inhibition .....	13		
4.2.4	Zeitwahrnehmung .....	13		
4.2.5	Tracking .....	13		
4.2.6	Randbedingungen: Zeitdruck und/oder Mehrfachtigkeit .....	14		
4.2.7	Zusammenfassung .....	14		
4.3	Altersbedingte kognitiv medizinische/pathologische Veränderungen und ihre Auswirkungen auf fahrrelevante Leistungspotenziale .....	15	<b>5 Kompensation von Leistungsdefiziten und Verbesserung durch Training</b> .....	30
4.3.1	Gehirn-Atlanten .....	16	5.1 Grundsätze der Kompensation aus neurophysiologischer Sicht bei gesundem Altern .....	31
4.3.2	Altersbedingte strukturelle neuronale Veränderungen .....	17	5.1.1 Kompensation auf der Makro-Ebene ..	32
4.3.3	Altersbedingte biochemische Veränderungen .....	19	5.1.2 Kompensation auf der Mikro-Ebene ...	32
4.3.4	Veränderungen verkehrsrelevanter kognitiver Funktionen im Alter aus neuro-pathologischer Sicht .....	19	5.1.3 Erfassung der Kompensation durch physiologische Maße .....	32
			5.2 Erhalt der kognitiven Leistungsfähigkeit durch Training .....	35
			5.2.1 Allgemeine Ansätze zur Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit im Alter .....	36
			5.2.2 Trainingsinduzierte neuronale strukturelle und funktionale Veränderungen bei Älteren .....	38
			5.2.3 Fahrrelevante Kompensations- und Trainingsmöglichkeiten älterer Autofahrer .....	40

<b>6</b>	<b>Zusammenfassung: Leistungs- potenziale durch Kompensation und Training</b> .....	43	8.2.2	Auswahl der Probanden .....	58
<b>7</b>	<b>Planung einer empirischen Untersuchung</b> .....	45	8.3	Beschreibung der Stichprobe .....	59
7.1	Messbare Größen bei der Verhaltens- beobachtung im Realverkehr .....	45	8.4	Datenanalyse und Auswertung .....	60
7.1.1	Grundsätzliche abhängige Faktoren .....	45	8.5	Deskriptive Ergebnisse .....	60
7.1.2	Beobachtbare kognitive Kompen- sationsleistungen während der Fahrt .....	46	8.5.1	Ergebnisse des Interviews .....	60
7.1.3	Handlungsvorbereitung .....	46	8.5.2	Ergebnisse der verkehrs- medizinischen Untersuchung .....	69
7.1.4	Inhibition .....	46	8.5.3	Ergebnisse der augenärztlichen Untersuchung .....	70
7.1.5	Orientierung/Inhibition nicht relevanter Information .....	46	8.5.4	Ergebnisse der Testdiagnostik .....	72
7.1.6	Visuelle Suche/Inhibition nicht relevanter Information .....	47	8.5.5	Ergebnisse der praktischen Fahrverhaltensbeobachtung .....	73
7.1.7	Mögliche beobachtbare motorische Kompensationsleistungen vor und während der Fahrt .....	51	8.6	Vergleiche zwischen den Untersuchungsgruppen .....	77
7.1.8	Medizinischer Status .....	52	8.7	Ergebnisse der Clusteranalyse .....	80
<b>8</b>	<b>Empirische Untersuchung</b> .....	52	8.8	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der empirischen Untersuchung .....	84
8.1	Vorbereitung und Konzeption der Untersuchungsinstrumente .....	52	<b>9</b>	<b>Expertentreffen: Diskussion der Projektergebnisse</b> .....	91
8.1.1	Verkehrsmedizinische Untersuchung .....	53	9.1	Übertragbarkeit der Grundlagen- forschung auf den Fahrkontext .....	91
8.1.2	Augenärztliche Untersuchung .....	53	9.2	Trainierbarkeit kognitiver Funktionen .....	92
8.1.3	Testverfahren zur Erfassung kognitiver Kompetenzen .....	54	9.3	Was sind die eigentlichen Ziele einer Untersuchung zu Kompen- sationsfragen? .....	92
8.1.4	Screening der motorischen Funktionen .....	55	9.4	Möglichkeiten der Ansprache älterer Autofahrer/Rolle des Hausarztes .....	92
8.1.5	Interviewdaten – Leistungspotenziale, Fahrverhalten und Kompensations- strategien .....	55	9.5	Wie könnten alterskohorten- unabhängige Anforderung definiert werden? .....	93
8.1.6	Die praktische Fahrverhaltens- beobachtung .....	56	9.6	Fahrverhaltensbeobachtung .....	94
8.2	Untersuchungsplanung und Auswahl der Probanden .....	58	9.7	Fazit des Expertengesprächs .....	94
8.2.1	Untersuchungsplanung .....	58	<b>10</b>	<b>Diskussion der Projektergebnisse und Ausblick</b> .....	95
			<b>11</b>	<b>Literatur</b> .....	98

# 1 Einleitung

Insgesamt fehlt derzeit eine umfassende Dokumentation, in der die Grundlagen über verkehrsbezogene Leistungspotenziale und -defizite sowie über Kompensationsmöglichkeiten älterer Verkehrsteilnehmer zusammengefasst dargestellt sind.

Darüber hinaus besteht die Frage, ob und welche Mindestanforderungen für verschiedene verkehrssicherheitsrelevante Leistungsbereiche an ältere Autofahrer zu stellen sind.

In diesem Zusammenhang ist zu klären, in welchen dieser Bereiche Mindestanforderungen für alle Verkehrsteilnehmer definiert sind und welche davon von Senioren nicht oder nur eingeschränkt erfüllt werden können.

Daran anschließend ergibt sich die Frage, ob und wie nicht erfüllte Mindestanforderungen in einem bestimmten Leistungsbereich durch Leistungen in anderen Bereichen kompensiert werden können. Hierbei soll ebenfalls geklärt werden, welchen Beitrag die im Rahmen einer Fahreignungsuntersuchung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) angewandten Testverfahren zur Beantwortung der o. a. Fragestellung leisten können. Soweit es nach dem heutigen Stand der Wissenschaft möglich ist, werden diese Fragen mit dem vorgelegten Forschungsband beantwortet.

Außerdem werden noch offene Fragen und bestehende Wissenslücken zu diesem Problembereich benannt, die erst durch zusätzliche Forschung beantwortet werden könnten.

## 1.1 Struktur des Berichtes

Nach einer Einführung in die zu erwartende demografische Entwicklung in den nächsten Jahren und einer Darstellung der daraus zu erwartenden grundsätzlichen Problemstellung in Bezug auf alterskorrelierte Verkehrsrisiken älterer Fahrer<sup>1</sup> in den nächsten Jahren (Kapitel 2) werden in Kapitel 3 die derzeit bestehenden gesetzlichen Mindestanforderungen in Bezug auf die Fahreignung älterer Kraftfahrer dargestellt.

In Kapitel 4 werden nach einer Vorbemerkung zu der hohen Variabilität aller Leistungsparameter im höheren Lebensalter bei gleichem kalendarischem Alter aus verschiedenen Perspektiven altersbedingte Veränderungen und ihre Auswirkungen auf die Leistungspotenziale beim Autofahren beschrieben. Dabei werden aus psychologisch-physiologischer Perspektive zunächst einzelne, für Verkehrsteilnahme wichtige kognitive Funktionen beschrieben und wie sie sich beim normalen Altern über die Lebensspanne verändern (wie z. B. das Multitasking, das auch für schnelle Reaktionen im Verkehr erforderlich ist). In Kapitel 4.3 werden aus neurophysiologisch/medizinischer Perspektive altersbegleitende typische pathologische Veränderungen und ihre Auswirkungen auf fahrrelevante Leistungspotenziale beschrieben, die über das normale und gesunde Altern hinausgehen. Dort findet sich auch ein Atlas des Gehirns, in dem gezeigt wird, wo welche Funktionen im menschlichen Gehirn verortet sind.

In Kapitel 4.4 wird auf mögliche motorische Probleme hingewiesen, die die Leistung beim Autofahren bei zunehmendem Alter negativ beeinflussen können. In dem zusammenfassenden Kapitel 4.5 werden noch einmal die Erkenntnisse der Grundlagenforschung in Bezug auf den zu erwartenden Einfluss des Alters auf die Verkehrssicherheit älterer Fahrer zusammenfassend erörtert. Vor allem geht es in diesem Kapitel 4 darum, die altersbegleitenden Auswirkungen der psychologischen und neurologischen Veränderungen auf die Leistungspotenziale älterer Fahrer aus Sicht der Grundlagenforschung darzustellen.

In Kapitel 5 werden Kompensationsstrategien älterer Fahrer aus neurophysiologischer und neuropsychologischer Perspektive beschrieben. In diesem Kapitel wird auch auf Trainingsmöglichkeiten eingegangen, mit denen ältere Fahrer fahrrelevante Leistungsbereiche durch Training verbessern können.

In Kapitel 6 werden die wichtigsten Aspekte der verkehrsbezogenen Leistungspotenziale älterer Fahrer aus Perspektive der psychologischen und medizinischen Grundlagenforschung zusammenfassend dargestellt. Dieses Kapitel bildet den Abschluss der theoretischen Darstellung zur Frage von Leistungspotenzialen und älteren Fahrern.

In den Kapiteln 7 und 8 wird die empirische Untersuchung des Forschungsprojektes dargestellt, an

<sup>1</sup> Zur besseren Lesbarkeit wird im fortlaufenden Text die männliche Form verwendet. Soweit nicht anders vermerkt, sind damit sowohl weibliche als auch männliche Personen gemeint.

der 40 ältere Autofahrer teilnahmen. Hierbei ging es vor allem um die Frage, ob sich auf Basis medizinischer und psychologischer Test- und Labordaten die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) vorhersagen lässt. Die Mindestkriterien wurden über eine anspruchsvolle Teststrecke im Realverkehr operationalisiert (die bestimmte schwierige Fahrmanöver enthalten musste), die 40 älteren Fahrer dabei mit Hilfe eines Fahrverhaltensprotokolls beobachtet. Außerdem wurden in der Fahrverhaltensbeobachtung mögliche Kompensationsstrategien festgehalten.

In Kapitel 9 wird über das Expertentreffen berichtet, in dem die theoretischen und praktischen Daten des Forschungsprojektes einer Expertenrunde zusammen mit dem Auftraggeber präsentiert und diskutiert wurden, um die wissenschaftliche Aussagekraft durch externe Experten informell validieren zu lassen. Dort wurden auch praktische Fragen diskutiert, z. B. wie die Ergebnisse in der Realität umgesetzt werden könnten. Den Abschluss des Forschungsberichtes bildet Kapitel 10 mit einer Diskussion der Projektergebnisse und einem Ausblick zum Gesamthema Leistungspotenziale, Defizite und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer.

## 2 Problemstellung

Im Zuge der demografischen Entwicklung wird es in Zukunft zu einem immer größeren Teil an älteren Menschen auch im Straßenverkehr kommen.

Während Anfang der 1990er Jahre in Deutschland nur etwa 10 % der 80-jährigen Frauen einen Führerschein besaßen, werden es im Jahr 2025 etwa 80 % Führerscheinbesitzerinnen bei den 80-jährigen Frauen sein. Für die 80-jährigen Männer wird dieser Anteil in diesem Zeitraum sogar auf fast 100 % geschätzt (vgl. KAISER & OSWALD, 2000; Infas und DLR, 2010).

Während für junge Menschen der Erwerb eines Führerscheins heute als Regel angenommen werden kann (die den Führerschein im Jahre 2025 dann voraussichtlich noch immer besitzen werden), war dies bei den heute 80-Jährigen nicht der Fall. Viele Menschen haben erst im Laufe des Erwachsenenlebens ihre Fahrerlaubnis erworben, bei Frauen war es sogar eher die Ausnahme. Vor allem durch die hohe Zahl der Menschen, die schon zu Anfang ihres Erwachsenenlebens den Führer-

schein erwerben und den im Gegensatz zu früher erheblich höheren Anteil der weiblichen Führerscheinbesitzer ist diese prognostizierte Steigerung zu erklären.

### Bevölkerungsentwicklung bis 2060

Daneben spielt der demografische Wandel ebenfalls eine wichtige Rolle: Die Gruppe der Älteren wird bis zum Jahre 2025 absolut und relativ im Vergleich zu den jüngeren Altersgruppen ebenfalls anwachsen. Das Statistische Bundesamt macht bis zum Jahr 2060 folgende Vorausberechnung, der Altenquotient berechnet sich dabei wie folgt: Der Altenquotient ist das Verhältnis der 65-Jährigen und Älteren im Vergleich zu je 100 Personen im Alter von 20 bis 64 Jahren.

„Der Altenquotient wird [bis 2060, Anm. d. Verf.] stark zunehmen. Die Verschiebungen in der Altersstruktur bewirken, dass der Bevölkerung im Erwerbsalter künftig immer mehr Seniorinnen und Senioren gegenüberstehen werden. Im Jahr 2008 entfielen auf 100 Personen im Erwerbsalter von 20 bis unter 65 Jahren 34 Personen, die 65 Jahre oder älter waren.

Im Jahr 2060 werden es nach der Untergrenze der 'mittleren' Bevölkerung, also bei einem jährlichen Wanderungssaldo von 100.000 Personen, 67 ältere Menschen, also doppelt so viele wie heute sein. Beträgt der jährliche Zuzugsüberschuss 200.000 Personen (Obergrenze der 'mittleren' Bevölkerung), fällt der Altenquotient mit 63 Personen im Alter von 65 Jahren und mehr je 100 Personen im Erwerbsalter nur wenig niedriger aus.

Der Anstieg des Altenquotienten wird sich nicht gleichmäßig bis 2060 vollziehen, sondern besonders schnell bis Mitte der 2030er Jahre verlaufen. Danach bleibt der Altenquotient einige Jahre konstant und steigt erst ab Anfang der 2040er Jahre sehr langsam wieder an" (Statistisches Bundesamt, 2009a, S. 20 f.).

Zusammenfassend kommt das Statistische Bundesamt in seiner Prognose für 2060 zu folgenden Schlüssen:

„Das Altern der heute stark besetzten mittleren Jahrgänge führt zu gravierenden Verschiebungen in der Altersstruktur. Im Ausgangsjahr 2008 bestand die Bevölkerung zu 19 % aus Kindern und jungen Menschen unter 20 Jahren, zu 61 % aus 20- bis unter 65-Jährigen und zu 20 % aus 65-Jährigen

und Älteren. Im Jahr 2060 wird bereits jeder Dritte (34 %) mindestens 65 Lebensjahre durchlebt haben und es werden doppelt so viele 70-Jährige leben, wie Kinder geboren werden.

Die Alterung schlägt sich insbesondere in den Zahlen der Hochbetagten nieder. Im Jahr 2008 lebten etwa 4 Millionen 80-Jährige und Ältere in Deutschland, dies entsprach 5 % der Bevölkerung. Ihre Zahl wird kontinuierlich steigen und mit über 10 Millionen im Jahr 2050 den bis dahin höchsten Wert erreichen. Zwischen 2050 und 2060 sinkt dann die Zahl der Hochbetagten auf 9 Millionen. Es ist also damit zu rechnen, dass in fünfzig Jahren etwa 14 % der Bevölkerung – das ist jeder Siebente – 80 Jahre oder älter sein wird“ (Statistisches Bundesamt, 2009a, S. 5).

Es kann davon ausgegangen werden, dass viele dieser Menschen auch mit 80 Jahren zumindest theoretisch noch den Führerschein besitzen können, da die meisten von ihnen eine Fahrerlaubnis im Laufe ihres Lebens erworben haben. Das wird auch durch die Erhebungen von INFAS und DLR (2010) in der Erhebung „Mobilität in Deutschland 2008“ gestützt, in der die aktuellen Führerscheinbesitzquoten je Altersgruppe erhoben wurden und mit denen aus dem Jahr 2002 verglichen werden.

Daneben kann für Deutschland auch ein Zunahme der Bedeutung der Pkw-Nutzung bei der älter werdenden Bevölkerung gezeigt werden: Während der Anteil der Senioren (65 +) an der Gesamtbevölkerung zwischen 2002 und 2008 um 16 % gewachsen ist, ist demgegenüber der Anteil der Wege, die diese Altersgruppe mit dem Pkw zurücklegt, aber um 31 % gewachsen (INFAS & DLR, 2010).

Neben dem gestiegenen Führerscheinbesitz und der zunehmenden Bedeutung der Pkw-Nutzung spielt also auch der demografische Wandel – die absolut und relativ zur jüngeren Altersgruppe wachsende Zahl älterer Menschen – eine wesentliche Rolle für die steigende Bedeutung des Autofahrens im Alter. Dieser demografische Wandel betrifft allerdings nicht nur Deutschland, sondern fast alle Industriestaaten der OECD. Überall sind die älteren Menschen das am stärksten wachsende Segment (vgl. OECD, 2001). Im Jahr 2002 veröffentlichte die Sachverständigenkommission des Deutschen Bundestages den „Vierten Bericht zur Lage der älteren Generation in Deutschland“ mit geschätzten Zahlen bis zum Jahr 2050: „Deutschland ist heute weltweit das Land mit dem viert-

höchsten Durchschnittsalter der Bevölkerung (nach Japan, Italien und der Schweiz) und das Land mit dem dritthöchsten Anteil der Bevölkerung ab 60 Jahren (nach Italien und Griechenland). [...] Auch die Zahl der Hochaltrigen wird in den nächsten Jahrzehnten kräftig zunehmen. Gegenwärtig sind in Deutschland rund 2,9 Millionen Menschen bzw. 3,6 % der Bevölkerung 80 Jahre alt und älter. In zwanzig Jahren werden es rund 5,1 Millionen bzw. 6,3 % sein. Für das Jahr 2050 rechnet das Statistische Bundesamt mit knapp 8 Millionen Menschen im Alter von 80 und mehr Jahren. Gut 11 % der Bevölkerung werden dann hochaltrig sein“ (Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, 2002, S. 49).

Es ist also insgesamt damit zu rechnen, dass sich durch den beschriebenen Trend in den nächsten Jahren der Anteil älterer Kraftfahrer im Straßenverkehr ganz erheblich erhöhen wird. Wie oben beschrieben, wird die absolute Zahl der über 80-jährigen Menschen mit geschätzten 10 Mio. Bürgern dieser Altersklasse den Zenit etwa im Jahr 2050 erreichen und erst danach wieder etwas rückläufig sein. Das wird entsprechende Auswirkungen auf den Straßenverkehr haben, da davon auszugehen ist, dass auch der Anteil der älteren Kraftfahrer, die am Straßenverkehr teilnehmen werden, bis zum Jahr 2050 entsprechend steigen wird.

## 2.1 Alterskorrelierte Verkehrsrisiken als Fahrer

Es wird oft der Eindruck erweckt (vor allem in der Presse), dass Senioren als Autofahrer insgesamt ein Risiko im Straßenverkehr darstellen. Eine Auswertung der Unfallzahlen ergibt für 2008 jedoch ein anderes Bild: 2008 betrug der Anteil der über 65-Jährigen an der Gesamtbevölkerung in Deutschland 20 %, als Beteiligte an Unfällen mit Personenschaden hatten die über 65-Jährigen in 2008 aber „nur“ einen Anteil von 11 % (Statistisches Bundesamt, 2010).

Über das fahrleistungsbezogene Risiko liegen allerdings nur wenige belastbare Daten vor. Wird die Unfallrate älterer und jüngerer Fahrer pro gefahrenem Kilometer miteinander verglichen, weisen HAKAMIES-BLOMQUIST, RAITANEN & O'NEILL (2002) auf Basis schwedischer Daten darauf hin, dass es kaum Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Altersgruppen gibt, sofern als Moderatorvariable Fahrerfahrung berücksichtigt wird.

Bezogen auf die kognitive Leistungsfähigkeit älterer Menschen wird trotzdem angenommen, dass auch beim „gesunden“ Altern vor allem in den höheren Altersgruppen kognitive Defizite bestehen, die im Straßenverkehr kritisch sein können, da hier oft Entscheidungen in Sekundenbruchteilen zu fällen sind. Obwohl ältere Autofahrer in allgemeinen Unfallstatistiken bei absoluten Unfallzahlen derzeit bis zu einem Alter von 75 Jahren durchweg unterrepräsentiert sind (vgl. BECKER & ALBRECHT, 2003; Statistisches Bundesamt, 2010), kann doch davon ausgegangen werden, dass sich altersbegleitende Leistungsveränderungen negativ auf die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) auswirken können, vor allem in kritischen Fahrsituationen und wenn diese Veränderungen klinischen Status erreichen.

Für bestimmte Unfallsituationen kann jedoch ein Zusammenhang zu der Altersgruppe der älteren Fahrer hergestellt werden:

„So waren bei den Senioren über 65 Jahren ‘Vorfahrtsfehler’ die häufigste Unfallursache der 41.308 beteiligten Pkw-Fahrer an Personenschadensunfällen. Diese Ursache wurde fast jedem 5. Unfallbeteiligten dieser Altersklasse (19 %) vorgeworfen. Es folgten ‘Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren’ mit 17 %. Diese beiden Unfallursachen wurden Senioren wesentlich häufiger angelastet als im Durchschnitt den Pkw-Fahrern aller Altersgruppen. Dagegen spielten ‘Abstandsfehler’ (8,1 %), ‘Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern’ (5,5 %), ‘nicht angepasste Geschwindigkeit’ (5,4 %), ‘falsche Straßenbenutzung’ (3,1 %), ‘Fehler beim Überholen’ (2,4 %) sowie ‘Alkoholeinfluss’ (1,0 %) relativ zu den anderen Altersklassen eine geringere Rolle. Die Unfallursachen deuten somit eher auf altersbedingte Einschränkungen der Wahrnehmungsfähigkeit als auf leichtsinniges Verhalten hin” (Statistisches Bundesamt, 2010, S. 10).

Leider lässt sich aus Unfallstatistiken nicht ermitteln, inwieweit einzelne Unfälle tatsächlich kausal auf altersbegleitende Leistungsveränderungen zurückzuführen sind. Zwar lässt sich für einige Unfallsituationen in vielen Untersuchungen ein statistischer Zusammenhang zwischen typischen Unfallsituationen und bestimmten Altersklassen zeigen (POSCHADEL & SOMMER, 2007), doch KUBITZKI & JANITZEK (2009) wenden im Allianzreport „Sicherheit und Mobilität älterer Verkehrsteilnehmer“ auf Basis der Auswertung deutscher Unfalldaten ein, dass die Rangfolge der Unfalltypen in fast allen

Altersgruppen dieselbe ist: „Die absoluten Zahlen zeigen, dass bei allen Pkw-Hauptverursachern ab dem 35. Lebensjahr die gleiche Rangreihe der Unfalltypen vorzufinden ist. Mithin haben nicht nur Senioren Probleme mit Einbiegen und Kreuzen wie gemäß Verteilung der Fehlverhaltensweisen pro 1.000 Beteiligten immer aufgezeigt wird. Für alle Altersgruppen ab 35 Jahren herrscht letztlich eine annähernd identische Rangfolge der Unfalltypen vor” (S. 115).

Schwierigkeiten in komplexen Situationen haben also nicht nur ältere Pkw-Fahrer, sondern alle Altersgruppen, wenn man die Rangfolge und die Prozentanteile der Unfallsituationen aller Altersgruppen miteinander vergleicht.

Trotzdem zeigt sich in vielen Studien ein Zusammenhang zwischen allgemeinen altersbegleitenden Leistungsveränderungen, also mit perzeptiven, kognitiven und psychomotorischen Fähigkeiten (ANSTEY, WOOD, LORD & WALKER, 2005), die sich häufig mit zunehmendem Alter verschlechtern (z. B. BALL, OWSLEY, SLOANE, ROENKER & BRUNI, 1993) und in direktem Zusammenhang zu Fähigkeiten stehen, die für das Autofahren benötigt werden. Allerdings müssen diese Verschlechterungen keinen direkten Effekt auf die Fahrleistungsfähigkeit haben, da ältere Personen bevorzugt Strategien der Kompensation entwickeln und/oder sich mehr auf erhaltene Fähigkeiten verlassen (z. B. ELLINGHAUS, SCHLAG & STEINBRECHER, 1990; SCHLAG, 1993; ENGELN & SCHLAG, 2008; SOMMER, FALKMER, BEKIARIS & PANOU, 2004). Ältere Privatpersonen reduzieren außerdem tendenziell das Fahren (SIMOES, 2003).

### **3 Mindestanforderungen an ältere Kraftfahrer aus gesetzlicher Sicht**

Für den Pkw-Führerschein gibt es in Deutschland im Gegensatz zu anderen europäischen Staaten bisher keine Altersgrenzen, bei denen die Fahreignung überprüft wird. Sie werden vom Gesetzgeber mit dem Hinweis, dass Leistungsdefizite nicht mit einem bestimmten Alter verknüpft sind und es von der Gesamtkonstitution des älteren Menschen abhängt, wann Kompensationsstrategien Leistungseinbußen nicht mehr aufwiegen können, derzeit politisch (noch) nicht für erforderlich gehalten (MIX, LÄMMLER & STEINHAGEN-THIESSEN, 2004).

Trotzdem kennt das Fahrerlaubnisrecht für verschiedene andere Führerscheinklassen feststehende Altersklassen, bei denen bestimmte Anforderungen zu bestimmten Zeitpunkten überprüft werden müssen: „Eine Fahrerlaubnis für die Klassen C 1 [...] und C 1 E [...] wird bis zur Vollendung des 50. Lebensjahres erteilt“ (§ 23 Abs. 1 S. 2 Nr. 1 FeV). Die Fahrerlaubnis für die Klassen D, D 1, DE und D 1 E (Busklassen) wird überhaupt nur für jeweils 5 Jahre erteilt, längstens bis zur Vollendung des 50. Lebensjahres (§ 23 Abs. 1 S. 2 Nr. 3 FeV). Für beide Gruppen erfolgt die Neuerteilung danach für jeweils 5 Jahre. Hierbei handelt es sich um Führerscheine für Klassen mit erheblichem abstraktem Gefährdungspotenzial.

Aus Perspektive des Gesetzgebers ist vor allem der Fahrzeugführer selbst für eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr verantwortlich: § 2 Abs. 1 FeV: „Wer sich infolge körperlicher oder geistiger Mängel nicht sicher im Verkehr bewegen kann, darf am Verkehr nur teilnehmen, wenn Vorsorge getroffen ist, dass er andere nicht gefährdet. Die Pflicht zur Vorsorge, namentlich durch das Anbringen geeigneter Einrichtungen an Fahrzeugen, durch den Ersatz fehlender Gliedmaßen mittels künstlicher Glieder, durch Begleitung oder durch das Tragen von Abzeichen oder Kennzeichen, obliegt dem Verkehrsteilnehmer selbst oder einem für ihn Verantwortlichen.“

Die Verantwortlichkeit ergibt sich aber auch aus dem Strafrecht. Eine Sonderstellung älterer Kraftfahrer besteht jedoch nicht explizit, sondern gilt für alle Kraftfahrzeugführer gleichermaßen: „Im Strafrecht werden ältere Verkehrsteilnehmer nicht ausdrücklich erwähnt; mittelbar lediglich in § 315c Abs. 1b StGB. Danach wird bestraft, «wer im Straßenverkehr ein Fahrzeug führt, obwohl er infolge geistiger oder körperlicher Mängel nicht in der Lage ist, das Fahrzeug sicher zu führen und dadurch Leib oder Leben eines anderen Menschen oder fremde Sachen von bedeutendem Wert gefährdet». Die Strafbarkeit setzt voraus, dass der betreffende ältere Verkehrsteilnehmer weiß oder wissen musste, dass er nicht mehr in der Lage ist, ein Kraftfahrzeug sicher zu führen. Das gilt aber eben für alle Verkehrsteilnehmer. Ein Sonderrecht für ältere Menschen kennt das Strafrecht nicht“ (GREIßINGER, 2003, S. 143).

Wie jedem anderen Kraftfahrzeugführer obliegt die Sorgfaltspflicht für eine (antizipierte) sichere Teilnahme am Straßenverkehr auch dem älteren Kraftfahrer.

Wenn also Kriterien festgelegt werden, an denen gemessen werden soll, ob ältere Fahrer noch am Straßenverkehr teilnehmen können/dürfen, müssen aus juristischer Sicht von den älteren Kraftfahrern die basalen Anforderungen des Gesetzgebers eingehalten werden können, die auch für alle Verkehrsteilnehmer gelten. Grundsätzliches Kriterium ist die Nichtgefährdung anderer Verkehrsteilnehmer, die sich aus der Fahrerlaubnisverordnung ergibt. Insofern darf auch eine „Neuformulierung“ von Mindestanforderungen diese Forderung der FeV nicht unterschreiten. Mindestanforderungen müssen so formuliert sein, dass in jedem Fall „Vorsorge getroffen ist“, andere nicht zu gefährden, § 2 Abs. 1 FeV.

#### **4 Alterskritische Funktionsveränderungen mit Auswirkung auf Leistungspotenziale**

Im Folgenden werden die verschiedenen Bereiche möglicher alterskritischer Leistungsveränderungen mit Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit basierend auf dem derzeitigen Wissensstand der Grundlagenforschung aus diesen Bereichen beschrieben. Diese grundlagenwissenschaftliche Beschreibung gliedert sich in drei wesentliche Teile, die jeweils bestimmte Aspekte des Älterwerdens repräsentieren:

Zunächst werden vor allem kognitive Veränderungen beschrieben. Dabei geht es um „altersbedingte sensorische und kognitive Veränderungen und ihre Auswirkungen auf fahrrelevante, verkehrsbezogene Leistungspotenziale sowie Kompensationsmöglichkeiten“, durchgeführt von der Projektgruppe „Altern und ZNS-Veränderungen“ des Leibniz-Instituts für Arbeitsforschung an der TU Dortmund.

Anschließend werden diese kognitiven Veränderungen, die sich vor allem auf das normale Altern beziehen, vom pathologischen Altern abgegrenzt: Der Teil „altersbedingte pathologische kognitive Veränderungen und ihre Auswirkungen auf fahrrelevante, verkehrsbezogene Leistungspotenziale“ unter besonderer Berücksichtigung des Grenzbereiches zwischen normalem und pathologischem Altern sowie Kompensationsmöglichkeiten wurde von der Neurologischen Universitätsklinik Aachen, Lehr- und Forschungsgebiet Neuropsychologie, durchgeführt.

Im dritten Teil der Übersicht geht es vor allem um die motorisch-kognitiven Aspekte des Alterns. Der Teil „altersbedingte motorische und motorisch-kognitive Veränderungen und ihre Auswirkungen auf fahrrelevante, verkehrsbezogene Leistungspotenziale sowie Kompensationsmöglichkeiten“ wurde von der Projektgruppe „Moderne Mensch-Maschine-Systeme“ des IfADo durchgeführt.

In den Teilabschnitten wird auch der Versuch unternommen, diejenigen Leistungsbereiche zu identifizieren, die besonders alterskritisch sind bzw. ein besonderes Gefährdungspotenzial im Straßenverkehr darstellen können.

Wenn es für einzelne Leistungsbereiche möglich ist, soll auch ermittelt werden, welche Leistungsdefizite sich in welchen Stadien des Älterwerdens einstellen.

#### **4.1 Vorbemerkung: Altersbedingte hohe Variabilität in verkehrsbezogenen Leistungsbereichen**

Es ist nach dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft nicht möglich, aufmerksamkeitsbasierte, neurologische oder motorische Defizite a priori einem bestimmten kalendarischen Altern zuzuordnen. Zu groß sind interindividuelle Unterschiede in allen drei zu beschreibenden Teilbereichen, die sich mit zunehmendem Lebensalter in der Amplitude noch weiter erhöhen.

Deshalb lassen sich auch Kohortenvorhersagen zu fahrrelevanten Leistungsdefiziten nach dem derzeitigen Stand der Wissenschaft nicht treffen. Altersbedingte Veränderungen im fahrerischen Leistungspotenzial zeigen sich mit hoher interindividueller Variabilität bei gleichem kalendarischem Alter (z. B. KAISER & OSWALD, 2002; BECKER & ALBRECHT, 2003). Weiterhin zeigen sich fahrrelevante interindividuelle Leistungsunterschiede nicht erst im höheren Lebensalter, sondern teilweise schon sehr viel früher (TÜV Kraftfahrt GmbH, Institut für Verkehrssicherheit, HERBERG, 1998).

Zusammenfassend kommt WEINAND schon 1997 bei der Sichtung der Literatur zu dem Schluss, dass das kalendarische Alter zwar einen deutlichen Einfluss auf die mit Hilfe von Laborversuchen ermittelte Leistungsfähigkeit hat, dass sein Einfluss auf das spezifische Fahrverhalten aber als eher gering einzustufen ist. Es hängt offenbar sehr von den Rand-

bedingungen und der persönlichen geistigen Fitness ab, welche altersbedingte Funktionsveränderungen im Einzelfall auftreten.

Insofern ist es nicht möglich, das Leistungspotenzial eines Menschen allein aufgrund seines kalendarischen Alters einschätzen zu können: Allerdings steigt natürlich mit zunehmendem Alter insgesamt die Wahrscheinlichkeit eines Nachlassens der Leistungspotenziale. Es ist in jedem Fall eine individuelle Prüfung nötig, sollten Zweifel an der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) bestehen.

#### **4.2 Altersbedingte kognitive Veränderungen bei normalem Altern und Auswirkungen auf Leistungspotenziale**

Eine Übersicht über die wichtigsten verkehrsrelevanten kognitiven Probleme Älterer findet sich in FALKENSTEIN & SOMMER (2008), FALKENSTEIN & POSCHADEL (2008) oder FALKENSTEIN & POSCHADEL (2011).

Im Alter lassen sich unter Laborbedingungen Veränderungen sensorischer (z. B. SCHNEIDER & PICHORA-FULLER, 2000), kognitiver (MADDEN, GOTTLÖB & ALLEN, 1999; NIELSON, LANGENECKER & GARAVAN, 2002) und motorischer Funktionen (z. B. YORDANOVA, KOLEV & FALKENSTEIN, 2004) feststellen. Bei den kognitiven Funktionen sind insbesondere die so genannten „exekutiven“ oder Kontrollfunktionen betroffen. Diese modulieren und steuern einfachere Funktionen. Kontrollfunktionen sind für Tätigkeiten wichtig, bei denen es auf schnelle Aktionen und Reaktionen unter Zeitdruck ankommt, wie z. B. beim Fahren. Wichtige fahrrelevante kognitive Kontrollfunktionen sind unter anderem die visuelle Aufmerksamkeit und ihr Wechsel, die Unterdrückung ablenkender Information, die Hemmung voreiliger (Re-)Aktionen und die Überwachung eigener Handlungen (auf Fehler hin).

##### **4.2.1 Visuelle Wahrnehmung**

Beim Fahren spielen die visuelle Wahrnehmung und Aufmerksamkeit eine zentrale Rolle. Die Menge an visueller Information, die aus der Umgebung extrahiert werden kann, wird durch die Größe des visuellen Aufmerksamkeitsbereichs (Useful Field of View, UFOV) bestimmt (z. B. BALL et al.,

1993). Einschränkungen im UFOV führen zu einem erhöhten Unfallrisiko (BALL et al., 1993; BALL, ROENKER, WADLEY, EDWARDS, ROTH, McGWIN et al., 2006; RUBIN, NG, BANDEEN-ROCHE, KEYL, FREEMAN & WEST, 2007), so dass das UFOV als wichtiger Indikator für die Fahr-eignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) angesehen werden kann. Viele Untersuchungen zeigen, dass sich das UFOV mit zunehmendem Alter verringert (z. B. BALL et al., 1993), was mit einem höheren Unfallrisiko korreliert ist.

#### 4.2.2 Visuelle Suche

Eine weitere im Alter beeinträchtigte und für das Fahren relevante Funktion ist visuelle Suche (z. B. MADDEN et al., 1999). In Laboraufgaben konnte die Arbeitsgruppe um FALKENSTEIN (Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund, IfADo) mit neurophysiologischen Maßen zeigen, dass die visuelle Suche von Zielreizen, die durch mehrere Eigenschaften definiert sind (conjunction search), unter Zeitdruckbedingungen für Ältere (55- bis 65-Jährige) mit erhöhter Anstrengung verbunden ist und dennoch schlechter bewältigt wird als von einer jungen Vergleichsgruppe (WILD-WALL, HOHNSBEIN & FALKENSTEIN, 2007). Im Rahmen des Projekts HUMANIST konnte die Gruppe zeigen, dass visuelle Suche besonders dann problematisch für Ältere war, wenn gleichzeitig Fahrmanöver (lane change task) durchgeführt werden mussten (WILSCHUT & RINKENAUER, 2007).

#### 4.2.3 Inhibition

Eine weitere bei Älteren vermutlich auch im Fahrzeug eingeschränkte Funktion ist die Inhibition. Dies betrifft zum einen die Hemmung irrelevanter Reizaspekte als auch die Hemmung falscher (Re-) Aktionen (z. B. FALKENSTEIN, KOSHLYKOVA, KIROJ, HOORMANN & HOHNSBEIN 1995, 2002; FALKENSTEIN, HOORMANN & HOHNSBEIN 1999a, FALKENSTEIN, HOHNSBEIN & HOORMANN, 1999b). Vor allem scheint die Inhibition bei Älteren dann gestört, wenn dabei ein bestimmter Kontext beachtet werden muss (BRAVER, BARCH, KEYS, CARTER, COHEN, KAYE et al., 2001). In realen Lebens- und Arbeitssituationen findet Inhibition immer unter Beachtung eines Kontextes statt. Eine Fehlbewertung durch die fehlende Unterdrückung irrelevanter Reize kommt bei Älteren z. B. beim Linksabbiegen zustande, wo unter Zeitdruck und in Abhängigkeit vom Kontext (z. B. wer hat Vor-

fahrt?) die Entscheidung zu fahren oder zu stoppen gefällt werden muss.

#### 4.2.4 Zeitwahrnehmung

Eine wichtige Funktion beim Fahren ist das Schätzen von Geschwindigkeit und Zeit. Ältere und Kinder schätzen insgesamt die Zeit schlechter ein als mittelalte Menschen (McCORMACK, BROWN, MAYLOR, DARBY & GREEN, 1999; CARRASCO, BERNAL & RED, 2001; GUNSTAD, COHEN, PAUL, LUYSTER & GORDON, 2006). Dies könnte die Probleme Älterer beim Linkabbiegen erklären, da sie die Zeit bis zum Herannahen eines entgegenkommenden Fahrzeugs falsch einschätzen könnten. Untersuchungen zeigen, dass die Zeitwahrnehmung u. a. von frontalen und subkortikalen Hirnregionen abhängt (MECK & BENSON, 2002; KOCH, BRUSA, OLIVERI, STANZIONE & CALTAGIRONE, 2005), die ihrerseits altersbedingten Änderungen unterworfen sind (siehe Kapitel 4.3).

#### 4.2.5 Tracking

Fahren ist in erster Linie die präzise motorische Steuerung des Fahrzeugs auf einem vorgegebenen Pfad (Raum-Zeit-Kurve). Es müssen ständig kognitive und motorische Ressourcen eingesetzt werden, um Abweichungen vom Sollzustand wahrzunehmen und diese durch Kontrollreaktionen auszugleichen. Durch typische Einschränkungen kognitiver (FALKENSTEIN & SOMMER, 2008) und motorischer Fähigkeiten (RINKENAUER, 2007) im Alter entstehen zwangsläufig auch Einschränkungen im Fahrverhalten. Im Labor wird die basale Fahraufgabe oft in Form von Tracking-Aufgaben getestet oder trainiert, bei denen bewegte visuelle Reize vorgegeben werden. Hierbei muss beispielsweise ein bewegtes Objekt innerhalb bestimmter Grenzen positioniert werden, analog dem Steuern eines Fahrzeugs auf einer Straße. Tracking ist also eine abgrenzbare Fähigkeit, die essenziell für das Fahren ist.

Bei der Trackingaufgabe wird eine wahrgenommene Abweichung erst nach einer bestimmten Verarbeitungszeit, der effektiven Verzögerung (effektive time delay), in eine motorische Kontrollreaktion umgesetzt. Im Alter nehmen diese Zeiten zu (KETCHAM & STELMACH, 2004).

Solche Zeitverzögerungen können aus zwei Gründen kritisch werden (WICKENS & HOLLANDS, 2000):

- a) Beim Verfolgen von sich ständig ändernden Bewegungsrichtungen bzw. -pfaden (Trajektorien) bewirkt jede Verzögerung in der Verarbeitungszeit, dass der Output eines Systems nicht mehr mit dem Input abgeglichen werden kann. Je länger diese Verzögerung ist, desto größer ist die Abweichung.
- b) Besonders ernst wirken sich Verzögerungen bei periodischen oder zufälligen Inputs aus, die kontrolliert werden sollen. Hier können Verzögerungen ein oszillatorisches Verhalten hervorrufen, das zu Instabilitäten führen kann.

Es kann als gesichert gelten, dass diese sich über die Lebensspanne verändernden sensorischen, kognitiven und motorischen Funktionen auch beim Autofahren eine zentrale Rolle spielen und dass durch diese typischen kognitiven Veränderungen im Alter auch Veränderungen im Fahrverhalten entstehen, vor allem in plötzlichen Risikosituationen, bei denen es auf schnelle Reaktionen ankommt.

#### 4.2.6 Randbedingungen: Zeitdruck und/oder Mehrfachtigkeit

Eine wichtige Randbedingung für Fahrprobleme Älterer ist Zeitdruck (wie er bei Fahrsituationen plötzlich auftreten kann) sowie Mehrfachtigkeit, eine typische Anforderung beim Autofahren. Probleme bei Mehrfachaufgaben gehören zu den am besten belegten Altersdefiziten (z. B. VERHAEGHEN STEITZ, SLIWINSKI & CERELLA, 2003). LI & LINDENBERGER (2002) konnten insbesondere zeigen, dass Ältere bei gleichzeitiger Durchführung sensumotorischer und kognitiver Aufgaben Probleme haben. Genau diese Situation ist beim Fahren gegeben: Neben dem eigentlichen Steuern des Fahrzeugs (also einer Tracking-Aufgabe) müssen häufig weitere Aufgaben ausgeführt werden, insbesondere das Beachten und Bewerten von Verkehrssituationen und -zeichen und/oder Kommunikation mit dem Beifahrer.

#### 4.2.7 Zusammenfassung

Zusammenfassend können mit zunehmendem Alter zentrale exekutive fahrrelevante kognitive Funktionen bei Älteren beeinträchtigt sein, insbesondere wenn sie in komplexen Situationen und/oder unter Zeitdruck ausgeführt werden müssen, wie es beim Fahren häufig der Fall ist. Älteren Menschen fällt es mit zunehmendem Alter zunehmend schwer, viele Informationen zeitgleich zu verarbeiten und schnel-

le Entscheidungen zu treffen, während Einfachreaktionen nur wenig beeinflusst sind.

Man kann allerdings allein auf Grundlage des kalendarischen Alters keine Vorhersage für die individuelle geistige und körperliche Fitness treffen, auch nicht für altersbedingte kognitive Funktionsänderungen, die das Autofahren betreffen. Trotzdem kann auf Basis der kognitiven Grundlagenforschung eindeutig belegt werden, dass die geistige und körperliche Fitness mit zunehmendem Lebensalter insgesamt nachlässt, vor allem bei den so genannten „exekutiven“ Funktionen (wenn auch individuell sehr unterschiedlich): Das sind die Funktionen, die verschiedene kognitive Prozesse bündeln und im kognitiven System des Mensch eine übergeordnete Rolle spielen. Vor allem in den höheren Altersgruppen können auch beim normalen und gesunden Altern kognitive Defizite bestehen, die sich auch auf das Autofahren negativ auswirken können.

Hierbei sind vor allem die Fähigkeit zu Doppeltätigkeiten und Multitaskingfähigkeiten zu nennen, die Voraussetzung für das sichere Führen eines Fahrzeugs sind und im Realverkehr ständig eingesetzt werden müssen. Ebenso verschlechtert Zeitdruck die Ergebnisse zusätzlich (z. B. beim Drängeln eines anderen Autofahrers in einer Abbiegesituation im Realverkehr). Die Kombination dieser Anforderungen (Multitasking und Zeitdruck) verstärkt typische Fehler älterer Menschen, womit auch typische Gefahren- und Unfallsituationen (s. Kapitel 2.1) schlüssig erklärt werden können.

Einschränkend muss allerdings auch konstatiert werden, dass die Erforschung kognitiver Funktionen älterer Menschen vor allem im Labor stattfindet und sich die Ergebnisse in der Regel nur auf Basis von Plausibilitätsüberlegungen direkt auf den Realverkehr übertragen lassen (auch wenn sie beobachtbare Probleme dort schlüssig erklären können). Hier besteht in Bezug zur direkten Feldforschung noch erheblicher Forschungsbedarf. Es fehlen Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen kognitiver Leistungsfähigkeit und realen Autofahrten: Viel mehr noch fehlen Forschungsarbeiten, mit denen der Zusammenhang zwischen der kognitiven Leistungsfähigkeit und der Fahrfähigkeit älterer Menschen im Realverkehr untersucht wird, die also im „echten“ Feld stattfinden. Insofern stehen hierzu Validierungsstudien, basierend auf Kontrollgruppendesigns und durchgeführt im Realverkehr, derzeit noch aus.

### 4.3 Altersbedingte kognitiv medizinische/pathologische Veränderungen und ihre Auswirkungen auf fahrrelevante Leistungspotenziale

Während in Kapitel 4.2 vor allem das gesunde und normale Altern auf neuropsychologischer Ebene dargestellt wird, wird in diesem Kapitel die medizinische und medizinisch-pathologische Seite der altersbedingten kognitiven Veränderungen dargestellt. Im folgenden Kapitel werden vor allem die (pathologischen) Veränderungen auf der (hirn-)organischen Ebene dargestellt, die altersbedingten Leistungsminderungen zugrunde liegen.

Ältere Menschen spielen im Straßenverkehr eine immer wichtigere Rolle (vgl. Kapitel 2). Dies liegt zum einen daran, dass die Bevölkerungszahl der über 65-Jährigen in den letzten 15 Jahren stärker gestiegen ist als die der anderen Altersgruppen und prognostisch bis zum Jahre 2050 aufgrund des Geburtenrückgangs und gleichzeitig höheren Lebenserwartung noch weiter ansteigen wird. Da zusätzlich die Lebenserwartung von 67,4 Jahren für Männer und 73,8 Jahren für Frauen (1970-1972) auf 75,9 Jahre für Männer und 81,5 Jahre für Frauen (2002-2004) angestiegen ist und in den nächsten Jahren vermutlich weiter ansteigen wird, wird sich insbesondere auch der Anteil der über 75-Jährigen in den nächsten Jahren drastisch erhöhen. Dies hat zusätzlich eine große Bedeutung für die Entwicklung der Krankenzahlen neurodegenerativer Erkrankungen im Alter wie z. B. Demenzen und Parkinson (Statistisches Bundesamt: Bevölkerung Deutschlands bis 2050, 2003). So steigen in älteren Generationen die Prävalenz- sowie Inzidenzraten neurodegenerativer Erkrankungen stark und teilweise sprunghaft an, was aufgrund des mit den Erkrankungen einhergehenden kognitiven Abbaus einen zusätzlichen Risikofaktor im Straßenverkehr darstellt.

Darüber hinaus sind ältere Menschen heutzutage wesentlich mobiler als frühere Generationen (vgl. Kapitel 2). Es ist anzunehmen, dass sich dieser Trend im Laufe der nächsten Jahre noch weiter fortsetzen wird. Nicht außer Acht zu lassen ist außerdem, dass Senioren mit 65 getöteten Personen je eine Millionen Einwohner über 65 Jahren im Jahr 2008 direkt nach den jungen Erwachsenen das zweithöchste Sterberisiko im Straßenverkehr haben sowie, sofern sie in einen Unfall verwickelt waren, zu 66 % die Hauptschuld trugen (Statisti-

sches Bundesamt, 2009b, 2009c). Dabei spielen vor allem alterstypische Unfallursachen eine Rolle: Wie bereits oben berichtet, gibt es Hinweise darauf, dass ältere Menschen in komplexeren Situationen schneller den Überblick verlieren als Verkehrsteilnehmer der jüngeren Altersgruppen (vgl. Kapitel 2.1, Kapitel 4.2.7).

Die neurophysiologisch-medizinische Sicht betont die Veränderungen auf der organischen Ebene, die altersbedingten Leistungsminderungen zugrunde liegt. Diese strukturellen Veränderungen können peripher sein und das Innenohr, die Cornea oder die Iris des Auges betreffen oder aber zentral, d. h. das zentrale Nervensystem betreffen. Als zentrale strukturelle Korrelate des Alterns sind z. B. eine Atrophie des Neokortex, verbreiterte Sulci oder erweiterte Ventrikel in CT oder MRT nachweisbar (vgl. auch Bild 1 bis Bild 3). Diese Veränderungen sind nicht gleichverteilt über den gesamten Kortex, vielmehr scheinen der dorsale präfrontale und der parietale Kortex überproportional betroffen (RAZ, 2000; RESNICK, PHAM, KRAUT, ZONDERMAN & DAVATZIKOS, 2003) zu sein. Diese strukturellen Veränderungen gehen mit kognitiven Leistungseinbußen insbesondere der o. g. Kontroll- und Aufmerksamkeitsfunktionen einher, die im individuellen Fall abhängig von Lokalisation und Ausmaß der Zelluntergänge sind (ZIMMERMANN & FIMM, 2002a, 2002b; HOMMEL, LI & LI, 2004; HEIN & SCHUBERT, 2004).

Neben normalen Alterungsprozessen finden sich jedoch auch pathologische Veränderungen mit beschleunigter Progredienz, wie sie beispielsweise bei demenziellen Erkrankungen auftreten. Während eine Unterscheidung von normalen und pathologischen kognitiven Leistungen bei fortgeschrittener Demenz keine Schwierigkeit bereitet, ist dies in der Frühphase der Erkrankung jedoch nur bedingt möglich (NORDLUND, ROLSTAD, HELLSTRÖN, SJÖGREN, HANSEN & WALLIN, 2005). Diese Schwierigkeit ist auch bei allen Fragen der verkehrsrelevanten Leistungseinbußen von zentraler Bedeutung.

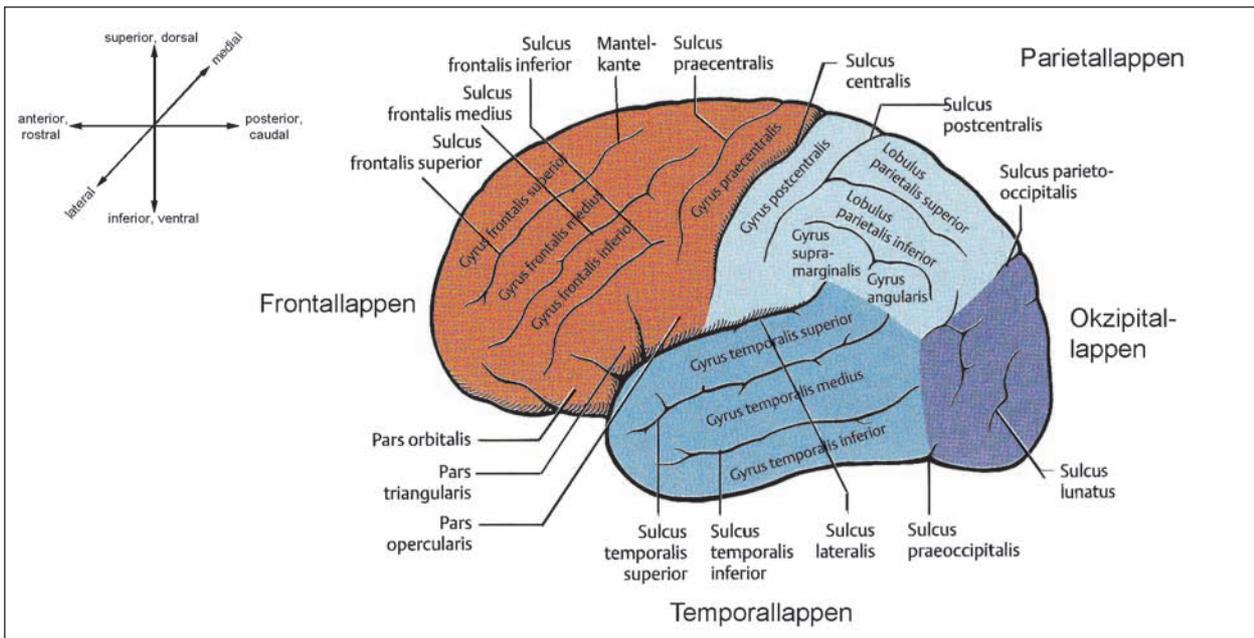
Weiterhin steigen die Inzidenz von Schlaganfällen im Altersverlauf und somit die Häufigkeit vaskulär läSIONSbedingter kognitiver Defizite an, die in der Regel hypothesengesteuert neuropsychologisch untersucht werden.

Je nach Ätiologie, Ausmaß und Lokalisation der neurologischen Schädigung bzw. in Abhängigkeit

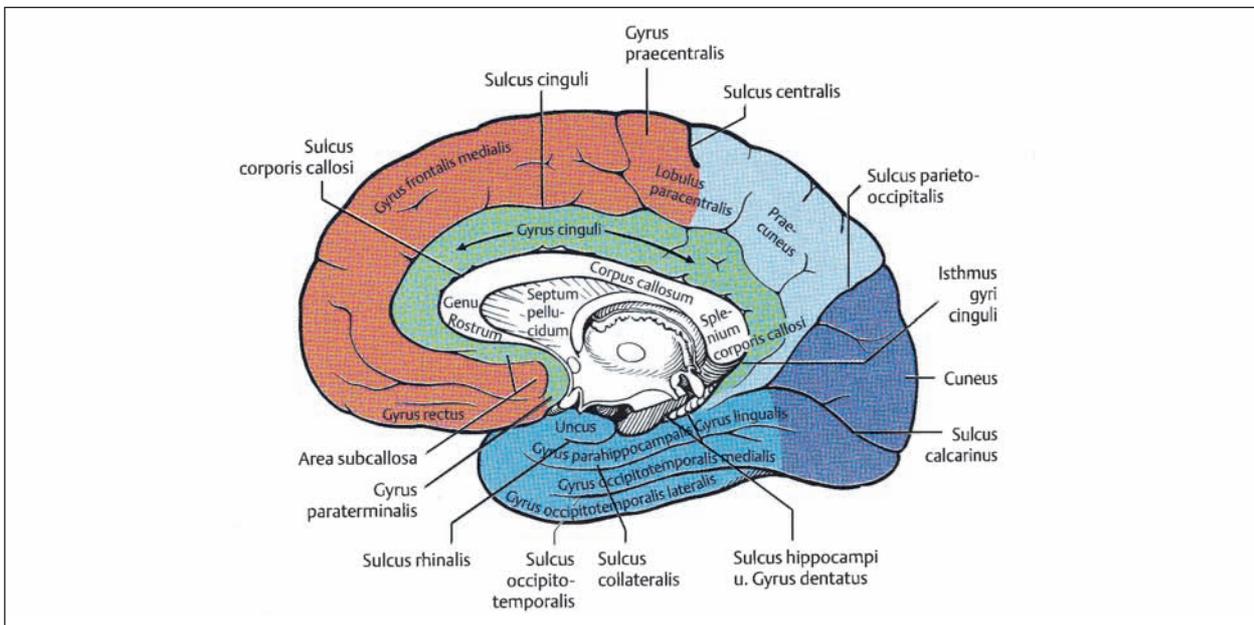
des Typs der Demenz, finden sich unterschiedliche fahreignungsrelevante kognitive Defizite, die sowohl den Bereich Aufmerksamkeit, Motorik oder auch die räumliche Orientierung umfassen können. Darüber hinaus sind Störungen des Gedächtnisses (z. B. Arbeitsgedächtnis) relevant.

### 4.3.1 Gehirn-Atlanten

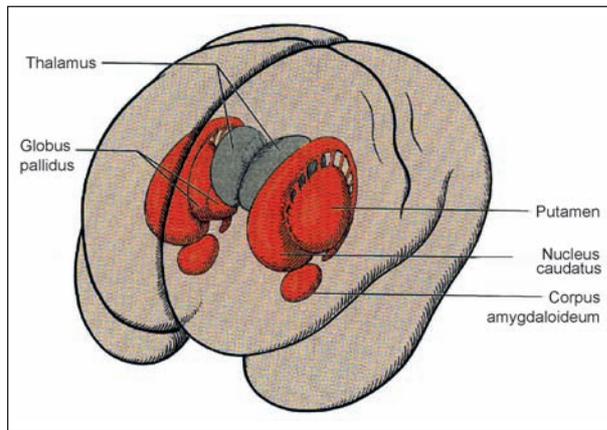
Damit es möglich ist, die im Fließtext genannten Strukturen auch bestimmten Regionen des Gehirns örtlich zuzuordnen, werden die wichtigsten funktionellen Regionen des menschlichen Gehirns in den folgenden drei Bildern dargestellt. Die Bilder 1 bis 3 sind – teilweise leicht modifiziert – mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlags dem Buch „Duus' neurologisch-topische Diagnostik: Anatomie, Funktion“, Klinik von M. BÄHR und M. FROTSCHER aus dem Jahr 2003 entnommen.



**Bild 1:** Laterale Ansicht der linken Hemisphäre des menschlichen Großhirns (modifiziert aus BÄHR & FROTSCHER, 2003, S. 356)



**Bild 2:** Mediale Ansicht der rechten Hemisphäre des menschlichen Großhirns (aus BÄHR & FROTSCHER, 2003, S. 356)



**Bild 3:** Ansicht der Basalganglien (aus BÄHR & FROT-SCHER, 2003, S. 333)

#### 4.3.2 Altersbedingte strukturelle neuronale Veränderungen

Altern ist ein vielseitiger und universeller biologischer Prozess, der mit großen Veränderungen in der Anatomie und (Neuro-)Physiologie einhergeht. Obwohl jedes Organ im Körper vom Alterungsprozess betroffen ist, sind die Auswirkungen auf das zentrale Nervensystem besonders dramatisch (RAZ, LINDENBERGER, RODRIGUE, KENNEDY, HEAD, WILLIAMSON et al., 2005). RAZ et al. (2005) überprüften in einer Meta-Analyse altersbedingte Veränderungen des gesamten Hirnvolumens anhand von 14 veröffentlichten Studien. Im Allgemeinen konnte gezeigt werden, dass die altersbedingten Veränderungen nicht linear verlaufen, sondern im höheren Alter stärker zunehmen. So wurde z. B. gefunden, dass der gesamte cerebrale Kortex bei jüngeren Probanden eine jährliche Atrophie (Schwund von Gewebe und Zellen) von 0,12 % aufwies, während dies bei älteren Probanden (52 Jahre und älter) auf eine Rate von 0,35 % anstieg. Noch drastischer ist der altersbedingte Anstieg des Ventrikelvolumens (Hohlräume innerhalb des Gehirns), der indirekt den Abbau der Gehirnmasse widerspiegelt. Während die jüngeren Probanden eine jährliche Volumenerweiterung der Ventrikel von 0,43 % aufwiesen, lag die jährliche Volumenerweiterung bei über 70-jährigen Probanden bei 4,25 %. Allerdings verhält sich der altersbedingte Abbau der Gehirnmasse unterschiedlich je nach Hirnregion (RAZ et al., 2005).

Die größte altersbedingte Hirnatrophie konnte mit einer durchschnittlichen jährlichen Atrophie zwischen 0,9 % und 1,5 % für den frontalen Kortex gezeigt werden (PFEFFERBAUM, SULLIVAN, ROSENBLUM, MATHALON & LIM, 1998;

RESNICK et al., 2003; RAZ et al., 2005). Die parietalen Areale zeigen mit einer jährlichen Rate zwischen 0,34 % und 0,90 % die zweitgrößte altersbedingte Atrophie (PFEFFERBAUM et al., 1998; RAZ et al., 2005; RESNICK et al., 2003) gefolgt vom Temporallappen mit einer jährlichen Atrophie von bis zu 0,8 % (RESNICK et al., 2003). Für den okzipitalen Kortex wurde hingegen nur sehr wenig bzw. ein nicht-signifikanter altersbedingter Abbau der grauen Substanz beschrieben (RESNICK et al., 2003). Tabelle 1 fasst die kortikalen und die Ventrikel betreffenden altersbedingten volumetrischen Veränderungen zusammen.

Auch in subkortikalen Arealen konnten altersbegleitende Atrophien nachgewiesen werden. Allerdings wurde bis dato erst in einer Studie die striatale Atrophie bei älteren Probanden untersucht (RAZ, RODRIGUE, KENNEDY, HEAD, GUNNING-DIXON & ACKER, 2003): Hier wurde eine durchschnittliche jährliche Atrophie des Nucleus caudatus von 0,83 % festgestellt. Allerdings unterscheiden sich auch hier die Subareale des Striatum hinsichtlich ihrer Rate des altersbegleitenden Abbaus. So wurde übereinstimmend gefunden, dass der Nucleus caudatus mit dem Altern der größten Atrophie untergeht, gefolgt vom Globus pallidus und Putamen (RAZ et al., 2003).

Für die mesencephalen Strukturen beschrieben RAZ et al. (2005) in ihrer Metaanalyse, dass diese, wie auch die anderen Regionen zuvor, unterschiedlich starken altersbedingten Atrophien unterliegen. Dabei baut das Cerebellum die meiste Hirnsubstanz ab, gefolgt von der Formatio reticularis und der Pons.

In den vergangenen Jahren wurden auch vermehrt Studien mit Hilfe der Diffusions-Tensor-Bildgebung durchgeführt, die die Dichte der Nervenfasern (der so genannten „weißen Substanz“) und deren Abbau im Alter untersuchen. Im Allgemeinen wurde auch hier ein altersbedingter Rückgang der Nervenfasern beobachtet, der besonders in den frontalen Fasern, den posterioren Fasern der Capsula interna sowie den Nervenfasern des Corpus callosum ausgeprägt ist (DENNIS & CABEZA, 2008).

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse darauf hin, dass vor allem der altersbedingte Abbau sowohl der grauen als auch weißen Substanz innerhalb des frontalen Lappens für die mit zunehmendem Alter assoziierten kognitiven Veränderungen verantwortlich sein könnte. Basierend auf den Er-

Hirnareal		jährliche altersbedingte strukturelle Veränderung (in %)	Funktion
Ventrikel	Gesamt	+2,9 bis +4,25 <sup>1)</sup>	
	Lateral Ventrikel	+4,40 <sup>2)</sup>	
	Dritter Ventrikel	+3,07 <sup>2)</sup>	
	Vierter Ventrikel	+0,71 <sup>2)</sup>	
Frontal	Gesamte graue Substanz	-1,7 <sup>3)</sup>	Auswahl und Ausführen von Bewegungen sowie Koordination vieler kognitiver (u. a. exekutiver) Prozesse <sup>4, 5)</sup>
	Gesamte weiße Substanz	-1,5 <sup>3)</sup>	
	Gyrus frontalis superior	-0,31 <sup>2)</sup>	
	Gyrus frontalis medialis	-0,32 bis -0,40 <sup>2)</sup>	
	Gyrus frontalis inferior	-0,37 bis -0,38 <sup>2)</sup>	
	Gyrus precentralis	-0,48 (nach 2 Jahren) <sup>2)</sup>	
	Gyrus orbitales	-0,38 bis -0,42 <sup>2)</sup>	
Parietal	Gesamte graue Substanz	-1,6 <sup>3)</sup>	Integration von sensorischen Informationen, visuelle Steuerung von Bewegungen, räumliches Denken, Rechnen und Lesen <sup>4, 5)</sup>
	Gesamte weiße Substanz	-1,4 <sup>3)</sup>	
	Gyrus postcentralis	nicht signifikant <sup>2)</sup>	
	Gyrus paracentralis	-0,52 (nach 2 Jahren) <sup>2)</sup>	
	Gyrus supramarginalis	-0,40 <sup>2)</sup>	
	Gyrus parietalis superior	-0,68 (nach 2 Jahren) <sup>2)</sup>	
	Gyrus parietalis inferior	-0,40 <sup>2)</sup>	
	Precuneus	-0,30 <sup>2)</sup>	
Temporal	Gesamte graue Substanz	-1,0 <sup>3)</sup>	Umfasst u. a. den primären auditiven Kortex, das Wernicke-Sprachzentrum, gedächtnisrelevante Strukturen und neokortikale assoziative Areale zur Erkennung komplexer Reize <sup>4, 5)</sup> , Affektregulation <sup>5)</sup>
	Gesamte weiße Substanz	-1,1 <sup>3)</sup>	
	Gyrus temporalis superior	-0,43 <sup>2)</sup>	
	Gyrus temporalis medialis	-0,47 <sup>2)</sup>	
	Gyrus temporalis inferior	-0,47 <sup>2)</sup>	
	Gyrus parahippocampalis	-0,36 <sup>2)</sup>	
	Entorhinaler Kortex	-0,55 <sup>2)</sup>	
	Gyrus okzipitotemporalis	-0,38 <sup>2)</sup>	
Okzipital	Gesamte graue Substanz	-0,9 <sup>3)</sup>	Beinhaltet das primäre und sekundäre Sehzentrum <sup>4)</sup>
	Gesamte weiße Substanz	-1,0 <sup>3)</sup>	
	Gyrus okzipitalis lateralis	-0,19 <sup>2)</sup>	
	Gyrus okzipitalis lingualis	-0,02 <sup>2)</sup>	
	Cuneus	-0,04 <sup>2)</sup>	

<sup>1)</sup> RAZ, 2005; <sup>2)</sup> FJELL, WESTLYE, AMLIEN, ESPESETH, REINVANG, RAZ et al., 2009; <sup>3)</sup> RESNICK et al., 2003, <sup>4)</sup> SCHANDRY, 2006, S. 145-155, <sup>5)</sup> KOLB & WISHAW, 1996

**Tab. 1:** Jährliche altersbedingte prozentuale volumetrische Veränderung der Ventrikel und weißen und grauen Hirnschubstanz bei Älteren

gebnissen von MADDEN, WHITING, HUETTEL, WHITE, MacFALL & PROVENZALE (2004) kann man zudem schlussfolgern, dass die kognitive Leistungsfähigkeit älterer Menschen sogar mehr von fronto-striatalen Netzwerken abhängt als bei jüngeren Menschen. Zudem weisen die Ergebnisse von PERSSON, NYBERG, LIND, LARSSON, NILSSON, INGVAR et al. (2006) darauf hin, dass – be-

dingt durch den altersbegleitenden Abbau des Corpus callosum – die nach dem HAROLD-Model (CABEZA, 2002) für höhere Leistungsfähigkeit benötigte bilaterale zerebrale Aktivierung (die als Kompensation für weniger effizient arbeitende unilaterale Netzwerke benötigt wird), nicht mehr effizient genug eingesetzt werden kann (DENNIS & CABEZA, 2008).

### 4.3.3 Altersbedingte biochemische Veränderungen

Neben der grauen und weißen Substanz des Gehirns spielen für eine effiziente Nutzung der kognitiven Leistungsfähigkeit auch die Neurotransmittersysteme eine Rolle. Die Neurotransmitter sorgen für die Informationsübertragung zwischen Nervenzellen. Das Dopaminsystem ist das am meisten untersuchte Neurotransmittersystem in der Altersforschung. Grundsätzlich ist das Dopaminsystem wichtig für (alle) höheren kognitiven Funktionen wie z. B. Gedächtnisprozesse, das Verstehen von Bildern und Sprache, das persönliche Erleben von Emotionen, Bewusstsein und die Verarbeitung und Einordnung von Erfahrungen. Patienten, die unter Dopaminmangel leiden, wie z. B. Patienten mit Morbus Parkinson, leiden häufig neben den krankheitstypischen motorischen Symptomen zusätzlich unter der Abnahme der kognitiven Leistungsfähigkeit. Die Gabe von Dopamin-Agonisten kann bei diesen Patienten wieder zu einer Verbesserung der allgemeinen Symptome und damit auch der kognitiven Leistungsfähigkeit führen (DENNIS & CABEZA, 2008).

Studien mit Positron-Emission-Tomographie (PET) und single photon emission computerized tomography (SPECT) konnten einen durchschnittlichen Rückgang der Neurotransmitterbindung von D1- und D2-Dopaminrezeptoren im striatalen Netzwerk von 7 % bis 10 % pro Jahrzehnt feststellen sowie einen altersbedingten Rückgang von 4,4 % bis 8 % pro Jahrzehnt der Bindung des striatalen Dopamin-Transporter-Proteins (RINNE, SAHLBERG, RUOTTINEN, NAGREN & LEHIKONEN, 1998; van DYCK, SEIBYL, MALISON, LARUELLE, WALLACE & ZOGHBI, 1995).

Ein Rückgang der Dopaminaktivität konnte mit zunehmendem Alter im frontalen, temporalen und okzipitalen Kortex gefunden werden, sowie im Hippocampus und Thalamus (INOUE, SUHARA, SUDO, OKUBO, YASUNO, KISHIMOTO et al., 2001; KAASINEN, VILKMAN, HIETALA, NAGREN, HELENIUS, OLSSON et al., 2000). Ob der Rückgang der Dopaminfunktion linear oder exponentiell verläuft, konnte bis dato noch nicht abschließend geklärt werden. Ergebnisse hierzu sind sehr unterschiedlich (DENNIS & CABEZA, 2008). Zumindest lässt die Tatsache, dass der Rückgang der Dopamin-Rezeptor-Bindung und des Dopamin-Transporter-Proteins miteinander korrelieren, eine gemeinsame Ursache dieser Veränderungen vermuten (ebd.).

Zwar wurden erst in wenigen Studien Zusammenhänge zwischen altersbedingten Veränderungen des Dopaminsystems und kognitiven Defiziten untersucht, jedoch sind die Ergebnisse dieser Studien sehr konsistent. Altersbedingter Abbau des striatalen Dopaminsystems konnte in Verbindung gebracht werden mit einer Verschlechterung des episodischen Gedächtnisses, der exekutiven Funktionen und motorischen Leistungsfähigkeit (DENNIS & CABEZA, 2008). Darüber hinaus konnten Studien zeigen, dass nach Alterskorrektur der Daten striatale Dopaminmarker signifikant die kognitive Leistungsfähigkeit vorherbestimmen konnten (BACKMAN, GINOVART, DIXON, WAHLIN, WAHLIN, HALLDIN et al., 2000; VOLKOW, WANG, FOWLER, DING, GUR, GATLEY et al., 1998) und zudem dass altersbezogene kognitive Defizite fast vollständig mit dem Rückgang der striatalen Dopaminfunktion erklärt werden konnten (ERIXON-LINDROTH, FARDE, WAHLIN, SOVAGO, HALLDIN & BACKMAN, 2005).

### 4.3.4 Veränderungen verkehrsrelevanter kognitiver Funktionen im Alter aus neuro-pathologischer Sicht

#### 4.3.4.1 Vorbereitung

Zusätzlich zu den Studien, in denen ereigniskorrelierte Hirnpotenziale gemessen wurden (vgl. Kapitel 4.2), wurde mit Hilfe bildgebender Verfahren exploriert, welche Hirnareale an Vorbereitungsprozessen (für z. B. motorische Handlungen) beteiligt sind. In vielen Studien konnte bereits gezeigt werden, dass der präfrontale Kortex eine wichtige Rolle in der Kontrolle kognitiver Funktionen spielt. Allerdings erschien es zunächst schwierig, zwischen Hirnaktivitäten zu unterscheiden, die für Vorbereitungsprozesse von Handlungen verantwortlich sind, und Hirnaktivitäten, die bereits an der Ausführung einer Aufgabe beteiligt sind. In den letzten Jahren konnten jedoch einige Studien diese Schwierigkeit durch geeignete Paradigmen umgehen.

BRASS & von CRAMON (2002) konnten in ihrer Studie zeigen, dass ein frontales Netzwerk während der Vorbereitungsprozesse motorischer Handlungen (Knopf drücken) aktiviert ist, das aus dem fronto-lateralen Kortex nahe dem Sulcus praecentralis sowie dem inferioren frontalen Sulcus und der supplementär-motorischen Rinde besteht. Zwei Jahre später konnten die Autoren in einer noch ausgereifteren Studie feststellen, dass speziell die Areele des linken inferioren frontalen und linken

inferioren Sulcus praecentralis sowie der rechte inferiore frontale Gyrus und rechte intraparietale Sulcus in Vorbereitungsprozesse involviert sind (BRASS & von CRAMON, 2004). Eine erst kürzlich erschienene Studie stellte darüber hinaus fest, dass altersbedingte Vorbereitungsdefizite auch auf veränderten Hirnaktivitäten beruhen (VALLESI, McINTOSH, STUSS, 2009).

VALLESI, McINTOSH & STUSS (2009) untersuchten, ob es einen Alterseffekt bei Vorbereitungsprozessen mit sowohl konstanter als auch variabler Vorbereitungszeit gibt. Auf der Verhaltensebene zeigte sich, wie erwartet, dass die jüngeren Probanden generell schneller reagierten als die älteren Probanden. In der konstanten Bedingung reagierten sowohl die jüngeren Probanden als auch die älteren Probanden schneller bei den kürzeren Intervallen als bei den längeren Intervallen. In der variablen Bedingung zeigte sich jedoch ein Interaktionseffekt zwischen Alter und Vorbereitungszeit. Während die jüngeren Probanden in der variablen Bedingung schneller reagierten, je länger die Vorbereitungszeit wurde, sah dies bei den älteren Probanden umgekehrt aus. Auf der neuronalen Ebene wurde zudem beobachtet, dass die älteren Probanden eine schwächere Aktivität im rechten lateralen präfrontalen Kortex aufwiesen als die jüngeren Probanden. Darüber hinaus konnte in dieser Studie – wie bereits in einer ähnlichen Studie zuvor (VALLESI, McINTOSH, SHALLICE & STUSS, 2009) – eine positive Korrelation zwischen der Größe des Effekts in der variablen Bedingung und der Stärke der Aktivierung des dorsolateralen präfrontalen Kortex gefunden werden, jedoch eine negative Korrelation zwischen diesen Variablen in der Gruppe der älteren Probanden: Die älteren Probanden konnten also nicht von der längeren Vorbereitungszeit profitieren, was bezogen auf den Straßenverkehr das bereits vorhandene Reaktionszeitdefizit (bei komplexen Aufgaben) älterer Personen noch verstärkt.

Da bereits in früheren Studien gezeigt werden konnte, dass eine Läsion im dorsolateralen präfrontalen Kortex zu einem Auslösen des Effekts in der variablen Bedingung führte (STUSS, ALEXANDER, SHALLICE, PICTON, BINNS, MacDONALD et al., 2005), liegt die Vermutung nahe, dass im Alter der dorsolaterale präfrontale Kortex nur noch ineffizient genutzt wird. In Anbetracht ähnlicher Befunde bei Patienten mit Morbus Parkinson (JURKOWSKI, STEPP & HACKLEY, 2005) kann angenommen werden, dass die ineffiziente Nut-

zung des dorsolateralen präfrontalen Kortex bei älteren Personen auf die bereits beschriebenen Veränderungen der dopaminergen Funktion des fronto-striatalen Netzwerkes zurückzuführen ist.

#### 4.3.4.2 Orientierung

Bildgebende Verfahren konnten zwei verschiedene neuronale Netzwerke finden, die für das Ausrichten der Aufmerksamkeit auf räumliche Stimuli verantwortlich sind. Das dorsale frontoparietale Netzwerk, das aus Arealen des intraparietalen sowie superior frontalen Kortex besteht, ist verantwortlich für die zielgerichtete (top-down) Auswahl bestimmter Stimuli und Reaktionen und zusätzlich in die Auffindung von relevanten Stimuli involviert. Das ventrale frontoparietale Netzwerk, das aus dem temporoparietalen Kortex und frontalen inferioren Kortex besteht und in großen Teilen auf die rechte Hemisphäre lateralisiert ist, ist verantwortlich für das Entdecken von für das Verhalten vor allem auffälligen und neuen relevanten Stimuli (CORBETTA & SHULMAN, 2002).

Um sich möglichst gut auf eine Aufgabe wie z. B. das Autofahren konzentrieren zu können, ohne von weniger wichtigen Reizen abgelenkt zu werden, ist eine effiziente Unterdrückung des ventralen frontoparietalen Systems notwendig. Andererseits muss dieses System bei relevanten gefährlichen neuen Reizen beim Autofahren effizient aktiviert werden können, um auf potenziell gefährliche Stimuli reagieren zu können.

Eine kürzlich veröffentlichte Studie zu altersbedingten neuronalen Veränderungen während räumlicher Aufmerksamkeitsprozesse konnte frühere Ergebnisse unterstützen, die zeigen, dass ältere Personen zwar ähnlich viele Zielreize entdeckten, jedoch generell langsamer und häufiger auf irrelevante Reize als jüngere Personen reagierten (SOLBAKK, FUHRMANN, FURST, HALE, OGA, CHETTY et al., 2008). Auf der neuronalen Ebene konnten SOLBAKK et al. (2008) ebenso finden, dass die älteren Probanden qualitativ zwar dieselben Hirnareale aktivierten, diese jedoch im Vergleich zu den jüngeren Probanden quantitativ weniger intensiv und räumlich mehr fokussiert aktiviert wurden. Bei Erschweren der Aufgabe zeigte sich zudem, dass jüngere Probanden vermehrt auf posteriore Areale zurückgriffen, was als Hinweis auf eine erhöhte Bottom-up-Regulation interpretiert wurde, ältere Probanden hingegen vermehrt frontale Regionen aktivierten, was auf eine erhöhte Top-

down-Regulation bei den älteren Studienteilnehmern hinweist.

In einer Studie von TOWNSEND, ADAMO & HAIST (2006) konnte gezeigt werden, dass ältere Probanden während gerichteter Aufmerksamkeitsaufgaben frontale und parietale Hirnareale aktivierten, die bei den jüngeren Probanden nur während Aufmerksamkeitswechsel-Aufgaben zusätzlich aktiviert wurden. Die Autoren schlussfolgerten, dass die zusätzliche Aktivierung der frontalen und parietalen Areale zu einer altersbedingten Defizite der Verarbeitungsselektivität impliziert, mit der Konsequenz, dass ältere Personen während gerichteter Aufmerksamkeitsaufgaben leichter von irrelevanten Reizen abgelenkt werden. Zum anderen könnte die zusätzliche Aktivierung eine aufgabenspezifische kompensatorische neuronale Rekrutierung darstellen, wie dies bereits nach dem HAROLD-Modell (CABEZA, 2002) suggeriert wurde, sodass weniger effizient arbeitende Netzwerke durch eine erhöhte Aktivierung vergleichbare Leistungen vollbringen.

#### 4.3.4.3 Visuelle Suche

Die altersbedingten Defizite bei der visuellen Suche konnten mit Hilfe bildgebender Verfahren auf Veränderungen auf der neuronalen Ebene zurückgeführt werden. In früheren Studien mit gesunden jüngeren Personen konnte bereits ein Netzwerk bestehend aus Arealen des präfrontalen und parietalen Kortex sowie subkortikalen Regionen identifiziert werden, das für visuelle-räumliche Aufmerksamkeitsprozesse verantwortlich scheint (CORBETTA, KINCADE, OLLINGER, MVAVOY & SHULMAN, 2000; GITELMAN, NOBRE, PARRISH, LABAR, KIM, MEYER et al., 1999; KASTNER & UNGERLEIDER, 2000; WOLDORFF, HAZLETT, FICHTENHOLTZ, WEISSMAN, DALE & SONG, 2004). Innerhalb des präfrontalen Netzwerkes wurde – wie bereits oben erwähnt – ein Netzwerk bestehend aus dem dorsalen parietalen und superioreren frontalen Kortex gefunden, das spezialisiert ist für die Top-down-Prozesse, sowie ein weiteres Netzwerk, das für die Bottom-up-Prozesse verantwortlich ist und aus temporo-parietalen und inferioreren frontalen Kortex besteht (CORBETTA & SHULMAN, 2002; POLLMANN, WEIDNER, HUMPHREYS, OLIVERS, MULLER, LOHMANN et al., 2003).

In Studien, die altersbedingte Veränderungen der neuronalen Aktivierung während visueller Suchprozesse zum Gegenstand hatten, konnte gezeigt

werden, wie ältere Personen neben der generellen Verlangsamung des Suchprozesses zudem vermehrt frontale und parietale Regionen aktivierten (LORENZO-LOPEZ, AMENEDO, PASCUAL-MARQUI & CADAVEIRA, 2008). Darüber hinaus wurden unterschiedliche neuronale Aktivierungsmuster für jüngere und ältere Personen gefunden, wenn die Aufgabe erhöhte Top-down-Kontrolle verlangte, wie z. B. bei einer höheren Vorhersagbarkeit. Während bei den jüngeren Probanden eine positive Korrelation zwischen der visuellen Suchleistung und der Aktivierung in okzipitalen Regionen (Gyrus fusiformis) gefunden wurde, zeigten die älteren Personen eine positive Korrelation zwischen frontoparietalen Regionen (frontales Augenfeld und superiorer parietaler Kortex) und der visuellen Suchleistung (MADDEN, SPANIOL, WHITING, BUCUR, PROVENZALE, CABEZA et al., 2007).

#### 4.3.4.4 Inhibition

Bildgebende Verfahren konnten als verantwortliche Hirnregion zur Unterdrückung irrelevanter Umgebungsreize den inferioreren frontalen Gyrus im rechten ventrolateralen präfrontalen Kortex identifizieren (ARON, ROBBINS & POLDRACK, 2004). In zwei Studien (LANGENECKER, NIELSON & RAO, 2004; MILHAM, ERICKSON, BANICH, KRAMER, WEBB, WSZALEK et al., 2002) konnten altersbedingte erhöhte Aktivitäten während der Stroop-Aufgabe im ventrolateralen präfrontalen Kortex, parietalen Kortex und rechten inferioreren frontalen Gyrus gefunden werden. Allerdings zeigten die älteren Personen trotz erhöhter Aktivitäten größere Defizite in der Unterdrückung irrelevanter Reize, sodass die Autoren von einer verringerten neuronalen Effizienz dieser Regionen ausgehen und die erhöhte Aktivität in diesen Regionen als Versuch interpretieren, diese verringerte Effizienz zu kompensieren.

In einer weiteren Studie von PERSSON, SYLVESTER, NELSON, WELSH, JONIDES & REUTER-LORENZ (2004) wurde zudem gefunden, dass der für die richtige Auswahl zwischen konkurrierenden Alternativen verantwortliche linke inferiorere frontale Gyrus (THOMPSON-SCHILL, JONIDES, MARSHUETZ, SMITH, D'ESPOSITO & KAN et al., 2002) bei älteren Versuchsteilnehmern eine geringere Aktivität als bei den jüngeren Versuchsteilnehmern aufwies. Die verringerten Aktivitäten im linken inferioreren frontalen Gyrus korrelierten zudem mit Defiziten der älteren Teilnehmer, irrelevante Interferenzen zu unterdrücken. Darüber hinaus zeigten

die älteren Teilnehmer erhöhte Aktivität im rechten inferioren frontalen Gyrus. Die Autoren schlussfolgerten aus diesen Ergebnissen, dass ältere Personen aufgrund der verringerten Aktivität im linken inferioren frontalen Gyrus Defizite in der Auswahl untereinander interferierender Alternativen aufweisen und gleichzeitig einen weniger effizienten Inhibitionsmechanismus aufweisen, was sich in der erhöhten Aktivität des rechten inferioren frontalen Gyrus widerspiegelt. Eine mögliche Erklärung für diese Defizite könnte in dem Abbau der Nervenfasern liegen, die die beiden Hemisphären miteinander verbinden. Der altersbedingte Abbau könnte zur Folge haben, dass diese beiden Kontrollmechanismen nicht mehr adäquat koordiniert werden (HEDDEN, 2007).

#### 4.3.4.5 Mehrfachtigkeit

Studien an Patienten mit schwerem Schädelhirntrauma (McDOWELL, WHYTE & D'ESPOSITO, 1997) oder Ruptur von Aneurysmen der anterioren Ateria communicans (ROUSSEAU et al., 1996, aus STURM, 2009) zeigen, dass Leistungen der Aufmerksamkeitsteilung in hohem Maße von Frontalhirn-Funktionen abhängig sind (STURM, 2009). PET-Aktivierungsstudien bei Gesunden führten bei Aufgaben zur Aufmerksamkeitsteilung zu bilateralen präfrontalen Aktivierungen (MADDEN, TURKINGTON, PROVENZALE, HAWK & HOFFMAN, 1997). LOOSE, KAUFMANN, AUER & LANGE (2003) fanden während der Ausführung der visuell-auditiven Aufmerksamkeitsteilungsaufgabe aus der TAP (Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung; ZIMMERMANN & FIMM, 2002) eine links präfrontale Aktivierung.

VOHN, FIMM, WEBER, SCHNITKER, THRON, SPIJKERS et al. (2007) fanden während zwei uni- und einer crossmodalen Aufgabe zur Aufmerksamkeitsteilung rechtshemisphärische Aktivierungen im inferioren frontalen und im superioren parietalen Kortex sowie im Claustrum. Darüber hinaus führte die crossmodale Bedingung zu zusätzlichen bilateralen Aktivierungen im mittleren und superioren frontalen Kortex sowie im anterioren Cingulum und im Thalamus. Die Autoren interpretierten die zusätzliche bilaterale Aktivierung als Ausdruck einer zusätzlichen Top-down-Kontrolle, die beim raschen Wechsel zwischen verschiedenen Reizmodalitäten notwendig ist.

FERNANDES, PACURAR, MOSCOVITCH & GRADY (2006) untersuchten altersbedingte Verän-

derungen der neuronalen Aktivierung während Aufgaben zur fokussierten Aufmerksamkeit sowie Aufmerksamkeitsteilung. Auf der Verhaltensebene zeigten die älteren Teilnehmer generell signifikant schlechtere Erkennungsraten und einen Trend zu langsameren Reaktionszeiten. Auf der neuronalen Ebene zeigten die älteren Teilnehmer im Vergleich zu den jüngeren Teilnehmern eine erhöhte Aktivität im dorsolateralen präfrontalen Kortex während der fokussierten Aufmerksamkeitsaufgabe. Während der Aufgabe zur Aufmerksamkeitsteilung aktivierten die jüngeren Teilnehmer vermehrt Areale des linken inferioren präfrontalen Kortex sowie eine verringerte Aktivität im rechtshemisphärischen Areal des Hippocampus. Bei den älteren Teilnehmern war dieser Effekt abgeschwächt, allerdings zeigten die älteren Teilnehmer unter Aufmerksamkeitsteilung eine erhöhte bilaterale Aktivierung im medialen frontalen Kortex sowie eine höhere Aktivierung im posterioren Neokortex. Die Autoren interpretierten die unterschiedlichen Aktivierungsmuster der jüngeren und älteren Teilnehmer als kompensatorische Strategie der älteren Teilnehmer zur effizienteren Nutzung der altersbedingten veränderten neuronalen Strukturen.

### 4.3.5 Degenerative Erkrankungen im Alter und ihre Bedeutung für das Autofahren

#### 4.3.5.1 Alzheimer-Demenz

Neurodegenerative Erkrankungen spielen vor allem im höheren Lebensalter eine immer größere Rolle. Die am häufigsten auftauchenden neurodegenerativen Erkrankungen im Alter sind die Demenzen. Mit etwa 50-60 % aller Demenzfälle ist die Alzheimer-Demenz (AD) die am weitesten verbreitete Demenzform (MÜNTE, 2009). BICKEL (2000) fand mit Hilfe einer Metaanalyse im Mittel eine Inzidenzrate der Alzheimer-Demenz von 1 % bei den über 65-Jährigen. Die altersspezifischen Raten zeigen einen steilen, annähernd exponentiellen Anstieg beginnend bei durchschnittlich 0,16 % bei den 65- bis 69-Jährigen bis zu 6,73 % bei den über 90-Jährigen (BICKEL, 2000). Die Prävalenz der Alzheimer-Demenz liegt bei unter 1 % in der Altersspanne zwischen 60 und 64 Jahren und nimmt dann exponentiell zu, sodass bei den über 85-Jährigen die Prävalenz der Alzheimer-Demenz zwischen 24 % und 33 % liegt (MÜNTE, 2009). In Anbetracht der zu erwartenden stark anwachsenden älteren Bevölkerung in Deutschland kann davon ausgegangen werden, dass die absoluten Zahlen der an Alzhei-

mer-Demenz Erkrankten von etwa 1,15 Mio. im Jahr 2010 auf über 2,05 Mio. Erkrankte im Jahr 2050 ansteigen werden, was voraussichtlich einen Anteil von etwa 10 % der über 65-Jährigen ausmachen wird (BICKEL, 2000). Angesichts dieser Entwicklung kann in den nächsten Jahren mit einem erheblichen Anstieg (zumindest im Anfangsstadium der Erkrankung befindlicher) demenzkranker Autofahrer gerechnet werden.

Bei der Alzheimer-Demenz kommt es zu charakteristischen neuropathologischen Veränderungen in Form von Amyloidablagerungen und Neurofibrillenbündeln, die zudem ein charakteristisches Ausbreitungsmuster beginnend im Temporallappen und weiter ausbreitend in das basale Vorderhirn aufweisen. Die dazugehörige neuropsychologische Symptomatik beginnt zumeist mit Gedächtnisstörungen. Zusätzlich treten häufig visuo-perzeptuelle Defizite auf, die sich in Schwierigkeiten bei visuellen Diskriminierungsaufgaben, räumlichen Beurteilungsaufgaben und perzeptueller Organisation äußern. Im Bereich der Aufmerksamkeitsfunktionen finden sich häufig Störungen der selektiven und geteilten Aufmerksamkeit sowie bei der Aufmerksamkeitsverschiebung. Zudem kann es zu Beeinträchtigungen exekutiver Funktionen kommen, die sich in Form von Perserverationen und Intrusionen sowie verminderter kognitiver Flexibilität äußern (MÜNTE, 2009).

Trotz der zu erwartenden kognitiven Beeinträchtigungen, die eine Alzheimer-Demenz mit sich bringt, bedeutet dies jedoch nicht, dass jeder Fahrer mit einer Alzheimer-Demenz nicht mehr fahrgerecht ist. Dies gilt insbesondere im Frühstadium der Erkrankung. Im Verlauf der Erkrankung nimmt jedoch das Risiko für einen Unfall beim Autofahren signifikant zu (MAN-SON-HING, MARSHALL, MOLNAR & WILSON, 2007). Genaue Beobachtung und regelmäßige Kontrollen sollten der Festlegung des richtigen Zeitpunktes dienen, den Führerschein abzugeben. LUKAS & NIKOLAUS (2009) empfehlen in ihrer Metaanalyse zusätzlich zu einer ausführlichen Anamnese des Betroffenen und der Angehörigen, dass ein MMSE Score von unter 24 und ein Score im Uhrentest größer als 2 zu weitergehenden Untersuchungen führen sollte. Bei fraglichen oder leichten Demenzformen sollten weitergehende Untersuchungen in Form von neuropsychologischer Diagnostik, Fahrsimulation oder ggf. Fahrverhaltensproben durchgeführt werden. Aufgrund der Progredienz der Erkrankung ist es zudem wichtig, dass regelmäßige Kontrollen der Fahreignung (im

Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) stattfinden.

#### 4.3.5.2 Morbus Parkinson

Eine weitere häufig vorkommende Erkrankung im höheren Lebensalter stellt mit einer Inzidenzrate von etwa 5 bis 20 pro 100.000 Einwohner Morbus Parkinson (MP) dar. Auch bei Morbus Parkinson nehmen die Inzidenzraten mit dem Alter in exponentiellem Maße zu (LEPLOW, 2007). Die Prävalenzrate wird in den westlichen Industrieländern auf etwa 0,3 % der Gesamtbevölkerung geschätzt und auf 3 % bei den über 65-Jährigen (LANG & LOZANO, 1998). Zudem kann man auch bei Morbus Parkinson aufgrund des zu erwartenden Anstiegs der älteren Bevölkerung in Deutschland in den nächsten Jahren mit einer ansteigenden Zahl von an Parkinson erkrankten Autofahrern rechnen.

Bei Morbus Parkinson kann man eine symmetrische Degeneration melaninhaltiger Zellen der Substantia nigra pars compacta (SNpc) beobachten, deren Ursache noch nicht eindeutig geklärt ist. Die selektive Schädigung des dopaminergen Systems führt zu einer Beeinträchtigung der dopaminergen Modulation des Informationsflusses innerhalb des extrapyramidalen Systems. Die Kardinalsymptome des Morbus Parkinson sind Akinese, Rigor und Tremor (FIMM, 2009). Allerdings leidet eine große Zahl der MP-Erkrankten zusätzlich auch schon in frühem Stadium der Erkrankung unter kognitiven Defiziten, wie z. B. Defiziten der allgemeinen kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit, Defiziten der exekutiven Funktionen (u. a. Konzeptwechsel und -beibehaltung, Zeitschätzung), Defiziten des Gedächtnisses und Lernens, Defiziten der Blickmotorik und Aufmerksamkeitsprozesse (FIMM, 2009; UC, RIZZO, SHI, ANDERSON, RODNITZKY & DAWSON, 2005). Neben den motorischen, kognitiven und visuellen Beeinträchtigungen in Morbus Parkinson, die die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) einschränken können, spielt zudem eine exzessive Tagesschläfrigkeit eine große Rolle, die vor allem unter dopaminergem medikamentöser Therapie auftreten und die Erkrankten beim Autofahren plötzlich überkommen kann (COMELLA, 2007; MEINDORFNER, KORNER, MOLLER, STIASNY-KOLSTER, OERTEL & KRUGER, 2005).

In einer Studie zu Mobilität und Unfallgeschehen unter Morbus-Parkinson-Erkrankten wurde gefunden, dass 15 % der befragten Personen mit MP an-

gaben, in den letzten 5 Jahren in einen Unfall verwickelt gewesen zu sein, und 11 % angaben, Unfallverursacher gewesen zu sein (MEINDORFNER et al., 2005). Zudem zeigten Studien, in denen Patienten mit MP in Fahr simulatoren getestet wurden, dass diese im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen mehr Fahrfehler machten (STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & RADSHAW, 2006) und mehr Kollisionen hatten (ZESIEWICZ, CIMINO, MALEK, GARDNER, LEAVERTON, DUNNE et al., 2002). Während Fahrproben wurde zudem beobachtet, dass Patienten mit Morbus Parkinson weniger den toten Winkel überprüften, weniger häufig die Spur wechselten und weniger häufig über die Schulter blickten (GRACE, AMICK, D'ABREU, FESTA, HEINDEL & OTT, 2005). Allerdings wurde auch festgestellt, dass die Mehrzahl der Erkrankten ein sicheres Fahrverhalten aufweist und teilweise von Modifikationen des Autos wie z. B. einem Automatikgetriebe profitiert (SINGH, PENTLAND, HUNTER & PROVAN, 2007). Darüber hinaus scheint es einen Zusammenhang zu geben zwischen der Schwere der physischen Beschwerden, der Reaktionszeit und Erkrankungsdauer und der Fahrtauglichkeit (SINGH et al., 2007). Kongruent mit den Ergebnissen von SINGH et al. (2007) wurde in einer weiteren Studie eine klinische Testbatterie bestehend aus vier klinischen Variablen (Erkrankungsdauer, Kontrastsensitivität, Demenz-Screening, motorische Überprüfung) entwickelt, die mit hoher Genauigkeit die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) von Patienten mit MP vorhersagen konnte (DEVOS, VANDENBERGHE, NIEUWBOER, TANT, BATEN & de WEERDT, 2007).

#### **4.4 Altersbedingte motorische und motorisch-kognitive Veränderungen und ihre Auswirkungen auf das Fahren**

Der altersbedingte Rückgang motorischer Leistungsfähigkeit bedeutet meist auch die Einschränkung der körperlichen Mobilität. Die körperliche Mobilität ist aber eine wichtige Voraussetzung für viele Arten der Verkehrsteilnahme. Den eigenen Pkw nutzen zu können stellt gerade bei verminderter körperlicher Leistungsfähigkeit eine Möglichkeit dar, mobil zu bleiben und weiterhin am gesellschaftlichen Leben teilnehmen zu können. Diese Tatsache widerspricht der Vorstellung, dass Personen, die in ihrer motorischen Leistungsfähigkeit ein-

geschränkt sind, den eigenen Pkw nicht mehr nutzen, sondern auf öffentliche Verkehrsmittel oder das Fahrrad umsteigen oder zu Fuß gehen sollten. Es ist daher wichtig, zwischen den Gefahren durch eingeschränkte Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) und den Vorteilen der Pkw-Nutzung sorgfältig abzuwägen. Dabei können aufgrund der großen interindividuellen Unterschiede in der motorischen Leistungsfähigkeit im Alter Entscheidungen über die Fahreignung nur individuell getroffen und nicht an Altersmittelwerten festgemacht werden. Ältere Menschen sind hinsichtlich ihrer motorischen Leistungsfähigkeit extrem heterogen.

Über die Veränderung der motorischen Leistungsfähigkeit im Alternsgang ist in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von überwiegend Querschnittstudien publiziert worden. Solche Studien sind vor allem im medizinischen Bereich (z. B. SHEPHARD, 1997) oder im Bereich der Sport- und Bewegungswissenschaften (BAUR, BÖS & SINGER, 1994; CONZELMANN, 1997; TITTLBACH, 2002) angesiedelt. Hingegen gibt es kaum Untersuchungen, in denen motorische Leistungsfähigkeit gezielt im Kontext der Verkehrsteilnahme älterer Menschen untersucht wurde. Deshalb soll im Folgenden der Versuch unternommen werden, aufgrund von physiologischen, psychologischen und sportwissenschaftlichen Erkenntnissen Aussagen über die Änderung der altersbegleitenden motorischen Leistungsfähigkeit im Kontext der Verkehrsteilnahme und deren Einfluss auf die Verkehrssicherheit während des Fahrens zu machen.

Ein zentraler Aspekt bei der Darstellung der motorischen Fähigkeiten im Altersverlauf soll auch sein, inwieweit sich der Rückgang motorischer Leistungsfähigkeit auf das kognitive System des Menschen auswirkt und umgekehrt. BALTES (2007) wies darauf hin, dass der alternde Körper nach mehr und mehr Geist verlange, damit er funktionieren könne. Schon alleine das Gleichgewicht zu halten oder vom Tisch aufzustehen erfordert mit zunehmendem Alter immer mehr kognitive Ressourcen. Je mehr Ressourcen für alltägliche Bewegungsabläufe verbraucht werden, desto weniger ist übrig für die eigentlichen geistigen Aktivitäten. Diese neuen Erkenntnisse der Altersforschung, dass Wahrnehmungs-, Aufmerksamkeits- und Gedächtnisprozesse darunter leiden, wenn das kognitive System des älteren Menschen komplexe motorische Aufgaben zu bewältigen hat (z. B. RAPP, KRAMPE & BALTES, 2006), könnten auch eine

zentrale Rolle bei der Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) spielen, werden aber bisher noch nicht berücksichtigt.

Hauptziel der Literatur- und Datenbankenrecherche war, mittels einer übergreifenden Recherche zu analysieren, unter welchen Perspektiven das Thema „Motorische Kompensation in Fahrsituationen bei älteren Fahrern“ erforscht wird.

Für das Erreichen des oben genannten Ziels wurden Recherchen in mehreren Datenbanken durchgeführt. Dabei hat es sich herausgestellt, dass es kaum spezifische Publikationen zum Thema „Motorische Kompensation in Fahrsituationen bei älteren Fahrern“ gibt. Daher wurde die Recherche erweitert, um auch inhaltsnahe Veröffentlichungen finden zu können. Im Wesentlichen wurden 7 hauptsächlich englischsprachige Datenbanken benutzt:

- Academic Search Premier,
- ERIC,
- Medline,
- PsycArticles,
- PsycInfo,
- SocIndex,
- Springer E-Books.

Auf Basis der Recherchen scheinen für das Thema „Motorische Kompensation in Fahrsituationen bei älteren Fahrern“ drei Hauptaspekte relevant zu sein:

1. das Sicherheitsproblem (safety problem),
2. das Alternsproblem (elderly problem),
3. das Gesundheitsproblem (healthy problem).

Die genannten Aspekte sind zwar nicht eindeutig inhaltlich trennbar, aber durch die vorgeschlagene Aufteilung können bestimmte Akzente in den Herangehensweisen an das untersuchte Problem besser illustriert werden. Wie schon oben angemerkt, existieren nur wenige Publikationen, die spezifisch motorische Kompensation und ältere Fahrteilnehmer in einem Zusammenhang untersuchen. Oft finden sich Kombinationen, in denen die Aspekte der Kompensation von motorischen Defiziten zusammen mit den Aspekten der Kompensation von kognitiven Defiziten dargestellt werden.

#### 4.4.1 Sicherheit

Viele Studien, die sich dieser thematischen Gruppe zuordnen lassen, haben vergleichende Analysen durchgeführt, um festzustellen, welcher Art die unterschiedlichen Risikogefahren in Fahrsituationen bei älteren Verkehrsteilnehmern sind und welche Probleme dabei registriert werden könnten. Beispielsweise werden folgende Aspekte bei unterschiedlichen Altersgruppen verglichen: „hazard perception ability“ (HORSWILL, PACHANA, WOOD, MARRINGTON, McWILLIAM & McCULLOUGH, 2009), „driving performance“ (MERAT, ANTTILA & LUOMA, 2005), „speed discrepancies“ (KESKINEN, OTA & KATILA, 1998).

Durch den Prozess des Alterns bei Verkehrsteilnehmern entsteht offensichtlich eine höhere Unfallgefahr. Forscher interessiert dabei die Fragen, ob die Gefahren seitens der Teilnehmer klar wahrgenommen werden und welche Besonderheiten diese Gefahren haben. Studien von ANSTEYA & SMITH (2003), ANSTEYA, WOOD, LORD & WALKER (2005), HORREY, LESCH & GARABET (2009), WALKER, STANTON & YOUNG (2008), FREUND, COLGROVE, PETRAKOS & McLEOD (2008) fokussieren auf „driving performance“, „driving behaviour“, „confidence“, „situation awareness“ bei Fahrern im Allgemeinen und bei älteren Fahrern im Vergleich. LAFONT, LAUMON, HELMER, DARTIGUES & FABRIGOULE (2008) analysieren die „self report car crashes“ und DUKEA, GUEST & BOGGESS (2009) berichten über die „age-related safety“ bei „professional heavy vehicle drivers“.

Ein weiterer Schwerpunkt dieser thematischen Gruppe bezieht sich auf die mögliche Vorhersehbarkeit und Feststellbarkeit des Risikos bei älteren Fahrern und die damit verbundenen Fragen der Einführung eines Altersfahrverbots oder einer Fahrbegrenzung. BALL et al. (2006) formulieren z. B. die Frage, ob „high-risk old drivers“ überhaupt von zuständigen Behörden identifiziert werden könnten. DOBBS (2008) analysiert, mit welchen Problemen die Institutionen im Fall der „aging baby-boomers“ konfrontiert werden. Mehrere Autoren diskutieren über Pro und Kontra der Einführung von Fahrbegrenzungen für ältere Verkehrsteilnehmer und listen die möglichen Kriterien auf. Z. B. berichten FREUND, COLGROVE, BURKE & McLEOD (2008) von „error specific restrictions“, VANCE, ROENKER, CISSELL, EDWARDS, WADLEY & BALL (2006) analysieren „predictors of driving

exposure and avoidance", LANGFORD & KOPPEL (2006a und 2006b) beschreiben die „age-based assessment“. Im Mittelpunkt der Studie von STALVEY & OWSLEY (2003) steht die mögliche Verbesserung der Selbstregulation „among High-Risk Older Drivers“ durch die Teilnahme an bestimmten Programmen.

Es wurde auch erforscht, wie genau das Alter von Fahrern oder das Alter im Zusammenhang mit anderen Faktoren die Auftretenswahrscheinlichkeit der Autounfälle beeinflusst. Unter dieser Perspektive werden folgende Effekte untersucht: „effects of driver aging“ in der Studie von ISLAM & MANNERING (2006), „epidemiology of older driver crashes“ in der Untersuchung von LANGFORD & KOPPEL (2006B) und „at-fault car accidents“ in der Studie von de RAEDT & PONJAERT-KRISTOFFERSEN (2001).

Eine weitere Gruppe von Forschern widmet ihr Interesse der Untersuchung von bestimmten Fehlern, die bei den älteren Autofahrern auftreten, z. B. „Pedal errors“ bei älteren Autofahrern in der Studie von FREUND et al. (2008) oder „left-turn gap acceptance“ in der Studie von XUEDONG, ESSAM & DAHAI (2007).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass derzeit im Kontext von Sicherheit in allen vorgestellten Studien keine klare Trennung zwischen kognitiver und motorischer Kompensation vorgenommen wird. Es ist allerdings deutlich, dass viele kognitive Einschränkungen mit motorischen Einschränkungen einhergehen.

#### 4.4.2 Altersproblem

In dieser thematischen Gruppe werden Studien zusammengefasst, bei denen unter der allgemeinen Perspektive der Lebensspanne auch der Bezug zu den Schlüsselwörtern „Motor Compensation“, „Drivers“, „Older Drivers“ gegeben wird (z. B. MINKLER & FADEM, 2002; STERNS, BARRETT, CZAJA & BARR, 1994). Arbeiten von mehreren Autoren untersuchen verschiedene Aspekte von „Aging“ vor dem Hintergrund der allgemeinen „körperlichen Aktivität“ (MEYER, 2006), „mobility of seniors“ (ALSNH & HENSHER, 2003), „age related differences in learning“ (RICHARDS, BENNETT & SEKULER, 2006), „Neurocognitive Aging and the Compensation Hypothesis“ (REUTER-LORENZ & CAPPELL, 2008). Die Unterschiede im Fahrverhalten bei älteren Verkehrsteilnehmern werden in den

Arbeiten von BORT (2004) und LAURA, DONORFIO, D'AMBROSIO & COUGHLIN (2009) betrachtet.

Mehr zum Thema „motorische Entwicklung“ und „Kompensation“ im Alter findet sich in folgenden Arbeiten: „Age-Related Kinematic Differences“ (KETCHAM, SEIDLER, van GEMMERT & STELMACH, 2002), „Motor control and learning in altered dynamic environments“ (LACKNER & DIZIO, 2005), „Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults“ (ANSTEY et al., 2005) und „Do Resources Facilitate Strategies of Selection, Compensation, and Optimization in Everyday Functioning?“ (LANG, RIECKMANN & BALTES, 2002).

Die Erforschung von älteren Verkehrsteilnehmern und deren Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) wird unter anderem in den Studien von LUNDBERG & HAKAMIES-BLOMQVIST (2003), di STEFANO & MacDONALD (2003), KIM, LI, RICHARDSON & NITZ (1998), LEFRANCOIS & D'AMOURS (1997), KORNER-BITENSKY, KUA, von ZWECK & van BENTHEM (2009), RIMMÖ & HAKAMIES-BLOMQVIST (2002) analysiert. Dabei wird das besondere Augenmerk den folgenden Aspekten geschenkt: „driving tests“, „assessment of old drivers“, „drivers at fault“, „risk factors“, „old drivers retraining“ und „driving limitations“.

#### 4.4.3 Gesundheitsproblem

In diese thematische Gruppe gehören überwiegend die Untersuchungen, die die reinen medizinischen Aspekte des Zusammenhangs zwischen Kompensation und Altern betrachten, z. B. Entwicklung von neuen Methoden für Erforschung von „Aging Brain“ (MINATI, GRISOLI & BRUZZONE, 2007), Analyse von „Biomechanics of Slips and Falls“ (LOCKHART, SMITH & WOLDSTAD, 2005), „Cataract halos“ (BABIZHAYEV, MINASYAN & RICHER, 2009), „Neural compensation“ (FASSBENDER & SCHWEITZER, 2006), „Stability in Perceived Control“ (CHIPPERFIELD, CAMPBELL & PERRY, 2004), „Visuelle und kienästhetische Informationen“ (HENZ, 2009) und „Compensation Strategies“ (ZIEGELMANN & LIPPKE, 2007).

Mehrere Autoren untersuchen unterschiedliche Aspekte von Kompensation nach verschiedenen Verletzungen oder als Resultat der Bewegungsstörungen: muskuläre Adaptation und Kompensation nach „Kreuzbandrekonstruktion bzw. Kreuzband-

verletzung" (KARANIKAS, 2006), im Fall von „thixotropy-dependent changes" (AXELSON & HAGBARTH, 2003), allgemeine Motor-Kompensation: „Motor system recovery: Evidence from animal experiments, human functional imaging and clinical studies" (PLATZ, 2004) und "Motor compensation and recovery for reaching in stroke patients" (ROBY-BRAMI, FEYDY, COMBEAUD, BIRYUKOVA, BUSSEL & LEVIN, 2003).

Eine andere Gruppe von Forschern beleuchtet die Kompensationsmöglichkeiten bei Individuen mit unterschiedlichen Krankheiten: „Motorische Rehabilitation von Patienten mit Hemiparesen" (FREI-VOGEL & HUMMELSHEIM, 2003), „Scale for Rating Motor Compensations" für „Patients With Hemiparesis" (LEVIN, DESROSIERS, BEAUCHEMIN, BERGERON & ROCHETTE, 2004) und Kompensation bei „pre-symptomatic Huntington's disease" (KLÖPPEL, DRAGANSKI, SIEBNER, TABRIZI, WEILLER & FRACKOWIAK, 2009).

Weitere Aspekte von Kompensation wurden zu den Themen „compensatory movements after cerebral ischemia in rats" (KNIELING, METZ, ANTONOW-SCHLORKE & WITTE, 2009), Kompensation bei „Selektion, Optimierung und Kompensation in Doppelaufgaben" (KRAMPE, RAPP, BONDAR & BALTES, 2003) untersucht.

#### 4.4.4 Fazit

Wie die vorangegangene Übersicht zeigt, können in der Entwicklung über die Lebensspanne sehr viele unterschiedliche Einflüsse auf die menschliche Motorik einwirken. Altersbedingte Veränderungen in der motorischen Leistungsfähigkeit wirken sich auf alle Formen der Mobilität aus und Art und Umfang der Einschränkungen bestimmen maßgeblich, wie selbstständig ältere Menschen noch leben können. Beim Versuch, die wichtigsten altersbedingten Einflüsse auf das Verhalten im Straßenverkehr und auf das Führen eines Fahrzeugs zu übertragen, fällt auf, dass motorische Leistungsdefizite eng mit der kognitiven Leistungsfähigkeit verknüpft sind. Diese Zusammenhänge sind bisher aber noch nicht ausreichend untersucht worden. Wie die Literaturübersicht zeigt, spielt die motorische Entwicklung beim gesunden Altern bei allen Studien, in denen Fragen der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) im Alter berührt wurden, immer nur am Rande eine Rolle.

Sowohl aus einer systemtheoretischen als auch aus einer kognitionswissenschaftlichen Perspektive heraus scheint es jedoch naheliegend, dass Motorik und Kognition nicht, wie es üblicherweise gehandhabt wird, unabhängig voneinander betrachtet werden können. Wie oben bereits erwähnt, legen beide Betrachtungsweisen nahe, dass mit abnehmender Zuverlässigkeit der motorischen Systeme immer mehr zentrale Ressourcen eingesetzt werden müssen, um diese Defizite zu kompensieren. Einschränkungen in der Kraftproduktion, der Bewegungsgeschwindigkeit und -genauigkeit, in der präzisen Koordination der Bewegungen sowie in der Beweglichkeit führen zu einer zunehmenden Deautomatisierung und viele sensomotorische Aufgaben, die im frühen und mittleren Erwachsenenalter nahezu unbewusst durchgeführt werden konnten, scheinen immer mehr bewusster Kontrolle zu bedürfen. Tatsächlich gibt es in den letzten 10 Jahren eine Reihe von empirischen Befunden, die dafür sprechen, dass vor allem im höheren Alter sensomotorischen Aufgaben immer mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden muss (für eine Übersicht siehe z. B. HUXHOLD, SCHÄFER & LINDENBERGER, 2009; KRAMPE, RAPP, BONDAR & BALTES, 2003). Insbesondere Gedächtnisexperimente, die im Kontext von Gehen oder dem Halten der Körperbalance (der schwierigsten Koordinationsaufgabe) durchgeführt wurden, legen nahe, dass die schwindende Effizienz der Sensomotorik ältere Menschen dazu zwingt, mehr Aufmerksamkeit auf ihre Bewegungen zu richten als jüngere Menschen (KRAMPE et al., 2003; LI & LINDENBERGER, 2002; LINDENBERGER, MARSISKE & BALTES, 2000). Man hat daher vermutet, dass die Leistungen Älterer insbesondere dann beeinträchtigt sind, wenn sie eine sensomotorische und eine kognitive Aufgabe gleichzeitig verrichten. Um diese Hypothese genauer zu prüfen, wurden daher häufig Doppelaufgabenparadigmen eingesetzt. Viele dieser Studien zeigen, dass ältere Menschen bei der simultanen Bearbeitung sensomotorischer und kognitiver Aufgaben im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen überproportional starke Leistungseinbußen zeigen (z. B. LI & LINDENBERGER, 2002). Offenbar halten Ältere insbesondere in Situationen, in denen das Gleichgewicht bedroht ist, ihre sensomotorischen Fähigkeiten auf Kosten der Leistungen im kognitiven Bereich aufrecht (LI, LINDENBERGER, FREUND & BALTES, 2001). Diese Umverteilung von Ressourcen ist nicht nur von der tatsächlichen Bedrohung des Gleichgewichts abhängig, sondern kann auch durch eine wahrgenommene

Bedrohung ausgelöst werden (BROWN, SLEIK, POLYCH & GAGE, 2002; GAGE, SLEIK, POLYCH, McKENZIE & BROWN, 2003). Die Fähigkeit, Defizite im sensomotorischen Bereich durch kognitive Ressourcen zu kompensieren, erscheint im Alter besonders wichtig, denn gesundheitliche Konsequenzen (beispielsweise durch Stürzen) können bei Älteren schwerwiegend sein.

Es ist zurzeit noch unklar, wie solche Erkenntnisse auf das Führen von Kraftfahrzeugen übertragen werden können, da es hierzu derzeit keine wissenschaftlich validierten Erkenntnisse am Modell des Autofahrens oder gar Feldstudien gibt. Es scheint jedoch naheliegend, dass auch beim Führen eines Kraftfahrzeuges kognitive Ressourcen zur Kompensation von motorischen Leistungsdefiziten eingesetzt werden müssen. Das bedeutet, dass auch beim Autofahren die Kombination von kognitiven Aufgaben und sensomotorischen Aufgaben stark interagierende Doppelaufgabensituationen darstellen können. Je nachdem, wie die vorhandenen Ressourcen noch aufgeteilt werden können, ist zu vermuten, dass entweder beide Bereiche (Kognition und Motorik) in solch einer Situation leiden oder dass durch die Verschiebung von Ressourcen nur die Kognition oder nur die Motorik eingeschränkt ist. In zukünftigen Untersuchungen zu Doppelaufgabensituationen beim Fahren sollten daher Aspekte der Altersmotorik stärker berücksichtigt werden.

Man weiß schon seit längerem, dass körperliche Fitness eng mit der Leistungsfähigkeit kognitiver Systeme zusammenhängt (ANSTEY & SMITH, 1999). SPIRDUSO fand bereits in einer sehr frühen Studie (SPIRDUSO, 1975), dass ältere Sportler bessere kognitive Leistungen zeigten als ihre nicht sporttreibenden Altersgenossen. In einer Längsschnittstudie fanden ROGERS et al. (ROGERS, MEYER & MORTEL, 1990) heraus, dass ältere Personen, die körperlich aktiv waren, geringere altersbedingte kognitive Leistungseinbußen zeigten als körperlich weniger aktive Personen. Viele neuere Interventionsstudien belegen, dass von einer Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit die kognitive Leistungsfähigkeit profitiert (KRAMER, HAHN, COHEN, BANICH, McAULEY, HARRISON & CHASON et al., 1999). Es scheint nahezu liegen, dass Fitnesstraining nicht nur die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf- und Atemsystems verbessert, sondern dass auch das Niveau der restlichen oben beschriebenen motorischen Fähigkeiten gehalten oder sogar erhöht

werden kann. In Bezug auf das Autofahren gibt es jedoch unseres Wissens keine Untersuchungen darüber, welche Trainingsformen besonders geeignet sind, um die für die operationale Ebene motorische Leistungsfähigkeit zu erhalten, und auch nicht, um beispielsweise einer Deautomatisierung von motorischen Fähigkeiten entgegenwirken zu können. Basierend auf den momentan vorhandenen empirischen Zugängen scheint letztendlich das Fähigkeitsniveau in der Sensomotorik darüber zu entscheiden, wie viel Aufmerksamkeit auf die eigenen Bewegungen gerichtet werden muss oder, genereller gesagt, wie viel kognitive Ressourcen für die Kompensation von Leistungsdefiziten in der Sensomotorik aufgewendet werden müssen.

Generell setzt sich immer mehr die Erkenntnis durch, dass vor allem im höheren Alter die sensomotorischen Fähigkeiten auf ein Niveau absinken können, bei dem selbst einfache motorische Aufgaben ein starkes Maß an Aufmerksamkeit erfordern. Es scheint daher dringend erforderlich, dass bei der Fahrdiagnostik eventuelle Ressourcenkonflikte, die durch reduzierte motorischen Fähigkeiten entstehen, erkannt werden können und die diagnostischen Instrumente daher in diese Richtung erweitert werden sollten. Bevor dies jedoch möglich ist, müssen durch entsprechende Grundlagen- und Anwendungsuntersuchungen die fahrrelevanten Grenzen motorischer Leistungsfähigkeit noch genauer erforscht werden. Durch ein besseres Verständnis des Zusammenwirkens von Kognition und Motorik sollte es dann auch möglich sein, je nach der Struktur der Einschränkungen, den Einsatz von technischen Hilfsmitteln (einige Beispiele wurden früher im Text schon dargestellt) empfehlen zu können, um motorische Defizite zu kompensieren und dadurch entweder Ressourcen für kognitive Aufgaben frei zu machen oder das Ausmaß der Ressourcenverschiebung zu vermindern.

#### **4.5 Zusammenfassung: Was bedeuten die Ergebnisse der Grundlagenforschung für die Verkehrssicherheit älterer Fahrer?**

Zunächst muss noch einmal betont werden, dass fast alle der in Kapitel 4 genannten Studien, die kognitive, medizinische oder motorische Leistungsveränderungen älterer Menschen zum Gegenstand haben, auf Laborergebnissen beruhen.

Leider gibt es derzeit erst sehr wenige Studien, die kognitive Veränderungen direkt am Modell des Autofahrens aufzeigen. Trotzdem können viele der im Straßenverkehr bei älteren Kraftfahrern auftretenden Probleme und Schwierigkeiten schlüssig durch die Ergebnisse der Grundlagenforschung erklärt werden.

Die wichtigsten Erkenntnisse der Grundlagenforschung lassen sich so zusammenfassen, dass das kognitive und motorische Leistungsvermögen im Hinblick auf die Fahrbefähigung mit zunehmendem Alter insgesamt abnimmt. Hier sind in Bezug auf das Autofahren vor allem Multitasking-Prozesse zu nennen, die unter Zeitdruck oder in einer Umgebung ausgeführt werden, in der viele (unbekannte) Reize gleichzeitig auf den älteren Menschen einwirken.

Aus medizinischer Sicht verändert sich gleichzeitig auch das Organ Gehirn über die Lebensspanne. Insgesamt nimmt die Hirnmasse (graue und weiße Substanz) über die Lebensspanne ab und die Hohlräume im Gehirn werden gleichzeitig größer. Das gilt besonders für den Frontalkortex, wo funktional viele exekutive Funktionen verortet sind. Mit zunehmendem Alter erhöht sich die jährliche Zunahme der Ventrikelvolumen (vgl. Kapitel 4.3.2). Das Nachlassen bestimmter Leistungen kann auch hier aufgrund der altersbegleitenden physiologischen Veränderungen des Gehirns schlüssig erklärt werden. Hinzu kommen typische altersbegleitende Krankheiten wie z. B. die Alzheimer-Demenz und Morbus Parkinson, die bei einem Teil der älteren Bevölkerung dazu führt, dass das Autofahren irgendwann beendet werden muss, um den Straßenverkehr nicht zu gefährden.

#### **4.5.1 Fehlende diagnostische Instrumente zur Messung der Fahrbefähigung auf Basis von Tests**

Während sich die Bereiche, in denen die Fahrbefähigung noch voll gegeben oder – auf der anderen Seite – gar nicht mehr gegeben ist, diagnostisch gut voneinander trennen lassen, gibt es einen großen grauen Bereich, in dem diese Entscheidung nicht gut getroffen werden kann. Das liegt zum einen daran, dass sich vom kalendarischen Alter nicht auf das Vorhandensein oder nicht Vorhandensein bestimmter Leistungsmerkmale, die für das Autofahren wichtig sind, schließen lässt. Je älter Menschen werden, desto höher ist die interindividuelle Leistungsspanne bei kognitiven Funktionen.

Hier fehlt es derzeit noch an zuverlässigen Messverfahren, die diesen grauen Bereich mit klaren Cut-off-Werten abdecken.

Eine Forschungsfrage, die in diesem Zusammenhang weiterhin dringend geklärt werden sollte, ist die Frage, ob sich bestimmte psychologische oder medizinische Tests finden lassen, mit denen die Fahrbefähigung sicher vorausgesagt werden kann. Dieser Frage widmet sich der zweite, angewandte Teil des Forschungsprojektes (Kapitel 7 und 8). Derzeit ist es praktisch unmöglich, allein auf Basis von Laborergebnissen die Fahrbefähigung vorherzusagen.

Nicht genannt ist bisher der umfassende Bereich „Kompensation und Training“: Denn obwohl, wie es sich im Labor zweifelsfrei belegen lässt, die kognitive, medizinische und motorische Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter abnimmt, stellt die Gruppe der älteren Menschen insgesamt einen unterdurchschnittlich großen Anteil bei Verkehrsunfällen bei Fahrern dar (vgl. auch Kapitel 2.1). Das kann vor allem mit Kompensation erklärt werden, auf die im nächsten Kapitel 5 näher eingegangen wird.

#### **4.5.2 Gestaltung von Verkehrsumgebung und Fahrzeug auf Basis der Grundlagenforschung**

Da sich ältere Menschen durch irrelevante Reize viel leichter ablenken lassen als jüngere Menschen, sollten auf Basis der Erkenntnisse der kognitiven Grundlagenforschung als grundsätzliches Designmerkmal Ablenkreize sowohl in der Verkehrsumwelt als auch im Fahrzeug, so gut es geht, minimiert werden. Ältere Menschen haben im Gegensatz zu jüngeren eher Defizite bei der visuellen Suche, insbesondere bei stark strukturiertem Umfeld, wie es in komplexen Verkehrssituationen oder in komplexen Verkehrsumgebungen gegeben ist. Beim Autofahren könnten diese Suchdefizite dazu führen, dass Zielreize, z. B. in komplexen Verkehrssituationen, nicht rechtzeitig gefunden werden und ältere Fahrer durch den Suchprozess so stark beansprucht werden, dass sie kritische Reaktionen verzögert ausführen oder auch einfach wichtige Reize übersehen bzw. nicht wahrnehmen.

Da sich ältere Menschen in Laboraufgaben länger ablenken lassen als jüngere und auch erst später zur Hauptaufgabe zurückkehren als jüngere, sollte die Verkehrsumgebung so gestaltet werden, dass

relevante Informationen und Reize (z. B. Ampeln) möglichst in einer visuellen Umgebung ohne Distraktoren (Werbung oder andere visuelle Distraktoren in der Verkehrsumgebung) erscheinen und auch sonst klar gegliedert sind.

Ebenso wichtig ist es, diese Bereiche (speziell Kreuzungen) mit Kontrasten und einer Verkehrsführung durch klare Linien auf Abbiegestreifen ganz eindeutig zu gestalten, sodass ältere Fahrer diesen Lenkzügen einfach folgen können.

Im Fahrzeug selbst sollten sekundäre Informationen insgesamt möglichst minimiert werden, damit der ältere Autofahrer nicht von seiner Hauptaufgabe (Fahren) abgelenkt werden kann.

Auch sollten Informationssysteme im Fahrzeug (IVIS) nur dann Informationen weitergeben, wenn nicht gleichzeitig eine schwierige Fahrsituation besteht.

Insgesamt sollten also die Verkehrsumgebung und auch die Fahrzeugausstattung so gestaltet werden, dass sie möglichst einfach und regelmäßig gestaltet sowie gut kontrastiert sind und nicht zu viele Informationen auf einmal enthalten, die sequenziell abgearbeitet werden können.

## 5 Kompensation von Leistungsdefiziten und Verbesserung durch Training

In verschiedenen Studien wurde gezeigt, dass ältere Kraftfahrer ihr Fahrverhalten verändern, um die beschriebenen altersbegleitenden Veränderungen fahrrelevanter sensorischer, kognitiver und motorischer Funktionen zu kompensieren. Eine aktuelle Übersicht zum Thema „Kompensationsstrategien im Alter“ geben ENGELN & SCHLAG (2008).

SCHLAG untersuchte schon 1993, wie sich die Testleistungen bei Sehtests im Labor zwischen jüngeren und älteren Kraftfahrern unterscheiden und ob sich diese Unterschiede auch im Straßenverkehr zeigen. Bei den Labortests zeigte sich mit zunehmendem Alter – wie erwartet – eine Abnahme der Sehschärfe bei Tageslicht, bei Dämmerung und in der Dunkelheit. Bei schwierigen Aufgaben zeigte sich wie erwartet eine Zunahme von Auslass-Fehlern und Reaktionszeit. Die auf Basis der Labortests zu erwartenden Unterschiede zeigten sich bei einer Fahrverhaltensprobe im Straßenverkehr je-

doch nicht in diesem Maße (ebd.). Die im Labor nachgewiesenen Leistungsunterschiede wurden größtenteils durch eine entsprechende Fahrweise der älteren Kraftfahrer kompensiert. Ältere fahren in der Regel z. B. langsamer. Vor Kreuzungen reduzierten sie früher ihre Geschwindigkeit und gestalteten hierdurch ihre Fahrt gleichmäßiger (ebd.). Ähnliche Befunde und Aussagen zu kompensierendem Fahrverhalten finden sich auch in internationalen Studien (z. B. ROSENBLOOM, 1995; CHIPMAN, MacGREGOR, SMILEY & LEE-GOSSELIN, 1992, 1993), in Metatanalysen zu kompensatorischem Verhalten (ENGELN & SCHLAG, 2008) und in Selbstberichten älterer Kraftfahrer (vgl. SOMMER et al., 2004).

Bei einer zusammenfassenden Auswertung der wissenschaftlichen Literatur zum Kompensationsverhalten älterer Kraftfahrer kommt WEINAND schon 1997 zu demselben Schluss, dass in komplexen Situationen, in denen älteren Kraftfahrern die Zeit für angemessene Entscheidungen und Reaktionen oft nicht zur Verfügung steht, ihnen ein Ausgleich der Leistungsminderungen schwerfällt. Dies gilt besonders für 70-jährige und ältere Kraftfahrer.

Bei der Untersuchung der „Testverfahren zur psychometrischen Leistungsprüfung der Fahreignung“ (POSCHADEL, FALKENSTEIN, PAPPACHAN, POLL & WILLMES von HINCKELDEY, 2009), die für die BASt durchgeführt wurde, hat sich zur Frage der Kompensierbarkeit folgender derzeitiger Stand der Wissenschaft ergeben:

Empirische Studien, in denen tatsächlich überprüft wurde, welche Leistungsbereiche in Bezug auf das Autofahren durch welche anderen Leistungsbereiche kompensiert werden können, fehlen derzeit.

Festgelegt werden durch den deutschen Verordnungsgeber derzeit allein die Bereiche, die begutachtet werden sollen und in denen ausreichende Leistungen zum Führen eines Kraftfahrzeuges erwartet werden müssen. Das sind Belastbarkeit, Orientierungsleistung, Konzentrationsleistung, Aufmerksamkeitsleistung und Reaktionsfähigkeit. Zwar werden in den „Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung“ für die Begutachtung von Bewerbern Prozenträge für einzelne Untertests festgelegt, doch welche Tests zu berücksichtigen sind oder wie eine mögliche Kompensierbarkeit bei Unterschreiten der festgelegten Mindestanforderungen genau überprüft werden soll, bleibt offen und wird der Entscheidung des jeweiligen Gutachters

überlassen (FeV, Anlage 5, Abs. 2). Insofern zielt der Ordnungsgeber derzeit auf die Erfahrung des einzelnen Gutachters ab, die sehr variiert und schwer zu quantifizieren und zu spezifizieren ist.

Der derzeitige wissenschaftliche Stand weist jedoch vor allem in die Richtung, dass verlorene verkehrsrelevante Leistungen hauptsächlich durch Training wieder erlangt werden können. Für den Bereich der Multitasking-Fähigkeit konnte dies in Laborstudien für ältere Teilnehmer eindeutig nachgewiesen werden (BHERER, KRAMER, PETERSON, COLCOMBE, ERICKSON, BECIC, 2006).

In der Regel können ältere Kraftfahrer während der normalen Autofahrt Leistungsdefizite kompensieren (beispielsweise durch langsame und vorsichtige allgemeine Fahrweise, siehe auch ENGELN & SCHLAG, 2008). Die Schwierigkeiten entstehen vor allem in nicht vorhersehbaren Situationen, in denen plötzlich flexible Anpassungen und Entscheidungen unter Mehrfachbelastung und Zeitdruck gefordert sind. Hier stoßen ältere Kraftfahrer mit ausgeprägten Defiziten schnell an ihre Grenzen: Deren Leistungspotenzial kann sich schnell erschöpfen und lässt sich in einer schwierigen und komplexen Situation, in der im Millisekundenbereich Entscheidungen getroffen werden müssen, nicht einfach kompensieren. Trotzdem lassen sich einige Aussagen zu Kompensationsmöglichkeiten machen, die in den folgenden Kapiteln aufgezeigt werden.

## 5.1 Grundsätze der Kompensation aus neurophysiologischer Sicht bei gesundem Altern

Immer mehr älteren Menschen, die eine Fahrerlaubnis besitzen, werden diese auch noch aktiv nutzen wollen (vgl. Kapitel 2). Damit wird eine wachsende Bevölkerungsgruppe vermehrt als Kraftfahrer in Erscheinung treten, von denen anzunehmen ist, dass man bei ihnen häufiger auf Leistungsmininderungen trifft als bei Kraftfahrern anderer Altersgruppen. Mit dem Altern gehen jedoch sensorische, kognitive und psychomotorische Veränderungen einher, die auf die im Straßenverkehr benötigten Handlungen einen negativen Einfluss nehmen können (vgl. Kapitel 4 im Detail).

Im Alter ist hauptsächlich die kognitive Domäne „fluide Intelligenz“ beeinträchtigt. Es ist aber wichtig zu betonen, dass nicht alle fluiden Leistungen im

Alter nachlassen; z. B. bleibt die selektive Aufmerksamkeit weitgehend erhalten. Diese im höheren Lebensalter häufiger anzutreffenden Beeinträchtigungen bestimmter fluider kognitiver Funktionen produzieren Verhaltensprobleme auf operationaler Ebene in bestimmten komplizierten Verkehrssituationen, wie man aus der einschlägigen Unfallforschung weiß:

- Einordnen bei Spurwechseln und in Kreuzungssituationen,
- Wende- und Abbiegemanöver,
- Bewältigung von Verkehrskonfliktsituationen,
- Bewältigung von Situationen, die eine Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern notwendig machen.

Andererseits haben Ältere meist größere Kompetenzen als Jüngere in der so genannten kristallinen Intelligenz, welche sich u. a. im größeren Erfahrungsschatz und in der meist höheren Sprach- und Kommunikationskompetenz Älterer zeigt.

Man hat früher angenommen, dass älteren Kraftfahrern die eigenen Leistungsprobleme nicht bewusst seien, dass sie ein positives Selbstbild auch bei objektiver Leistungsverschlechterung aufrechterhalten würden. Inzwischen weiß man, dass bestimmte schwierige Fahraufgaben von den Älteren realistischerweise auch als schwieriger zu bewältigen eingeschätzt werden (z. B. GELAU, METKER & TRÄNKLE, 1992). Unter der Bedingung, dass ältere Kraftfahrer auch weiterhin in ähnlicher Weise aktiv am Straßenverkehr teilnehmen wie jüngere, nehmen sie ihre altersbedingten Defizite auch wahr.

Dies lässt vermuten, dass ältere Menschen Kompensationsprozesse einsetzen, um ihr Fahrverhalten den gegebenen persönlichen Voraussetzungen anzupassen. Kompensation kann auf verschiedenen Ebenen und in verschiedener Korngröße wirksam werden. Zudem können Kompensationsprozesse bewusst organisiert und eingeleitet werden, sie können aber auch unbewusst verlaufen.

Strategien der Kompensation im weitesten Sinne im Alter wurden v. a. von BALTES & BALTES (1990) in ihrem SOK-Modell beschrieben. SOK bedeutet Selektion, Optimierung, Kompensation. Selektion heißt das Anpassen und Auswählen von Zielen, Optimierung heißt die Verbesserung alter und der Erwerb neuer Funktionen und Strategien zur

Zielerreichung und Kompensation der Einsatz von Strategien und unbeeinträchtigter Funktionen zum Ausgleich nachlassender Funktionen. Alle diese Kompensations-Strategien sind allerdings auch mit Kosten verbunden, wovon im Weiteren noch die Rede sein wird.

Eine klassische Studie zur Kompensation Älterer führte SALTHOUSE (1984) durch. Er stellte fest, dass ältere Sekretärinnen (bis 72 Jahre) genauso schnell beim Abschreiben von Texten waren wie junge, obwohl die allgemeine Informationsverarbeitung und Motorik bei den älteren nachweislich verlangsamt waren. Allerdings stellte sich heraus, dass die älteren Sekretärinnen in der Lage waren, parallel zum Schreiben beim Texterfassen weiter voraus zu lesen. Wenn man diese Kompensationsstrategie unterband, wurden die Älteren in der Tat langsamer als die Jüngeren. Es ist leicht einzusehen, dass dieses stärkere Vorauslesen parallel zum Schreiben vermutlich mit den Kosten höherer Anstrengung verbunden ist, wobei Ältere diese nicht immer angeben. Hier sieht man schon die Schwierigkeiten einer rein subjektiven Erfassung von Kompensationsprozessen.

### 5.1.1 Kompensation auf der Makro-Ebene

Kompensation kann zum einen auf der Makro-Ebene ansetzen, wo es eher dem Begriff der Selektion entspricht. Hier werden ganze Handlungsstränge vorab selektiert und andere vermieden. Solche Kompensationsstrategien sind in aller Regel bewusst. Es ist z. B. bekannt, dass die älteren Kraftfahrer ein gutes Fahrtenmanagement betreiben. Das heißt, sie fahren nicht zu Zeiten der Rush-Hour, sie suchen sich Strecken aus, auf denen man angenehmer fahren kann, sie fahren nicht gern lange Strecken, sie fahren weniger und vermeiden Fahrten bei Dunkelheit. Streckenabschnitte mit vorhersagbaren komplexen Verkehrssituationen (große unübersichtliche Kreuzungen) werden eher vermieden. Ältere vermeiden oft auch unbekannte neue Strecken, v. a. bei Dunkelheit und schlechter Sicht. Bekannte Strecken werden in der bekannten Form beibehalten, woraus sich allerdings Nachteile in Form von Schwierigkeiten und Risiken bei Umleitungen und permanenten Streckenumlegungen ergeben können. Nachteile entstehen weiterhin durch den höheren Zeitbedarf bei Ausweichstrecken, die länger sind als die riskantere direkte Strecke, oder durch höhere finanzielle Kosten beim Ausweichen auf öffentliche Verkehrsmittel.

Das heißt insgesamt aber, dass Ältere in taktischer und strategischer Hinsicht eher besser fahren als die Jüngeren, was andererseits mit erhöhtem Aufwand verbunden sein kann.

### 5.1.2 Kompensation auf der Mikro-Ebene

Kompensation auf der Mikro-Ebene ist dadurch gekennzeichnet, dass bestimmte intakte Funktionen oder Strategien eingesetzt werden, um eine durchzuführende Aufgabe zu optimieren, wobei keine Vermeidung stattfindet. Eine solche Kompensation ist meist nicht bewusst, da sie sich auf der Ebene von einzelnen Funktionen und Mikro-Strategien abspielt. Als Beispiel mag ein Versuch von PHILLIPS, KLIEGEL & MARTIN (2006) dienen. Die Autoren ließen junge und ältere Probanden eine typische Planungsaufgabe durchführen. Hierbei waren in einer fiktiven Stadt sechs Aufgaben zu erledigen, wobei Öffnungszeiten und Wegezeiten zu berücksichtigen waren. Die Älteren erledigten diese Aufgabe genauso gut wie die Jüngeren, obwohl sie klare Einbußen in verschiedenen fluiden Intelligenzmaßen zeigten. Allerdings hatten sie bessere Leistungen in der Informationsselektion. Sie waren also anscheinend besser als Jüngere in der Lage, wichtige Information herauszufiltern und/oder unwichtige zu unterdrücken, um die Aufgabe lösen zu können. Ältere können also Defizite bei für die Planung wichtigen fluiden Funktionen durch den verstärkten Einsatz selektiver Aufmerksamkeit kompensieren.

### 5.1.3 Erfassung der Kompensation durch physiologische Maße

Bei reiner Befragung und Leistungsmessung ist es aber oft schwer, Kompensationsprozesse aufzudecken und zu spezifizieren. Beim obigen Beispiel der Untersuchung von PHILLIPS et al. (2006) ist es unklar, ob die Älteren die Kompensation bei der Planungsaufgabe eher durch die verstärkte Beachtung relevanter Information oder durch die verstärkte Unterdrückung irrelevanter Information erreichen oder durch beides. Häufig ist Kompensation gar nicht im Verhalten erfassbar, v. a. wenn sie nur teilweise zu Verhaltensverbesserungen führt. Die Befragung hinsichtlich von Kompensationsmechanismen bringt keine Ergebnisse, wenn die Kompensationsmechanismen nicht bewusst sind. Selbst wenn sie bewusst sind, sind Befragungen immer von Verzerrungen begleitet, v. a. wenn man zwei unterschiedliche Gruppen betrachtet. Kompetente Ältere

oder Leistungssportler neigen zur Dissimulation, d. h. geben z. B. u. U. niedrigere Anstrengung und Einsatz von Ressourcen an, als sie tatsächlich erlebt oder eingesetzt haben.

Daher ist es ein erheblicher Fortschritt, wenn zur Erfassung von Kompensation auf physiologische Maße zurückgegriffen werden kann. In Kombination mit Befindlichkeits- und Verhaltensmessungen wird durch physiologische Parameter eine Messung auf allen drei möglichen Ebenen erreicht.

Geeignete physiologische Maße können z. B. aus der Herzrate, der Hautleitfähigkeit, der Pupillengröße oder der Blinzelaktivität gewonnen werden. Allerdings sind solche Maße eher unspezifisch, können also oft die Art der Kompensation nicht spezifizieren. Sie können aber gleichwohl allgemeine Hinweise über die Höhe der kognitiven oder emotionalen Beanspruchung geben.

Spezifischere Kompensationsschätzungen lassen sich aus der hirnelektrischen Aktivität gewinnen, welche am intakten Schädel als Elektro-Enzephalogramm (EEG) ableitbar ist. Aus dem EEG lässt sich über die Frequenzanalyse ebenfalls auf die allgemeine Höhe der kognitiven Beanspruchung schließen. Beispielsweise ist die Amplitude der so genannten Theta-Aktivität (ca. 4-8 Hz) über dem Frontalkortex ein Indikator für das Ausmaß der kognitiven Beanspruchung (ONTON, DELORME & MAKEIG, 2005), der jedoch ebenfalls eher unspezifisch ist. Spezifischere Kompensationsmaße können aus den so genannten „Ereigniskorrelierten Potenzialen“ (EKP) gewonnen werden. EKP lassen sich aus dem EEG durch Mittelung von kurzen EEG-Abschnitten vor oder nach einem Ereignis (Reiz oder Reaktion) extrahieren. EKP zeigen sich als langsame oder schnelle positive oder negative transiente Potenzialverschiebungen. Einzelne Komponenten des EKP treten zu unterschiedlichen Zeiten vor oder nach einem Ereignis auf und spiegeln einzelne sensorische, kognitive oder zentral-motorische Verarbeitungsprozesse oder kognitive Mechanismen wider.

Die Amplitude einer EKP-Komponente zeigt dabei die Stärke und die Latenz, bezogen auf das Ereignis, das Timing des zugeordneten Prozesses an, während die Verteilung über der Schädeloberfläche (Topografie) Aufschluss über die Quellen des Prozesses im Gehirn gibt. Bild 4 zeigt als Beispiel Komponenten, welche die bewusste und mit Anstrengung verbundene Vorbereitung (CNV) widerspiegeln. Eine Übersicht über die Methodik findet

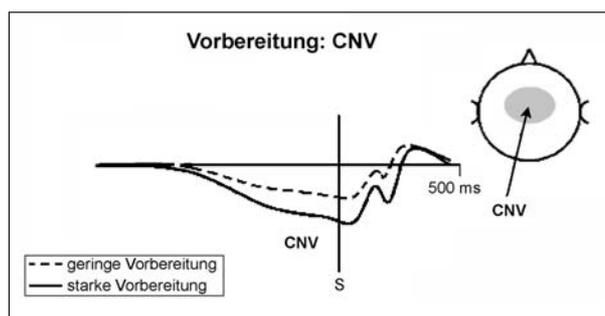


Bild 4: Unterschiedliche Vorbereitung im EKP

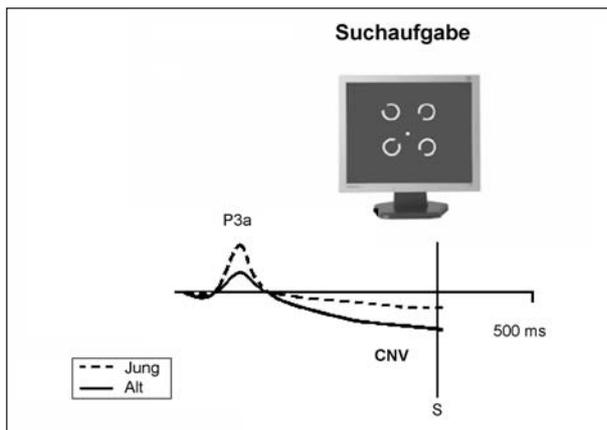
sich in GAJEWSKI, WILD-WALL, HOFFMANN & FALKENSTEIN (2009).

Kompensationsmechanismen auf der Mikro-Ebene lassen sich mit EKP in mannigfacher Weise sichtbar machen und spezifizieren. Hierzu wurde v. a. von der Projektgruppe „Altern und ZNS-Veränderungen“ am Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo) eine Serie von Studien vorgelegt.

YORDANOVA et al. (2004) präsentierten den gesunden älteren (ca. 60-jährigen) und jüngeren Probanden (ca. 25-jährigen) eine Serie von Buchstabenreizen, auf die entweder mit immer der gleichen Taste (Einfachreaktion) oder aber mit einer von vier Tasten (Wahlreaktion) zu reagieren war. In den EKP zeigte sich eine deutliche Intensivierung der Reizverarbeitung bei den Älteren, aber nur bei der Wahlreaktion. Dies zeigt eine stärkere Beachtung der relevanten Reize, wenn ihre Unterscheidung aufgabenrelevant ist, wie bei der Wahlreaktion.

WILD-WALL, HOHNSBEIN & FALKENSTEIN (2007) ließen ältere und jüngere Versuchsteilnehmer eine kognitiv beanspruchende visuelle Suchaufgabe und eine wenig beanspruchende Kontrollaufgabe absolvieren. Bei der Suchaufgabe (Bild 5) mussten die Teilnehmer innerhalb von nur 1,5 Sekunden 4 Symbole durchmustern und entscheiden, ob eines der Symbole ein vorher definierter Zielreiz war, was in der Hälfte der Durchgänge der Fall war. Die Reize folgten in kurzen Zeitabständen, sodass nur wenig Zeit für die Suche war. Bei der Kontrollaufgabe war der mögliche Zielreiz immer an einer bestimmten Position, sodass nicht gesucht werden musste.

Bei den Älteren war die Leistung in der Suchaufgabe schlechter als bei den Jüngeren, d. h., sowohl die Fehlerrate als auch die Reaktionszeit war erhöht. In den EKP zeigte sich bei der Suchaufgabe (aber nicht bei der Kontrollaufgabe) ein früherer Be-

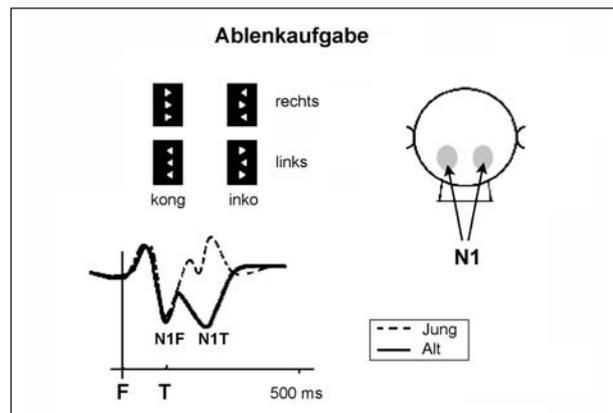


**Bild 5:** P3a-Komponenten bei einer Suchaufgabe

ginn der CNV, welche die bewusste und anstrengende Vorbereitung auf die Aufgabe widerspiegelt (unten in Bild 5).

Darüber hinaus zeigte sich beim Ausschalten der Reize am Ende des vorausgehenden Durchgangs eine deutliche positive EKP-Komponente (P3a), welche bei den Älteren größer war als bei den Jüngeren. Dies zeigt eine bei den Älteren stärkere Hinwendung der Aufmerksamkeit auf diesen Hinweisreiz (welcher ja angibt, dass der nachfolgende neue Reiz in einem bestimmten Zeitabstand folgt). Die EKP-Daten zeigen also zwei kompensatorische Mechanismen bei den Älteren im Vergleich zu den Jüngeren: eine stärkere Hinwendung der Aufmerksamkeit auf einen nützlichen zeitlichen Hinweisreiz und danach eine frühere und stärkere Vorbereitung auf den erwarteten Aufgabendurchgang. Bei der Befragung gaben die Älteren eine höhere subjektiven Beanspruchung und Anstrengung in der Suchaufgabe an als die Jüngeren. Im Verhalten zeigte sich hingegen keinerlei Hinweis auf Kompensation, da die Älteren ja immer noch eine schlechtere Leistung als die Jungen zeigten. Die Kompensation diente den Älteren also dazu, den Leistungsabfall in der Suchaufgabe zu reduzieren. Dieses Beispiel zeigt, dass eine reine Verhaltensbeobachtung die Kompensationsmechanismen nicht unbedingt erkennen lässt. Es zeigt zudem, dass Kompensationsbemühungen mit erheblichen Kosten, hier einer erhöhten Anstrengung, verbunden sein können. Dauerhaft erhöhte Anstrengung kann zu vorzeitiger Ermüdung führen, was wiederum ein Risiko birgt.

In einer weiteren Studie der IfADo-Gruppe (WILDWALL, FALKENSTEIN & HOHNSBEIN, 2008) absolvierten Ältere und Jüngere die so genannten Flankierreiz-Aufgabe (Ablenkaufgabe), bei der zen-



**Bild 6:** EKP-Komponenten bei Ablenkaufgabe

trale Zielreize (Pfeilköpfe) von Ablenkreizen flankiert waren, die etwas früher auftraten und in die gleiche oder in die Gegenrichtung zeigten (oben links in Bild 6). Im letzteren Fall ist die Fehlerrate stets sehr hoch. Überraschenderweise war die Fehlerraten in dieser Bedingung bei den Älteren nur halb so groß wie bei den Jüngeren. In den EKP (s. Bild 6) zeigte sich, dass die älteren Probanden den relevanten Reizanteilen selektiv mehr Aufmerksamkeit widmeten als die jüngeren Probanden (Erhöhung der N1 auf die Zielreize, N1T), während die Ablenkreize bei Älteren und Jüngeren in gleicher Weise verarbeitet wurden (N1F). Bei diesem Versuch konnte also spezifiziert werden, dass die Förderung relevanter Reize, und nicht die Hemmung irrelevanter Reize, bei Älteren gegenüber Jüngeren verstärkt war.

In einer neuen Studie untersuchte die IfADo-Gruppe Leistungen und EKP bei Älteren und Jüngeren in einer fahrähnlichen Doppelaufgabe (Kompensations-Tracking mit einer zusätzlichen visuellen Aufmerksamkeits-Aufgabe, oben in Bild 7), die über längere Zeit durchgeführt werden musste (HAHN, FALKENSTEIN & WILDWALL, 2010). Die Aufmerksamkeit in der Zusatzaufgabe wurde durch Hinweisreize (clues; die Sternchen oben in Bild 7) gesteuert. Die Älteren zeigten stabil eine schlechtere Tracking-Leistung als die Jüngeren, während die Leistung in der Zweitaufgabe sich bei den Älteren zunehmend verbesserte. In den EKP zeigte sich bei den Älteren eine stärkere Aufmerksamkeit auf die clues und ein früherer Beginn der CNV nach den clues (unten links in Bild 7). Zudem vergrößerte sich ihre P3b nach dem Handlungsreiz im Laufe der Aufgabendurchführung (unten rechts in Bild 7). Dies zeigt wie in der früheren Studie die größere Aufmerksamkeit und stärkere Vorbereitung der Älteren, die mit einer Verbesserung der kontrollierten

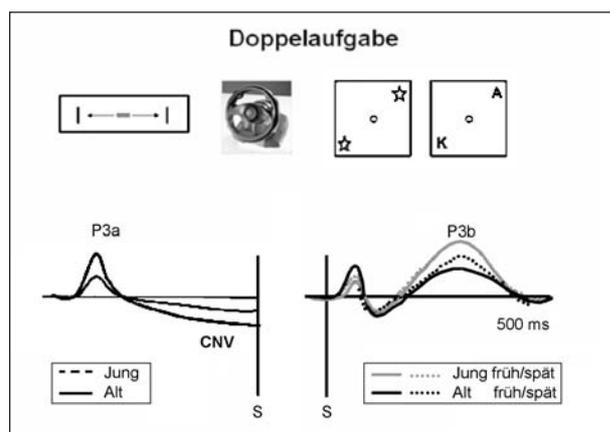


Bild 7: EKP-Komponenten bei Doppelaufgabe

Verarbeitung (Erhöhung der P3b) und damit einer verbesserten Leistung bei längerer Aufgabendurchführung einherging.

Die EKP-Daten zeigen also drei unterschiedliche Kompensationsmechanismen auf der Mikro-Ebene: eine allgemein stärkere oder sogar selektive Wahrnehmung relevanter Reize, eine stärkere Zuordnung von Aufmerksamkeit (Orientierung) zu relevanten Hinweisreizen und eine stärkere und/oder frühere Vorbereitung auf die antizipierte Aufgabe.

Solche Mechanismen werden mit hoher Wahrscheinlichkeit auch in kritischen und schwierigen Fahrsituationen eingesetzt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Ältere vielfältige Kompensationsmechanismen auf der Makroebene (Vermeidung schwieriger Verkehrsknotenpunkte) und auf der Mikroebene (Intensivierung intakter kognitiver Funktionen) einsetzen, um zu versuchen, Defizite in fluiden kognitiven Funktionen zu kompensieren. Die Kompensationen sind in der Regel mit Kosten verbunden, wie erhöhtem Zeitbedarf und erhöhter Anstrengung. Eine wichtige Frage ist, inwieweit insbesondere die kompensatorisch erhöhte Anstrengung Älterer letztlich wieder ein Sicherheitsrisiko birgt, da sie zu vorzeitiger Ermüdung führen kann. Hierzu bedarf es dringend weiterer Forschung.

## 5.2 Erhalt der kognitiven Leistungsfähigkeit durch Training

Die vorausgegangenen Kapitel haben bereits altersbedingte neuropsychologische Defizite älterer Autofahrer beschrieben, die wahrscheinlich Grundlage der altersbegleitenden Leistungsveränderungen

gen beim Autofahren dieser Altersgruppe sind. Allerdings besteht auch Einigkeit darüber, dass ältere Menschen durch ihre längere Erfahrung im Straßenverkehr diese altersbedingten Defizite bis zu einem gewissen Maß kompensieren können (vgl. auch Kapitel 5.1). So konnten Studien zeigen, dass ein Großteil der älteren Bevölkerung bis zu einem bestimmten Punkt in der Lage ist, ihre kognitiven, sensorischen und physischen Defizite durch Anpassen ihrer Fahrweise auszugleichen (de RAEDT & PONJAERT-KRISTOFFERSEN, 2000). Allerdings sprechen andere Studien auch dafür, dass bei einem bedeutenden Teil der älteren Autofahrer eine strategische und taktische Anpassungsleistung allein trotzdem nicht ausreicht, altersbedingte kognitive Defizite genügend zu kompensieren (ROSS, CLAY, EDWARDS, BALL, WADLEY, VANCE et al., 2009).

Mobilität ist assoziiert mit Unabhängigkeit, Autonomie und Lebensqualität und spielt in der heutigen modernen Gesellschaft eine immer größere Rolle (KAPLAN, 1995). Vor allem in den weiterentwickelten Ländern wie Deutschland hängt Mobilität stark mit dem Führen des eigenen Pkw zusammen. Wie bereits erwähnt, zeigen neuere Studien ja auch die wachsende Bedeutung des Pkw für die Mobilität der älter werdenden Bevölkerung (INFAS & DLR, 2010). Zudem ist es insbesondere in den ländlicheren Gebieten auch unwahrscheinlich, dass öffentliche Verkehrsmittel die Funktion des eigenen Pkw vollständig übernehmen können (ROSENBLOOM, 2001). DICKERSON, MOLNAR, EBY, ADLER, BEDARD, BERG-WEGER et al. (2007) fanden in ihrer Metaanalyse, dass für ältere Menschen Mobilität für das Fortbestehen der Anteilnahme am gesellschaftlichen und sozialen Leben sowie den Erhalt des Wohlbefindens und der Lebensqualität essenziell ist. Die Aufgabe des Führerscheins führt bei Senioren überdies zu einer Verschlechterung depressiver Symptome (FONDA, WALLACE & HERZOG, 2001) und Verringerung von Aktivitäten außer Haus (MAROTTOLI, de LEON, GLASS, WILLIAMS, COONEY, BERKMAN, 2000). Aus diesen Ergebnissen wird ersichtlich, dass der Erhalt der Mobilität für ein gesundes Altern einen bedeutenden Baustein darstellt.

Aus diesem Grund wird seit einigen Jahren vermehrt in den Bereichen zur Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung kognitiver Funktionen bzw. Verlangsamung des kognitiven Abbaus im Alter geforscht (LUSTIG, SHAH, SEIDLER & REUTERLORENZ, 2009). Hierbei können verschiedene

Trainingsmethoden unterschieden werden, auf die im Weiteren ausführlicher eingegangen wird.

### **5.2.1 Allgemeine Ansätze zur Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit im Alter**

#### **5.2.1.1 Strategisches Training**

Strategisches Training fokussiert auf Aufgaben, die im Alter nicht mehr gut bewältigt werden können, und versucht durch Anlernen von spezifischen kompensatorischen Techniken, diese Defizite auszugleichen. In den meisten Trainingsstudien, in denen der strategische Ansatz verwendet wurde, wurde das Ziel verfolgt, die Gedächtnisleistung zu verbessern (REBOK, CARLSON & LANGBAURN, 2007; VERHAEGHEN, MARCOEN & GOOSSENS, 1992). In diesen Studien wurden konsistent gute Effekte für die trainierte Aufgabe gefunden, jedoch kaum Transfereffekte auf andere Aufgaben (REBOK et al., 2007), wobei relativ jüngere Personen größere Erfolge verzeichnen konnten als ältere Personen (VERHAEGHEN et al., 1992).

Neben Studien, in denen durch strategisches Training die Gedächtnisleistung verbessert werden sollte, wurde in anderen Studien versucht, schlussfolgerndes Denken und Problemlösestrategien bei älteren Personen zu verbessern (LABOUVIEVIEF & GONDA, 1976; BORON, TURIANO, WILLIS & SCHAIE, 2007; SCHAIE & WILLIS, 1986; WILLIS & NESSELROADE, 1990). Auch in diesen Studien konnte gezeigt werden, dass strategisches Training die Fähigkeit zu schlussfolgerndem Denken und Problemlösen verbessern kann und dass dieser Effekt auch 7 Jahre nach dem Training noch nachzuweisen war (SCHAIE & WILLIS, 1986). Allerdings führte auch dieses Training nicht zu Transfereffekten.

In einer jüngeren Studie wurden Effekte eines Trainingsprogramms bei älteren gesunden Teilnehmern untersucht, das ursprünglich für hirngeschädigte Patienten zur Verbesserung exekutiver Funktionen entwickelt wurde (van HOOREN, VALENTIJJN, BOSMA, PONDS, van BOXTEL, LEVINE et al., 2007). Das Training bestand aus 12 Sitzungen, in denen Strategien erklärt und geübt wurden, um risikoreiche Verhaltensweisen im Alltag zu identifizieren, dieses Verhalten zu stoppen und neue Problemlösestrategien mit Hilfe von Teilzielen zu erarbeiten. Im Vergleich zu der Kontrollgruppe berichteten die Trainingsteilnehmer, sich im Alltag weniger

von ihren kognitiven Defiziten gestört zu fühlen, von verbesserten Fähigkeiten, mit diesen Defiziten umzugehen, und dadurch verringerter Angst im Alltag.

In der ACTIVE-Studie (Advanced Cognitive Training for Independent and Vital Elderly) werden verschiedene Trainingsansätze zur Verbesserung der kognitiven Fähigkeiten im Alter verglichen (BALL, BERCH, HELMERS, JOBE, LEVECK, MARSISKE et al., 2002). Neben der Kontrollgruppe beinhaltete die Studie eine Gruppe, in der ein kognitives Funktionstraining der Verarbeitungsgeschwindigkeit durchgeführt wurde, und zwei Gruppen, die ein strategisches Training erhielten (Gedächtnistraining bzw. Training des schlussfolgernden Denkens). Alle Trainingsgruppen erhielten 10 Sitzungen. Beide Gruppen, die das strategische Training erhielten, verbesserten die gelernten Fähigkeiten und zeigten auch 5 Jahre nach dem Training noch bessere Leistungen in den erlernten Aufgaben im Vergleich zu der Kontrollgruppe. Bemerkenswerterweise schnitten die Teilnehmer, die das strategische Training zur Verbesserung im schlussfolgernden Denken erhalten hatten, auch in anderen Aufgaben des Alltags nach 5 Jahren besser ab als die Kontrollgruppe, während die Gruppe, die das Gedächtnistraining erhalten hatte, nicht solche Transfereffekte zeigen konnte. Allerdings zeigte die Gruppe, die das Training der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit erhielt, die besten Effekte sowie Transferleistungen bzgl. der Leistungsfähigkeit in kognitiven Aufgaben.

#### **5.2.1.2 Multimodale Ansätze**

Multimodale Ansätze sind gekennzeichnet durch ein breiteres und komplexeres Vorgehen, das häufig auf eine veränderte Lebensführung abzielt, und wurden u. a. als Reaktion auf die geringen Transfereffekte des o. g. strategischen Trainings entwickelt. Ein multimodaler Trainingsansatz wurde kürzlich von STUSS, WINOCUR et al. entwickelt (CRAIK, WINOCUR, PALMER, BINNS, EDWARDS, BRIDGES et al., 2007; STUSS, ROBERTSON, CRAIK, LEVINE, ALEXANDER, BLACK et al., 2007; WINOCUR, PALMER, DAWSON, BINNS, BRIDGES & STUSS, 2007), die ein 4-wöchiges Training anboten, das aus 3 Modulen bestand: 2 strategische Trainings (Gedächtnistraining und Problemlösetraining) sowie eine psychosoziale Intervention zur Erhöhung des Selbstwirksamkeitserlebens. Dieses multimodale Training führte zu einer Verbesserung in simulierten, alltags-

nah gestalteten Aufgaben, subjektiver Verbesserung exekutiver und Gedächtnisfunktionen sowie allgemeiner besseren Befindlichkeit. Die Autoren schlossen aus diesen Ergebnissen, dass ein kombiniertes Training aus strategischen Trainingselementen und psychosozialer Intervention zu deutlich besseren Ergebnissen führt als strategisches Training allein.

Ein weiterer multimodaler Ansatz ist der Einsatz von Video-Spielen, um verschiedenste Funktionen gleichzeitig zu trainieren. Eine kürzlich erschienene Studie konnte zeigen, dass 23,5 Stunden Training mit einem Echtzeit-Strategie-Videospiel nicht nur die Leistung im Videospiel allein verbesserte, sondern darüber hinaus im Vergleich mit einer Kontrollgruppe zu deutlich besseren Leistungen in Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis, Aufgabenwechsel, visuellem Kurzzeitgedächtnis und schlussfolgerndem Denken führte (BASAK, BOOT, VOSS & KRAMER, 2008).

Weitere multimodale Trainingsansätze setzen eher auf ein Erlernen neuer kognitiver, physischer, und/oder sozialer Aktivitäten. So boten TRANTER & KOUTSTAAL (2008) älteren Studienteilnehmern eine Auswahl verschiedenster stimulierender Aktivitäten für zu Hause (Puzzles, kreatives Zeichnen oder Malen) oder in einem für diese Studie zu Verfügung gestellten Büro an (Spielen mit Murmelbahnen oder intellektuellen Brettspielen) und fanden nach dem Training eine deutliche Erhöhung der fluiden Intelligenz der Teilnehmer.

Teilnehmer multimodaler Trainingsstudien scheinen demnach auch insgesamt von diesem Training zu profitieren. Aus wissenschaftlicher Sicht sind diese Ansätze jedoch eher unbefriedigend, da aufgrund der Interventionsvielfalt und schwierig messbaren Interventionen oftmals nicht nachzuvollziehen ist, welche Veränderungen auf welche Intervention zurückzuführen sind.

### 5.2.1.3 Kardiovaskuläres Training

Kardiovaskuläres Training kann als ein spezielles multimodales Training gesehen werden, das durch Steigerung der körperlichen Fitness eine verbesserte kognitive Leistungsfähigkeit anstrebt. Basierend auf Ergebnissen mit Tierversuchen, die zeigen konnten, dass kardiovaskuläres Training zu einer Erhöhung der Neurogenese und Angiogenese im Gehirn führt (van PRAAG, SHUBERT, ZHAO & GAGE, 2005; SWAIN, HARRIS, WIENER, DUTKA,

MORRIS, THEIEN et al., 2003), geht man davon aus, dass ähnliche Mechanismen auch auf den Menschen zutreffen.

Querschnitt- aber auch Längsschnittstudien konnten bereits zeigen, dass kardiovaskuläres Training auch beim Menschen zur Verbesserung kognitiver Funktionen führt (ETNIER & LANDERS, 1997; COLCOMBE & KRAMER, 2003). Dabei kamen COLCOMBE & KRAMER (2003) in ihrer Metaanalyse zu dem Ergebnis, dass ältere Personen besonders in Bezug auf exekutive Funktionen vom kardiovaskulären Training profitieren. Sensumotorische Fähigkeiten scheinen dabei hingegen nur begrenzt durch dieses Training verbessert werden zu können. So fanden MELZER, MARX & KURZ (2009), dass ältere Personen, die kardiovaskuläres Training absolvierten, zwar eine bessere Balance als ihre physisch inaktiven Altersgenossen aufwiesen, sich diese Überlegenheit jedoch nur unter einfachen Bedingungen zeigte und unter Dual-task-Bedingungen nicht mehr nachgewiesen werden konnte.

### 5.2.1.4 Training spezifischer kognitiver Funktionen

Das Training spezifischer kognitiver Funktionen stellt den vierten Ansatz dar, die altersbedingten kognitiven Defizite zu verringern. Dieser Ansatz basiert auf der Theorie, dass das Training einer spezifischen Funktion, wie z. B. der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit, assoziierte neuronale Areale aktiviert und effizienter nutzbar macht, sodass größere Transfereffekte zu erwarten sind.

Eine der ersten Studien, die diesen Ansatz verfolgten, hatte zum Ziel, die kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit und Aufmerksamkeitsspanne zu verbessern (BALL et al., 1988). Tatsächlich konnten die Teilnehmer dieser Studie nicht nur ihr Blickfeld erweitern, sondern auch deutlich schneller als vor dem Training die Zielreize auffinden. Die Autoren der bereits o. g. ACTIVE-Studie (BALL et al., 2002) fanden, dass das von BALL, BEARD, ROENKER, MILLER & GRIGGS (1988) entwickelte Training zur Verbesserung der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit den größten Erfolg in Bezug auf subjektiv empfundenes Funktionieren im Alltag, aber auch objektiv gemessenes kognitives Leistungsvermögen zeigte.

Eine Reihe weiterer Studien untersuchte die Auswirkungen kognitiven Trainings auf exekutive Funk-

tionen wie z. B. Mehrfachfähigkeit und Aufgabenwechsel (McDOWD, 1986; GREENWOOD & PARASURAMAN, 1991; KRAMER, LARISH & STRAYER, 1995; KARBACH & KRAY, 2009). Bereits frühe Studien zu Effekten von Mehrfachfähigkeitstraining konnten belegen, dass Training den überproportionalen Anstieg der Reaktionszeiten älterer Personen bei multimodalen Tätigkeiten im Vergleich zu unimodalen Tätigkeiten verringern konnte (McDOWD, 1986; GREENWOOD & PARASURAMA, 1991). Allerdings wurde in diesen Studien nicht untersucht, ob dieses Training auch Transfereffekte auf andere Aufgaben hervorrufen kann. KRAMER et al. (1995) konnten allerdings etwas später zeigen, dass die gesteigerte Leistungsfähigkeit des Trainings von Multi-tasking-Aufgaben positiv mit Aufgaben anderweitiger Multi-tasking-Anforderungen korrelierte.

Eine jüngere Studie fand darüber hinaus, dass das Multi-tasking-Training nicht nur die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsteilung in anderen als der trainierten Aufgabe verbesserte, sondern zudem positiv mit der Leistungsfähigkeit anderer Funktionen wie Inhibitionsfähigkeit, Arbeitsgedächtnis und fluider Intelligenz korrelierte (KARBACH & KRAY, 2009).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass das Training kognitiver Funktionen nicht nur die jeweils trainierte Funktion in verschiedensten Aufgabenausführungen verbessern, sondern zudem Transfereffekte auf weitere kognitive Funktionen zeigen kann. Insofern ist die beste Kompensationsstrategie für verlorene (oder reduzierte) Fähigkeiten bei älteren Menschen, diese Funktionen durch ein gezieltes Training wieder zu reaktivieren bzw. durch ein kardiovaskuläres Training allgemeine kognitive Funktionen wieder zu stärken.

## **5.2.2 Trainingsinduzierte neuronale strukturelle und funktionale Veränderungen bei Älteren**

### **5.2.2.1 Trainingsinduzierte neuronale strukturelle Veränderungen**

Konsistent mit den Ergebnissen, dass Experten auf bestimmten Gebieten ein größeres Volumen der Hirnareale aufweisen, die mit der jeweiligen Expertise assoziiert sind (GASER & SCHLAUG, 2003; MAGUIRE, SPIERS, GOOD, HARTLEY, FRACKOWIAK & BURGESS, 2003), geht man davon aus, dass auch kognitives, kardiovaskuläres oder sensumotorisches Training ebenfalls zu einem Zugewinn von Hirnmasse führen kann.

Eine Feldstudie kam z. B. zu dem Ergebnis, dass Personen, die mindestens seit drei Jahren meditierten, signifikant weniger altersbedingte Hirnatrophie im Putamen aufwiesen als ihre Altersgenossen, die nicht meditierten (PAGNONI & CEKIC, 2007). Zudem gab es einen Trend, dass die Teilnehmer, die meditierten, eine geringere Hirnatrophie der gesamten Hirnmasse zeigten. Darüber hinaus korrelierte für die Teilnehmer der Studie, die nicht meditierten, die Leistungsfähigkeit der Vigilanz negativ mit dem Alter, während die Leistungsfähigkeit für die Teilnehmer, die meditierten, konstant blieb.

In einer experimentellen Studie (BOYKE, DRIEMEYER, GASER, BUECHEL & MAY, 2008) wurden die Teilnehmer entweder einer Jonglier-Gruppe oder einer Kontrollgruppe zugewiesen. Die graue Substanz ihrer Gehirne wurde vor dem 3-monatigen Jonglier-Training, direkt nach den 3 Monaten Training und 3 Monate nach Abschluss des Trainings mit Hilfe eines MRT vermessen. Die Teilnehmer, die in der Lage waren, ihre Leistungsfähigkeit durch das Training im Jonglieren zu verbessern, zeigten signifikanten Zuwachs von Hirnmasse im medialen Temporallappen, der u. a. an der visuellen Verarbeitung von Bewegungen beteiligt ist. Dieser strukturelle Zugewinn im medialen Temporallappen ging jedoch ohne Training wieder zurück.

Auch in Studien, die kardiovaskuläres Training anboten, konnten strukturelle Veränderungen beobachtet werden. COLCOMBE, ERICKSON, SCALF, KIM, PRAKASH, McAULEY et al. (2006) teilten sowohl jüngere als auch ältere Teilnehmer der Studie per Zufall in eine kardiovaskuläre Trainingsgruppe oder eine Dehnungs- und Krafttrainingsgruppe ein. Zusätzlich zum Training wurden sowohl die weiße als auch die graue Substanz vor und nach dem Training vermessen. Während die jüngeren Teilnehmer (möglicherweise aufgrund eines Deckeneffektes) keine strukturellen Veränderungen zeigten, wurde bei den älteren Teilnehmern, die das kardiovaskuläre Training absolvierten, ein signifikanter Zuwachs der anterioren weißen Substanz sowie der grauer Substanz im inferioren Frontallappen, anterioren cingulären Kortex und superioren Temporallappen gefunden. Zwar wurden in dieser Studie keine neuropsychologischen Verfahren zur Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit eingesetzt, allerdings ist der neuronale Zugewinn, der in dieser Studie gemessen wurde, konsistent mit den Ergebnissen, dass kardiovaskuläres Training zu verbesserten exekutiven Leistungen führt,

die wiederum mit neuronalen Aktivitäten der frontalen Hirnareale assoziiert werden. Die Teilnehmer, die das Dehnungs- und Krafttraining absolvierten, zeigten hingegen keine neuronalen strukturellen Veränderungen.

Zusammenfassend lassen die Ergebnisse dieser Studien vermuten, dass auch das Gehirn älterer Personen noch in der Lage ist, auf Anforderungen mit entsprechenden strukturellen Veränderungen zu reagieren und auch im höheren Lebensalter noch plastisch ist. Die Studie von BOYKE et al. (2008) deutet jedoch darauf hin, dass zum Erhalt des neuronalen Zugewinns das Training aufrechterhalten werden muss.

### 5.2.2.2 Trainingsinduzierte Veränderungen neuronaler Aktivität

DOYON und Kollegen haben in den letzten Jahren ein theoretisches Modell vorgeschlagen, um die Dynamik cerebraler Veränderungen während der verschiedenen Trainingsphasen motorischer Abläufe zu beschreiben (DOYON & BENALI, 2005; DOYON, PENHUNE & UNGERLEIDER, 2003). Dieses Modell geht davon aus, dass Lernen mit einer schnellen frühen Lernphase beginnt, gefolgt von einer langsameren Übergangsphase, Konsolidierungsphase, Automatisierung und Verfestigung. Weiter gehen DOYON und Kollegen davon aus, dass in der frühen Lernphase sowohl das kortiko-striatale als auch das kortiko-zerebelläre System zusammen mit präfrontalen und parietalen Arealen aktiviert werden. Während des Übergangs der Frühphase des Lernens zur länger andauernden Übergangsphase kann man zwischen dem kortiko-zerebellären System, das für sensormotorische Kontrolle verantwortlich ist, und dem kortiko-striatalen System zur Kontrolle der motorischen Bewegungsabläufe unterscheiden. Die beiden Anfangslernphasen sind demnach gekennzeichnet von erhöhten Aktivitäten in den entsprechenden Hirnarealen, wohingegen die weiteren Phasen (Automatisierung und Verfestigung) wiederum durch eine verringerte, aber dafür effizientere neuronale Aktivierung gekennzeichnet sind.

Es wird vermutet, dass kognitive Interventionen neuronale Strukturen und Aktivität auf ähnliche Weise beeinflussen können (LUSTIG et al., 2009). Allerdings werden vor allem in den späteren Phasen des Trainings vermutlich andere neuronale Muster angesprochen als bei den rein motorischen Aufgaben. Dennoch geht man auch hier davon aus,

dass zu Beginn eines Trainings zunächst die präfrontalen und parietalen Areale aktiviert werden, vor allem wenn das Training dazu dienen soll, Aufgaben vermehrt kontrolliert auszuführen. In einer späteren Phase des Trainings, wenn es zu einer effizienteren neuronalen Verarbeitung der Informationen sowie vermehrten Automatisierung der Aufgabe kommt, lassen die zunächst verstärkten Aktivitäten in den präfrontalen und parietalen Arealen aufgrund des erniedrigten Kontrollbedarfs vermutlich nach und es zeigen sich in anderen für die Aufgabe ebenfalls relevanten Arealen sowohl Erhöhungen, aber auch Erniedrigungen der neuronalen Aktivität.

Eine der ersten Studien, die neuropsychologische Tests mit bildgebenden Verfahren zur Erforschung trainingsinduzierter Veränderungen bei älteren Personen kombinierten, wurde von NYBERG, SANDBLOM, JONES, NEELY, PETERSSON, INGVAR et al. (2003) durchgeführt. In dieser Studie wurde allerdings nur ein sehr kurzes Gedächtnistraining (Loci-Methode) durchgeführt. Die Teilnehmer hörten zunächst während einer PET-Scan-Sitzung 18 Wörter, von denen sie nach nur einem Lernvorgang so viele Wörter wie möglich wiederholen mussten. Danach wurden die Teilnehmer mit der Loci-Methode vertraut gemacht und wiederholten das Wortlistentraining. Während der Trainingsphase zeigten die jüngeren und älteren Teilnehmer ähnliche neuronale Aktivitäten in frontalen, parietalen und medialen temporalen Arealen. Allerdings profitierten die älteren Teilnehmer weniger vom Training als die jüngeren Teilnehmer. Dabei zeigten auch nur die Teilnehmer, die vom Training profitierten, erhöhte okzipito-temporale Aktivierungen, die von den Autoren als Hinweis auf eine erfolgreiche Verwendung der Loci-Methode interpretiert wurden. Zudem zeigten nur die jüngeren Teilnehmer eine signifikante trainingsinduzierte Erhöhung neuronaler Aktivierung des linken präfrontalen Kortex, sodass die Autoren vermuten, dass der schwächere behaviorale Trainingseffekt der älteren Teilnehmer auf die verringerte Aktivierbarkeit dieser Areale zurückgeht.

In einer anderen Multi-tasking-Trainingsstudie zeigten die älteren Teilnehmer vor dem Training höhere bilaterale dorsale präfrontale Aktivität als die jüngeren Teilnehmer und weniger ventrale präfrontale linksseitige Aktivität (ERICKSON, COLCOMBE, WADHWA, BHERER, PETERSON, SCALF et al., 2007). Beide Gruppen (die jüngeren und älteren Teilnehmer) profitierten ähnlich gut vom Training, zeigten aber unterschiedliche Veränderungen der neuronalen Aktivitäten. Bei den älteren Teilnehmern

erhöhte sich die linke ventrale präfrontale Aktivität auf ein Niveau, das bei den jüngeren Probanden bereits vor dem Training gefunden wurde. Beide Gruppen zeigten trainingsinduzierte verringerte Aktivität im rechten ventralen präfrontalen Kortex, was die Autoren als eine effizientere Nutzung der neuronalen Strukturen deuteten. Für die bereits vor dem Training beobachteten präfrontalen dorsalen Aktivitäten wurde eine Crossover-Interaktion gefunden: Während die jüngeren Teilnehmer trainingsinduzierte erhöhte Aktivitäten aufwiesen, zeigten die älteren Teilnehmer trainingsinduzierte verringerte Aktivitäten. Die Autoren spekulieren, dass dieser Effekt eine verbesserte kognitive Kontrolle der älteren Teilnehmer durch effizientere Nutzung dieser Areale reflektiert, bei den jüngeren Teilnehmern hingegen eine intensivere Nutzung dieser Strategien.

Die Studien zeigen, dass auch ältere Personen noch in der Lage sind, flexibel auf neue Anforderungen zu reagieren, und dass überdies die Plastizität des Gehirns auch im höheren Lebensalter noch gegeben ist, sodass trainingsinduzierte neuronale Veränderungen sichtbar gemacht werden können.

### **5.2.3 Fahrrelevante Kompensations- und Trainingsmöglichkeiten älterer Autofahrer**

#### **5.2.3.1 Strategische und taktische Kompensationsmöglichkeiten**

In einer Studie von de RAEDT & PONJAERT-KRISTOFFERSEN (2000) wurde untersucht, ob strategische und taktische Kompensationsstrategien älterer Autofahrer zu einem verminderten Unfallrisiko führen. Angelehnt an MICHONs Modell des Fahrverhaltens (MICHON, 1985), definieren die Autoren strategische Kompensation als Vorbereitungen, die vor dem Fahrtantritt ausgeübt werden (den Zeitpunkt der Fahrt günstig festlegen, vor der Fahrt die Route planen, die Witterungsbedingungen mit einbeziehen etc.), und taktische Kompensation als Reagieren während der Fahrt (z. B. Geschwindigkeitsanpassung, vorausschauendes Fahren). In ihrer Studie nahmen 84 ältere Personen zwischen 65 und 96 Jahren teil. Die Teilnehmer füllten zunächst Fragebögen zu selbst verschuldeten Unfällen in den vorausgegangenen 12 Monaten, Fragen zu Fahrtvorbereitungen (strategische Kompensation) sowie zur Einsichtsfähigkeit problematischer Fahrsituationen aus. Zudem wurde die Planungs-

fähigkeit mit Hilfe eines neuropsychologischen Testverfahrens überprüft. Während einer Fahrverhaltensbeobachtung wurden zudem taktisches Kompensationsverhalten sowie Fahrverhalten anhand festgelegter Kriterien überprüft und mit „schlecht“, „durchschnittlich“ oder „gut“ bewertet. Die schlechten Fahrer schienen in der Lage, Unfälle durch strategische und taktische Kompensationsstrategien zu vermeiden. Diese berichteten zudem über die meisten strategischen Kompensationsversuche, während die durchschnittlichen und guten Fahrer über sehr wenige strategische Kompensationsversuche berichteten. Insgesamt korrelierten höhere Werte der strategischen Kompensationsversuche negativ mit der Anzahl der selbst verschuldeten Unfälle, was den Nutzen dieser Taktik unterstreicht. Anders als mit den strategischen Kompensationsversuchen sah es mit den taktischen Kompensationsstrategien aus. Hier schnitten die schlechten Fahrer im Vergleich zu den durchschnittlichen und guten Fahrern deutlich schlechter ab. Zudem zeigten die schlechten Fahrer, die in den vorausgegangenen 12 Monaten über mehr selbst verschuldete Unfälle berichteten, signifikant weniger taktische Kompensationsversuche als die schlechten Fahrer, die über keinen selbst verschuldeten Unfall in den vorausgegangenen 12 Monaten berichteten.

Dieses Ergebnis zeigt zum einen, dass schlechtere Fahrer weniger Gebrauch von taktischen Kompensationsmöglichkeiten machen, der Gebrauch dieser jedoch, wie auch bei den durchschnittlich guten und guten Fahrern, zu deutlich weniger Unfallrisiko führt. Zudem ergab sich ein (wenn auch schwacher) Zusammenhang zwischen Planungsfähigkeit und taktischer Kompensationsleistung, während die Einsichtsfähigkeit mit keinem der Werte korrelierte.

ROMOSER & FISHER (2009) untersuchten in ihrer Studie, ob ältere Autofahrer tatsächlich, wie oftmals vermutet, beim Abbiegen weniger häufig die Fahrbahn auf Risiken absuchen und ob darüber hinaus aktives und/oder passives Training zu einem sichereren Abbiegeverhalten führen kann. In ihrer ersten Untersuchung wurden 18 ältere Fahrer (70 Jahre und älter) und 18 jüngere Fahrer (zwischen 25 und 55 Jahren) während einer Fahrt in einem Fahrsimulator auf ihr Abbiegeverhalten im Straßenverkehr untersucht. Die älteren Fahrer führten drei Mal weniger einen zweiten (Schulter-)Blick aus als die jüngeren Fahrer, wobei dies vor allem beim Abbiegen der Fall war, jedoch auch während Fahrspurwechsels zu beobachten war. In der zweiten Untersuchung wurden 54 ältere Autofahrer (70 und älter)

in eine von 3 Gruppen per Zufallsverfahren eingeordnet: eine aktive Trainingsgruppe, eine passive Trainingsgruppe und eine Kontrollgruppe. Die aktive Trainingsgruppe erhielt innerhalb von 4 bis 5 Monaten ein aus 6 Sitzungen bestehendes Training, das sowohl aus Simulatortraining und Fahrstunden bestand. Während der Trainingsfahrten bekamen die Teilnehmer fortwährend Feedback über ungünstige Fahrverhaltensweisen. Das passive Training bestand aus einer theoretischen Schulung der Teilnehmer über altersspezifische Defizite im Fahrverhalten, jedoch ohne praktische Übungen. Das aktive Training führte zu einer fast 100%igen Erhöhung der Schulterblickwahrscheinlichkeit in Simulator- als auch Feldfahrten. Das passive Training und die Kontrollgruppe zeigten hingegen keine Verbesserung des Fahrverhaltens.

Die beiden erwähnten Studien unterstreichen die Effektivität strategischer und taktischer Kompensationsstrategien bei älteren Autofahrern und deuten zudem darauf hin, dass ein aktives Training vor allem die taktischen Kompensationsmöglichkeiten bei älteren Fahrern deutlich verbessern kann.

### 5.2.3.2 Fahrrelevante Trainingsmöglichkeiten

In zwei Metaanalysen (KORNER-BITENSKY et al., 2009; KUA, KORNER-BITENSKY, DESROSIERS, MAN-SON-HING & MARSHALL, 2007) wurde anhand von insgesamt 12 Studien die Effektivität verschiedener Trainingsansätze auf das Fahrverhalten älterer Autofahrer untersucht.

KUA et al. (2007) evaluierten in ihrer Metaanalyse 8 Studien, die zwischen 1992 und 2004 veröffentlicht wurden und den Effekt von verschiedenen Trainingsmethoden auf fahrrelevante Eigenschaften untersuchten (OWSLEY, McGWIN, PHILLIPS, McNEAL & STALVEY, 2004; OWSLEY, STALVEY & PHILLIPS, 2003; OSTROW, SHAFFRON & McPHERSON, 1992; ROENKER, CISSELL, BALL, WADLEY & EDWARDS, 2003; BEDARD, ISHERWOOD, MOORE, GIBBONS & LINDSTROM, 2004; EBY, MOLNAR, SHOPE, VIVODA & FORDYCE, 2003; JANKE, 1994; McCOY, TARAWNEH, BISHU, ASHMAN & FOSTER, 1993). Die Autoren konnten anhand der Studien limitierte Hinweise finden, dass physisches Fitness-Training oder visuelles Aufmerksamkeitstraining fahrrelevante Fähigkeiten verbessern. Es gab moderate Hinweise, dass theoretische Schulungen die Achtsamkeit beim Fahren sowie das Fahrverhalten verbessern, sowie moderate Hinweise, dass eine ausschließlich theoreti-

sche Schulung älterer Autofahrer nicht zu einem verringerten Unfallrisiko führt. Die Autoren kamen aufgrund dieser Analyse zu dem Schluss, dass die bisherigen Ergebnisse zwar noch keine starken Hinweise auf eine Effektivität von fahrspezifischen Trainings ergeben, aber dennoch andeuten, dass ein Potenzial für trainingsinduzierte Verbesserungen fahrrelevanter Funktionen vorhanden ist, das zukünftige Studien weiter erforschen sollten.

Eine jüngere Metaanalyse von KORNER-BITENSKY et al. (2009) schloss 4 evidenz-basierte Studien ein, die zwischen 2004 und 2008 veröffentlicht wurden (BEDARD, PORTER, MARSHALL, ISHERWOOD, RIENDEAU, WEAVER et al., 2008; MAROTTOLI, ALLORE, ARAUJO, IANNONE, ACAMPORA, GOTTSCHALK et al., 2007a; MAROTTOLI, van NESS, ARAUJO, IANNONE, ACARNPORA, CHARPENTIER et al., 2007b; NASVADI & VAVRIK, 2007). Diese Studien wurden auf die Effektivität von theoretischen Schulungen auf achtsames Fahren, Fahrverhalten und Unfallrisiko untersucht sowie auf die Effektivität von theoretischer Schulung in Kombination mit Fahrtrainings und Fahrtraining basierend allein auf fahrrelevantem Wissen, Fahrverhalten und Unfallrisiko. Die Autoren der Metaanalyse kamen zu dem Ergebnis, dass es eindeutige Hinweise gibt, dass theoretische Fahrschulungen die Achtsamkeit beim Fahren sowie das Fahrverhalten verbessern, sowie mäßige Hinweise, dass diese Schulungen das Unfallrisiko verringern können. In Hinblick auf theoretische Fahrschulungen in Kombination mit Fahrstunden fanden die Autoren eindeutige Hinweise, dass diese Intervention das Fahrverhalten verbessert, und mäßige Hinweise, dass diese das fahrrelevante Wissen verbessern können.

Es wurde keine Studie gefunden, die den Effekt von theoretischen Fahrschulungen in Kombination mit Fahrstunden auf das Unfallrisiko untersuchte. Fahrstunden allein ergaben mäßige Hinweise darauf, sowohl fahrrelevantes Wissen als auch das Fahrverhalten verbessern zu können. Auch hier wurde keine Studie gefunden, die den Effekt von Fahrstunden allein auf das Unfallrisiko untersuchte. Zusammenfassend bewerten die Autoren diese Ergebnisse als ermutigend hinsichtlich der Resultate, dass fahrspezifische Schulungen und Trainings in der Lage zu sein scheinen, fahrspezifisches Wissen und das Fahrverhalten älterer Autofahrer zu verbessern. Allerdings bleibt die Frage offen, inwieweit diese Interventionen helfen können, auch tatsächlich das Unfallrisiko älterer Autofahrer zu ver-

ringern. Zukünftige Studien sollten diese Fragestellung aufgreifen.

In einer kürzlich erschienenen Studie von EDWARDS, DELAHUNT & MAHNCKE (2009a) wurde untersucht, ob ein Training zur Verbesserung der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit einen positiven Effekt auf die Fahrbefähigung älterer Autofahrer hat. 500 Personen im Alter von 60 Jahren oder älter und einem Mini-Mental-State-Test (MMST)-Wert von mindestens 23 sowie ausreichender Sehkraft (Weitsichtgenauigkeit von größer als 20/80 und Pelli-Robson-Kontrast-Sensitivität von größer als 1,35) nahmen an dieser Studie teil. 134 der 500 Personen, die einen schlechten Wert beim UFOV-Test (useful field of view) erzielten, nahmen an der Trainings-Phase teil, die übrigen 366 Teilnehmer erhielten kein Training und dienten als Kontrollgruppe. Von den 134 Teilnehmern nahmen wiederum 66 am Training der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit teil, das eine möglichst schnelle Wahrnehmung, Identifikation, Diskrimination und Lokalisation von visuellen und auditiven Zielreizen beinhaltete und im Schwierigkeitsgrad individuell angepasst wurde. Die anderen 68 Teilnehmer der Trainingsgruppe erhielten eine alternative Schulung über Computer-Hardware und das Internet, um einen Effekt durch soziale Kontakte oder PC-Gebrauch zu kontrollieren. Beide Trainings wurden 10 Mal jeweils eine Stunde über einen Zeitraum von 5 Wochen durchgeführt. Zu Beginn der Studie und drei Jahre später füllten alle Teilnehmer einen Fragebogen über das Fahrverhalten aus. Zudem wurden der Gesundheitszustand und die Sehkraft kontrolliert sowie der MMST und UFOV-Test durchgeführt. Die Teilnehmer, die zu Beginn der Studie schlechtere Ergebnisse im UFOV-Test erzielten und lediglich eine PC-Schulung erhielten, berichteten am Ende der Untersuchung von deutlich weniger Fahrten im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen und darüber hinaus von größeren Schwierigkeiten in bestimmten Verkehrssituationen sowie Fahrten im kleineren Umkreis. Die Teilnehmer, die das Training der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit erhielten, setzten sich nach den 3 Jahren zwar auch weniger Fahrten aus und berichteten über mehr Schwierigkeiten in bestimmten Verkehrssituationen als zu Beginn der Studie und Fahren im etwas kleineren Umkreis, allerdings nahm die Mobilität dieser Teilnehmer nicht in einem signifikant höheren Maße ab als der Teilnehmer, die zu Beginn der Studie bessere UFOV-Werte hatten und kein Training erhielten. EDWARDS, MYERS,

ROSS, ROENKER, CISSELL, McLAUGHLIN et al. (2009b) konnten außerdem bei derselben Personengruppe feststellen, dass von der Trainingsgruppe 40 % weniger Teilnehmer in den drei Jahren das Autofahren aufgaben (9 %) als in der Kontrollgruppe (14 %). Zusammenfassend kann man aus dieser Studie schließen, dass ältere Menschen, die bereits schlechte Werte im UFOV-Test erzielten, von einem kognitiven Training zur Verbesserung der Verarbeitungsgeschwindigkeit profitieren, sodass die Mobilität im Alter länger erhalten bleiben kann. Die Studie weist jedoch zwei methodische Einschränkungen auf. Zum einen konnte wiederholt gezeigt werden, dass der MMST nicht geeignet ist, Demenz im Frühstadium zu erkennen (DEVANAND, LIU, TABERT, PRADHABAN, CUASAY, BELL et al., 2008; GROBER, HALL, LIPTON & TERESI, 2008). Zum anderen wurde in der Studie nach drei Jahren nicht geprüft, ob Probanden Anzeichen einer mittlerweile aufgetretenen Demenzerkrankung aufweisen.

MARMELEIRA, GODINHO & FERNANDES (2009) untersuchten die Effekte eines multimodalen Fitnesstrainings auf verschiedene fahrrelevante Funktionen. 32 Personen im Alter von 60 bis 82 Jahren wurden randomisiert einer Trainingsgruppe oder Kontrollgruppe zugeteilt. Alle Teilnehmer nahmen zu Beginn der Studie an einer ausführlichen, über 2 Sitzungen von jeweils ca. 60 Minuten dauernden, Untersuchung teil, die motorische, kognitive und physiologische Fähigkeiten ermittelte. Während die Teilnehmer der Kontrollgruppe in den folgenden 12 Wochen nach der Erstuntersuchung ihren üblichen alltäglichen Aktivitäten nachgingen, nahmen die Teilnehmer der experimentellen Gruppe in dieser Zeit an drei Tagen in der Woche an einem jeweils 60 Minuten dauernden multimodalen Fitnesstraining teil. Das Training wurde so gestaltet, dass nicht nur die körperliche Fitness trainiert wurde, sondern zusätzlich durch verschiedenste Aufgaben (z. B. Dual-task-Situationen, Orientierungsaufgaben, Arbeitsgedächtnisaufgaben, Inhibitionsaufgaben etc.) auch kognitive und physiologische Funktionen angesprochen wurden. Nach dem 12-wöchigen Training zeigten die Teilnehmer dieser Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant bessere Leistungen in ihrer Reaktionsfähigkeit, visuellen Aufmerksamkeit und der Beweglichkeit ihrer Gliedmaßen. Zwar wurde in dieser Studie die Fahrleistung (performance) nicht direkt kontrolliert, jedoch lassen die Ergebnisse vermuten, dass die Verbesserung der fahrrelevanten kognitiven, physiologischen und motorischen

Funktionen auch Einfluss auf das direkte Fahrverhalten hat. Diese Vermutung anhand von evidenzbasierten Studien zu belegen ist Aufgabe zukünftiger Forschungsvorhaben.

Zusammenfassend machen die Ergebnisse deutlich, dass ein spezielles Training, das verschiedene Funktionen anspricht (kognitiv, physiologisch und motorisch), älteren Autofahrern helfen kann, die Mobilität im Alter länger zu bewahren, und älteren Autofahrern überdies ein sichereres Gefühl beim Autofahren vermitteln kann.

## 6 Zusammenfassung: Leistungspotenziale durch Kompensation und Training

Wie bereits mehrfach erwähnt, soll auch an dieser Stelle noch einmal darauf verwiesen werden, dass die im Vergleich mit anderen Altersgruppen insgesamt niedrigen Unfallzahlen älterer Autofahrer ein klarer Hinweis auf einen verantwortungsvollen Umgang mit altersbegleitenden Leistungsdefiziten beim Autofahren sind. Insofern kann von einer insgesamt guten Risikobewertung und Begutachtung älterer Fahrer sich selbst gegenüber ausgegangen werden. Obwohl in vielen für das Autofahren relevanten Leistungsbereichen ältere Autofahrer in Laborsituationen schlechter abschneiden als jüngere, werden diese Defizite durch bewusste Kompensation (z. B. durch eine entsprechende Fahrweise) oder auch durch unbewusste kognitive Kompensationsprozesse auf der Ebene funktionaler Prozesse des Gehirns im Realverkehr oft kompensiert. Hinzu kommt, dass einfache und bekannte Fahrsituationen auch mit leicht defizitären Leistungskennwerten von älteren Autofahrern gut bewältigt werden können.

Allerdings fehlen derzeit noch empirische Studien, die belegen, welcher Leistungsbereich beim Autofahren durch welchen anderen Bereich im welchem Umfang kompensiert werden kann.

In realer Fahrsituation können Ältere verschiedene Kompensationsmechanismen aktivieren, die sich teilweise direkt beobachten lassen; andere Kompensationsmechanismen lassen sich derzeit nur in Laborsituationen mit Hilfe von verschiedenen medizinischen Parametern messen. Eine beobachtbare Kompensationsstrategie ist das Vermeidungsverhalten: Ältere Autofahrer vermeiden teils für sie schwierige Situationen wie z. B. komplexe Ver-

kehrsknotenpunkte, das Fahren in der Dämmerung oder das Befahren von unbekanntem Strecken (Kompensation auf der Makro-Ebene).

In alltagsnahen Experimenten konnte gezeigt werden, dass Ältere Probleme bei bestimmten kognitiven Funktionen durch eine schnellere oder intensivere Aktivierung anderer Funktionen im Alltagsleben ausgleichen, sodass im beobachtbaren Verhalten im Vergleich mit Jüngeren trotz bestehender Defizite nicht zwingend Veränderungen sichtbar sein müssen (Kompensation auf der Mikro-Ebene). Dieser Zusammenhang konnte auch für das Autofahren gezeigt werden: Obwohl ältere Autofahrer in Forschungsprojekten klare Leistungsdefizite im Labor zeigten, gehen diese Defizite in den meisten Fahrsituationen nicht mit einer Verschlechterung des Fahrverhaltens unter realen Bedingungen einher. Dies gilt besonders für eher einfache und überschaubare Fahrsituationen. Allerdings konnte auch beobachtet werden, dass die Kompensationsmechanismen auf Mikroebene nicht mehr ausreichen, wenn in bestimmten Fahrsituationen hohe Belastungen (z. B. in komplexen Verkehrssituationen), Zusatzaufgaben oder Zeitdruck bestanden. Dann kommen die im Labor ermittelten Defizite stärker zum Tragen. Zudem wenden Ältere als Generalstrategie (die sich nicht immer unmittelbar beobachten lässt) eine Verlangsamung im Sinne von „Entschleunigung“ an, die manche Einbußen im Leistungsspektrum verdeckt.

Auf der physiologischen Ebene, die sich gar nicht direkt beobachten lässt, können mit Hilfe von EKP-Untersuchungen in Laborsituationen Kompensationsstrategien auf der Ebene von funktionellen Prozessen des Gehirns ebenfalls klar belegt werden, die sich im EEG der älteren Probanden zeigen. Wenn auch nicht direkt am Modell des Autofahrens erhoben, kann davon ausgegangen werden, dass sie auch bei Alltagsaufgaben eingesetzt werden.

Ältere wenden zur Durchführung einer Aufgabe mehr kognitive Ressourcen auf, als es Jüngere tun, indem sie sich auf Aufgaben stärker vorbereiten und vermehrt auf Hinweisreize achten. Hier zeigt sich, dass Kompensationsbemühungen für Ältere mit teils erheblichen Kosten (einer höheren Anstrengung) verbunden sein können. Dauerhaft erhöhte Anstrengung kann zu vorzeitiger Ermüdung führen, was wiederum ein Risiko birgt. Hiermit könnte auch erklärt werden, warum ältere Autofahrer auf längeren Strecken oder bei schwierigen Fahrsituationen eher ermüden als jüngere.

In weiteren Experimenten konnten bei einer einzigen Aufgabe gleichzeitig drei verschiedene Kompensationsstrategien auf kognitiver Ebene im EEG bei älteren Probanden nachgewiesen werden (vgl. Kapitel 5.1.3): eine allgemein stärkere oder sogar selektive Wahrnehmung relevanter Reize, eine stärkere Zuordnung von Aufmerksamkeit (Orientierung) zu relevanten Hinweisreizen und eine stärkere und/oder frühere Vorbereitung auf die antizipierte Aufgabe. Mit dieser Art der Kompensationen sind in der Regel ein erhöhter Zeitbedarf und erhöhte Anstrengung bei der Bewältigung von Aufgaben verbunden. Es wird deutlich, dass Ältere in Laboraufgaben nicht nur mehr Fehler machen als Jüngere (was zu erwarten ist), sondern dass sie zusätzlich einen wesentlich erhöhten Aufwand auf kognitiver Ebene zeigen und sich im Vergleich mit Jüngeren insgesamt vielmehr anstrengen müssen, um komplexe Aufgaben zu lösen. Eine wichtige Frage ist hierbei, ob durch die zusätzliche Anstrengung nicht wieder Risiken entstehen, wie z. B. frühzeitige Ermüdung oder andere Funktionen oder Umweltreize dabei ausgeblendet werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bestehende Defizite bei einfachen Tätigkeiten oder Fahraufgaben von älteren Autofahrern gut kompensiert werden können: entweder durch Vermeidung oder durch erhöhte Anstrengung. In komplexen oder unvorhersehbaren Situationen oder unter Zeitdruck ist die Kompensation mit einer stark erhöhten Anstrengung für Ältere verbunden, die auch zu stärkerer Ermüdung führt. Teilweise können in komplexen (Fahr-)Situationen Defizite gar nicht mehr kompensiert werden.

Um möglichst lange fit zu bleiben – auch als Autofahrer –, hat sich in den letzten Jahren auf Basis vieler Trainingsstudien gezeigt, dass Leistungsdefizite auf kognitiver Ebene durch entsprechendes Training wieder rückgängig gemacht werden können, auch im höheren Lebensalter.

Als eher unspezifisches Allround-Training muss an erster Stelle kardiovaskuläres Training genannt werden. In vielen Studien konnte gezeigt werden, dass ältere Personen vor allem in Bezug auf die – für das Autofahren wichtigen – exekutiven Funktionen vom kardiovaskulären Training profitieren. Beim gezielten Training bestimmter kognitiver Funktionen zeigten sich in den letzten Jahren ebenfalls erhebliche Erfolge. Auf Basis der derzeit be-

kannten Studien ist die beste Kompensationsstrategie für verlorene (oder reduzierte) Fähigkeiten bei älteren Menschen, diese Funktionen durch ein gezieltes Training wieder zu reaktivieren bzw. durch ein kardiovaskuläres Training allgemeine kognitive Funktionen wieder zu stärken. Die Verbesserung in den Leistungen kann auch auf hirnganischer Ebene nachgewiesen werden: Verschiedene Autoren haben gezeigt, dass kognitives, kardiovaskuläres oder sensumotorisches Training zu einem Zugewinn von Hirnmasse führen kann. Aber auch die Vernetzung der Gehirnzellen untereinander wird durch gezieltes Training verbessert: Viele kognitive Trainingsstudien zeigen inzwischen, dass auch ältere Personen noch in der Lage sind, flexibel auf neue Anforderungen zu reagieren, und dass überdies die Plastizität des Gehirns auch im höheren Lebensalter noch gegeben ist, sodass trainingsinduzierte neuronale Veränderungen sichtbar gemacht werden können. Zur Frage von Leistungspotenzialen kann auf Basis der Grundlagenliteratur eindeutig gezeigt werden, dass ältere Menschen durch Training ein erhebliches Leistungspotenzial für kognitive Funktionen besitzen und durch Training viele der defizitären Funktionen erlernen oder wieder erlernen konnten. Am besten sind die Trainingserfolge, wenn eine bestimmte Fähigkeit direkt trainiert wird. In einzelnen Studien konnte gezeigt werden, dass die Älteren dabei in etwa das Niveau von untrainierten jungen Probanden bei komplexen Aufgaben erreichen können. Insofern ist die beste Strategie auf Basis der Grundlagenforschung das gezielte Training genau der Fähigkeiten, die hinterher benötigt werden, also in Bezug auf Leistungspotenziale beim Autofahren von Älteren das direkte Training von Autofahren.

Bisher gibt es nur wenige Studien, in denen fahrrelevante Trainingsmöglichkeiten direkt am Modell des Autofahrens untersucht wurden. Dabei gibt es moderate Hinweise, dass physisches Training oder Aufmerksamkeitstraining fahrrelevante Fähigkeiten verbessern. Die Autoren weisen allerdings auch darauf hin, dass eine ausschließlich theoretische Schulung älterer Autofahrer nicht zu einem verringerten Unfallrisiko führt. Es wurde keine Studie gefunden, die den Effekt von theoretischen Fahrschulungen in Kombination mit Fahrstunden auf das Unfallrisiko untersuchte. Fahrstunden allein ergaben mäßige Hinweise darauf, sowohl fahrrelevantes Wissen als auch das Fahrverhalten verbessern zu können. Auch hier wurde keine Studie gefunden, die den Effekt von Fahrstunden allein auf das Unfallrisiko untersuchte.

Alle Autoren kommen zu dem Schluss, dass in Bezug auf das direkte Training der Fahrkompetenz durch Fahrstunden noch eine erhebliche Wissenslücke besteht, obwohl die Ergebnisse der Grundlagenforschung gute Hinweise auf Trainingsmöglichkeiten geben und eine starke Verbesserung der Fahrbefähigung bei einem gezielten Fahrtraining erwartet werden kann.

In einer eigenen Studie konnte die Arbeitsgruppe am IfADo zeigen, dass ein Fahrtraining im Realverkehr die Fahrkompetenz älterer Fahrer signifikant erhöhen kann (POSCHADEL, BÖNKE, BLÖBAUM & RABCZINSKI, in Vorbereitung). Vor dem Training im Realverkehr waren die Leistungen der Älteren signifikant schlechter als die einer 40- bis 50-jährigen Vergleichsgruppe: Etwa ein Jahr nach einem 15-stündigen Fahrtraining waren die Fahrleistungen (performance) der Älteren im Realverkehr noch immer signifikant besser als die der Vergleichsgruppe. Es hat sich vor allem auch gezeigt, dass ältere Fahrer mit einer eher schwachen Anfangsleistung (vor dem Training) von einem Training ganz besonders profitieren. Vor allem in komplexen Verkehrssituationen konnten sich die Teilnehmer signifikant verbessern. Dies lässt es ratsam erscheinen, dass Ältere ein auf ihre Probleme zugeschnittenes Fahrtraining im Realverkehr absolvieren, welches kritische Situationen und Verkehrsknotenpunkte einschließt und sich vor allem an ältere Fahrer wendet, die im Realverkehr in komplexen Situationen bereits Schwächen zeigen.

## 7 Planung einer empirischen Untersuchung

In Ergänzung zu den Literaturbefunden wurde aufbauend auf dem in den vorherigen Kapiteln skizzierten Wissensstand eine empirische Untersuchung älterer Autofahrer mit Hilfe einer beobachteten Fahrt im Realverkehr durchgeführt. Hier wurde vor allem untersucht, welche Kompensationsstrategien bei einer Fahrt im Realverkehr von älteren Probanden angewandt werden und ob es möglich ist, auf Basis von medizinischen und psychologischen Tests die Fahrbefähigung vorauszusagen (im Detail in Kapitel 8). Dieser empirische Teil des Forschungsprojektes wurde vom Zentrum für Alterskulturen (ZAK) der Universität Bonn durchgeführt. Zur Vorbereitung der Fahrverhaltensbeobachtungen dienten die vorläufigen Ergebnisse der Kapitel 3, 4 und 5.

Mit dem Empiriemodul soll vor dem Hintergrund möglicher Mindestanforderungen (auf Basis der gesetzlichen Vorgaben) das Verkehrsverhalten älterer Fahrer im Hinblick auf Strategien der Kompensation im Realverkehr beobachtet und beurteilt werden. Auch sollen hierdurch mögliche Mindestkriterien einer ersten Analyse unterzogen werden.

Die Stichprobe sollte eine nach Stadien des Älterwerdens geschichtete Stichprobe sein und  $n = 60$  Autofahrerinnen und Autofahrer (60 und älter) umfassen.

### 7.1 Messbare Größen bei der Verhaltensbeobachtung im Realverkehr

Zur Planung der Fahrversuche fand ein vorbereitendes Treffen der Projektpartner statt, bei dem diskutiert wurde, welche kognitiven, neurologischen und motorischen Funktionen der verschiedenen drei Leistungsbereiche im Detail bei der Fahrverhaltensbeobachtung untersucht werden können und wie sich mögliche Kompensationsstrategien älterer Kraftfahrer im Realverkehr operationalisieren und messen lassen können. Die Hauptfrage war: Welche kognitiv-motorischen Dimensionen könnten bei einer Fahrverhaltensbeobachtung beobachtet werden, die auf Kompensation schließen lassen?

Diese Ideensammlung war die Basis für die Planung der Fahrten im Realverkehr zur Beobachtung von Kompensationsleistungen von älteren Kraftfahrern. Nachfolgend sind mögliche, bei einer realen Fahrt durch Beobachtung prinzipiell messbare Größen der Leistungs- und Kompensationsbereiche aufgeführt.

Zunächst wurden grundsätzlich abhängige Faktoren gesucht, die sich bei einer Fahrt im Realverkehr mittels objektiver Daten messen lassen:

#### 7.1.1 Grundsätzliche abhängige Faktoren

- Änderung der Geschwindigkeit als Zeichen von Kompensation (z. B. Geschwindigkeitsreduktion, um für die Fahrsituation wichtige Informationen aufnehmen zu können; vielleicht aber auch als Zeichen für nachlassende Sehkraft).
- Durchschnittsgeschwindigkeit entweder auf die Gesamtstrecke bezogen oder auf bestimmte Teilstücke.

- Spurhaltung/Spurabweichung (als Zeichen von steigendem Workload/Arbeitsgedächtnis).
- Blickhinwendung/Blickabwendung zu bestimmten Dingen hin oder von bestimmten Dingen weg (Dauer).
- Zweitaufgabe gelöst ja/nein.
- Information mitbekommen ja/nein.
- Blinker betätigt ja/nein (bestimmte Information aufgenommen oder nicht?).
- (Irgendeinen) Schalter betätigt ja/nein.

### 7.1.2 Beobachtbare kognitive Kompensationsleistungen während der Fahrt

Es ließen sich nicht für alle kognitiven Prozesse aus den vorangegangenen Kapiteln Kompensationsmöglichkeiten finden, die sich direkt bei einer Fahrt im Realverkehr beobachten lassen, zumal nur direkt beobachtbare Kompensationsleistungen auf der Makroebene gemessen werden konnten.

Im Folgenden werden beobachtbare Kompensationsleistungen in Verbindung mit verschiedenen kognitiven Funktionen aufgezählt. Zu jeder kognitiven Prozess-Dimension sind jeweils adäquate Fahraufgaben und mögliche (messbare) Beobachtungen der Kompensationsstrategie aufgeführt.

### 7.1.3 Handlungsvorbereitung

Handlungsvorbereitung ist eine Kontrollfunktion, die die an einer erwarteten Aufgabe beteiligten Prozesse koordiniert und faziilitiert, sodass möglichst alle beteiligten Prozesse bei Erscheinen des relevanten Reizes optimiert sind.

- Fahraufgabe:

„Fahren Sie hinter der Kurve Richtung XI!“, wobei hinter einer Kurve ein Schild steht, auf dem der Proband zunächst die Information suchen muss, in welche Richtung es nach X geht.

- Mögliche Beobachtung:

Wie bereitet sich der Proband auf diese Information vor? (Die Art der Vorbereitung müsste bei dieser Aufgabe dann noch genau operationalisiert werden: Es könnte aber z. B. auch die Geschwindigkeit gemessen werden oder die Spurhaltung (bei Abweichung) als Zeichen von

mangelnder Kompensation bzw. Überlastung des Workloads).

### 7.1.4 Inhibition

Inhibition: Eine wichtige Variable, die das Ausmaß an inhibitorischer Kontrolle beeinflusst, ist der Kontext, der determiniert, ob eine Reaktion ausgeführt werden soll oder nicht, v. a. wenn dieser Kontext häufig wechselt (BRAVER et al., 2001). Ein Inhibitionsdefizit scheint bei älteren Personen nicht nur auf der motorischen, sondern auch auf höheren kognitiven Ebenen zu bestehen, insbesondere bei der Verarbeitung irrelevanter Reize. In einer einflussreichen Theorie postulierten HASHER, STOLTZFUS, ZACKS & RYMPA (1991), dass eine Vielzahl von altersbedingten kognitiven Defiziten durch eine Verringerung der Fähigkeit zur Unterdrückung irrelevanter Information im Arbeitsgedächtnis zustande kommt.

Leider lässt sich bei den meisten Kompensationsstrategien das kognitive Element Inhibition nur schwer bzw. gar nicht von anderen kognitiven Elementen trennen. Insofern muss die Kognition „Inhibition zusammen mit kognitiven Elementen betrachtet werden. Die (Un-)Fähigkeit zur Inhibition ablenkender Reize ist eine in der Wissenschaft durchgängig gut belegte Leistungsminderung älterer Menschen beim gesunden Altern.

### 7.1.5 Orientierung/Inhibition nicht relevanter Information

Orientierung meint hier die unwillkürliche Hinwendung von Aufmerksamkeit auf neue und daher potenziell relevante oder gar gefährliche Reize. Falls auf solche Reize nicht reagiert werden soll, lässt sich Orientierung nur mit physiologischen Maßen untersuchen.

- Fahraufgabe 1:

Der Fahrlehrer kramt an einer bestimmten Stelle der Fahrt im Handschuhfach (der Proband soll nicht reagieren, weil es mit der Fahraufgabe nichts zu tun hat).

- Mögliche Beobachtung:

– Änderung der Geschwindigkeit als Zeichen von Kompensation (z. B. Geschwindigkeitsreduktion, um bestimmte Informationen aufnehmen zu können).

- Spurhaltung/Spurabweichung (als Zeichen von steigendem Workload).
  - Dauer der Blickhinwendung: Je länger die Blickhinwendung, desto mehr ein Zeichen für schlechte Inhibition.
- Fahraufgabe 2:
 

„Rechts vor Links“ beachtet bzw. wahrgenommen oder nicht?
  - Mögliche Beobachtung:
    - Dauer der Blickhinwendung in die Querstraße hinein: Je länger die Blickhinwendung, desto mehr ein Zeichen für schlechte Inhibition.
    - Keine Blickhinwendung: Wurde der Blick überhaupt auf die Situation gerichtet?

#### 7.1.6 Visuelle Suche/Inhibition nicht relevanter Information

Visuelle Suche bedeutet das Auffinden von einem oder mehreren Zielreizen in einem Umfeld von Nicht-Zielreizen. Visuelle Suche kostet Zeit, die mit der Anzahl von zu durchsuchenden Zeichen ansteigt, vor allem wenn ein Zielreiz nicht vorhanden ist. Dieser Anstieg zeigt sich aber nur dann, wenn der Zielreiz durch eine Kombination von Reizeigenschaften (z. B. rote Ampel rechts) definiert ist (Verknüpfungs-Suche). Wenn hingegen die Zielreize durch eine einzige Reizeigenschaft definiert sind und sich damit eindeutig vom Hintergrund abheben (Pop-out-Suche), spielt die Anzahl der Hintergrundreize keine Rolle. Ältere sind bei der Verknüpfungs-Suche langsamer als Junge, nicht jedoch bei der Pop-out-Suche.

- Fahraufgabe 1:
 

Fahren Sie Richtung X!

Bevor aber ein Schild kommt, auf dem Richtung X ausgeschildert ist, kommen 2 Nicht-Target-Schilder.
- Mögliche Beobachtung:
  - Änderung der Geschwindigkeit als Zeichen von Kompensation (z. B. Geschwindigkeitsreduktion, um bestimmte Informationen aufnehmen zu können).
  - Spurhaltung/Spurabweichung (als Zeichen von steigendem Workload).

- Dauer der Blickhinwendung auf das Schild: Je länger die Blickhinwendung, desto mehr ein Zeichen für schlechte Inhibition.
- Nicht-Finden des Zielreizes.

- Fahraufgabe 2:

Fahren Sie Richtung X!

Das Schild, auf dem Richtung X ausgeschildert ist, ist sehr komplex und Richtung X nicht so schnell zu finden (z. B. ein Vorort, der ausgewiesen ist und deshalb entsprechend kleiner geschrieben ist als die anderen Richtungsnamen).

Die Zeit, die hierfür gebraucht wird, könnte mit der Zeit verglichen werden, die der ältere Autofahrer braucht, um bei einem viel weniger komplexen Schild Richtung Y zu finden.

- Mögliche Beobachtung:

- Änderung der Geschwindigkeit als Zeichen von Kompensation (z. B. Geschwindigkeitsreduktion, um bestimmte Informationen aufnehmen zu können).
- Spurhaltung/Spurabweichung (als Zeichen von steigendem Workload).
- Dauer der Blickhinwendung: Je länger die Blickhinwendung, desto mehr ein Zeichen für schlechte Inhibition.
- Nicht-Finden des Zielreizes.

- Fahraufgabe 3:

Erhöhung des Zeitdrucks, um eine Information auf einem Schild zu finden.

Die Aufforderung „Fahren Sie Richtung X!“ wird erst kurz vor einem Schild gegeben (bzw. kann je nach gewünschtem Zeitdruck variiert werden), sodass der Zeitdruck für den älteren Menschen bei der visuellen Suche erhöht ist. Die Zeitdruckerhöhung kann mit beiden vorherigen Aufgaben kombiniert werden (Zielrichtung auf Straßenschild finden).

- Mögliche Beobachtung:

- Änderung der Geschwindigkeit als Zeichen von Kompensation (z. B. Geschwindigkeitsreduktion, um bestimmte Informationen aufnehmen zu können).

- Spurhaltung/Spurabweichung (als Zeichen von steigendem Workload).
- Dauer der Blickhinwendung: Je länger die Blickhinwendung, desto mehr ein Zeichen für schlechte Inhibition.
- Nicht-Finden des Zielreizes.

- Fahraufgabe 4:

Die Fahraufgabe „Fahren Sie Richtung X!“ kann auch erschwert werden, indem auf ein Schild rekurriert wird, das in einer Umgebung mit vielen Distraktoren aufgestellt wurde.

- Mögliche Beobachtung:
  - Änderung der Geschwindigkeit als Zeichen von Kompensation (z. B. Geschwindigkeitsreduktion, um bestimmte Informationen aufnehmen zu können).
  - Spurhaltung/Spurabweichung (als Zeichen von steigendem Workload).
  - Dauer der Blickhinwendung: Je länger die Blickhinwendung, desto mehr ein Zeichen für schlechte Inhibition.
  - Nicht-Finden des Zielreizes.

#### 7.1.6.1 Inhibition (als diskrete Dimension)

Wie schon weiter oben angedeutet, ist es schwer, für die Testfahrten Aufgaben zu finden, die sich rein auf die Inhibition nicht relevanter Reize beziehen:

Der Fahrlehrer könnte aber z. B. irgendetwas aus seiner Tasche oder dem Handschuhfach kramen und auf seinen Schoß legen. Das unterscheidet sich jedoch nur graduell vom Prozess der Orientierung (s. o.).

- Fahraufgabe:

Der Fahrlehrer legt eine Straßenkarte von Bonn auf seinen Schoß. Es sollte irgendetwas sein, das einen hohen Aufforderungscharakter hat, die Straßenkarte ist hierfür nur ein Beispiel. Der ältere Fahrer soll möglichst nicht oder nur sehr kurz auf den ablenkenden Reiz reagieren, nachdem er gesehen hat, dass der Reiz für die Fahraufgabe irrelevant ist.

- Mögliche Beobachtung:

- Änderung der Geschwindigkeit als Zeichen von Kompensation (z. B. Geschwindigkeitsreduktion, um bestimmte Informationen aufnehmen zu können).
- Spurhaltung/Spurabweichung (als Zeichen von steigendem Workload).
- Dauer der Blickhinwendung: Je länger die Blickhinwendung, desto mehr ein Zeichen für schlechte Inhibition.

#### 7.1.6.2 Reiz-Reaktions-Zuordnung (echte Wahlreaktionen)

Die denkbar leichteste Aufgabe ist die Einfachreaktion, d. h. eine konstante Reaktion auf jeden auftretenden Reiz. Sobald die Reiz-Reaktions-Zuordnung komplexer und durch bestimmte Instruktionen definiert wird, wird von Wahlreaktionen gesprochen. Hierbei ist zwischen disjunktiven bzw. Go/No-go-Aufgaben und echten Wahlreaktionen zu unterscheiden. Bei Go/No-go-Aufgaben wird mit einer konstanten Reaktion auf bestimmte Reize reagiert und auf andere nicht, während bei echten Wahlreaktionen mehrere Reize mehreren Reaktionen (z. B. mit dem rechten oder linken Zeigefinger auf eine Taste drücken) zugeordnet sind.

Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass Wahlreaktionen bei älteren Menschen gegenüber jüngeren Menschen verlangsamt sind. Allerdings zeigen dieselben Experimente, dass solche Wahlreaktionen von älteren Versuchsteilnehmern oft genauer gelöst werden als von jüngeren. Ältere sind bei echten Wahlreaktionen also langsamer, aber dafür genauer in der Reaktion. Auf den Straßenverkehr bezogen kann das bedeuten, dass das Kompensationsverhalten der älteren Verkehrsteilnehmer genau das Kompensationsverhalten ist, das sie für eine sicherere Teilnahme am Straßenverkehr benötigen. Es könnte sogar sein, dass sich hierdurch das geringere Unfallrisiko älterer Verkehrsteilnehmer ausdrückt.

Insofern ist es schwer, diesem kognitiven Prozess adäquate Fahraufgaben zuzuordnen, die erst durch Kompensation gelöst werden können. Die natürliche Reaktion ist in vielen Situationen sogar erwünscht.

### 7.1.6.3 Doppeltätigkeiten

Doppelaufgaben: Die Durchführung von zwei (oder gar mehr) Aufgaben zur gleichen Zeit ist im Alltag weit verbreitet. Insbesondere das Autofahren ist eine typische Doppelaufgabe. Im Verhalten zeigt sich bei Doppelaufgaben eine Erhöhung der Reaktionszeit und z. T. der Fehlerrate verglichen mit der Einzelaufgabe. Defizite bei Doppeltätigkeit gehören zu den konsistentesten Befunden im Alter.

- Fahraufgabe 1:
 

Der Proband soll aus dem Seitenfach der Tür etwas herausholen und dem Fahrlehrer geben (z. B. eine kleine Getränkeflasche oder, schwieriger, ein Bonbon), ohne dass sich das auf die Fahrleistung auswirkt.
- Mögliche Beobachtung:
  - Änderung der Geschwindigkeit als Zeichen von Kompensation (z. B. Geschwindigkeitsreduktion, um bestimmte Informationen aufnehmen zu können).
  - Spurhaltung/Spurabweichung (als Zeichen von steigendem Workload).
  - Dauer der Blickhinwendung: Je länger die Blickhinwendung, desto mehr ein Zeichen für schlechte Inhibition.
  - Zweitaufgabe gelöst ja/nein
- Fahraufgabe 2:
 

Der Proband muss irgendetwas während der Fahrt bedienen (z. B. Radio ausschalten) oder irgendeinen anderen nicht sehr gewöhnlichen Schalter betätigen (also nicht den Blinker!): das alles in einer schon komplexen Situation (z. B. bei der Anfahrt zu einer komplexen Kreuzung).
- Mögliche Beobachtung:
  - Änderung der Geschwindigkeit als Zeichen von Kompensation (z. B. Geschwindigkeitsreduktion, um bestimmte Informationen aufnehmen zu können).
  - Spurhaltung/Spurabweichung (als Zeichen von steigendem Workload).
  - Dauer der Blickhinwendung: Je länger die Blickhinwendung, desto mehr ein Zeichen für schlechte Inhibition.
  - Zweitaufgabe gelöst ja/nein

### 7.1.6.4 Aufgabenwechsel

Aufgabenwechsel: Eine ähnliche funktionelle Bedeutung wie die Doppeltätigkeit hat der Wechsel zwischen Aufgaben, wobei hier die Teilaufgaben sequenziell und damit zeitlich getrennt sind.

Es zeigt sich bei Älteren ein reliables Defizit im Vergleich zu Jüngeren bei der Durchführung von zwei Teilaufgaben im Vergleich zu einer konstanten Aufgabe. Weiterhin zeigt sich ein (geringeres) Defizit beim Wechsel zwischen Teilaufgaben vs. der Wiederholung einer Teilaufgabe. Letzteres tritt jedoch nur dann auf, wenn die Wechsel aus dem Gedächtnis gesteuert werden müssen, während die Älteren bei Unterstützung des Wechsels durch Hinweisreize keinerlei Wechselkosten mehr zeigen und dann sogar besser sind als Jüngere.

- Fahraufgabe:
 

Bei der Planung des Feldexperimentes wurde leider keine Fahraufgabe gefunden, die sich im Realverkehr in bestimmten Situationen für alle Fahrer ähnlich realisieren lässt, besonders wegen des sequenziellen Charakters, den die Fahraufgabe erfüllen müsste. Es müsste eine Teilaufgabe sein, die sich für alle in gleicher Weise immer in genau derselben Situation wiederholen müsste.

### 7.1.6.5 Handlungsüberwachung

Handlungsüberwachung bezeichnet die Fähigkeit, die eigene Tätigkeit zu überwachen und auf Fehler adäquat zu reagieren. Sie ist eine wichtige, aber bislang wenig beachtete Kontrollfunktion (FALKENSTEIN & POSCHADEL, 2008). Schon RABBITT (1966) zeigte, dass Versuchspersonen einen Fehler bei einfachen Reaktionsaufgaben unmittelbar bemerken und adaptive Strategien initiieren, wie die Korrektur von Fehlern und die Verlangsamung der Reaktionszeit nach einem Fehler. Hieraus wurde die Annahme eines Systems zur Überwachung und Kontrolle von (Re-)Aktionen gefolgert, welches eine kurzfristige Anpassung ermöglicht.

Die Grundlagenforschung in Zusammenhang mit ereigniskorrelierten Potenzialen (EKP) deutet auf die Reduktion der fehlerbezogenen Komponenten bei Älteren auf ein latentes Defizit bei der Reaktionsüberwachung oder Fehlererkennung hin (BAND & KOK, 2000), das jedoch nur unter bestimmten Bedingungen (bei schwierigen Aufgaben

und möglicherweise bei Ermüdung und Zeitdruck) verhaltensmanifest wird.

Die Bedeutung von Handlungsüberwachung für das Führen eines Fahrzeugs ist unmittelbar einleuchtend. Wenn Ältere Fahrfehler in bestimmten Situationen weniger genau registrieren, sind sie auch weniger in der Lage, falsches Fahrverhalten unmittelbar (z. B. durch eine Anpassung der Geschwindigkeit) zu korrigieren. Diesbezüglich besteht allerdings noch entscheidender Forschungsbedarf, um besser zu verstehen, wie sich altersbezogene Veränderungen des Handlungsüberwachungssystems im Alltag auswirken.

Dadurch, dass die Reduktion der Handlungsüberwachung nur in sehr anspruchsvollen Fahrsituationen verhaltensmanifest wird (s. o.), ist es kaum vertretbar, eine so schwierige Situation in einen Fahrparcours einzubauen.

- Fahraufgabe:

Bei der Planung des Feldexperiments wurde leider keine Fahraufgabe gefunden, die sich im Realverkehr in bestimmten Situationen für alle Fahrer ähnlich realisieren lässt, mit der sich Handlungsüberwachung eindeutig und gefahrlos operationalisieren ließe.

In das Fahrprotokoll könnte aber die offene Kategorie „Handlungsüberwachung“ aufgenommen werden, in der notiert wird, ob der Fahrer schwerwiegende Fahrfehler gemacht hat (operationalisiert darüber, ob ein Verstoß einen Flensburger Punkt bedeuten würde) und ob er diesen Fehler überhaupt wahrgenommen hat.

Die wichtigste Frage für die Handlungsüberwachung ist jedoch, ob Fahrer eigene Fehler bemerken. Das sollte in jedem Fall in einer offenen Kategorie notiert werden.

#### 7.1.6.6 Arbeitsgedächtnis/retrospektives und prospektives Gedächtnis

Das Arbeitsgedächtnis (AG) ist ein Speicher, der relevante Information für die aktuelle Aufgabe zusammenfasst, während der Aufgabenbearbeitung aufrechterhält und den ständigen Abruf der Information zulässt. Eine klassische Aufgabe zur gestuften Beanspruchung des AG ist die n-back-Aufgabe, bei der fortlaufend Reize präsentiert werden und die Reaktionen von den um n Positionen zurücklie-

genden Reizen determiniert werden. (Drücke immer, wenn zwei Buchstaben hintereinander kommen und ein anderer dazwischen war, z. B.: F, Z, B, H, B (drücken) (2-back-Aufgabe).

Möglicherweise ist diese Beeinträchtigung zum Teil durch das bereits genannte Defizit der Inhibition irrelevanter Information bedingt, wodurch das Arbeitsgedächtnis bei Älteren überlastet wird.

Bei der Unterscheidung zwischen retrospektivem Gedächtnis und prospektivem Gedächtnis lässt sich Folgendes in Bezug auf Ältere feststellen (vgl. FALKENSTEIN & POSCHADEL, 2008):

Zusammenfassend ist sowohl das retrospektive als auch das prospektive Gedächtnis bei älteren Personen beeinträchtigt. Beim retrospektiven Gedächtnis ist v. a. das Erinnern an kürzlich erlebte Episoden oder an die Quelle des Gedächtnisinhaltes betroffen. Hier könnten bei älteren Fahrern Probleme durch das Vergessen relevanter Verkehrsschilder, an denen kurz vorher vorbei gefahren wurde (z. B. Geschwindigkeitsbegrenzungen), auftreten.

Beim prospektiven Gedächtnis gibt es v. a. Defizite bei zeitbasiertem Erinnern, das nicht durch Hinweisreize unterstützt wird. In realen Situationen ist die prospektive Gedächtnisleistung bei älteren Teilnehmern oft sogar besser als bei jüngeren, wenn Ältere Strategien zur Erbringung dieser Leistungen selbst wählen können und Hinweisreize vorhersehbar sind. Bei vertrauten Fahrsituationen ist ein Defizit älterer Fahrer beim prospektiven Gedächtnis daher eher unwahrscheinlich, während neue Strecken, neue Verkehrsregeln oder ein neues Auto problematisch sein könnten.

- Fahraufgabe

Auch zu diesem Unterpunkt wurde bei der Planung des Feldexperimentes keine adäquate Aufgabe gefunden, die im Fahrkontext einen direkten Bezug zum retrospektiven Gedächtnis und unmittelbare Relevanz für das Fahren hat.

#### 7.1.6.7 Zeitwahrnehmung

Ältere Menschen scheinen die Zeit anders wahrzunehmen als jüngere. Die Einschätzung der Dauer eines Zeitabschnitts ist bei älteren Probanden insgesamt schlechter als bei jüngeren (z. B. GUNSTAD et al., 2006).

Defizite bei der Zeitwahrnehmung sind aus derzeitiger Sicht jedoch nicht kritisch für die Aufgabe „Autofahren“.

- Fahraufgabe:

Demensprechend wurde auch keine Fahraufgabe geplant.

### 7.1.7 Mögliche beobachtbare motorische Kompensationsleistungen vor und während der Fahrt

#### 7.1.7.1 Grundsätzliches zur Motorik

Auch die Motorik hängt eng mit der Beanspruchung des kognitiven Gesamtsystems älterer Autofahrer zusammen. Je eingeschränkter die kognitiven Netzwerke eines älteren Menschen sind, desto mehr kognitive Ressourcen müssen auch für die Motorik aufgewendet werden (vgl. Kapitel 4.4.4).

Es ist zu vermuten, dass sich verhaltensmanifeste motorische Defizite bei Zielbewegungen erst dann zeigen, wenn schon deutliche Defizite vorhanden sind.

Es wird bei einer Zielbewegung unterschieden zwischen der „ballistischen Phase“, das ist die „grobe Phase“, bei der ein Ziel z. B. mit dem Arm angesteuert wird, und der „geregelten Phase“, in der dann das Feintuning stattfindet und z. B. ein kleiner Schalter getroffen wird. Für beide Phasen gilt: je (zeitlich) kürzer, desto besser das zugrunde liegende motorische Steuersystem. Je (zeitlich) länger die Phase ist, desto größer die bereits vorhandene Einschränkung und desto schlechter das dahinterliegende motorische System.

#### 7.1.7.2 Differenzialdiagnostik zu körperlichen Beschwerden bzw. körperlichem Verschleiß

Es ist schwierig, genau abzugrenzen zwischen körperlichen Beschwerden (z. B. Bandscheibenvorfall oder Arthrose) und „echten motorischen“ Defiziten, die direkt auf eine eingeschränkte kognitive Leistungsfähigkeit zurückzuführen sind, da in beiden Fällen das beobachtbare Verhalten (z. B. Vermeidung eines Schulterblickes) dasselbe ist.

Deshalb sollte vor Beginn der Verhaltensbeobachtung im Realverkehr auch der motorischen Status (ohne krankhafte oder altersbedingte motorische Verschleißerscheinungen) mittels eines Tests erho-

ben werden. Dieser sollte den motorischen Status unabhängig von „Verschleißerscheinungen“ (z. B. Rückenproblemen) messen. Die körperlichen Einschränkungen des motorischen Apparates (z. B. Rückenbeschwerden, Arthrose, Schmerzempfindungen in Gelenken usw.) sollten zusätzlich durch einen Fragebogen erfragt werden.

#### 7.1.7.3 Vor der Fahrt

Vor der Fahrt sollte deshalb ein standardisierter Bewegungstest durchgeführt werden. Damit kann dann der allgemeine motorische Status der Probanden erfasst werden.

#### 7.1.7.4 Während der Fahrt

Während der Fahrt sollten motorische Kompensationsleistungen beobachtet und dokumentiert werden. Beim vorbereitenden Expertentreffen für das Feldexperiment wurden verschiedene motorische Kompensationsmöglichkeiten diskutiert (s. u.), weitere sollten notiert werden, falls sie bei der Fahrt beobachtet werden:

- Schalten: Könnte „Schaltfaulheit“ ein motorisches Defizit kompensieren (bei Automatikgetriebe ist diese Beobachtung nicht möglich)?
- Einsteigen: Sind beim Einsteigen motorische Defizite erkennbar?
- Fehlender Schulterblick/fehlende Kopfdrehung/ fehlende Blickbewegungen mit Körperdrehung während der Fahrt: Wird auf den Schulterblick/eine Kopfdrehung verzichtet, z. B. beim Abbiegen? An Kreuzungen? Wird auf Blickbewegungen verzichtet, die eine Körperdrehung voraussetzen, z. B. beim Einparken, um den seitwärtigen Straßenraum/toten Winkel einsehen zu können?
- Wie wird die Blickvermeidung kompensiert? Oder wird sie gar nicht kompensiert (z. B. auch kein Blick in den Spiegel)?
- Sonstige Bewegungen bei der Fahrt: Sind sonstige Bewegungen/physische Muskelkräfte motorisch eingeschränkt, sodass kompensatorisches Verhalten beobachtet werden kann?
- Betätigen von Schaltern während der Fahrt als Aufgabenstellung während der Fahrt (s. o.) oder als immanente Aufgabe (z. B. Blinker betätigen, Licht einschalten, Nebelleuchte einschalten, die

manchmal ein wenig versteckt ist)): Ist kompensatorisches Verhalten zu beobachten, besteht eine „Betätigungsfaulheit“ bei Schaltern/Bewegungen, die sich durch motorische (und nicht kognitive) Defizite erklären lässt?

- Wird überhaupt kompensiert? Und wie?

### 7.1.8 Medizinischer Status

Zur Klärung des medizinischen Status sollten mindestens folgende Daten erhoben werden:

#### 7.1.8.1 Medikamente

Welche Medikamente werden (aktuell) in welcher Dosierung wann genommen?

Wichtig ist es, Informationen zu der Dosierung aktuell eingenommener Medikamente zu erfragen. Viele Medikamente werden in unterschiedlichen Dosierungen, aber unter demselben Namen verkauft; sehr bekannt ist z. B. Ibuprofen, das allerdings in verschiedenen hohen Dosierungen je Einheit verkauft wird. Es reicht nicht zu wissen, wie viele Tabletten (Tropfen) von einem Wirkstoff eingenommen wurden, sondern es muss auch der Wirkstoffgehalt der Einzeldosis erfragt werden.

#### 7.1.8.2 Vorerkrankungen

Bestehende und fahrrelevante Vorerkrankungen sollten abgefragt werden. Insbesondere Diabetes (starke Auswirkung auf Fahrtüchtigkeit bei aktuell falschem Zuckerhaushalt), Schmerz- u. Nervenerkrankungen, die häufig mit starken Medikamenten behandelt werden müssen (die sich auf die Fahrtüchtigkeit auswirken), und Herzerkrankungen, da sich blutdrucksenkende Mittel ebenfalls direkt auf die Fahrtüchtigkeit auswirken können, insbesondere in den ersten Wochen der Medikation.

#### 7.1.8.3 Vor der Fahrt

Vor der Fahrt sollte erfragt werden: „Wie haben Sie geschlafen?“ und „Wie lange?“, „Fühlen Sie sich fit für die Fahrt?“, um sicherzugehen, dass sich die Probanden ausreichend ausgeruht für eine Testfahrt fühlen. Schlafmangel/schlechter Schlaf kann ebenfalls ein Hinweis auf mangelnde Fitness darstellen.

## 8 Empirische Untersuchung

In Ergänzung zu den Literaturbefunden bezüglich der zu stellenden Mindestanforderungen und mit Blick auf die ökologische Validität der abschließenden Projektergebnisse wurde aufbauend auf dem skizzierten Wissensstand eine empirische Untersuchung älterer Autofahrer mit einer beobachteten Fahrt im Realverkehr durchgeführt. Dieser empirische Teil des Forschungsprojektes wurde vom Zentrum für Alternskulturen der Universität Bonn durchgeführt und zuvor inhaltlich gemeinsam mit allen beteiligten Wissenschaftlern vorbereitet (vgl. Kapitel 7). Zur Vorbereitung der Fahrverhaltensbeobachtungen dienten die Ergebnisse der Zusammenfassung des Forschungsstands im Hinblick auf Mindestanforderungen an die Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer sowie alterskritische Funktionsveränderungen mit direkter Auswirkung auf verkehrssicherheitsrelevante Leistungspotenziale (siehe Kapitel 3 bis 6).

Ziel der empirischen Untersuchung war es, vor dem Hintergrund möglicher Mindestanforderungen an die praktisch vorhandene Fahrkompetenz, den gesundheitlichen Status – insbesondere unter Berücksichtigung von Erkrankungen und Medikamenteneinnahmen – und die visuelle, motorische und kognitive Leistungsfähigkeit sowie das Verkehrsverhalten älterer Fahrer im Hinblick auf Strategien der Kompensation im Realverkehr zu beobachten und zu beurteilen.

### 8.1 Vorbereitung und Konzeption der Untersuchungsinstrumente

Auf Grundlage der Ergebnisse des Arbeitstreffens zur Vorbereitung der empirischen Untersuchung (vgl. Kapitel 7) wurde eine Auswahl an Testverfahren zur Erfassung der relevanten kognitiven und motorischen Kompetenzbereiche getroffen. Neben der Erfassung zentraler kognitiver Leistungsbereiche und des motorischen Status der Probanden wurden eine verkehrsmedizinische sowie eine augenärztliche Untersuchung der teilnehmenden älteren Kraftfahrer vorgenommen. Ergänzt wurden die Testung und Untersuchung der Probanden durch ein halbstandardisiertes Interview, in welchem Selbstauskünfte der Probanden zu Fahrverhalten, taktischer und strategischer Kompensation sowie der gesundheitlichen Situation erfasst wurden.

Die Ableitung, ob vorhandene Einschränkungen der Leistungsfähigkeit Auswirkungen auf die Fahrkom-

petenz des älteren Kraftfahrers zeigen und ob und in welchem Ausmaß funktionale Defizite kompensierbar sind, kann hinreichend valide nur anhand von Beobachtungen des realen Fahrverhaltens vorgenommen werden. Im Rahmen der Fahrverhaltensbeobachtung wurden neben Anforderungen an die fahrpraktischen Fähigkeiten des Probanden auch gezielt Beobachtungen im Hinblick auf Kompensation und Verhalten in Anspruchssituationen vorgenommen, um Hinweise auf vorhandene Kompensationspotenziale zu erhalten.

### 8.1.1 Verkehrsmedizinische Untersuchung

Für eine umfassende Erfassung des medizinischen Status der Untersuchungsteilnehmer, insbesondere vorliegender Erkrankungen und Medikamenteneinnahmen mit potenziell direkt oder indirekt negativen Auswirkungen auf die Fahrkompetenz, wurden die Probanden einer verkehrsmedizinischen Untersuchung unterzogen. Zur Dokumentation der Untersuchungsbefunde wurde in enger Abstimmung mit den kooperierenden Medizinern des Neurologischen Rehabilitationszentrums Godeshöhe ein Dokumentationsbogen zur Erfassung des medizinischen Status der Probanden entwickelt. Erfasst wurden dabei verkehrssicherheitsrelevante Erkrankungen und Medikamente, darunter insbesondere:

- reaktionszeitbeeinflussende Medikamente,
- Anfallsleiden,
- auditive Einschränkungen,
- motorische Einschränkungen,
- Herz- und Gefäßkrankheiten,
- Diabetes,
- Erkrankungen des Nervensystems,
- psychische (geistige) Störungen,
- Schlafstörungen mit Vigilanzbeeinträchtigung.

Die Beschreibung der gesundheitlichen Situation des Probanden wurde ergänzt durch eine verkehrsmedizinische Beurteilung im Hinblick auf die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien). Die Beurteilungskriterien berücksichtigen dabei, dass eine Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) aus medizinischer Sicht „voll gegeben“, „nicht gegeben“ oder unter „folgenden Auflagen“ gegeben sei.

### 8.1.2 Augenärztliche Untersuchung

Zur Beurteilung der visuellen Leistungsfähigkeit der Probanden erfolgte eine augenärztliche Untersuchung. Bei dieser Gesamteinschätzung handelt es sich um ein augenärztliches Expertenurteil – nicht um eine augenärztliche Begutachtung gemäß den Anforderungen der FeV. In Abstimmung mit dem am Neurologischen Rehabilitationszentrum tätigen Augenmediziner wurde ein Bogen zur Dokumentation und Beurteilung der augenärztlichen Untersuchungsbefunde konzipiert, welcher folgende Befunde umfasst:

- zentrale Sehschärfe mit und ohne Korrektur,
- Dämmerungssehvermögen,
- Farbsehen,
- Motilität,
- Gesichtsfeld (Computerperimetrie).

Um der Bedeutung der visuellen Wahrnehmungsfähigkeit in Bezug auf fahrrelevante Leistungspotenziale hinreichend gerecht zu werden und auch die Befunde zur Bedeutung des funktionalen Gesichtsfeldes zu berücksichtigen, wurde die augenärztliche Untersuchung darüber hinaus um eine Computerperimetrie ergänzt.

Vor dem Hintergrund der augenärztlichen Untersuchungsbefunde wurde zudem eine Beurteilung der visuellen Leistungsfähigkeit der älteren Kraftfahrer im Hinblick auf die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) vorgenommen. Dabei fanden insbesondere folgende visuelle Einschränkungen mit Relevanz für die Teilnahme am Straßenverkehr Berücksichtigung:

- Einschränkungen der zentralen Sehschärfe (Mindestanforderungen nach FeV werden unterschritten),
- Gesichtsfeldausfälle (Mindestanforderungen nach FeV werden unterschritten),
- Doppelbilder,
- Einschränkungen des Dämmerungssehvermögens,
- erhöhte Blendempfindlichkeit,
- Glaukome,
- Katarakte,
- Rot-Grün-Schwäche.

Die abschließende Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) der Probanden aus augenärztlicher Sicht berücksichtigte die Beurteilungskategorien einer „vollständig gegebenen“, „nicht gegebenen“ und der unter „folgenden Auflagen“ gegebenen Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien).

### 8.1.3 Testverfahren zur Erfassung kognitiver Kompetenzen

Die Auswahl der Testverfahren zur Erfassung kognitiver Kompetenzen erfolgte vor dem Hintergrund der Ergebnisse der Projektgruppe „Altern und ZNS-Veränderungen“ des IfADo zum Themenkomplex „altersbedingte sensorische und kognitive Veränderungen und ihre Auswirkungen auf fahrrelevante, verkehrsbezogene Leistungspotenziale sowie Kompensationsmöglichkeiten“.

Zur Erfassung zentraler Konstrukte der „Aufmerksamkeitsleistung“ wurden drei Untertests aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) von ZIMMERMANN & FIMM (1993) durchgeführt. Darüber hinaus wurde als Testverfahren zur Erfassung des allgemeinen kognitiven Status und der exekutiven Funktionen der Zahlen-Symbol-Test G aus dem Nürnberger Altersinventar (NAI) verwendet (OSWALD & FLEISCHMANN, 1999).

Die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) ist ein vollständig computergestütztes Testsystem, in welchem „Aufmerksamkeit“ als heterogenes Konstrukt zur Kontrolle und Integration sensorischer und kognitiver Prozesse auf verschiedenen Ebenen der Verarbeitung verstanden wird (PFLÜGER & GSCHWANDTNER, 2003). Um bei der Beurteilung der Aufmerksamkeitsleistung den modulierenden Einfluss anderer kognitiver Prozesse wie des Gedächtnisses, der Sprache, des Wahrnehmens oder des Denkens möglichst gering zu halten, zeichnen sich die Aufgaben der TAP durch klare Anforderungsprofile und geringe Komplexität aus (ZIMMERMANN & FIMM, 2004).

#### Visuelles Scanning

Der Untertest „Visuelles Scanning“ der TAP untersucht die Fähigkeit, nach spezifischen visuellen Stimuli innerhalb von komplexen Displays zu suchen. Die Aufgabe besteht darin, einen kritischen Reiz in einer 5x5-Stimulusmatrix zu entdecken (PSYTEST, o. J.). Zudem liefert dieser Untertest quantitative In-

formationen über die visuelle Explorationsgeschwindigkeit des Probanden (GOLZ, HUCHLER, JÖRG & KÜST, 2004). Vor diesem Hintergrund lässt sich der Untertest „Visuelles Scanning“ als hinreichender Indikator für die Leistungsfähigkeit älterer Kraftfahrer im Hinblick auf die Fähigkeit zur „Visuellen Suche“ bewerten.

#### Go/No-go

Aufgaben im Bereich des „Go/No-go“-Paradigmas wurden zur Erfassung der Verhaltenskontrolle entwickelt. Dabei geht es um die Fähigkeit, unter Zeitdruck eine angemessene Reaktion auszuführen und gleichzeitig einen inadäquaten Verhaltensimpuls zu kontrollieren (PSYTEST, o. J.). Diese Art der selektiven Aufmerksamkeit reguliert die Ansprechbarkeit auf spezifische Reizkonstellationen und beeinflusst damit die weitere Verarbeitung bestimmter Reize. Sie drückt sich in der Fähigkeit aus, auf relevante Reize zu reagieren und sich nicht durch irrelevante Reize ablenken zu lassen (GOLZ et al., 2004). Dementsprechend erscheint dieser Untertest geeignet, die Leistungspotenziale älterer Kraftfahrer insbesondere im Hinblick auf die Fähigkeit zur Inhibition zu erfassen.

#### Geteilte Aufmerksamkeit

Der Begriff der „geteilten Aufmerksamkeit“ impliziert das simultane Beachten mehrerer Objekte (SCHMIDT-ATZERT, BÜTTNER & BÜHNER, 2004). Bei dem Untertest „Geteilte Aufmerksamkeit“ der TAP handelt es sich um eine „dual task“, welche die gleichzeitige Beachtung visueller und auditiver Reize erfordert. Die Leistungsfähigkeit im Bereich der geteilten Aufmerksamkeit wird somit über die simultane Ausführung einer visuellen und einer auditiven Diskriminationsaufgabe operationalisiert und stellt somit einen geeigneten Indikator hinsichtlich der Performanz älterer Kraftfahrer bei der Bewältigung von Mehrfachaufgaben (unter Zeitdruck) dar (ZIMMERMANN & FIMM, 2004).

#### Exekutive Funktionen – Zahlen-Symbol-Test G

Der Zahlen-Symbol-Test G aus dem Nürnberger Alters-Inventar (NAI) von (OSWALD & FLEISCHMANN, 1999) erfordert von den Probanden 90 Sekunden lang eine möglichst schnelle und korrekte Zuordnung von neun Symbolen zu den Zahlen 1 bis 9. Der Test dient somit der Erfassung

der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit bei der Ausführung von Such- und Entscheidungsprozessen. Zudem wird das Leistungstempo durch die Koordinationsfähigkeit und Merkfähigkeit der Probanden beeinflusst. Die Performanz innerhalb des ZS G kann somit als Indikator für die allgemeine kognitive Verlangsamung im Alter (SALTHOUSE, 1992) sowie die fluide Intelligenz gelten (OSWALD & FLEISCHMANN, 1999). Im Rahmen der empirischen Untersuchung sollte der ZS G Hinweise auf den allgemeinen exekutiven Funktionsstatus liefern.

#### 8.1.4 Screening der motorischen Funktionen

Zur Erfassung des motorischen Funktionsstatus wurden die Probanden einem Screening der Bewegungsfähigkeit des Nackens sowie von Kraft und Koordination der Beine unterzogen. Die eingesetzten Screening-Verfahren haben sich auch innerhalb des Forschungsprojektes „Entwicklung und Evaluation eines Screening-Tests zur Erfassung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer – SCREEMO“ (ENGIN, KOCHERSCHIED, FELDMANN & RUDINGER, 2010) als brauchbar zur globalen Beurteilung des fahrrelevanten motorischen Status erwiesen.

#### Nackenzugbeweglichkeit – Nackenrotationstest

Prüfungen der Nackenzugbeweglichkeit fanden beispielsweise auch in den Studien von MAROTTOLI, RICHARDSON, STOWE, MILLER, BRASS, COONEY (1998) sowie der Maryland Model Driver Screening and Evaluation Study von STAPLIN, GISH & JOYCE (2008) oder auch der Untersuchung zur prädiktiven Validität von Assessment-Daten auf die Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer von STAV, JUSTISS, McCARTHY, MANN & LANFORD (2008) Anwendung. Die Testung erfolgt dabei zumeist ähnlich, indem die Probanden aufgefordert werden, entweder mit dem Rücken an der Wand, oder auch auf einem Stuhl im Raum sitzend, ihren Kopf und Nacken so weit nach rechts bzw. links zu drehen, dass es ihnen möglich ist, Zettel, die hinter ihnen befestigt sind, lesen zu können. Die Datenlage aus diesen Untersuchungen weist auf einen korrelativen Zusammenhang zwischen Einschränkungen der Nackenzugbeweglichkeit und selbst berichteten oder polizeilich aufgenommenen Unfalldaten sowie Beobachtungsmaßen aus Fahrverhaltensproben hin.

#### Kraft und Koordination der Beine – Zehen – Hackengang

Zur Beurteilung des motorischen Status der unteren Extremitäten wurde in einigen Studien zur Fahrkompetenz die Fähigkeit zum schnellen Gehen herangezogen. Die in diesem Zusammenhang eingesetzten Verfahren orientieren sich dabei an in der Geriatrie eingesetzten Testverfahren zur Abschätzung der Mobilität des älteren Menschen bzw. des Sturzrisikos (z. B. Timed-„up-and-go“-Test (TUG) (PODSIADLO & RICHARDSON, 1991) oder auch der Rapid-Pace-Walk (vgl. EBY, MOLNAR, SHOPE & DELLINGER, 2007; MAROTTOLI et al., 1998; SIMS, McGWIN, ALLMAN, BALL & OWSLEY, 2000; STAPLIN, LOCOCO, GISH & DECINA, 2003; STAV et al., 2008). Da bei der Beurteilung des motorischen Status der unteren Extremitäten im Hinblick auf die Fahrkompetenz weniger die Geschwindigkeit des Gehens als relevantes Kriterium betrachtet werden kann, sondern vielmehr die Fähigkeit zur Koordination und Kraft bei der Pedalbedienug als relevant zu bewerten ist, wurden die Probanden im Forschungsprojekt SCREEMO aufgefordert, eine etwa 3m-lange Strecke auf den Zehenspitzen zurückzulegen und anschließend den Rückweg auf den Hacken zu laufen. Die Beurteilung erfolgte anhand einer dichotomen Unterscheidung in gelungene und nicht gelungene Aufgabenbewältigung. Im Rahmen des Forschungsprojektes SCREEMO ergaben sich zwischen der Performanz innerhalb der Aufgabe „Zehen-Hacken-Gang“ und den Beurteilungsmaßen des Fahrverhaltens innerhalb einer Fahrverhaltensbeobachtung signifikante korrelative Zusammenhänge.

#### 8.1.5 Interviewdaten – Leistungspotenziale, Fahrverhalten und Kompensationsstrategien

Ergänzend zu den verkehrsmedizinischen und augenärztlichen Untersuchungen sowie der Prüfung der kognitiven und motorischen Kompetenzen wurden die Selbstauskünfte der Probanden in Form eines halbstandardisierten Interviews berücksichtigt. Der zu diesem Zweck, in Orientierung an die aus dem BAST-Forschungsprojekt PROSA „Profile von Senioren mit Autounfällen“ vorliegenden Befunde, konzipierte Leitfaden berücksichtigt folgende Themenbereiche:

- Fahrverhalten,
- Kompensation,

- Selbstbild als Autofahrer,
- subjektiver Gesundheitszustand,
- Erkrankungen und Medikamenteneinnahmen,
- Demografie.

### 8.1.6 Die praktische Fahrverhaltensbeobachtung

Vor dem Hintergrund, dass im Rahmen der praktischen Fahrverhaltensbeobachtung eine Beobachtung und Beurteilung der älteren Kraftfahrer im Hinblick auf Kompensationsleistungen erfolgen sollten, lag ein Schwerpunkt bei der Konzeption auf der Entwicklung von Beobachtungs- bzw. Anforderungssituationen, welche geeignet sind, entsprechendes Verhalten abzuverlangen und somit einer Beobachtung zugänglich zu machen. Bei der Konstruktion der Fahrtstrecke wurden aus diesem Grund insbesondere Situationen gesucht, welche einen relativ hohen Anforderungscharakter aufweisen und somit geeignet sind, eine Beanspruchungssituation während der Fahrt zu erzeugen. Die Mindestanforderungen, die von den älteren Kraftfahrern eingehalten werden sollten, wurden also über die Streckenwahl und die Auswahl der Fahrsituationen operationalisiert. Die Konzeption und Durchführung der Fahrverhaltensbeobachtung erfolgten in enger Abstimmung mit dem kooperierenden Fahrlehrer.

Festgelegt wurde eine Strecke im Bonner Stadtgebiet mit einer Länge von 40 Kilometern, welche eine Fahrtzeit von etwa einer Stunde beanspruchte. Die Anforderungen der Strecke umfassten dabei zahlreiche Streckenabschnitte in verkehrsberuhigten Zonen mit Rechts-vor-Links-Regelungen, Bremsschwellen sowie Fahrbahnverengungen durch parkende Fahrzeuge, allgemeinen Stadtverkehr mit ein- oder mehrspuriger Verkehrsführung sowie Autobahnfahrten mit Wechseln über zwei Autobahnkreuze.

Zur Dokumentation des Fahrverhaltens der Probanden während der Fahrt im Realverkehr wurde ein standardisiertes Fahrverhaltensprotokoll entwickelt. Für jeden einzelnen Abschnitt der Wegstrecke wurden dabei die Anforderungen an die Performanz des Kraftfahrers in verhaltensnahen Einheiten erfasst. Die Konzeption des Fahrverhaltensprotokolls erfolgte in Orientierung an einschlägigen Publikationen im Themengebiet der Fahrverhaltensbeobachtung, wie beispielsweise dem Köl-

ner Fahrverhaltenstest (K-FV-T) (KROJ & PFEIFFER, 1973), sowie unter Berücksichtigung spezieller Anforderungen der Erfassung des Fahrverhaltens älterer Fahrer (JUSTISS, MANN, STAV & VELOZO, 2006). Die Beobachtungsdimensionen der Fahrverhaltensprobe berücksichtigten folgende Aspekte des Fahrverhaltens pro Streckenabschnitt:

- die allgemeine Beachtung von Stimuli im Straßenverkehr, wie beispielsweise Verkehrszeichen und Ampeln,
- die Berücksichtigung von Fußgängern und Radfahrern,
- die Verkehrsbeobachtung und Blickführung, im Sinne der Nutzung von Spiegeln, Schulterblick, vorausschauendem Fahren,
- das Einhalten der Spur, sowohl beim Spurwechsel als auch die allgemeine Position des Fahrzeugs und dessen Abstände nach rechts und links,
- den Abstand des Fahrzeugs als Position des Fahrzeugs nach vorne/hinten,
- die Fahrgeschwindigkeit als Einhaltung von Geschwindigkeitsbegrenzungen und Situationsangemessenheit,
- die Berücksichtigung von Rechts-vor-Links-Regelungen,
- die Berücksichtigung des einfädelnden Verkehrs und
- die Berücksichtigung von Fahrbahnverengungen und Bremsschwellen.

Im Anschluss an die Fahrverhaltensbeobachtung wurden einzelne Aspekte der Fahrkompetenz jeweils durch den Beobachter sowie den Fahrlehrer anhand von Beurteilungsbögen bewertet. Auch wurden globale Urteile über die Fahrkompetenz vergeben und von Seiten des Fahrlehrers wurde beurteilt, ob die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) des Probanden vollständig oder nicht bzw. lediglich unter Auflagen als gegeben zu betrachten ist. Tabelle 2 bietet einen Überblick über den Anforderungscharakter der im Rahmen der Fahrverhaltensprobe zu absolvierenden Strecke.

Neben der Beurteilung der praktisch vorhandenen Fahrkompetenz zielte die Fahrverhaltensprobe auch auf eine Beobachtung der Probanden hin-

sichtlich Leistungspotenzialen und Kompensationsverhalten innerhalb besonderer Anspruchssituationen. Zu diesem Zweck wurde ein Set von Aufgaben definiert, welche dem Probanden zusätzlich zu sei-

Anforderungen	Anzahl
Rechts-/Linksabbiegen gesamt	19
Rechts-/Linksabbiegen unter besonderer Berücksichtigung von Radfahrern auf Radwegen oder Seitenstreifen	8
Heranfahren und Passieren von Fußgängerüberwegen (Zebrastreifen)	8
Rechts-vor-Links-Regelungen	8
Befahren von Kreuzungen mit Stoppschild	2
Linksabbiegen auf Fahrbahnen/Kreuzungen mit Gegenverkehr (mit/ohne Ampel)	5
Befahren von Kreuzungen/Einmündungen mit abknickender Vorfahrt	3
Autobahnwechsel über Autobahnkreuze	2
Einfädeln auf der Autobahn	3
Fahrbahnverengungen	7
Durchfahren von Kreisverkehren	2
Passieren von Bushaltestellen	7
Bremsschwellen	7
Beachtung des einfädelnden Verkehrs auf der Autobahn	5

Tab. 2: Häufigkeiten einzelner Anforderungen an die Prüfstraße

ner Fahraufgabe spezifische Leistungen abverlangen. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der Verhaltensbeobachtung der Probanden innerhalb von Orientierungsaufgaben und Doppeltätigkeiten bzw. Anspruchssituationen, welche die Inhibition irrelevanter Reize erfordern. Als weitere Anspruchssituation, wurde die Performanz innerhalb von Rechts-vor-Links-Situationen definiert (vgl. Tabelle 3). Interessierende abhängige Variablen innerhalb dieser Situationen waren:

- Veränderungen der Geschwindigkeit,
- Veränderungen des Spurverhaltens,
- Unsicherheiten und Nervosität,
- Ablenkbarkeit,
- Anforderungsbewältigung sowie
- sonstige Besonderheiten der Beobachtung.

Die Performanz der Probanden innerhalb dieser spezifischen Anspruchssituationen während der Fahrt wurde von einem weiteren Beobachter gesondert in einem Beobachtungsprotokoll erfasst. Nach Abschluss der Fahrt erfolgte durch den zweiten Beobachter eine Beurteilung des Probanden im Hinblick auf die geforderten Kompetenzen innerhalb der Anspruchssituationen sowie im Hinblick auf Kompensation möglicher Einschränkungen und Befunde.

Anforderungen	Kompetenzen
Rechts-vor-Links (insgesamt sieben Situationen)	Orientierung Inhibition irrelevanter Informationen
(Einfache) Orientierungsaufgaben (insgesamt sechs Situationen) Identifikation des Hinweisreizes auf einem Schild mit mehreren und damit unübersichtlichen Angaben.	Visuelle Suche Orientierung Inhibition irrelevanter Informationen Handlungsvorbereitung
(Erschwerte) Orientierungsaufgabe Bevor das Schild an der Kreuzung sichtbar wird, an welcher auch rechts abgebogen werden muss, kommen zwei Nicht-Target-Schilder, die ignoriert werden sollten.	Visuelle Suche Orientierung Inhibition irrelevanter Informationen Handlungsvorbereitung
„Wären Sie so freundlich und würden mir aus dem Seitenfach in Ihrer Tür ein Bonbon anreichen?“ Direkt nach dem Auffahren auf die Autobahn wird eine Zusatzaufgabe abverlangt.	Doppeltätigkeiten
Fahrlehrer kramt intensiv im Handschuhfach, als Versuch einer Ablenkung des Probanden. Ablenkende Aktion des Fahrlehrers sollte möglichst wenig Aufmerksamkeit auf sich ziehen, denn die Fahrtsituation erfordert die Beachtung von Rechts-vor-Links-Regelungen sowie mehreren Bremsschwellen.	Orientierung Inhibition irrelevanter Informationen Handlungsüberwachung
Fahrlehrer schaltet das Radio ein und startet einen Sendersuchlauf. Diesen bricht er nach einer kurzen Zeit wieder ab und kommentiert: „Entschuldigen Sie, das lenkt doch zu viel ab.“ Ablenkende Aktion des Fahrlehrers sollte möglichst wenig Aufmerksamkeit auf sich ziehen.	Inhibition irrelevanter Informationen

Tab. 3: Anforderungssituationen zur differenzierten Beobachtung des Fahrverhaltens im Hinblick auf Kompensationsverhalten

## 8.2 Untersuchungsplanung und Auswahl der Probanden

### 8.2.1 Untersuchungsplanung

Vor dem Hintergrund der theoretischen Befunde im Hinblick auf risikomodulierende Variablen und der vorhandenen Ressourcen wurde ein Design gewählt, welches Vergleiche zwischen einer Stichprobe von  $n = 20$  jüngeren, weniger krankheitsbelasteten Fahrern mit einer relativ hohen Kilometerleistung und  $n = 20$  hochaltrigen Fahrern mit einer höheren Krankheitsbelastung und geringerer Kilometerleistung ermöglichte. Durch die gezielte Bildung von Extremgruppen wurde auf einen Vergleich der Verhaltensweisen von potenziell leistungsverminderten älteren Fahrern und vermutlich weniger beeinträchtigten „jüngeren“ älteren Fahrern gezielt und somit die Beobachtbarkeit kompensatorischer Fahrverhaltensweisen und eine Beurteilung des Fahrverhaltens im Hinblick auf mögliche Mindestanforderungen und Leistungspotenziale angestrebt. Um im Vorfeld der Untersuchung sicherzustellen, dass relevante Untersuchungsergebnisse erzielt werden können, wurde eine Bestimmung der Teststärke vorgenommen. Dabei ergab sich, dass bei einem Gruppenvergleich der praktischen Fahrkompetenz von jeweils 20 Probanden mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  und der Annahme eines Effekts von 0,8 eine Teststärke von 0,8 erreicht werden kann (die Berechnung der Teststärke erfolgte unter Zuhilfenahme des Programms G\*Power von FAUL, ERDFELDER, LANG & BUCHNER, 2007). Diese Teststärke entspricht der geläufigen Vervierfachung des nominalen Signifikanzniveaus von  $\alpha = 0,05$  auf  $\beta = 1-0,2$  (BORTZ & DÖRING, 2006; COHEN, 1987). Die Annahme eines nach COHEN (1987) großen Effekts von 0,8 ist aus den Erfahrungen der vorangegangenen Studie „SCREEMO – Entwicklung und Evaluation eines Screening-Tests zur Erfassung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer“ (ENGIN et al., 2010) abzuleiten, in welcher bei einem Post-hoc-Gruppenvergleich der Fahrkompetenz von Teilnehmern  $\leq 70$  Jahre vs.  $> 70$  Jahre ein Effekt von 0,7 beobachtet werden konnte. Aufgrund eines angestrebten Vergleichs des Fahrverhaltens von Extremgruppen war die Annahme eines Effekts von mindestens gleicher Höhe zu rechtfertigen.

### 8.2.2 Auswahl der Probanden

Um potenzielle Teilnehmer für die empirische Untersuchung älterer aktiver Kraftfahrer anzusprechen, wurde ein Flyer konzipiert, in dem auf das

kostenlose Angebot eines Fahrsicherheitschecks für Senioren hingewiesen wurde. Der angebotene Fahrsicherheitscheck setzte sich dabei aus einem „Fahrkompetenzcheck“, in welchem die verkehrsmedizinische und augenärztliche Untersuchung, die Prüfung der kognitiven und motorischen Kompetenzen sowie die Durchführung des Interviews vorgesehen waren, und einer „Fahrstunde“ zusammen, in welcher die Fahrverhaltensbeobachtung der Probanden erfolgte. Aufgrund der sehr positiven Erfahrungen im Hinblick auf die Teilnahmebereitschaft älterer Kraftfahrer an Angeboten dieser Art aus dem Projekt SCREEMO wurde eine Pressemitteilung über die Universität Bonn herausgegeben. Hinweise auf das Angebot wurden daraufhin u. a. über

- den Newsletter der Universität Bonn,
- den „Bonner Generalanzeiger“,
- die Serviceseiten der Stadt Bonn sowie
- die Homepage der „Ärzte Zeitung“

veröffentlicht.

Die Bekanntgabe erwies sich als zielführend, da im Verlauf des Februars 2010 über 100 interessierte ältere Kraftfahrer im Alter ab 65 Jahren ihre Teilnahmebereitschaft erklärten.

Zur Bildung der Untersuchungsgruppen wurden bereits bei der ersten Kontaktaufnahme mit den Interessenten Alter, Informationen zur gesundheitlichen Situation und die monatliche Kilometerleistung apriori erfasst. Anhand dieser Kriterien wurden die Interessenten den potenziellen Untersuchungsgruppen zugeteilt bzw. als hinsichtlich der Zuordnung unklar beurteilt. Die Auswahl der Probanden erfolgte im Anschluss nach dem Zeitpunkt der Interessenbekundung an der Teilnahme sowie unter Berücksichtigung folgender Kriterien:

- Mindestalter von 65 Jahren,
- gültiger Führerscheinbesitz,
- aktive Teilnahme am Straßenverkehr als Autofahrer,
- Passung zu den konstruierten Untersuchungsgruppen.

Auch wurden Frauen ab einem bestimmten Zeitpunkt bevorzugt, um eine hinreichende Stichprobenrepräsentation zu gewährleisten.

Zugunsten einer besseren Vergleichbarkeit der Daten wurden Interessenten, die über einen sehr langen Zeitraum nur Fahrzeuge mit Automatikgetriebe gefahren waren, von der Aufnahme in die Stichprobe ausgeschlossen.

### 8.3 Beschreibung der Stichprobe

Der Untersuchungsplanung entsprechend wurde ein Stichprobenumfang von  $n = 40$  Probanden realisiert. Hinsichtlich der Zuordnung in die beiden Untersuchungsgruppen entfielen jeweils 20 Teilnehmer auf die Gruppe der (mehrfach) erkrankten, hochaltrigen Wenigfahrer (Gruppe „Unfit“) und die jüngere, gesündere, fahrrountiniertere Gruppe (Gruppe „Fit“).

Die teilnehmenden Senioren waren insgesamt zwischen 65 und 85 Jahre alt, wobei das Durchschnittsalter der Gruppe Fit 69 Jahre und das Durchschnittsalter der Gruppe Unfit 74 Jahre betragen (vgl. Tabelle 4). Der vorgefundene Altersunterschied zwischen den Extremgruppen resultiert aus der Tatsache, dass unter anderem das Alter der Probanden zur Bildung der beiden Gruppen herangezogen wurde. Bild 8 verdeutlicht die Verteilung der Probanden innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen nach Altersklassen.

Die Gesamtstichprobe von 40 älteren Kraftfahrern setzte sich aus 26 Männern (65 %) und 14 Frauen (35 %) zusammen. Eine ähnliche Geschlechterverteilung ergab sich auch innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen (vgl. Bild 9).

Bei Betrachtung des höchsten erreichten Schulabschlusses zeigte sich, dass 20 Teilnehmer (50 %) der Gesamtstichprobe Fachhochschulreife oder Abitur aufwiesen und 16 (40 %) der Befragten einen Haupt- sowie vier (10 %) einen Realschulabschluss. Hinsichtlich des Bildungsniveaus wiesen

	Alter in Jahren		
	Fit	Unfit	Gesamt
Mittelwert	69	74	72
Median	69	72	70
Maximum	83	85	85
Minimum	65	65	65
Standardabweichung	5	6	6
Gültige N	20	20	40

Tab. 4: Alter der Probanden – statistische Kennwerte

die Untersuchungsgruppen deutliche Unterschiede auf. So zeichnet sich die Gruppe Fit insgesamt durch ein höheres Bildungsniveau aus als die Gruppe Unfit. Der relative Anteil derjenigen, die ihre Schullaufbahn mit Fachhochschulreife oder Abitur abgeschlossen haben, liegt mit 13 (65 %) in dieser Gruppe weit über dem entsprechenden Anteil in der Gruppe Unfit von 7 (35 %; vgl. Bild 10). Eine Analyse der höchsten berufsbildenden Abschlüsse in den

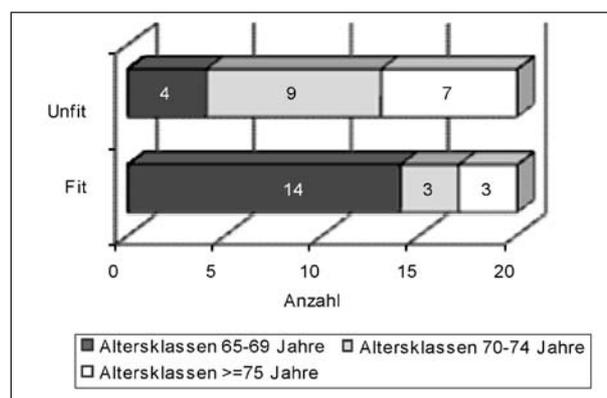


Bild 8: Verteilung der Probanden innerhalb der Untersuchungsgruppen nach Altersklassen

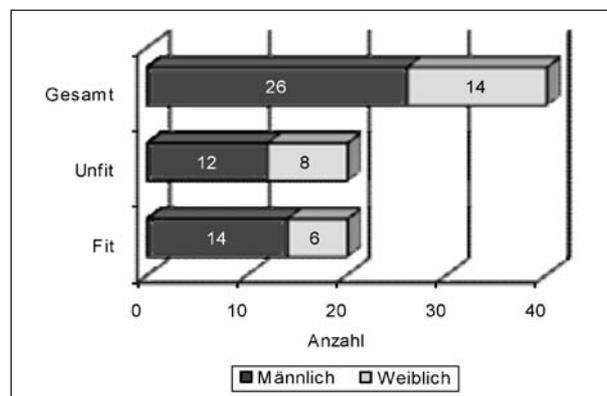


Bild 9: Geschlechterverteilung der Probanden in absoluten Häufigkeiten

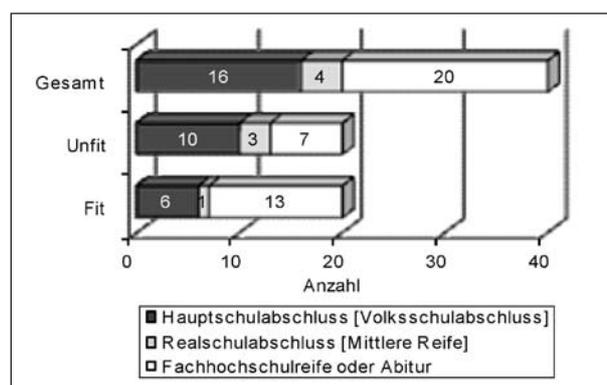


Bild 10: Höchster allgemeinbildender Schulabschluss – Nennungen in absoluten Häufigkeiten

	Fit		Unfit		Gesamt	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Hauptschulabschluss (Volksschulabschluss)	6	30	10	50	16	40
Realschulabschluss (Mittlere Reife)	1	5	3	15	4	10
Fachhochschulreife oder Abitur	13	65	7	35	20	50
Keinen Schulabschluss	0	0	0	0	0	0
Gesamt	20	100	20	100	40	100

**Tab. 5:** Höchster berufsbildender Abschluss – absolute und relative Häufigkeiten

beiden Untersuchungsgruppen bestätigt das höhere Bildungsniveau der Gruppe Fit. 12 (60 %) der Teilnehmer der Gruppe Fit gaben an, einen Hochschul- oder Fachhochschulabschluss erreicht zu haben. In der Gruppe Unfit trifft dies auf 6 Personen (30 %) zu (vgl. Tabelle 5).

## 8.4 Datenanalyse und Auswertung

Die Verwaltung, Weiterverarbeitung und Auswertung der erhobenen Daten erfolgten computergestützt mittels des Programms SPSS. Dabei wurden die Daten nach univariaten und bivariaten Häufigkeiten tabelliert. Gruppenunterschiede wurden, aufgrund der Robustheit des Verfahrens, mit dem Welch-Test auf statistische Signifikanz geprüft, sofern die Voraussetzungen zur Anwendung gegeben waren. Andernfalls fanden nonparametrische Verfahren, wie der Mann-Whitney-U-Test zur Prüfung von Gruppenunterschieden Verwendung. Prüfungen auf Normalverteilung der Daten wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test vorgenommen. Die Prüfung der stochastischen Unabhängigkeit zweier Merkmale erfolgte anhand des Chi-Quadrat-Tests ( $\chi^2$ ), sofern die Voraussetzung, dass die erwartete Häufigkeit einen Wert kleiner fünf in maximal 20 % der Zellen annimmt, nicht verletzt war.

Eine zentrale Stellung innerhalb der Auswertung nahm die Clusteranalyse der Daten ein. Die Clusteranalyse dient als taxonomisches Verfahren der Klassifizierung von Objekten, wie z. B. Personen, anhand einer vorgegebenen Anzahl von Merkmalen (Variablen). Ziel der Clusteranalyse ist es, die Untersuchungsobjekte ihrer Ähnlichkeit nach in Gruppen einzuteilen, wobei die Gruppen innerhalb möglichst homogen und voneinander möglichst disjunkt sein

sollten (BORTZ, 1999). Die Two-Step-Clusteranalyse ist dabei ein Verfahren, welches geeignet ist, Clusterlösungen sowohl auf Basis stetiger als auch kategorialer Variablen zu berücksichtigen.

Die weitere Prüfung der Clusterlösung erfolgte durch eine binäre logistische Regression sowie eine Diskriminanzanalyse der Daten. Bei beiden Verfahren handelt es sich um strukturprüfende Verfahren, welche die Untersuchung von Gruppenunterschieden ermöglichen. Die binäre logistische Regression bestimmt dabei die Wahrscheinlichkeit der Zugehörigkeit zu einer Kategorie der abhängigen Variablen in Abhängigkeit der Merkmalsausprägungen auf einer oder mehreren (metrischen oder nominalen) unabhängigen Variablen. Die Diskriminanzanalyse liefert neben Hinweisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (nominale oder kategoriale Ausprägungen einer abhängigen Variablen) auch Hinweise darauf, welche unabhängigen Variablen zur Unterscheidung der Gruppen besonders geeignet sind. Die Anwendung der Diskriminanzanalyse setzt voraus, dass für die unabhängigen Variablen metrisches Skalenniveau vorliegt (vgl. BACKHAUS, ERICHSON, PLINKE & WEIBER, 2008; BORTZ, 2005; BORTZ & DÖRING, 2006; RASCH, KUBINGER & MODER, 2009; WELCH, 1947)

## 8.5 Deskriptive Ergebnisse

Im Folgenden werden deskriptive Ergebnisse der empirischen Untersuchung der Probanden dargestellt. Die Untersuchungsgruppen werden dabei zunächst hinsichtlich der Ergebnisse aus den Interviewdaten, der verkehrsmedizinischen und augenärztlichen Untersuchung sowie der Testdiagnostik beschrieben. Daran anschließend erfolgt die Ergebnisdarstellung der Beobachtungs- und Beurteilungsdaten der Fahrverhaltensprobe.

### Vorbemerkung

Wie schon weiter oben durchgeführt, werden auch in den folgenden Kapiteln alle Daten des Untersuchungskollektivs sowohl als absolute Zahl (da die Gesamtstichprobe kleiner 100 war) und – zur besseren Übersicht – als Prozentzahl angegeben.

### 8.5.1 Ergebnisse des Interviews

#### Fahrverhalten

Alle Teilnehmer der Studie befanden sich zum Zeitpunkt der Untersuchung in Besitz einer gültigen

Fahrerlaubnis und nahmen aktiv als Pkw-Fahrer am Straßenverkehr teil. Die Dauer des Führerscheinbesitzes variierte in der Gesamtstichprobe zwischen 37 und 62 Jahren. Durchschnittlich befanden sich die Probanden seit 50 Jahren in Besitz ihres Führerscheins (vgl. Tabelle 6).

#### Nutzungshäufigkeit des Pkw

Hinsichtlich der Nutzungshäufigkeit des Pkw zeigte sich insgesamt, dass die überwiegende Mehrzahl der Probanden täglich oder gelegentlich (d. h. zumindest mehrfach in der Woche) als Autofahrer am Straßenverkehr teilnimmt. 25 Teilnehmer (62,5 %) gaben an, täglich Auto zu fahren, 14 Teilnehmer (35 %) fuhren mehrfach in der Woche und lediglich ein Proband (2,5 %) berichtete, das Auto weniger als einmal in der Woche zu nutzen (vgl. Bild 11).

Im Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen zeigte sich erwartungsgemäß ein deutlicher Unterschied in der Nutzungshäufigkeit. 15 (75 %) der Studienteilnehmer der Gruppe Fit gaben an, täglich selbst Auto zu fahren, 5 Teilnehmer (25 %) nutzen ihr Auto zumindest mehrfach in der Woche. Die Gruppe Unfit weist eine tendenziell geringere Nutzung des Pkw auf. Der Anteil derjenigen Fahrer, die ihr Auto täglich nutzen, liegt mit 10 (50 %) niedriger als in der Gruppe Fit, auch wenn die meisten Probanden dieser Gruppe zumindest mehrfach in der Woche mit ihrem Auto fahren. Weniger als einmal in der Woche selbst mit dem Auto zu fahren stellt auch in dieser Untersuchungsgruppe eine Ausnahme dar.

#### Kilometerleistung

Ein ähnliches Bild hinsichtlich der Nutzungsintensität des Autos zeigte sich bei Betrachtung der monatlichen Fahrleistung. Als durchschnittliche monatliche Kilometerleistung ergab sich in der Gesamtstichprobe ein Wert von 883 km mit einer Spanne von einem Mindestwert von 125 km bis zu einem Maximalwert von 2.500 km. Bei Betrachtung der beiden Untersuchungsgruppen zeigte sich ein deskriptiver Unterschied in der Kilometerleistung zugunsten der fiten Studienteilnehmer. Ihre durchschnittliche Kilometerleistung pro Monat lag mit 1.087 km deutlich über der durchschnittlichen Kilometerleistung der Gruppe Unfit (679 km; vgl. Tabelle 7).

Vor dem Hintergrund der Befunde zum „low mileage bias“ (vgl. HAKAMIES-BLOMQUIST, RAITANEN & O'NEILL, 2002; LANGFORD,

Führerscheinbesitz in Jahren			
	Fit	Unfit	Gesamt
Mittelwert	49	51	50
Median	49	52	49
Maximum	60	62	62
Minimum	40	37	37
Standardabweichung	4	7	6
Gültige N	20	20	40

Tab. 6: Führerscheinbesitz in Jahren – Gruppenvergleich

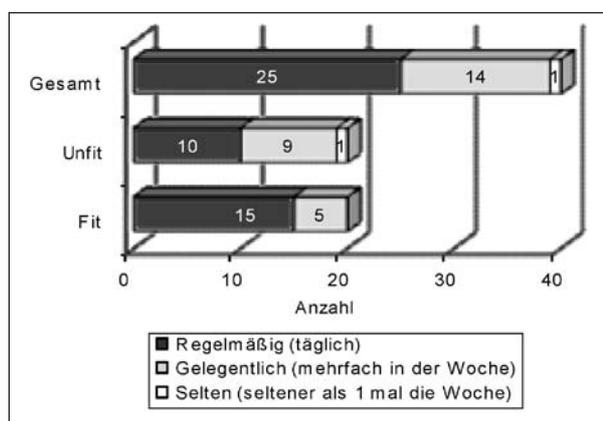
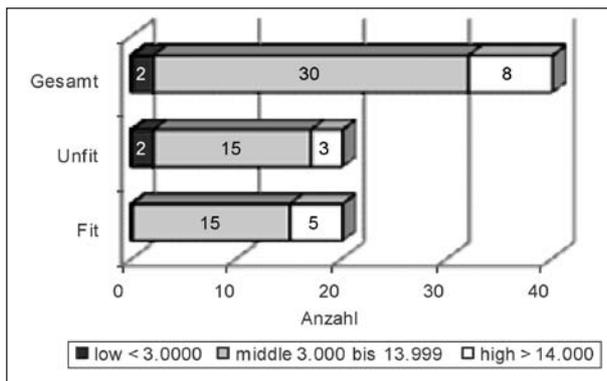


Bild 11: Nutzungshäufigkeit des Pkw als Fahrer in absoluten Häufigkeiten

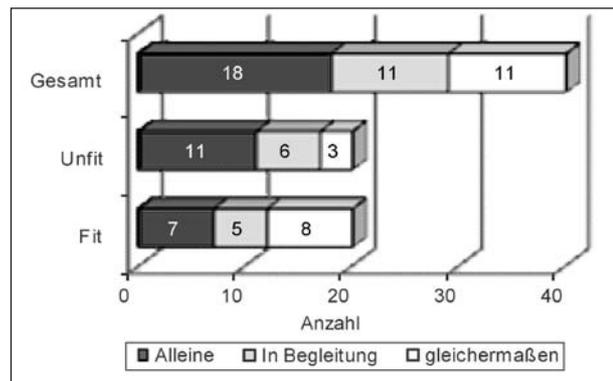
Monatliche Kilometerleistung			
	Fit	Unfit	Gesamt
Mittelwert	1.087	679	883
Median	1.000	729	800
Maximum	2.500	1.500	2.500
Minimum	300	125	125
Standardabweichung	591	369	528
Gültige N	20	20	40

Tab. 7: Monatliche Fahrleistung in km – Gruppenvergleich

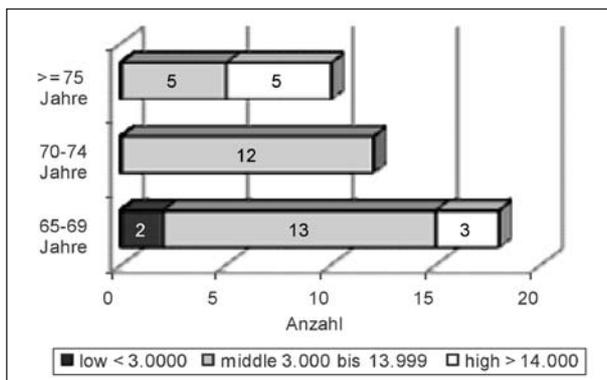
KOPPEL, McCARTHY & SRINIVASAN, 2008; LANGFORD, METHORST & HAKAMIES-BLOMQUIST, 2006; STAPLIN, GISH & JOYCE, 2008) wurde die Kilometerleistung der Studienteilnehmer zudem als risikomodulierende Variable in Klassen zusammengefasst. Dabei wurde deutlich, dass eine Fahrzeugnutzung im „Low mileage“ Bereich von weniger als 3.000 km jährlich nur selten vorliegt. Beide Probanden, deren jährliche Fahrleistung in diese Klasse fiel, befanden sich in der Untersuchungsgruppe Unfit. Die Unterschiede im Hinblick auf die mittlere und hohe Kilometerleistung zwischen den Untersuchungsgruppen



**Bild 12:** Jährliche Kilometerleistung in Mileage-Klassen nach Untersuchungsgruppen – Häufigkeiten



**Bild 14:** Fahrten mit dem Pkw alleine und in Begleitung – absolute Häufigkeiten



**Bild 13:** Jährliche Kilometerleistung in Mileage-Klassen nach Altersgruppen – absolute Häufigkeiten

weisen jedoch lediglich auf eine tendenziell höhere Fahrzeugnutzung in der Gruppe Fit hin (vgl. Bild 12).

Der verbreitete Befund, dass mit zunehmendem Alter die Intensität der Fahrzeugnutzung abnimmt, lässt sich anhand der Stichprobendaten dieser Untersuchung bei Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Mileage und Altersklassen nicht bestätigen. So handelt es sich bei den Personen mit einer jährlichen Kilometerleistung im unteren Bereich um eher jüngere Fahrer. Fahrer mit einer hohen jährlichen Kilometerleistung von mehr als 14.000 km jährlich sind insbesondere in der Gruppe der älteren Probanden im Alter ab 75 Jahren zu finden (vgl. Bild 13).

#### Weitere Kennwerte des Fahrverhaltens

Die Angaben auf die Frage, ob die Fahrten mit dem Auto zumeist alleine oder in Begleitung zurückgelegt würden, weisen darauf hin, dass nur wenige Teilnehmer zumeist in Begleitung fahren. Mehrheitlich wird das Auto für die individuelle Mobilität genutzt oder die Fahrten erfolgen zumindest gleicher-

maßen häufig alleine und mit Mitfahrern. Tendenziell finden Fahrten ohne Beifahrer in der Gruppe Unfit häufiger statt (vgl. Bild 14).

Auch wurde von einem Großteil der Studienteilnehmer angegeben, der Hauptfahrer im Haushalt zu sein (21; 53 %) oder zumindest die Fahrten gleichermaßen häufig zu übernehmen (12; 30 %). Lediglich fünf Teilnehmer gaben an, dass der Hauptfahrer im Haushalt eine andere Person sei. Im Vergleich der Untersuchungsgruppen zeigte sich, dass in der Gruppe Unfit der Anteil der Hauptfahrer mit 13 (65 %) tendenziell etwas höher lag als in der Gruppe Fit mit 10 (50 %).

Lediglich drei der 40 Teilnehmer der Untersuchung wurde bereits einmal geraten, das Autofahren einzuschränken oder aufzugeben. Diese drei Probanden gehören mit einem Alter zwischen 78 und 84 Jahren in die obere Altersklasse. Der Ratschlag, Einschränkungen des Fahrens vorzunehmen oder das Fahren aufzugeben, kam in diesen Fällen von Seiten des Ehepartners oder der Kinder. Die Frage, ob sich durch die Empfehlungen Änderungen am Fahrverhalten ergeben haben, wurde von zwei der Teilnehmer verneint. Ein Proband gab an, nun bei Fahrten in Anwesenheit des Partners ängstlicher zu sein.

#### Unfallbeteiligung

7 (18 %) der insgesamt 40 Teilnehmer berichteten, innerhalb der letzten 24 Monate in einen Verkehrsunfall verwickelt gewesen zu sein. Hinsichtlich der Unfallverursachung lag die Hauptschuld bei drei der vier Senioren in der Gruppe Unfit. In der Gruppe Fit gab einer der drei betroffenen Fahrer an, den Unfall selbst verursacht zu haben (vgl. Tabelle 8).

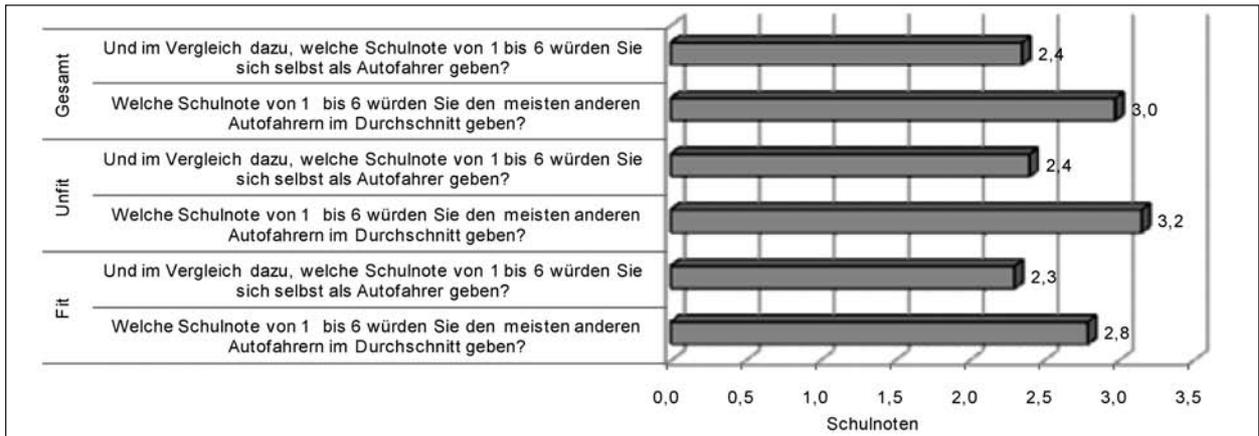


Bild 15: Selbstbild als Autofahrer – mittlere Beurteilung der eigenen Fahrkompetenz und der anderer Autofahrer

		Fit	Unfit
Waren Sie selbst der Verursacher des Unfalls?	Nein	2	1
	Ja	1	3
Gesamt		3	4

Tab. 8: Unfallbeteiligung und Schuldfrage nach Untersuchungsgruppen – absolute Häufigkeiten

**Selbstbild als Autofahrer**

Die Selbsteinschätzung der Probanden, welche Schulnote sie sich selbst im Vergleich zu anderen Autofahrern geben würden, fiel durchweg positiv aus. In beiden Gruppen gaben sich die Teilnehmer mehrheitlich die Schulnote zwei. Beide Gruppen schätzten die Fahrkompetenz der meisten anderen Autofahrer im Vergleich dazu tendenziell als schlechter ein (vgl. Bild 15 und Tabelle 9). In der Gesamtstichprobe gaben 30 der 40 Probanden (75 %) den meisten anderen Autofahrern die Schulnote drei oder schlechter. Die mittlere Differenz zwischen Selbstbild als Autofahrer und dem Urteil über andere Autofahrer fiel in beiden Gruppen positiv aus, sodass das Selbstbild als Autofahrer in beiden Untersuchungsgruppen im Vergleich zur Allgemeinheit besser ausfällt. Dabei ist das Selbstbild in der Gruppe Unfit tendenziell noch etwas positiver als in der Gruppe Fit:

Ein ähnliches Ergebnis zeigte sich in Bezug auf die Einschätzung hinsichtlich der Sicherheit als Autofahrer. So schätzten sich alle Studienteilnehmer beider Untersuchungsgruppen als „sichere“ oder „eher sichere“ Fahrer ein, kein Teilnehmer gab an, ein „unsicherer“ oder „eher unsicherer“ Fahrer zu sein (vgl. Bild 16).

Die Sicherheit anderer Autofahrer wurde hingegen in beiden Untersuchungsgruppen tendenziell schlechter beurteilt (vgl. Bild 17).

Gruppen Fit und Unfit			
	Fit	Unfit	Gesamt
Mittelwert	,50	,75	,63
Median	,50	1,00	1,00
Maximum	2,00	3,00	3,00
Minimum	-1,00	-1,00	-1,00
Standardabweichung	,69	,97	,84

Tab. 9: Differenz zwischen Selbstbild als Autofahrer und Einschätzung anderer Autofahrer – deskriptive Statistiken

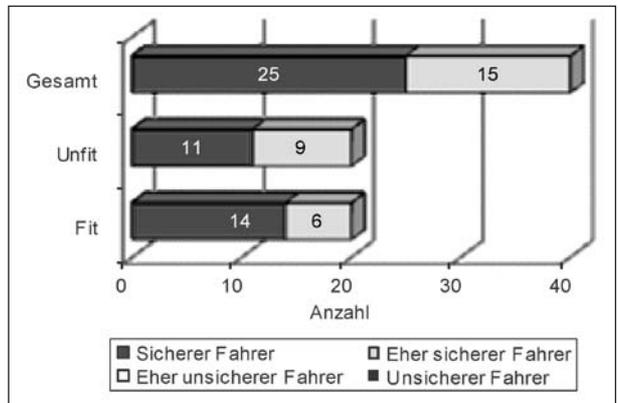


Bild 16: Selbsteinschätzung hinsichtlich der Sicherheit als Autofahrer – absolute Häufigkeiten

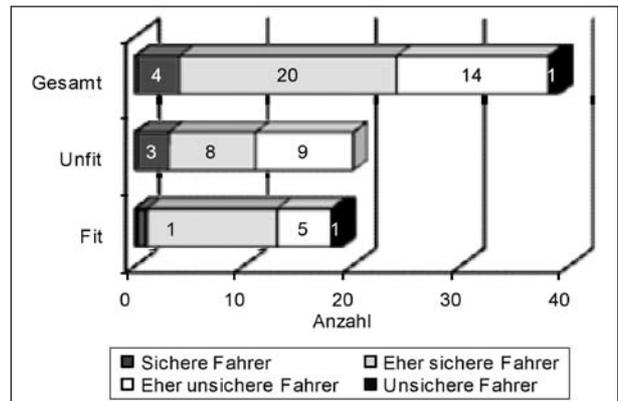
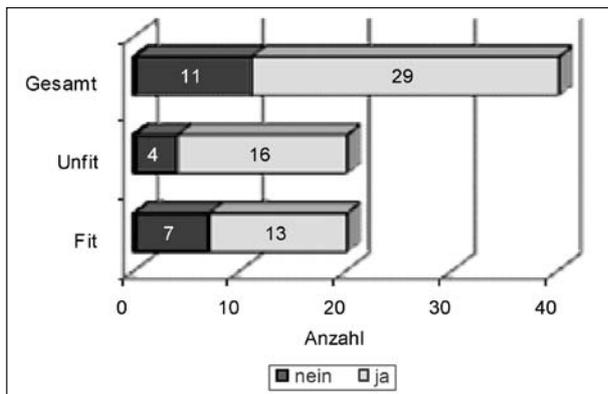


Bild 17: Einschätzung der Sicherheit anderer Autofahrer – absolute Häufigkeiten

Dieses Ergebnis entspricht der Befundlage der tendenziell eher positiven Selbstwahrnehmung in Fragen der eigenen Fahrfähigkeiten älterer Fahrer (FREUND et al., 2005).

**Veränderungen des Fahrverhaltens, taktische und strategische Kompensation**

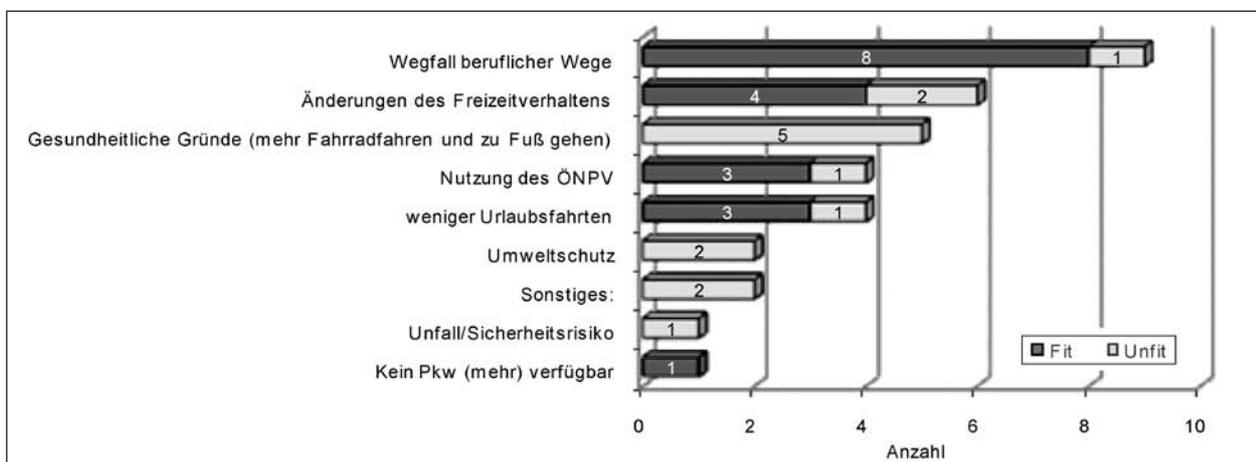
Die Mehrheit der Studienteilnehmer (29; 73 %) gab an, heute im Vergleich zu früher weniger Auto zu fahren. Diese Tendenz fällt in der Gruppe der unfiten Senioren mit 16 (80 %) größer aus als in der Gruppe Fit mit 26 (65 %; vgl. Bild 18). Als Gründe für diese Entwicklung wurden vor allem der Wegfall beruflicher Fahrten sowie ein verändertes Freizeitverhalten, wie weniger Urlaubsfahrten mit dem Auto, und eine verstärkte Nutzung des ÖPNV genannt. Probanden der Gruppe Unfit gaben außerdem gesundheitliche Gründe für die seltenere Nutzung des Autos an. Diese Aussagen bezogen sich insbesondere darauf, aus gesundheitlichen Gründen nun verstärkt zu Fuß zu gehen oder Fahrrad zu fahren, um fit zu bleiben (vgl. Bild 19).



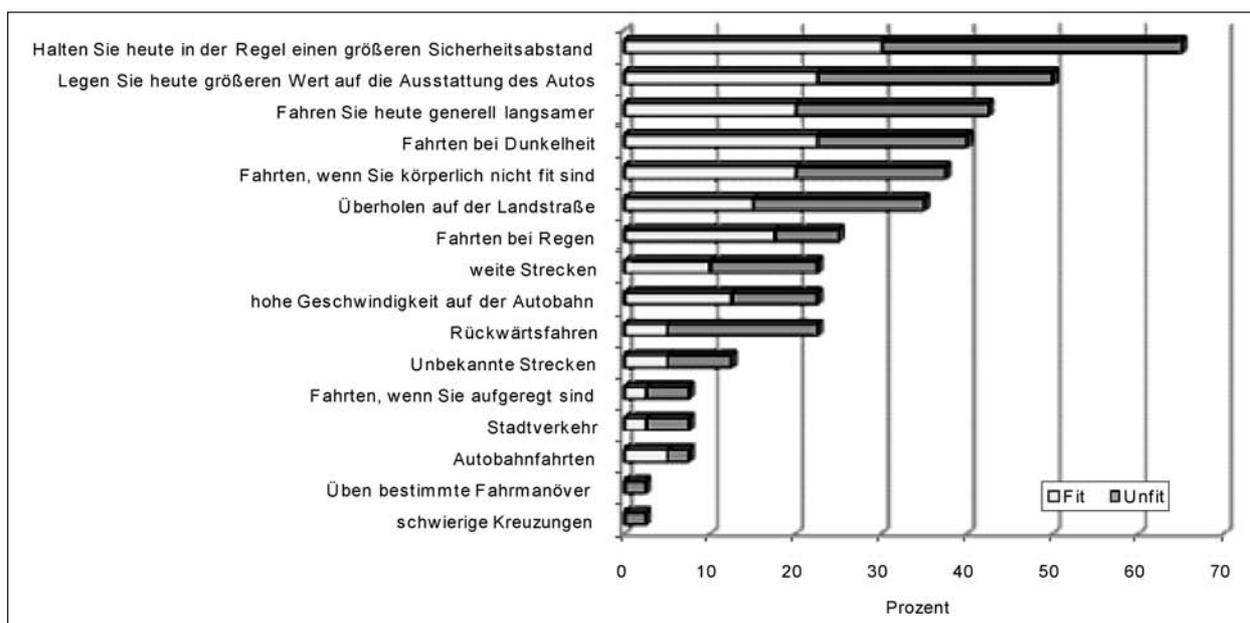
**Bild 18:** Vergleichsweise seltenere Fahrhäufigkeit – absolute Häufigkeiten

Die Fragen zum Themenkomplex Kompensation bezogen sich insbesondere darauf, ob im Vergleich zu früher (etwa das Alter von 45 Jahren) Änderungen des Fahrverhaltens vorgenommen wurden. Zur Beantwortung dieser Fragen stand eine 4-stufige Skala mit den Abstufungen „Ja“, „Eher Ja“, „Eher Nein“ und „Nein“ zur Verfügung. Bild 20 gibt den Anteil derjenigen Probanden in Prozent wieder, welche die Fragen in Bezug auf eine stärkere Vermeidung der genannten Situationen mit „Ja“ oder „Eher Ja“ beantworteten.

Änderungen des Fahrverhaltens bestehen bei 65 % der Studienteilnehmer in der Einhaltung eines größeren Sicherheitsabstands. Auch legt die Hälfte der Probanden einen höheren Wert auf Komfort und technische Ausstattung des Fahrzeugs. Dabei wurden insbesondere Sicherheitstechnik und Komfortfunktionen, wie Klimaanlage und Sitze als Ausstattungsmerkmale, benannt. Auch wurden Navigations- und Einparkhilfen sowie Servolenkung mehrfach angesprochen. Etwa 40 % der Probanden fahren heute im Vergleich zu früher generell langsamer und vermeiden Fahrten bei Dunkelheit stärker. Auch meiden etwa 40 % der Teilnehmer Fahrten, wenn sie sich körperlich nicht fit fühlen. Ein Drittel der Probanden gab an, Überholen auf der Landstraße zu meiden. Fahrten bei Regen, weite Strecken und hohe Geschwindigkeit auf der Autobahn werden von etwa einem Viertel der Teilnehmer im Vergleich zu früher vermieden. Auch fährt etwa ein Viertel der Probanden im Vergleich zu früher weniger gern rückwärts. Dies trifft insbesondere auf die Untersuchungsgruppe Unfit zu. Unbekannte Strecken werden von weiteren fünf Untersuchungsteilnehmern eher vermieden. Die weiteren Kategorien wurden von weniger als fünf der Teilnehmer tendenziell bejaht.



**Bild 19:** Gründe für seltenere Fahrhäufigkeit – absolute Häufigkeiten

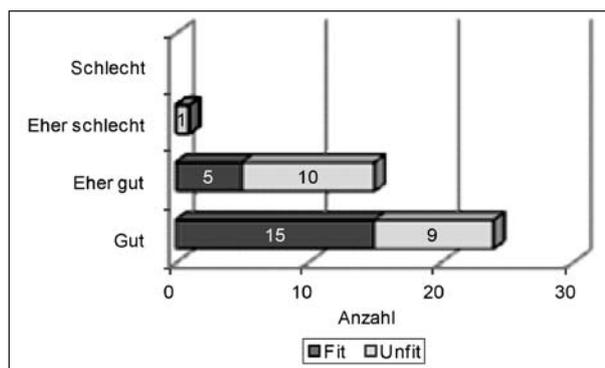


**Bild 20:** Zustimmung zu Veränderungen des Fahrverhaltens im Vergleich zu früher (im Alter von ca. 45 Jahren) in Prozent

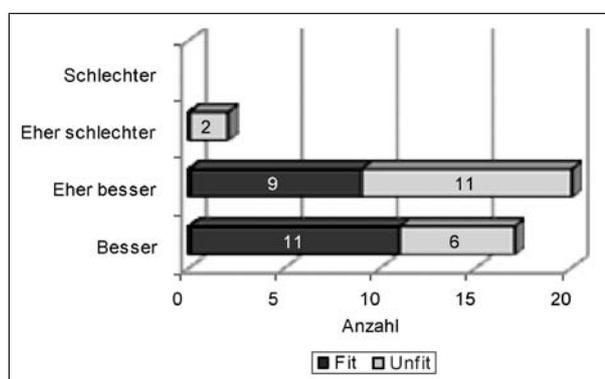
Darüber hinaus gaben 25 der 40 Untersuchungsteilnehmer weitere Veränderungsaspekte ihres Fahrverhaltens im Vergleich zu früher an. Dabei wurde von 15 Teilnehmern eine insgesamt ruhigere, gelassene und vorausschauendere Fahrweise benannt. Weitere Einzelnennungen der Probanden bezogen sich auf eine erhöhte Aufmerksamkeit und Vermeidung von Ablenkungen während der Fahrt ( $n = 2$ ), eine generell spritsparende Fahrweise, das Suchen größerer Parklücken, das vermehrte Einlegen von Pausen, die Meidung fremder Autobahnen und die Einschränkung des Motorradfahrens. Einer der Teilnehmer gab an, nur positive Veränderungen des Fahrverhaltens im Vergleich zu früher erfahren zu haben, da er heute aufgrund von mehr Erfahrung und Übung der sicherere Fahrer sei.

### Subjektive Gesundheit

Insgesamt bewerteten die Untersuchungsteilnehmer ihre Gesundheit subjektiv sehr positiv. So stuft lediglich einer der Probanden seine gesundheitliche Situation als eher schlecht ein. Differenziert nach Untersuchungsgruppen zeigte sich, dass der subjektive Gesundheitsstatus erwartungsgemäß in der Gruppe Fit tendenziell besser eingestuft wird als in der Gruppe Unfit (vgl. Bild 21). Auch wird die gesundheitliche Situation im Vergleich zu anderen Menschen gleichen Alters subjektiv ähnlich positiv bewertet. So schätzen über 90 % der Teilnehmer ihre Gesundheit im Vergleich zu ihrer Altersgruppe „eher besser“ oder sogar „besser“ ein (vgl. Bild 22).



**Bild 21:** Subjektive Einschätzung des allgemeinen Gesundheitszustands nach Untersuchungsgruppen – absolute Häufigkeiten



**Bild 22:** Subjektive Einschätzung des eigenen Gesundheitszustands im Vergleich zu anderen Menschen gleichen Alters – absolute Häufigkeiten

Die subjektive Bewertung einzelner Leistungsbereiche spiegelt ebenfalls eine positive Einschätzung der eigenen gesundheitlichen Situation wider. Bild

23 gibt den Anteil der Probanden innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen wieder, welche die gesundheitlichen Aspekte Beweglichkeit, geistige Leistungen, Seh- und Hörfähigkeit sowie ihren Schlaf mit „gut“ oder „eher gut“ bewerteten.

Die positiven Bewertungen fallen dabei in der Untersuchungsgruppe Unfit tendenziell etwas schwächer aus. Lediglich hinsichtlich der Bewertung des Schlafes finden sich keine Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen. Auch fällt die Bewertung in Bezug auf den Schlaf tendenziell am schwächsten aus. 20 % der Untersuchungsteilnehmer beschreiben ihren Schlaf eher negativ. Begründet wurde dies in der Regel mit Ein- und/oder Durchschlafschwierigkeiten. Lediglich zwei der Probanden berichteten über Schwierigkeiten im Bereich der geistigen Leistungsfähigkeit. In beiden Fällen wurde ein nachlassendes Erinnerungsvermögen angegeben. Die Einschätzung der Sehfähigkeit erfolgte als Einschätzung der Sehfähigkeit mit Sehhilfe – lediglich einer der 40 Untersuchungsteilnehmer gab an, keine Brille oder andere Sehhilfe zu besitzen. Über die Hälfte der Probanden trägt Mehrstärken- oder Gleitsichtbrillen (53 %). Knapp 40 % der Teilnehmer tragen lediglich eine Lesebrille, die verbleibenden Teilnehmer eine Fernbrille.

### Funktionsstatus, Erkrankungen und Medikamenteneinnahmen

Zur Einschätzung des körperlichen Funktionsstatus wurden die Untersuchungsteilnehmer gebeten anzugeben, ob in Kopf, Nacken, Armen, Händen, Beinen oder Füßen Schwierigkeiten mit der Beweglichkeit, Schmerzen oder eine volle Funktion bestehen. Beeinträchtigungen der Beweglichkeit oder Schmerzen bestehen dabei insbesondere im Nackenbereich (40 %) sowie in den Beinen (28 %). Funktionseinschränkungen der Hände bestehen vorrangig in der Gruppe Unfit. Schwierigkeiten mit Bewegungen des Kopfes oder Schmerzen sind hingegen in der Gruppe Fit weiter verbreitet. Beeinträchtigungen der Beweglichkeit oder Schmerzen in Schultern, Armen oder Füßen bestehen lediglich in weniger als 20 % der Gesamtstichprobe (vgl. Bild 24).

Zur umfassenden Erfassung der gesundheitlichen Situation der Probanden wurde erfragt, ob folgende Erkrankungen vorliegen: Diabetes, Bluthochdruck, Erkrankungen des Herzens, neurologische Erkrankungen, Schlaganfall, Krampfleiden, Störungen der

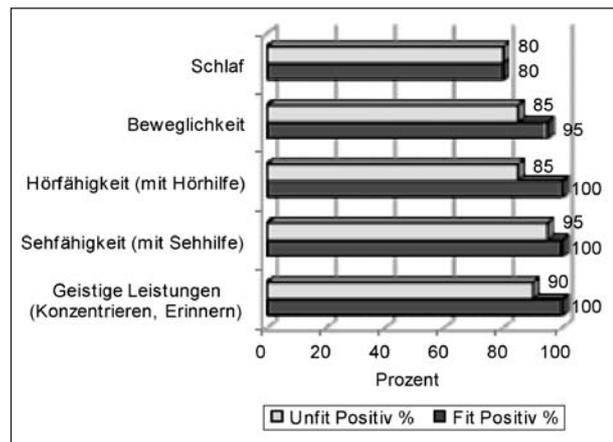


Bild 23: Subjektiv Einschätzung einzelner Leistungsbereiche „gut“ oder „eher gut“ in Prozent

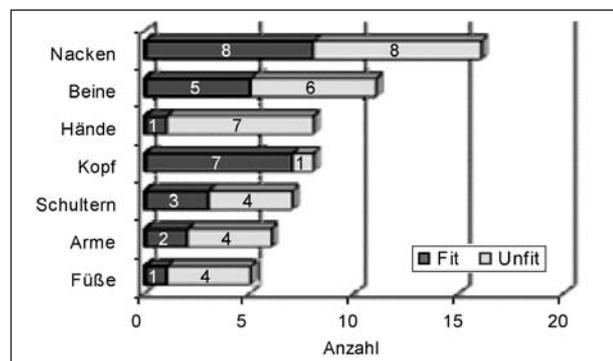


Bild 24: Subjektive Einschätzung des Funktionsstatus – Angabe einer „beeinträchtigen Beweglichkeit“ oder „Schmerzen“ in absoluten Häufigkeiten

Stimmungs- und Gemütslage, weitere psychische Erkrankungen, Lungenerkrankungen, Erkrankungen der Leber oder Niere, Erkrankungen des Bewegungsapparates sowie Erkrankungen des Auges. Darüber hinaus wurde, wenn eine entsprechende Erkrankung vorlag, erfasst, um welche es sich handelte.

Lediglich zwei der insgesamt 40 befragten Personen wiesen dabei keinerlei Symptome und Erkrankungen auf. Beide Probanden entfielen auf die Untersuchungsgruppe Fit. 38 Probanden (95 %) der Stichprobe wiesen dementsprechend mindestens eine bis zu maximal fünf Erkrankungen auf. Bild 25 bietet eine Übersicht über die Verbreitung der Einzelerkrankungen. Am häufigsten wurden dabei Erkrankungen des Bewegungsapparates benannt. Insgesamt berichten 23 Personen (58 %) der Gesamtstichprobe von einer Erkrankung des Bewegungsapparates. In über der Hälfte dieser Fälle handelte es sich um Arthrosen. Bandscheiben- und Rückenprobleme stellten mit knapp 16 (40 %) die zweithäufigste Erkrankung des Bewegungsappara-

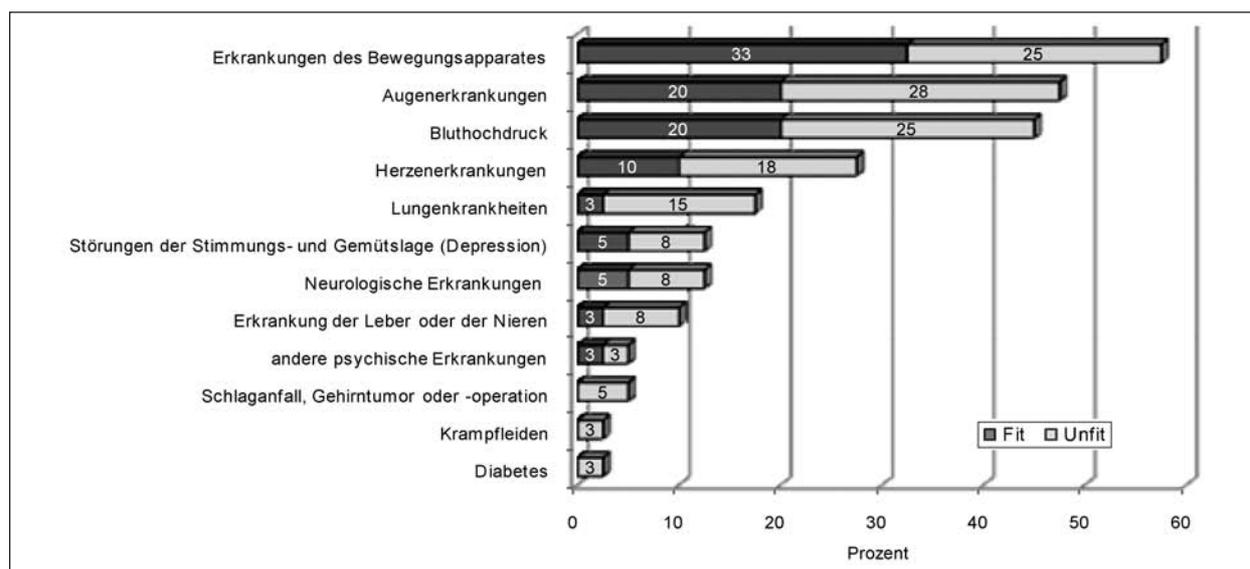


Bild 25: Angaben zu Erkrankungen in Prozent

tes dar. In selteneren Fällen wurde darüber hinaus von Knie- und Hüftproblemen, rheumatischen Beschwerden, Osteoporose und Muskelkrämpfen berichtet. 19 (knapp 50 %) Untersuchungsteilnehmer berichtete zudem über Erkrankungen des Auges. Am häufigsten handelte es sich dabei um eine Erkrankung am Grauen Star (15; 77 %) oder Grünen Star (4; 22 %), in Einzelfällen wurde auch von Netzhautablösungen und Makuladegeneration berichtet. Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems sind ebenfalls weit verbreitet. So berichteten 18 (45 %) Untersuchungsteilnehmer von einer Bluthochdruck-erkrankung. Darüber hinaus teilten weitere 11 (28 %) Teilnehmer mit, von einer Erkrankung des Herzens innerhalb der letzten fünf Jahre betroffen gewesen zu sein. Dabei handelte es sich am häufigsten um Herzrhythmusstörungen oder Herzklappenfehler (jeweils 3), gefolgt von Vorhofflimmern und Verkalkungen der Herzkranzgefäße. Sechs der insgesamt sieben Probanden, welche von Lungenerkrankungen berichteten, gehörten zur Untersuchungsgruppe Unfit. Drei Teilnehmer litten dabei unter chronischer Bronchitis. Weitere Einzelnenungen im Bereich der Lungenerkrankungen bezogen sich auf Lungenemphyseme, Asthma, Lungentuberkulose und Lungenkrebs. Über psychische Erkrankungen berichteten insgesamt sieben Untersuchungsteilnehmer. Dabei handelte es sich größtenteils um Störungen der Stimmungs- und Gemütslage wie Depressionen, Burnout oder bipolare Störungen. Andere psychische Erkrankungen waren psychosomatische Migräne oder nicht näher zu bezeichnende psychische Probleme. Insgesamt fünf Probanden gaben neurologische Erkrankungen an.

Dabei handelte es sich in zwei Fällen um das Restless-Legs-Syndrom. Weitere Einzelnenungen bezogen sich auf eine Tic-Störung, Morbus Parkinson und Polyneuropathie.

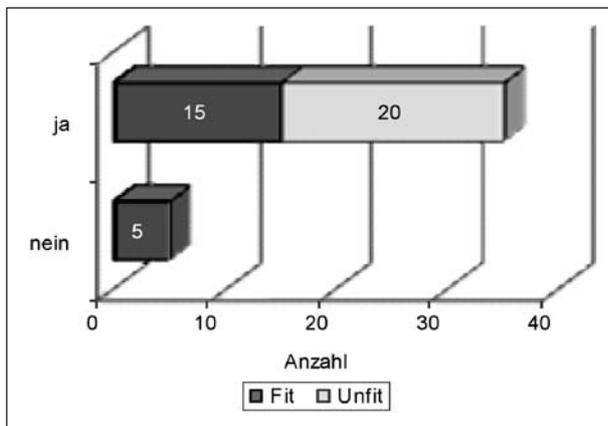
Erkrankungen der Leber oder Nieren, Schlaganfälle und andere Störungen des Gehirns, Krampfleiden und Diabetes sind in der Stichprobe mit einem Anteil von 3 (unter 8 %) nur wenig verbreitet. Insbesondere aufgrund der hohen Prävalenz in der Altersgruppe ist bemerkenswert, dass lediglich einer der Untersuchungsteilnehmer im Interview angab, an Diabetes erkrankt zu sein.

Neben den Einzelerkrankungen wurde im Interview auch erfasst, ob bereits eine Leistungsverschlechterung der Sehfähigkeit, Hörfähigkeit oder der geistigen Leistungsfähigkeit diagnostiziert wurde. Es wurde deutlich, dass bei keinem der Untersuchungsteilnehmer bisher diagnostizierte Leistungsminderungen der kognitiven Kompetenzen im Bereich der Aufmerksamkeit, Konzentration oder des Erinnerens vorlagen. Minderungen des Hörvermögens waren jedoch bei 12 (30 %) Untersuchungsteilnehmern festgestellt worden, eine abnehmende Sehfähigkeit bei 16 (40 %). Dabei handelte es sich jeweils zur Hälfte um Probanden der Untersuchungsgruppe Fit und Unfit.

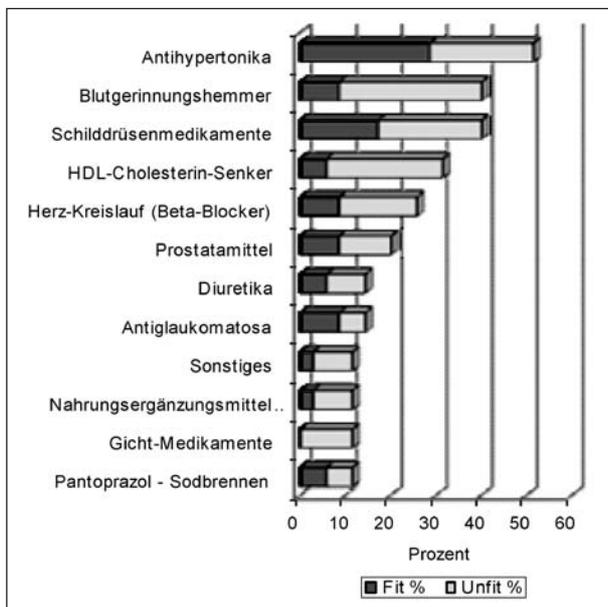
Als weiterer Aspekt der gesundheitlichen Situation der Probanden wurden zudem die Anzahl und Art der Medikamente erfasst, welche regelmäßig oder bei Bedarf eingenommen werden. Die überwiegende Mehrheit der Untersuchungsteilnehmer nimmt regelmäßig mindestens ein Medikament ein. In der

Untersuchungsgruppe Unfit trifft dies auf alle Probanden zu. In der Untersuchungsgruppe Fit auf 30 (75 %) Teilnehmer (vgl. Bild 26).

10 (25 %) Untersuchungsteilnehmer nehmen regelmäßig zwei bis drei Medikamente ein, 22 (55 %) vier bis fünf Medikamente und 7 (18 %) zwischen sechs und zehn Medikamenten. Insgesamt liegt somit für einen Großteil der Stichprobe eine Poly-medikation vor. Die weiteste Verbreitung haben dabei mit 20 Nennungen (50 %) Hypertonika, gefolgt von Medikamenten zur Hemmung der Blutgerinnung und Schilddrüsenmedikamente mit jeweils 16 (40 %), HDL-Cholesterinsenker mit 13 (32 %) und Beta-Blocker mit 10 (25 %). Alle weiteren Medikamentenklassen werden von fünf oder weniger Probanden eingenommen (vgl. Bild 27).



**Bild 26:** Regelmäßige Einnahme von Medikamenten – absolute Häufigkeiten



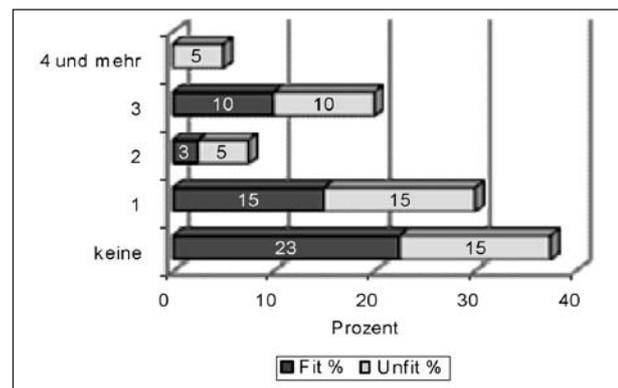
**Bild 27:** Regelmäßig eingenommene Medikamente in Prozent

Um zu einer differenzierten Einschätzung der Medikamenteneinnahmen in Bezug auf potenzielle Auswirkungen auf die Fahrkompetenz zu gelangen, wurden die eingenommenen Medikamente hinsichtlich ihrer Sicherheitsrelevanz im Straßenverkehr bewertet. Als Arzneimittelgruppen mit besonderer Relevanz für die Verkehrssicherheit wurden dabei behandelt:

- Psychopharmaka (Antidepressiva, Neuroleptika, Tranquillanzien),
- Hypnotika, Sedativa,
- Analgetika,
- Narkosemittel,
- Stimulanzien,
- Antiepileptika,
- Antihistaminika,
- Antihypertonika,
- Antidiabetika,
- Ophtalmika

(vgl. BERGHAUS, 2006).

Zudem wurden die Packungsbeilagen der von den Probanden angegebenen Medikamente auf Hinweise auf die Sicherheit bei der Teilnahme am Straßenverkehr oder das Führen von Maschinen geprüft. Bezogen auf den Gesamtstichprobenumfang von n = 40 liegen für insgesamt 25 (62,5 %) Untersuchungsteilnehmer Medikamenteneinnahmen mit potenziell negativen Auswirkungen auf die Fahrtüchtigkeit vor. Die Anzahl verkehrssicherheitsrelevanter Medikamente variiert dabei zwischen einem und maximal sieben Medikamenten (vgl. Bild 28). Im Vergleich der Untersuchungsgruppen wird deutlich, dass der Anteil regelmäßig eingenommener



**Bild 28:** Einnahme von Medikamenten mit potenziell negativen Auswirkungen auf die Fahrtüchtigkeit in Prozent

	Fit	Unfit	Gesamt
Mittelwert	1,00	1,65	1,33
Median	1,00	1,00	1,00
Maximum	3,00	7,00	7,00
Minimum	,00	,00	,00
Standardabweichung	1,17	1,79	1,53

**Tab. 10:** Verkehrssicherheitsrelevante Medikamenteneinnahmen – deskriptive Statistiken

	Fit	Unfit	Gesamt
Mittelwert	2,90	4,95	3,93
Median	1,50	5,00	3,50
Maximum	8,00	11,00	11,00
Minimum	1,00	1,00	1,00
Standardabweichung	2,40	2,65	2,70

**Tab. 11:** Anzahl regelmäßig und bei Bedarf eingenommener Medikamente – deskriptive Statistiken

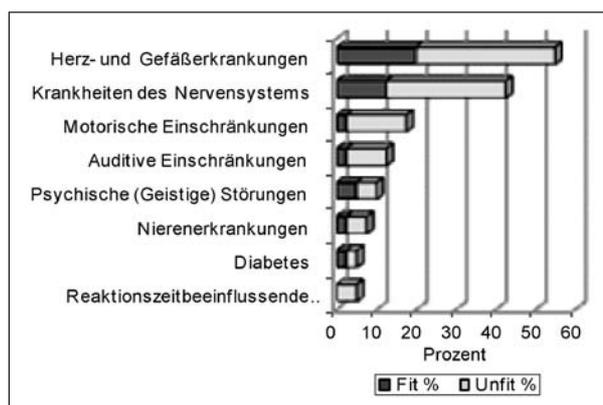
verkehrssicherheitsrelevanter Medikamente in der Untersuchungsgruppe Unfit durchschnittlich höher ausfällt (vgl. Tabelle 10).

Ergänzend zu der regelmäßig vorhandenen Medikation der Probanden wurde auch erfasst, ob und wenn ja, welche weiteren Medikamente bei Bedarf eingenommen werden. Für 20 (50 %) Probanden liegt eine weitere bedarfsabhängige Medikation vor. Am häufigsten werden dabei Analgetika (10; 50 %), Nahrungsergänzungsmittel und Vitaminpräparate sowie Antihistaminika eingenommen.

Tabelle 11 gibt einen Überblick über das Ausmaß der regulären und bedarfsabhängigen Medikation der Probanden. Insgesamt entfällt dabei auf die Probanden eine durchschnittliche Einnahme von vier Arzneimitteln. In der Gruppe Unfit werden durchschnittlich fünf, in der Gruppe Fit drei Medikamente eingenommen.

### 8.5.2 Ergebnisse der verkehrsmedizinischen Untersuchung

Im Rahmen der medizinischen Untersuchung stellte der Verkehrsmediziner bei 22 (55 %) der Untersuchungsteilnehmer mindestens eine Erkrankung bzw. die Einnahme reaktionszeitbeeinflussender Medikamente mit potenziellem Einfluss auf die Fahrtüchtigkeit fest (vgl. Bild 29). Am häufigsten wurden Herz- und Gefäßerkrankungen diagnostiziert (22; 55 %). Dabei handelte es sich in 14 Fäl-



**Bild 29:** Ergebnisse der verkehrsmedizinischen Untersuchung – relevante Erkrankungen und Medikamente in Prozent

len um eine Hypertonie mit einem ständigen diastolischen Wert von > 130 mmHg. Weitere fünf Teilnehmer wiesen Herzrhythmusstörungen mit anfallsweiser Bewusstseinstäubung oder Bewusstlosigkeit auf. Für jeweils zwei Probanden wurde ein Zustand nach Herzinfarkt oder eine in Ruhe auftretende Herzleistungsschwäche dokumentiert.

Das Ausmaß der als verkehrsmedizinisch relevant diagnostizierten Herz- und Gefäßerkrankungen entspricht in etwa der hohen Relevanz dieser Erkrankungen innerhalb der Selbstauskünfte der Probanden im Interview.

Bei 12 (30 %) Probanden wurde eine verkehrsmedizinisch relevante Erkrankung des Nervensystems festgestellt. Dabei handelte es sich in jeweils drei Fällen um eine Erkrankung der neuromuskulären Peripherie, eine kreislaufabhängige Störung der Hirntätigkeit (Blutungen, Schlaganfall) oder Bewusstseinstäubungen mit und ohne Schwindel. Darüber hinaus wiesen jeweils zwei Probanden Tremor, Restless-Legs-Syndrom oder eine Dystonie auf. Weitere Einzelbefunde bezogen sich auf das Vorliegen von Schädelhirnverletzungen oder Hirnoperationen, Bewegungsstörungen wie z. B. Parkinson, Hemiparesen, Tic-Störungen sowie ein amnestisches Syndrom in Zusammenhang mit Migräne. Im Vergleich zu den Interviewdaten, in welchen lediglich 5 (13 %) Probanden von Erkrankungen des Nervensystems berichteten, weist die medizinische Untersuchung mit 12 (30 %) auf einen wesentlich höheren Anteil verkehrsmedizinisch relevanter neurologischer Erkrankungen hin.

Für weitere 6 (15 %) Untersuchungsteilnehmer wurden in der medizinischen Untersuchung motorische Einschränkungen festgehalten. Dabei handel-

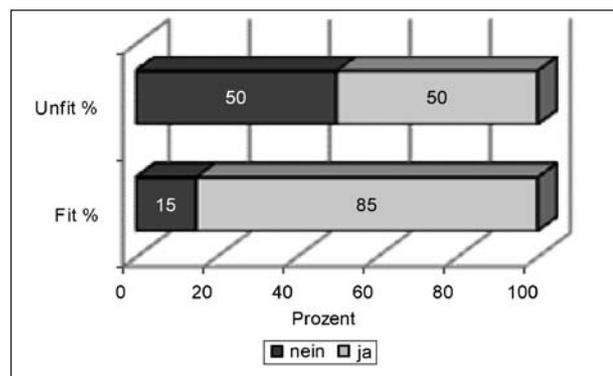
te es sich um vielfältige Beschwerden, beispielsweise Gangunsicherheit, degenerative Veränderungen der Wirbelsäule oder Arthrosen.

Verkehrsmedizinisch relevante Einschränkungen des Hörvermögens wurden für insgesamt fünf Untersuchungsteilnehmer festgestellt. Der Anteil derjenigen, welche eine verkehrsmedizinisch relevante Einschränkung der auditiven Fähigkeiten aufwiesen, ist dementsprechend mit 12,5 % deutlich kleiner als der Anteil derjenigen, welche im Interview von einem abnehmenden Hörvermögen berichteten (12; 30 %).

Im Bereich der psychisch-geistigen Störungen wurden für vier Probanden verkehrsmedizinisch relevante Erkrankungen festgestellt. Dabei wurden für zwei Untersuchungsteilnehmer schwere Depressionen dokumentiert. Weitere Einzelbefunde bestanden in Manien, Alkoholmissbrauch bzw. -abhängigkeit, subjektiv erlebten Gedächtnisschwierigkeiten und Burnout. Im Vergleich zum Anteil selbst berichteter psychischer Störungen in den Interviewdaten von 8 (19 %) fiel der Anteil in der verkehrsmedizinischen Untersuchung mit 4 (10 %) vergleichsweise gering aus. Bei drei weiteren Probanden wurden verkehrsmedizinisch relevante Erkrankungen der Nieren diagnostiziert. Für zwei Teilnehmer wurde Diabetes mit verkehrsmedizinischer Relevanz festgestellt. Im Hinblick auf reaktionszeitbeeinflussende Medikamenteneinnahmen wurden diese von Seiten des Verkehrsmediziners für zwei der Probanden dokumentiert (vgl. Bild 29).

Auf Grundlage der Untersuchungsbefunde kam der Mediziner zu dem Schluss, dass für 27 (68 %) der 40 Untersuchungsteilnehmer eine Fahreignung aus verkehrsmedizinischer Sicht zurzeit voll gegeben sei. Bei differenzierter Betrachtung der beiden Untersuchungsgruppen wird deutlich, dass verkehrsmedizinisch relevante Einschränkungen besonders in der Gruppe Unfit vorliegen. Die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) der Teilnehmer der Gruppe Fit war aus verkehrsmedizinischer Sicht in 17 von 20 der Fälle (85 %) voll gegeben (vgl. Bild 30).

Sofern die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) aus verkehrsmedizinischer Sicht nicht voll gegeben war, standen für die weitere Beurteilung der Einschränkungen der Fahreignung die Kategorien „nicht gegeben“ und „unter Auflagen gegeben“ zur Verfügung. Dabei konnten die zu vergebenden Auflagen weiter spezifiziert werden in „regelmäßige Nachuntersuchungen“, „Beschränkun-



**Bild 30:** Verkehrsmedizinische Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) als „voll gegeben“ nach Untersuchungsgruppen in Prozent

gen bei der Fahrtzeit“, „Örtliche Einschränkungen“, „Beschränkungen der Fahrzeugarten“ sowie „Umbauten folgender Art entsprechend dem motorischen Handicap“. Insgesamt wurde die Fahreignung aus verkehrsmedizinischer Sicht bei zwölf Probanden als „unter Auflagen geben“ beurteilt. Als Auflagen wurden dabei in allen Fällen regelmäßige Nachtuntersuchungen definiert. Aus verkehrsmedizinischer Sicht war die Fahreignung lediglich eines Teilnehmers nicht gegeben. Dieser wies phasenweise Beeinträchtigungen des Bewusstseins auf, die eine dringende fachneurologische Abklärung erforderten.

Bei Betrachtung der Erkrankungsbelastung derjenigen Probanden, deren Fahreignung aus verkehrsmedizinischer Sicht nicht oder nur unter Auflagen gegeben ist, wird deutlich, dass diese deskriptiv mit 2,5 Befunden nur eine gering höhere durchschnittliche Anzahl von Einzelbefunden aufweisen als diejenigen, deren Fahreignung als voll gegeben beurteilt wurde (2,1). Hinsichtlich der diagnostizierten Erkrankungen zeigt sich jedoch, dass der Befund einer nicht oder nur unter Auflagen gegebenen Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) mit durchschnittlich häufigeren Befunden im Bereich reaktionszeitbeeinflussender Medikamente, Herz- und Gefäßerkrankungen, Erkrankungen des Nervensystems oder psychische Störungen einhergeht.

### 8.5.3 Ergebnisse der augenärztlichen Untersuchung

Bei der durchgeführten Untersuchung handelt es sich um ein augenärztliches Expertenurteil – nicht um eine augenärztliche Begutachtung gemäß den Anforderungen der FeV. Für 22 der 40 Untersu-

	Fit	Unfit	Gesamt
Mittelwert	,65	1,60	1,13
Median	,00	2,00	1,00
Maximum	3,00	4,00	4,00
Minimum	,00	,00	,00
Standardabweichung	,99	1,31	1,24

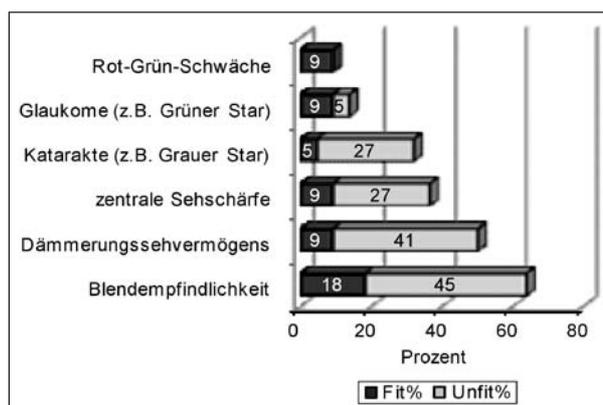
**Tab. 12:** Anzahl fahrsicherheitsrelevanter visueller Einschränkungen – deskriptive Statistiken

chungsteilnehmer wurde im Rahmen der augenärztlichen Untersuchung mindestens eine Einschränkung der visuellen Fähigkeiten mit potenziell nachteiligen Auswirkungen auf die Fahrsicherheit festgestellt (55 %). Bei 8 (20 %) Teilnehmern lag dabei ein Befund, für die anderen 14 (35 %) Teilnehmer zwischen zwei und vier verkehrsrelevante Befunde vor. Die differenzierte Betrachtung der beiden Untersuchungsgruppen ergab eine durchschnittlich stärkere Einschränkung der visuellen Leistungsfähigkeit innerhalb der Untersuchungsgruppe Unfit (vgl. Tabelle 12).

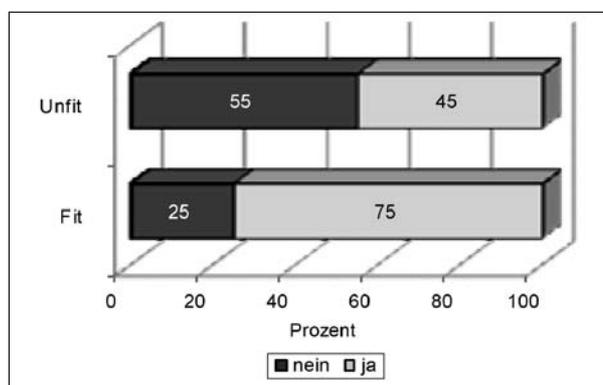
Bild 31 verdeutlicht den relativen Anteil einzelner Befunde bezogen auf die Gesamtzahl der Probanden, für welche eine Einschränkung der visuellen Leistungsfähigkeit vorlag. Am häufigsten wurden eine erhöhte Blendempfindlichkeit, Einschränkungen des Dämmerungssehvermögens oder der zentralen Sehschärfe festgestellt. Eine Erkrankung am Grauen Star wurde für insgesamt 7 (17,5 %) Untersuchungsteilnehmer festgestellt. Die Erkrankung Grüner Star wurde bei 3 (7,5 %) Untersuchungsteilnehmern diagnostiziert. Damit liegt der Anteil der vom Augenarzt als verkehrssicherheitsrelevant eingestuften Erkrankungen des Auges deutlich unter dem Anteil der Augenerkrankungen im Interview von 19 angegebenen Erkrankungen (48 %).

Bei der Untersuchung der zentralen Sehschärfe der Probanden wurde bei insgesamt sechs Probanden festgestellt, dass die Sehschärfe (mit der aktuellen Sehhilfe) die Mindestanforderung der FeV eines Visus von 0,7 für den Erwerb eines Führerscheines (Pkw) unterschreitet. Dabei handelte es sich in fünf der sechs Fälle um Probanden der Untersuchungsgruppe Unfit.

Vor dem Hintergrund der Befunde beurteilte der Augenarzt die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) von insgesamt 24 (60 %) Untersuchungsteilnehmern als voll gegeben (vgl. Bild 32). Für 14 (35 %) Untersuchungsteilnehmer war



**Bild 31:** Prozentuale Häufigkeit einzelner Befunde bezogen auf die Gesamtzahl der Probanden mit verkehrssicherheitsrelevanten Einschränkungen der visuellen Fähigkeiten (n = 22)



**Bild 32:** Augenärztliche Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) als „voll gegeben“ nach Untersuchungsgruppen in Prozent

eine Fahreignung lediglich unter Auflagen gegeben. Dabei handelte es sich in einem Großteil der Fälle um die Meidung von Dämmerung und Nachtfahrten. In zwei Fällen wurde eine Anpassung der Sehhilfe auferlegt. Weitere Auflagen bezogen sich auf eine Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit auf 120 km/h, die Meidung von Fahrten bei schlechten Witterungsverhältnissen sowie die Durchführung einer Kataraktoperation. Für zwei Untersuchungsteilnehmer war die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) aus augenärztlicher Sicht nicht gegeben. Diese Probanden wiesen sowohl Einschränkungen der zentralen Sehschärfe als auch eine erhöhte Blendempfindlichkeit und Einschränkungen des Dämmerungssehvermögens auf, zudem wurde beiden Probanden eine Nachuntersuchung des Grauen Stars empfohlen. Dabei handelte es sich in beiden Fällen um Personen der Gruppe Unfit.

Im Vergleich der Untersuchungsgruppen wird deutlich, dass die Fahreignung aus augenärztlicher

Sicht bei 15 (75 %) Teilnehmern der Gruppe Fit voll gegeben ist, während dieser Anteil in der Gruppe Unfit mit 9 (45 %) deutlich geringer ausfällt (vgl. Bild 32).

Die Ergebnisse der Computerperimetrie wiesen bei insgesamt sechs der Untersuchungsteilnehmer auf relevante Einschränkungen des Gesichtsfeldes hin. Fünf dieser Probanden entstammten der Gruppe Unfit. Die Beurteilung des Augenarztes im Hinblick auf die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) fiel bei fünf der insgesamt sechs auffälligen Perimetriebefunde negativ aus.

#### 8.5.4 Ergebnisse der Testdiagnostik

Zur Prüfung der kognitiven Kompetenzen (vgl. Kapitel 8.1.3) wurden der Zahlen-Symbol-Test ZS G des Nürnberger Altersinventars (NAI) sowie drei Untertests der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) verwendet. Die Ergebnisse des Zahlen-Symbol-Tests wurden anhand der vorliegenden Altersnormierung einer gesunden Stichprobe in unterdurchschnittliche, durchschnittliche und überdurchschnittliche Testergebnisse eingeordnet. Dabei ergab sich für keinen der Untersuchungsteilnehmer ein unterdurchschnittliches Testergebnis. Insgesamt wiesen 22 (55 %) Probanden durchschnittliche und 18 (45 %) sogar überdurchschnittliche Testleistungen innerhalb des ZS G auf.

Die Interpretation der Untertests der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung erfolgte anhand der insgesamt neun ausgegebenen Standwerte der Tests (T-Skala). Die Einteilung der Testergebnisse erfolgte dabei anhand der T-Normierung in unterdurchschnittliche T-Werte ( $< 40$ ), durchschnittliche T-Werte ( $\geq 40$  bis  $\leq 60$ ) und überdurchschnittliche T-Werte ( $> 60$ ). Dabei fand sich für lediglich neun Untersuchungsteilnehmer kein kritischer T-Wert im unterdurchschnittlichen Bereich  $< 40$ . Im Umkehrschluss wiesen 31 (78 %) Untersuchungsteilnehmer in mindestens einem der Untertests einen unterdurchschnittlichen T-Wert auf (vgl. Bild 33).

Zur weiteren Ergebnisinterpretation der Untertests der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) „Visuelles Scanning“, „Go/No-go“ und „Geteilte Aufmerksamkeit“ wurde ermittelt, ob innerhalb des jeweiligen Untertests ein T-Wert den kritischen Wert von 40 unterschritt. Tests, welche mindestens einen T-Wert  $< 40$  aufwiesen, wurden als unterdurchschnittliche Leistungen und in diesem Sinne als Unterschreitung der Mindestanforderung gewertet. In-

nerhalb des Untertests Go/No-Go wiesen insgesamt 90 % der Untersuchungsteilnehmer mindestens einen T-Wert  $< 40$  auf. Im Umkehrschluss wurde dieser Test von lediglich 4 (10 %) der Probanden bestanden. Der Test zur geteilten Aufmerksamkeit wurde von insgesamt zehn der Teilnehmer bestanden (25 %). Dabei handelte es sich in acht Fällen um Teilnehmer der Untersuchungsgruppe Fit. Die Testleistung im Untertest „Visuelles Scanning“ ergab für insgesamt 12 (30 %) Teilnehmer mindestens einen T-Wert  $< 40$ . Dabei handelte es sich etwa in gleichem Umfang um Teilnehmer der beiden Untersuchungsgruppen.

Insgesamt weisen die Ergebnisse der TAP darauf hin, dass den Probanden eine einfache Reaktionsaufgabe die meisten Schwierigkeiten bereitete und Leistungen im Bereich des visuellen Scannings einfacher abrufbar sind. Die deutlichsten Leistungsunterschiede zwischen der Untersuchungsgruppe Fit und Unfit ergaben sich innerhalb des Tests zur geteilten Aufmerksamkeit. Hierbei zeigte die Untersuchungsgruppe Fit im Vergleich zur Einfachreaktion einen deutlichen Vorteil (vgl. Tabelle 13).

Zum Screening der motorischen Kompetenzen wurden der Nackenrotationstests sowie der Zehen-Hackengang eingesetzt.

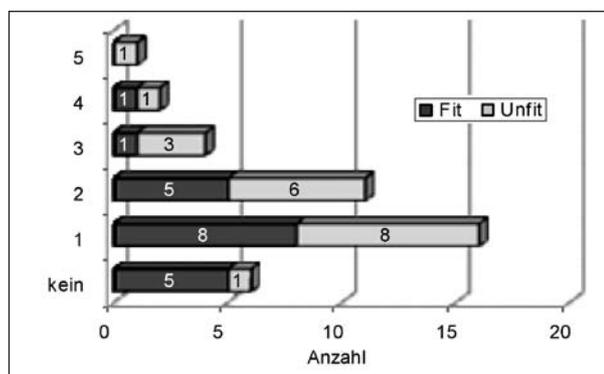


Bild 33: Anzahl der T-Werte  $< 40$  – absolute Häufigkeiten

	Fit	Unfit	Gesamt
	Relativer Anteilswert	Relativer Anteilswert	Relativer Anteilswert
TAP – Go/No-go (mind. ein T $< 40$ )	,95	,85	,90
TAP – geteilte Aufmerksamkeit (mind. ein T $< 40$ )	,60	,90	,75
TAP – visuelles Scanning- (mind. ein T $< 40$ )	,25	,35	,30

Tab. 13: Relativer Anteil der Probanden, die innerhalb der TAP-Untertests mindestens einen T-Wert  $< 40$  erreichten

Das Screening der Nackenbeweglichkeit ergab bei insgesamt neun der 40 Untersuchungsteilnehmer einen problematischen Befund. Dabei war es sechs Teilnehmern der Untersuchungsgruppe Unfit und drei Teilnehmern der Gruppe Fit nicht möglich, die Zahl durch Drehung des Kopfes zu erkennen.

Hinsichtlich Kraft und Koordinationsvermögen der Beine war lediglich ein Proband der Gruppe Unfit nicht in der Lage, eine Strecke von ca. 3 m auf Zehenspitzen bzw. auf den Fersen zu gehen.

Somit zeigten sich insgesamt nur wenig schwerwiegende motorische Defizite der Probanden.

### 8.5.5 Ergebnisse der praktischen Fahrverhaltensbeobachtung

Für die Fahrtstrecke von insgesamt 40 km benötigten die Teilnehmer durchschnittlich 55 Minuten. Fünf der insgesamt 40 Fahrten wurden bei Regen absolviert. 35 Fahrten (88 %) erfolgten bei bedecktem Himmel oder Sonne. Bei insgesamt zwei der 40 Fahrten war ein Eingreifen des Fahrlehrers zur Gefahrenabwehr nötig. Dabei handelte es sich um jeweils einen Probanden der beiden Untersuchungsgruppen.

#### Standardisiertes Fahrverhaltensprotokoll

Die Protokollierung der Fahrverhaltensfehler durch den ersten Beobachter ergab durchschnittlich einen relativen Fehleranteil innerhalb der Fahrverhaltensbeobachtung von 11,3 %. Der Anteil der Fahrverhaltensfehler in der Gruppe Fit lag bei durchschnittlich 9,6 %, in der Gruppe Unfit bei 13 %. Bei differenzierter Betrachtung der Performanz innerhalb der einzelnen Beobachtungsdimensionen zeigte sich der größte Fehleranteil bei der korrekten Berücksichtigung von Stoppschildern (45 %) und Zebrastreifen (30 %).

Auch zeigte sich mit insgesamt 19 % ein relativ hoher Anteil von Fehlern bei der Einhaltung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit sowie der angemessenen Berücksichtigung von Fußgängern und Radfahrern (18 %). Auch lagen die durchschnittlichen Fehleranteile mit 16 % in der Kategorie Verkehrsbeobachtung, 14 % bei der korrekten Berücksichtigung von Rechts-vor-Links-Situationen und 12 % in der Beobachtungskategorie Spurhalten relativ hoch (vgl. Bild 34).

Die größten Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen im Hinblick auf die Fehleran-

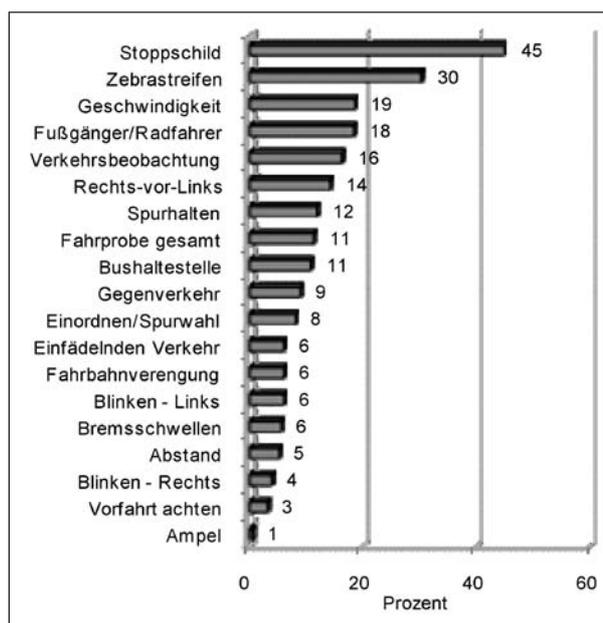


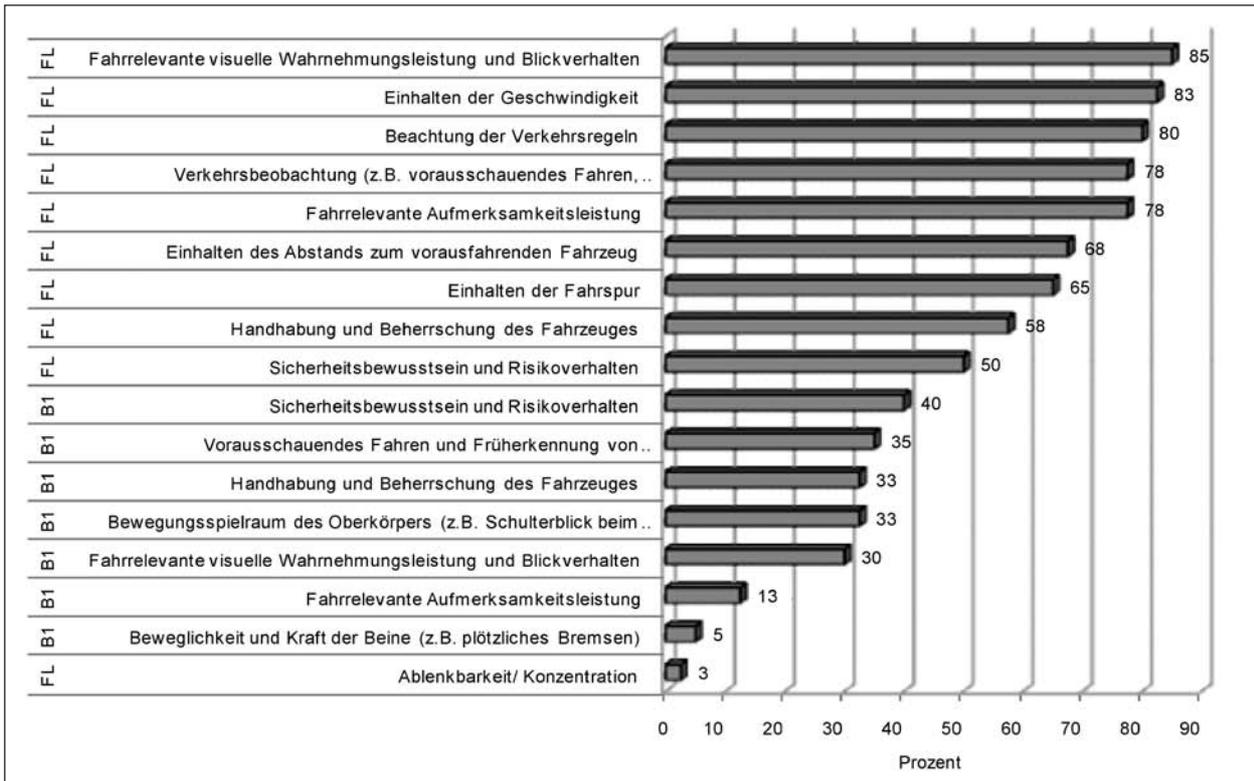
Bild 34: Standardisierte Fahrverhaltensbeobachtung – Fehleranteil in Prozent

teile innerhalb der Fahrverhaltensbeobachtung zeigten sich bei der Berücksichtigung von Stoppschildern, einfädelndem Verkehr, Rechts vor Links, Verkehrsbeobachtung, Geschwindigkeit sowie Fußgängern und Radfahrern. Hierbei wies die Untersuchungsgruppe Unfit mit einer mittleren Differenz zwischen 15 % und 5 % einen deutlich höheren Fehleranteil auf als die Gruppe Fit.

#### Beurteilung des Fahrverhaltens durch Beobachter und Fahrlehrer

Im Anschluss an die Fahrt erfolgte sowohl durch den ersten Beobachter, welcher das Fahrverhaltensprotokoll führte, und den Fahrlehrer eine Beurteilung der Fahrkompetenz des Probanden. Als Beurteilungskategorien dienten dabei Schulnoten von eins (sehr gut) bis fünf (mangelhaft).

Betrachtet man die Beurteilungen ausreichend und mangelhaft als problematische Befunde so ergibt sich bezogen auf die einzelnen Beurteilungsdimensionen folgendes Bild (vgl. Bild 35): Tendenziell fielen die Beurteilungen durch den Beobachter positiver aus als durch den Fahrlehrer. Aus Sicht des Fahrlehrers ergaben sich bei 34 (86 %) Fahrverhaltensbeobachtungen lediglich ausreichende oder sogar mangelhafte Leistungen im Bereich verkehrsrelevanter Wahrnehmungsleistung und Blickverhalten sowie Einhalten der Geschwindigkeit. 32 (80 %) der Probanden wurden im Hinblick auf die Beachtung der Verkehrsregeln, Verkehrsbeobach-



**Bild 35:** Beurteilung einzelner Aspekte der Fahrkompetenz durch Beobachter (B1) und Fahrlehrer (FL) – prozentualer Anteil ausreichender und mangelhafter Bewertungen

tung und vorausschauendes Fahren sowie hinsichtlich fahrrelevanter Aufmerksamkeitsleistung mit ausreichend oder mangelhaft bewertet. Bei über der Hälfte der Probanden waren die Leistungen im Bereich Abstand- und Spurhalten, Handhabung und Beherrschung des Fahrzeugs sowie Sicherheitsbewusstsein und Risikoverhalten aus Sicht des Fahrlehrers als ausreichend oder mangelhaft zu bewerten.

**Anforderungssituationen und Kompensation**

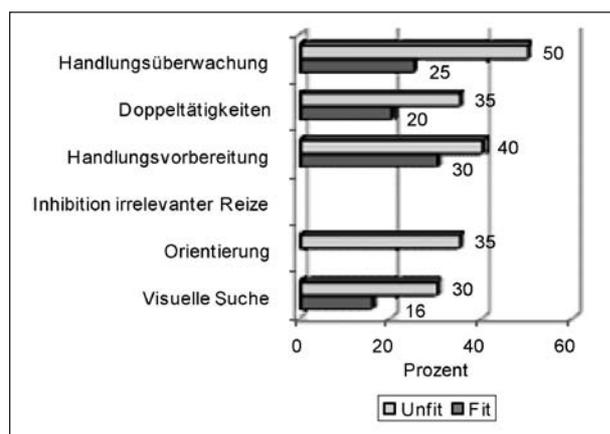
Das Verhalten der Probanden innerhalb besonderer Anspruchssituationen (Doppeltätigkeiten, Inhibitions- und Orientierungsaufgaben, Rechts-vor-Links-Situation, vgl. Tabelle 3: Anforderungssituationen) wurde durch einen zweiten Beobachter in einem gesonderten Beobachtungsprotokoll erfasst. Dabei zeigte sich der größte durchschnittliche Fehleranteil mit etwa 20 % bei der Bewältigung der Rechts-vor-Links-Situationen. Die Anforderungen der Orientierungsaufgaben und Doppel- bzw. Inhibitionsaufgaben wurden von den Probanden wesentlich öfter gelöst – in beiden Aufgabenkategorien lag der Fehleranteil durchschnittlich bei knapp 10 %. Beim Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen zeigten sich deutliche Unterschiede zwi-

		Fit	Unfit	Gesamt
Rechts-vor-Links-Anforderungen %	Mittelwert	85,95	74,29	80,12
	Standardabweichung	21,83	22,52	22,67
Orientierungsaufgaben %	Mittelwert	92,92	86,25	89,58
	Standardabweichung	11,92	15,36	13,98
Doppel- bzw. Inhibitionsaufgaben %	Mittelwert	96,67	84,17	90,42
	Standardabweichung	10,26	18,32	15,96

**Tab. 14:** Durchschnittlicher relativer Anteil bewältigter Aufgaben in %

schen den beiden Gruppen hinsichtlich der Performanz innerhalb der Rechts-vor-Links-Situationen sowie der Doppel- und Inhibitionsaufgaben. Die Gruppe Unfit wies hierbei durchschnittlich etwa 10 % mehr Fehler auf (vgl. Tabelle 14).

Im Anschluss an die Fahrt erfolgte durch den zweiten Beobachter eine Beurteilung hinsichtlich einzelner fahrrelevanter Leistungsbereiche. Dabei fiel der Anteil problematischer Befunde in allen Beurteilungsaspekten für die Gruppe Unifit höher aus. Ins-



**Bild 36:** Bewertung einzelner Kompetenzbereiche – Anteil problematisch bewerteter Leistungsbereiche

besondere die Fähigkeiten im Bereich der Handlungsüberwachung und Handlungsvorbereitung wurden für die Teilnehmer der Gruppe Unfit in 50 % bzw. 40 % der Fälle negativ bewertet. Schwierigkeiten bei Orientierungsleistungen wiesen ausschließlich Teilnehmer der Gruppe Unfit auf. Probleme dieser Art wurden für die Gruppe Fit nicht beobachtet. Doppeltätigkeiten wurden für 8 (40 %) der Untersuchungsteilnehmer der Gruppe Unfit und 7 (35 %) der Gruppe Fit als potenziell problematisch bewertet (vgl. Bild 36).

Bei der Beobachtung der Performanz der Probanden innerhalb der Anforderungssituationen wurde jedoch auch deutlich, dass die gewählten Aufgabentypen nur bedingt erlaubten, beobachtbare Varianz der definierten abhängigen Variablen, wie z. B. Veränderungen der Geschwindigkeit und des Spurverhaltens oder Blickführung und visuelle Suche, zu erfassen. Die Orientierungshinweise des Fahrlehrers evozierten nur selten eine aktive visuelle Suche der Probanden, vielmehr handelte es sich für die meisten Probanden um bekannte Strecken bzw. wurden Unsicherheiten im Hinblick auf die weitere Fahrtrichtung damit vermieden, dass mehrfach nachgefragt wurde, ob die gewählte Richtung die richtige sei – dementsprechend selten wurden Schilder als Orientierungshinweise genutzt. Leistungen hinsichtlich der Fähigkeit zur visuellen Suche waren somit nur schwer beobachtbar. Im Sinne gelungener Kompensation und Bewältigung der Anforderungen wurden diese Situationen jedoch als bewältigte Anforderungen gewertet. Ähnliches Verhalten zeigte sich auch während der Doppel- bzw. Inhibitionsaufgaben. Nur die wenigsten der Probanden zeigten Ablenkungsreaktionen auf die Störungen. Insgesamt war eine Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe beobacht-

	Fit	Unfit	Gesamt
Zu hohe Geschwindigkeit	2	5	7
Unsicherheit/Überforderung mit Fahrschulauto	1	3	4
Insgesamt hektischer Fahrstil	1	3	4
Zu hohe Geschwindigkeit trotz unterdurchschnittlicher Testergebnisse	1	3	4
Schlechte Handlungsvorbereitung	0	2	2
Übersehen von Rechts vor Links	0	2	2
Kompensation schlechter Testergebnisse durch angemessene Geschwindigkeit	1	2	3
Keine/unzureichende Absicherung	3	2	5
Keine Kompensation motorischer Einschränkungen	0	1	1
Visuelle Leistung beim Fahren ist Hörminderung unangepasst	0	1	1
Insgesamt vorausschauender Fahrstil	1	1	2
Test- und Fahrverhalten unproblematisch	4	1	5
Unaufmerksamkeit bei zunehmender Fahrdauer	1	0	1
Kompensation mangelhafter geteilter Aufmerksamkeitsleistung durch Konzentration auf eine Sache	2	0	2

**Tab. 15:** Offene Bewertungen der Fahrverhaltensbeobachtung im Hinblick auf Kompensation

bar und Veränderungen der Geschwindigkeit, des Spurhaltens oder auch die Blickhinwendung zum ablenkenden Reiz eher selten.

So besteht ein wichtiges Ergebnis des ergänzenden Beobachtungsprotokolls darin, dass zusätzliche Anforderungen während der Fahraufgabe von einem Großteil der Untersuchungsteilnehmer vermieden wurden. In diesem Sinne wurde auch die Fähigkeit zur Inhibition irrelevanter Reize für alle Probanden als unproblematisch beurteilt (vgl. Bild 36). Diesen Befund stützt auch die Beurteilung des Fahrlehrers hinsichtlich der Konzentration und Ablenkbarkeit der Probanden während der Fahrt – der Anteil der Probanden, die in diesem Bereich eine ausreichende oder mangelhafte Beurteilung erhielten, liegt mit 3 % am niedrigsten (vgl. Bild 35).

Auch wurden das Befinden und die Nervosität der Probanden während der Fahrt durch beide Beobachter mehrheitlich positiv bewertet. So vergaben die Beobachter für 24 bzw. 26 (60 % bzw. 65 %) der Probanden die Urteile „ruhig“ oder sogar „sehr ruhig“.

Nach Abschluss der Fahrverhaltensbeobachtung wurde durch den zweiten Beobachter ergänzend eine offene Einschätzung des Probanden im Hinblick auf Kompensation – auch vor dem Hintergrund der bekannten Testbefunde – vorgenommen.

Tabelle 15 bietet einen Überblick über die Ergebnisse einer inhaltlichen Kategorisierung dieser offenen Bewertungen sowie die einzelnen Nennungshäufigkeiten.

### Globale Beurteilung der Fahrkompetenz und Erfüllung von Mindestanforderungen an die Fahreignung

Im Anschluss an die praktische Fahrverhaltensbeobachtung erfolgte durch beide Beobachter und den Fahrlehrer eine Gesamtbeurteilung der Fahrkompetenz. Die Bewertungen wiesen mit Cronbachs Alpha = ,890 und einem Intraklassenkorrelationskoeffizienten ICC = ,729 für die einzelnen Maße eine hohe Reliabilität auf.

Die Beobachter vergaben dabei durchschnittlich die Note drei (befriedigend). Das Urteil des Fahrlehrers fiel mit einer durchschnittlichen Bewertung von vier (ausreichend) schlechter aus. Im Vergleich der Untersuchungsgruppen weisen die Teilnehmer der Gruppe Unfit tendenziell schlechtere Beurteilungen auf (vgl. Tabelle 16).

Bei Betrachtung des Mittelwerts der Einzelurteile der Beobachter und des Fahrlehrers wird deutlich, dass 9 von 20 Untersuchungsteilnehmern der Gruppe Unfit die Note vier oder schlechter erreichten (45 %). Im Gegensatz dazu erreichten 15 von 20 (75 %) Probanden der Gruppe Fit mit durchschnittlichen Noten zwischen zwei oder drei eine deutlich bessere Bewertung (vgl. Bild 37).

		Fit	Unfit	Gesamt
Beobachter 1	Mittelwert	2,8	3,6	3,2
	Standardabweichung	0,9	1,0	1,0
Beobachter 2	Mittelwert	2,5	3,4	2,9
	Standardabweichung	1,0	1,1	1,1
Fahrlehrer	Mittelwert	3,4	4,0	3,7
	Standardabweichung	1,0	0,8	0,9

Tab. 16: Gesamtbeurteilung der Fahrkompetenz – deskriptive Statistiken

Zur Einschätzung der Erfüllung von Mindestanforderungen an die praktische Fahrkompetenz wurde von Seiten des Fahrlehrers im Anschluss an die Fahrt auch eine Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) vorgenommen. Dabei kam der Fahrlehrer bei insgesamt 26 (65 %) Probanden zu dem Urteil, dass die Fahreignung derzeit „voll gegeben“ sei. Der Anteil der Probanden der Untersuchungsgruppe Fit an dieser Gruppe betrug 18 (70 %). Für weitere 8 (20 %) Untersuchungsteilnehmer wurde die Fahreignung als „eingeschränkt gegeben“ beurteilt. Als Einschränkungen wurden dabei in jeweils vier Fällen eine unangepasste Geschwindigkeit sowie eine zu hektische und unruhige Fahrweise angegeben. In drei Fällen wurde zudem eine mangelnde Absicherung des rückwärtigen Verkehrs als Einschränkung der Fahrkompetenz benannt. Weitere Einzelnennungen des Fahrlehrers bezogen sich auf Mängel in der Aufmerksamkeitsleistung, mangelnde Berücksichtigung der Verkehrszeichen, mangelnde Vorausschau und Vorfahrtsbeachtung. Insgesamt vier Teilnehmer der Untersuchung erhielten das Urteil einer „unter Auflagen“ gegebenen Fahreignung. Als Auflage wurde dabei in drei Fällen der Umstieg auf ein Automatikfahrzeug sowie in weiteren Fällen (zusätzlich) die Meidung von Autobahnfahrten und unbekannteren Strecken definiert. Für zwei der Untersuchungsteilnehmer war eine Fahreignung aus Sicht des Fahrlehrers nicht gegeben. Beide Probanden entfielen auf die Gruppe Unfit (vgl. Bild 38).

Betrachtet man eine „voll gegebene“ Fahreignung als Kriterium zur Erfüllung der Mindestanforderungen an die praktische Fahrkompetenz, so werden die Mindestanforderungen von insgesamt 14 (35 %) Probanden nicht erfüllt. Dabei handelt es sich zu einem relativ großen Teil um Probanden der

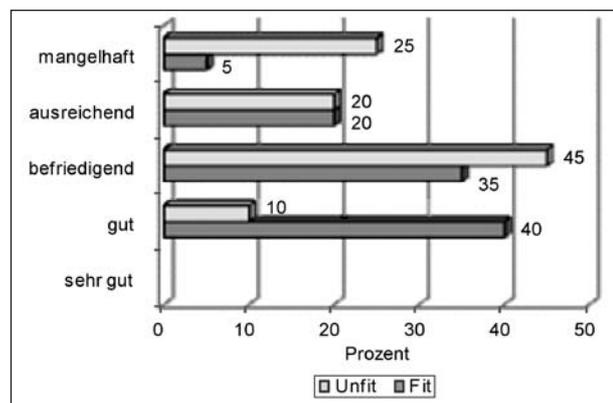
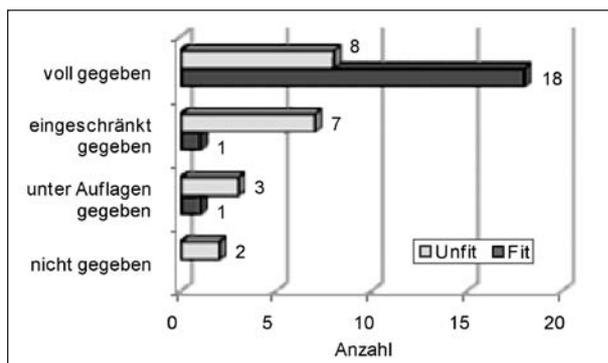


Bild 37: Durchschnittliche Gesamtbeurteilung der Fahrkompetenz durch Beobachter und Fahrlehrer



**Bild 38:** Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) durch den Fahrlehrer – absolute Häufigkeiten

Gruppe Unfit (12; 86 %). Für lediglich zwei Probanden der Gruppe Fit lag eine Unterschreitung der Mindestanforderungen an die praktische Fahrkompetenz vor.

## 8.6 Vergleiche zwischen den Untersuchungsgruppen

Die Konstruktion der beiden Untersuchungsgruppen Fit und Unfit erfolgte vor Beginn der Untersuchung anhand der Kriterien Alter, Kilometerleistung sowie Erkrankungsbelastung und Medikamenteneinnahmen. Dabei wurden Probanden, deren Merkmale hinsichtlich dieser potenziell risikomodulierenden Variablen hoch ausfielen, der Gruppe Unfit zugewiesen, während Probanden mit einem potenziell niedrigeren Risiko der Gruppe Fit zugeordnet wurden. Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der Gruppenvergleiche dargestellt.

Die zentrale Annahme der Gruppenvergleiche und getesteten Hypothesen war dabei eine tendenziell schlechtere Leistung bzw. höhere Risikobelastung der Gruppe Unfit im Vergleich zur Gruppe Fit.

Insgesamt lagen für nahezu alle erhobenen Variablen aus Interview, Test- und Untersuchungsdaten sowie Beobachtungs- und Beurteilungsvariablen der Fahrverhaltensbeobachtung hypothesenkonforme deskriptive Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen vor.

Statistische Vergleiche der Gruppen wurden anhand des Welch-Tests bzw. bei Verletzung der Normalverteilungsannahme des non-parametrischen Mann-Whitney-U-Tests vorgenommen. Die Prüfung auf Normalverteilung der Daten erfolgte mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test.

Alle Prüfungen auf statistische Signifikanz erfolgten mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$ . Die ausgewiesenen p-Werte geben die 2-seitige Signifikanz wieder. Bei einseitigen Tests erfolgte der Vergleich mit einer entsprechenden Verdoppelung der Irrtumswahrscheinlichkeit auf  $\alpha * 2 = 0,1$ .

Für die statistischen Vergleiche der zentralen Tendenz, werden im Folgenden im Falle des Welch-Tests (als robusteres Äquivalent zum t-Test für unabhängige Stichproben) der T-Wert (T), Freiheitsgrade (df) und der beobachtete p-Wert (p) angegeben. Im Falle des Mann-Whitney-U-Tests werden der Z-Wert (Z) und beobachtete p-Wert (p) berichtet. Die Ergebnisse der Prüfung auf stochastische Unabhängigkeit zweier Merkmale anhand des Chi-Quadrat-Tests ( $\chi^2$ ) werden mit dem ermittelten  $\chi^2$ , Freiheitsgraden (df) und dem beobachteten p-Wert dargestellt (vgl. BORTZ, 2005; BORTZ & DÖRING, 2006; RASCH, KUBINGER & MODER, 2009; WELCH, 1947).

### Unterschiede in der Fahrzeugnutzung

Die im Rahmen des Interviews erfassten Daten zum Fahrverhalten wiesen auf eine intensivere Fahrzeugnutzung der Gruppe Fit hin. Dabei weisen die Teilnehmer der Gruppe Fit sowohl eine signifikant höhere monatliche Kilometerleistung ( $T = 2,62$ ;  $df = 31,84$   $p = ,01$ ) als auch eine häufigere wöchentliche Fahrzeugnutzung ( $Z = -1,68$ ;  $p = ,09$ ) auf.

### Unterschiede der kognitiven, motorischen und visuellen Leistungsfähigkeit

Die Leistungen innerhalb der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) brachten in der Gruppe Unfit eine insgesamt höhere Anzahl unterdurchschnittlicher T-Werte ( $< 40$ ) hervor. Dieser Unterschied im Hinblick auf die Aufmerksamkeitsleistungen zwischen den Gruppen erwies sich als statistisch tendenziell signifikant ( $Z = -1,77$ ;  $p = 0,08$ ). Der Vergleich der Performanz innerhalb der Einzeltests der TAP verdeutlicht jedoch, dass signifikante Unterschiede in der durchschnittlichen Gruppenleistung lediglich im Test zur geteilten Aufmerksamkeit bestehen ( $Z = -2,16$ ;  $p = 0,03$ ). Hinsichtlich des Anteils derjenigen, die im Test zum visuellen Scanning oder in der Go/No-go-Aufgabe mindestens einen T-Wert  $< 40$  und damit eine unterdurchschnittliche Testleistung aufweisen, bestehen statistisch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Für die allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit, operationalisiert über den Standardwert des Zahlen-Symbol-Tests (ZS G), ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Auch wiesen die Merkmale „Untersuchungsgruppe“ und „Zuordnung der Testleistung des ZS-G in unterdurchschnittliche, durchschnittliche und überdurchschnittliche Leistungen“ keine stochastische Abhängigkeit auf ( $\chi^2 = 1,61$ ;  $df = 1$   $p = 0,34$ ).

Die deskriptiven Unterschiede innerhalb der Ergebnisse des Screenings der motorischen Kompetenzen der Probanden erwiesen sich weder für den Nackenrotationstest noch für den Zehenhackengang als statistisch signifikant.

Bezüglich der visuellen Leistungsfähigkeit zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen. Dabei weist die Untersuchungsgruppe Fit insgesamt seltener relevante Einschränkungen der visuellen Fähigkeiten auf ( $Z = -2,21$ ;  $p = 0,03$ ). Auch wurden seltener Einschränkungen des Dämmerungssehvermögens ( $Z = -2,45$ ;  $p = 0,01$ ) sowie eine erhöhte Blendempfindlichkeit ( $Z = -1,96$ ;  $p = 0,05$ ) festgestellt. Eine Unterschreitung der Mindestanforderungen an die zentrale Sehschärfe ( $Visus < 0,7$ ) findet sich hingegen signifikant häufiger in der Gruppe Unfit ( $Z = -1,75$ ;  $p = 0,08$ ). Auch liegen in der Gruppe Unfit signifikant häufiger ein Befund hinsichtlich einer Erkrankung am Grauen Star ( $Z = -2,05$ ;  $p = 0,04$ ) sowie ein problematisches Ergebnis innerhalb der Untersuchung des Gesichtsfeldes anhand der Computerperimetrie vor ( $Z = -1,75$ ,  $p = 0,08$ ).

### **Unterschiede hinsichtlich Gesundheit und Medikamenteneinnahmen**

Die aufgrund der Apriori-Zuordnung der Gruppen zu erwartende geringere Erkrankungs- und Medikamentenbelastung innerhalb der Gruppe Fit konnte anhand der Datenlage bestätigt werden. So berichteten die Teilnehmer der Untersuchungsgruppe Unfit im Interview von einer signifikant höheren Anzahl an Einzelerkrankungen ( $T = -2,77$ ;  $df = 37,50$ ;  $p = 0,09$ ). Auch wurden zusätzlich häufiger Leistungsabnahmen innerhalb des Seh- und Hörvermögens sowie der geistigen Leistungsfähigkeit angegeben ( $T = -2,40$ ;  $df = 37,97$ ;  $p = 0,02$ ). Zudem fiel die subjektive Einschätzung des individuellen Gesundheitszustands in der Gruppe Unfit insgesamt schlechter aus als in der Gruppe Fit ( $T = -2,51$ ;  $df =$

$33,77$ ;  $p = 0,02$ ). Demgegenüber wies die verkehrsmedizinische Untersuchung der Probanden in der Gruppe Fit signifikant seltener auf verkehrsrelevante gesundheitliche Einschränkungen hin ( $Z = -3,14$ ;  $p = 0,02$ ). Bei Betrachtung der im Rahmen der verkehrsmedizinischen Untersuchung dokumentierten Einzelerkrankungen wird deutlich, dass die Teilnehmer der Untersuchungsgruppe Fit seltener motorische Einschränkungen ( $Z = -2,05$ ;  $p = 0,04$ ), Herz- und Gefäßerkrankungen ( $Z = -1,88$ ;  $p = 0,06$ ) sowie Erkrankungen des Nervensystems ( $Z = -2,21$ ;  $p = 0,03$ ) aufwiesen.

Die Angaben bezüglich der eingenommenen Medikamente deuten auf eine stärkere Medikation der Gruppe Unfit hin. So weisen die Teilnehmer der Gruppe Unfit insgesamt eine höhere Anzahl regelmäßiger Medikamenteneinnahmen auf ( $T = -2,85$ ;  $df = 37,99$ ;  $p = 0,07$ ). Hinsichtlich der Anzahl bei Bedarf eingenommener Medikamente zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen. Im Vergleich der Anzahl eingenommener Medikamente mit potenziell negativen Auswirkungen auf die Fahrtüchtigkeit zeigte sich ebenfalls keine signifikant höhere Belastung in der Gruppe Unfit.

### **Unterschiede innerhalb der Fahrverhaltensdaten**

Die Ergebnisse des Fahrverhaltensprotokolls zeigten insgesamt nur wenig statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen. Auch wenn für die meisten der erfassten Beobachtungsdimensionen deskriptive Unterschiede zwischen den Gruppen vorliegen, die auf eine tendenziell schlechtere Performanz der Gruppe Unfit in der Fahrverhaltensprobe hinweisen, so werden diese lediglich für die Rechts-vor-Links-Situationen ( $Z = -2$ ;  $p = 0,06$ ) sowie Situationen, in welchen es einer Berücksichtigung des einfädelnden Verkehrs bedarf, signifikant ( $Z = -1,80$ ;  $p = 0,07$ ).

Die Beobachtung des Fahrverhaltens der Probanden innerhalb der gesonderten Anforderungssituationen zur Erfassung von Hinweisen auf Kompensation ergab für die Performanz innerhalb der Orientierungsaufgaben und Rechts-vor-Links-Situationen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Unterschiede zeigten sich jedoch bei der Bewältigung von Anforderungen in Doppel- bzw. Inhibitionsaufgaben – die Gruppe Fit zeigte hier ein signifikant besseres Ergebnis ( $Z = -2,47$ ;  $p = 0,06$ ).

### Unterschiede hinsichtlich der Beurteilungsdaten des Fahrverhaltens

Die Beurteilungen des Fahrverhaltens der Probanden durch den Fahrlehrer und die beiden Beobachter fielen für die Gruppe Fit insgesamt positiver aus. Dabei wurde die Gruppe Fit sowohl vom Fahrlehrer als auch vom ersten Beobachter besser beurteilt im Hinblick auf die

- Handhabung und Beherrschung des Fahrzeugs (Fahrlehrer:  $Z = -1,89$ ;  $p = 0,06$ ) (Beobachter 1:  $Z = -2,16$ ;  $p = 0,03$ ),
- Verkehrsbeobachtung, im Sinne von vorausschauendem Fahren und Früherkennung von Gefahrensituationen (Fahrlehrer:  $Z = -1,88$ ;  $p = 0,06$ ) (Beobachter 1:  $Z = -2,06$ ;  $p = 0,04$ ),
- fahrrelevante visuelle Wahrnehmungsleistung und Blickverhalten (Fahrlehrer:  $Z = -2,52$ ;  $p = 0,01$ ) (Beobachter 1:  $Z = -2,7$ ;  $p = 0,07$ ).

Auch wurden die Beweglichkeit und Kraft der Beine der Untersuchungsteilnehmer aus der Gruppe Fit durch den ersten Beobachter positiver bewertet ( $Z = -2,69$ ;  $p = 0,07$ ). Der Fahrlehrer vergab zudem bessere Urteile für die Teilnehmer der Gruppe Fit in Bezug auf die fahrrelevante Aufmerksamkeitsleistung ( $Z = -1,8$ ;  $p = 0,07$ ) sowie das Einhalten der Fahrspur ( $Z = -2,31$ ;  $p = 0,02$ ).

Die Beurteilungen des zweiten Beobachters hinsichtlich der Kompetenzen der Probanden innerhalb der Anspruchssituationen zur Beobachtung von Kompensation fielen für die Gruppe Fit signifikant besser aus hinsichtlich des Befindens und der Nervosität während der Anspruchssituation ( $Z = -2,226$ ;  $p = 0,02$ ) sowie der Orientierung der Probanden ( $Z = -2,88$ ;  $p = 0,04$ ).

Die Gesamtbeurteilungen des Fahrverhaltens in Schulnoten durch die beiden Beobachter und den Fahrlehrer fielen für Untersuchungsteilnehmer der Gruppe Fit insgesamt positiver aus (Beobachter 1:  $Z = -2,57$ ;  $p = 0,01$ ) (Beobachter 2:  $T = -2,57$ ;  $df = 37,72$ ;  $p = 0,01$ ) (Fahrlehrer:  $Z = -1,74$ ;  $p = 0,08$ ).

### Unterschiede in Bezug auf die Erfüllung von Mindestanforderungen

Als Kriterien hinsichtlich der Erfüllung von Mindestanforderungen an die Fahrkompetenz wurden die Urteile des Augenarztes, des Verkehrsmediziners

und des Fahrlehrers gewertet. Beim Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen wurde deutlich, dass die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) aus augenärztlicher Sicht in der Gruppe Fit häufiger als „voll gegeben“ beurteilt wird. Damit liegt im Umkehrschluss in der Gruppe Unfit signifikant häufiger eine Unterschreitung der Mindestanforderungen an die visuelle Leistungsfähigkeit vor, die mit einer nicht oder nur eingeschränkt gegebenen Fahreignung einhergeht ( $Z = -2,26$ ;  $p = 0,02$ ).

Auch bei der Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) aus verkehrsmedizinischer Sicht erhielten die Teilnehmer der Gruppe Fit signifikant häufiger das Urteil einer voll gegebenen Fahreignung. Somit liegen auch für die verkehrssicherheitsrelevanten Mindestanforderungen an die gesundheitliche Situation in der Gruppe Unfit signifikant häufiger Einschränkungen der Fahreignung und damit Unterschreitungen der verkehrsmedizinischen Mindestanforderungen vor ( $Z = -2,33$ ;  $p = 0,02$ ).

Die Mindestanforderungen an die fahrpraktischen Fähigkeiten wurden definiert anhand der Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) der Probanden durch den Fahrlehrer im Anschluss an die Fahrverhaltensprobe. Auch hier zeigten sich für die Gruppe Unfit signifikant seltener die Beurteilung einer voll gegebenen Fahreignung und häufiger Einschränkungen der Fahreignung, welche auf eine Unterschreitung der fahrpraktischen Mindestanforderungen hinweisen ( $Z = -3,27$ ;  $p = 0,01$ ).

Bei weiterer Betrachtung der Unterschiede hinsichtlich der Klassifikationsergebnisse in den beiden Untersuchungsgruppen war insbesondere die Wahrscheinlichkeit für die erwartungsgemäßen Zuordnungen von Interesse. Unter der Annahme, dass die Probanden der Untersuchungsgruppe Fit eigentlich die Mindestanforderungen erfüllen und die Probanden der Untersuchungsgruppe Unfit die Mindestanforderungen wesentlich häufiger unterschreiten sollten, wurden die Fehlklassifikationsergebnisse näher betrachtet, das heißt die Anteilswerte der Probanden der Gruppe Fit, welche die Mindestanforderungen unterschritten, und die Anteilswerte der Gruppe Unfit, welche die Mindestanforderungen – trotz potenzieller Gefährdung – erfüllten. Dabei wird deutlich, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein Proband der aufgrund der apriori erfassten Daten als Fit beurteilt wird, die Min-

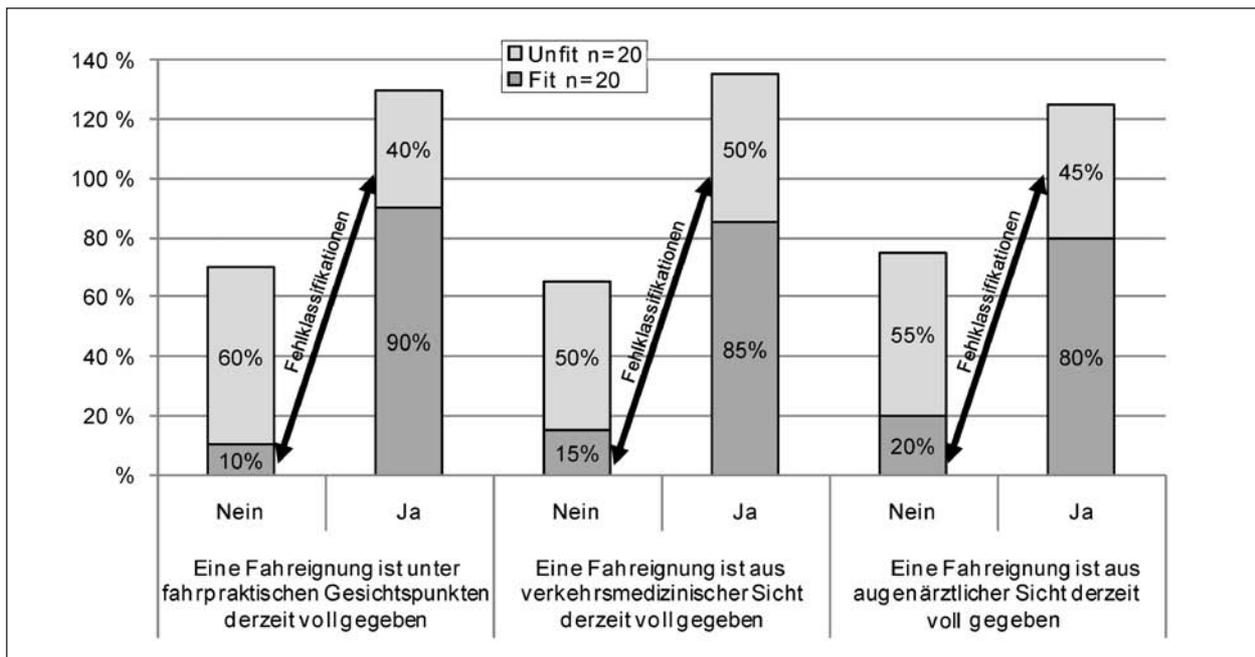


Bild 39: Beurteilung hinsichtlich Erfüllung der Mindestanforderungen nach Untersuchungsgruppen

destanforderungen unterschreitet und damit einen falschen Treffer der Apriori-Klassifizierung darstellt, wesentlich geringer ausfällt als die Wahrscheinlichkeit einen apriori als Unfit beurteilten Probanden hinsichtlich einer voll gegebenen Fahreignung falsch zu klassifizieren. Die Wahrscheinlichkeit einer gegebenen Fahreignung bei vorliegender potenzieller Gefährdung beträgt hinsichtlich der einzelnen Urteile mindestens 40 % und maximal 50 % (vgl. Bild 39). Dies bedeutet, dass bei einer Risikobewertung älterer Fahrer unter Berücksichtigung von Alter, Erkrankungs- und Medikationsbelastung sowie Fahroutine die Wahrscheinlichkeit, dass ein als gefährdet eingestuftes Kraftfahrer über keine offensichtlichen Einschränkungen der Fahrkompetenz verfügt, wesentlich höher ist als die Wahrscheinlichkeit, eine potenzielle Gefährdung eines als „sicher“ beurteilten älteren Fahrers zu übersehen. Dieses Ergebnis spricht für das Ausmaß an Kompensationspotenzialen innerhalb der Gruppe älterer Kraftfahrer, die aufgrund ihrer Ausprägungen in relevanten risikomodulierenden Variablen eigentlich als gefährdet einzustufen sind, und bietet ein weiteres Argument für eine differenzierte Betrachtung dieser Fahrergruppe im Hinblick auf Urteile bezüglich der Fahrkompetenz.

## 8.7 Ergebnisse der Clusteranalyse

Das Ziel der Clusteranalyse war es, spezifische Kombinationen risikomodulierender Merkmale zu

identifizieren, welche geeignet sind, die untersuchten älteren Kraftfahrer hinsichtlich Kompensation und Mindestanforderungen an die Fahrkompetenz zu unterscheiden. Auf Grundlage theoretischer Vorüberlegungen wurden dabei folgende zentrale Merkmale definiert:

- die Anzahl vorliegender Erkrankungen und Medikamenteneinnahmen mit potenziell negativen Auswirkungen auf die Fahrkompetenz (als Indikatoren für den gesundheitlichen Status der Probanden),
- die monatliche Kilometerleistung (als Indikator für die Fahrpraxis),
- das Urteil über die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) durch den Fahrer (als Indikator für die Erfüllung der fahrpraktischen Mindestanforderungen),
- die Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) durch den Verkehrsmediziner (als Indikator für die Erfüllung der Mindestanforderungen unter verkehrsmedizinischer Perspektive),
- die Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) durch den Augenarzt (als Indikator für die Erfüllung der Mindestanforderungen an die visuelle Leistungsfähigkeit),
- der Testbefund innerhalb des Tests zur geteilten Aufmerksamkeit der TAP (als Maß der kogniti-

ven Leistungsfähigkeit mit besonderer Relevanz für die Fahraufgabe).

Darüber hinaus wurden zur Feststellung, ob es sich um alterskorrelierte oder altersunabhängige Merkmalsgruppierungen handelt, die Altersklassen der Probanden berücksichtigt.

Da hinsichtlich der definierten Merkmale für alle 40 Probanden der Untersuchung Daten vorlagen, konnte der gesamte Stichprobenumfang von  $n = 40$  in die Clusteranalyse einbezogen werden.

Die Two-Step-Clusteranalyse ergab eine Clusterlösung mit zwei Gruppen (vgl. Tabelle 17). Auf die beiden Cluster entfielen dabei jeweils 20 Probanden, sodass jeweils 50 % der Probanden in Cluster 1 und Cluster 2 gruppiert wurden. Bei Betrachtung der einzelnen Merkmalsausprägungen innerhalb der Cluster wird deutlich, dass das zentrale Merkmal, welches die Analyse als Trennkriterium der Gruppen nutzt, die Erfüllung der fahrpraktischen Mindestanforderungen ist. So befinden sich in Cluster 2 ausschließlich Personen, deren Fahreignung von Seiten des Fahrlehrers als „voll gegeben“ beurteilt wird. Cluster 1 enthält zu einem Großteil Personen, deren Fahreignung aus Sicht des Fahrlehrers nur eingeschränkt gegeben oder nicht gegeben ist ( $n = 14$ ; 70 %), und einen kleineren Anteil von Personen, deren Fahreignung ebenfalls als „voll gegeben“ beurteilt wurde ( $n = 6$ ; 30 %). Eine zentrale Rolle bei der Gruppierung der Probanden spielt neben der Erfüllung der fahrpraktischen Mindestanforderungen die Performanz innerhalb des Tests zur geteilten Aufmerksamkeit der TAP. So finden sich in Cluster 1 all diejenigen Probanden wieder, welche innerhalb des Tests zur geteilten Aufmerksamkeit eine unterdurchschnittliche Leistung aufweisen. Damit unterscheiden sich die älteren Kraftfahrer in Cluster 1, welche die fahrpraktischen

Mindestanforderungen erfüllen, von denjenigen in Cluster 2 insbesondere dadurch, dass eine unterdurchschnittliche Leistung innerhalb des Tests zur geteilten Aufmerksamkeit vorliegt. Auch im Hinblick auf die Erfüllung der verkehrsmedizinischen und augenärztlichen Mindestanforderungen an die Fahrkompetenz zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. So ist die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) von 19 der insgesamt 20 Personen in Cluster 2 aus verkehrsmedizinischer Sicht „voll gegeben“. Ebenso wurde für 17 der 20 Personen aus Cluster 2 dieses Urteil auch von Seiten des Augenarztes vergeben. Cluster 2 lässt sich somit vereinfachend beschreiben als Gruppe derjenigen, welche sowohl die fahrpraktischen und verkehrsmedizinischen Mindestanforderungen als auch die Mindestanforderungen an die Sehfähigkeit erfüllen. Ältere Kraftfahrer in Cluster 1 zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass sie die Mindestanforderungen an die geteilte Aufmerksamkeit nicht erfüllen. Auch erfüllen die Personen in Cluster 1 die Mindestanforderungen an das Fahrverhalten, die gesundheitliche Situation und Sehfähigkeit deutlich seltener (vgl. Tabelle 17).

Weiterhin lassen sich die Gruppen deutlich anhand weiterer gesundheitlicher Merkmale unterscheiden. Die Personen in Cluster 1 weisen eine signifikant höhere Anzahl an Erkrankungen auf ( $T = 4,1$ ;  $df = 36,3$ ;  $p = 0,000$ ). Deskriptiv weisen Personen in Cluster 1 mit durchschnittlich gerundet vier Erkrankungen etwa doppelt so viele Erkrankungen auf wie Personen in Cluster 2 (vgl. Tabelle 18). Auch hinsichtlich der Anzahl regelmäßig eingenommener Medikamente mit potenziell negativen Auswirkungen auf die Fahrkompetenz findet sich deskriptiv in Cluster 1 eine durchschnittlich höhere Anzahl. Dieser Unterschied erreicht jedoch keine statistische Signifikanz ( $T = 1,4$ ;  $df = 32,78$ ;  $p = 0,18$ ).

	Cluster 1				Cluster 2			
	Nein		Ja		Nein		Ja	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Anforderungen an die geteilte Aufmerksamkeitsleistung erfüllt (TAP mind. $T \geq 40$ )	20	100,0	0	,0	10	50,0	10	50,0
Eine Fahreignung ist unter fahrpraktischen Gesichtspunkten derzeit voll gegeben	14	70,0	6	30,0	0	,0	20	100,0
Eine Fahreignung ist aus verkehrsmedizinischer Sicht derzeit voll gegeben	12	60,0	8	40,0	1	5,0	19	95,0
Eine Fahreignung ist aus augenärztlicher Sicht derzeit voll gegeben	12	60,0	8	40,0	3	15,0	17	85,0

Tab. 17: Verteilung der Cluster hinsichtlich Erfüllung der Mindestanforderungen

		Cluster 1	Cluster 2
Monatliche Kilometerleistung	Mittelwert	784	982
	Standardabweichung	330	666
Anzahl Einzel-erkrankungen	Mittelwert	3,85	2,40
	Standardabweichung	,99	1,23
Anzahl relevanter Medikamente	Mittelwert	1,65	1,00
	Standardabweichung	1,79	1,17

Tab. 18: Mittelwerte innerhalb der Cluster

Auch im Hinblick auf die monatliche Fahrpraxis zeigen sich deskriptiv Unterschiede zwischen den Gruppen. Cluster 2 verfügt mit einer durchschnittlichen monatlichen Fahrleistung von etwa 1.000 km über eine höhere Fahrpraxis als Cluster 1 mit durchschnittlich etwa 800 km. Dieser Unterschied ist jedoch nicht von statistischer Signifikanz ( $T = -1,2$ ;  $df = 27,81$ ;  $p = 0,24$ ).

Bei Betrachtung der beiden Cluster nach Altersklassen lässt sich feststellen, dass das Alter eine nachrangige Bedeutung im Hinblick auf die Zuordnung der Probanden zu den Gruppen hat. Zwar ist der Anteil jüngerer Fahrer mit 12 (60 %) im Cluster 2, also der Gruppe der Fahrer, welche die Mindestanforderungen erfüllen, höher als in Cluster 1 (vgl. Bild 40), generell ist das chronologische Alter jedoch kein guter Prädiktor für die Zugehörigkeit der Probanden zu den beiden Gruppen und somit die Erfüllung der Mindestanforderungen an die Fahrkompetenz ( $\chi^2 = 3,93$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,14$ ).

Bei einem Vergleich der beiden Cluster nach Untersuchungsgruppen wird deutlich, dass auf Cluster 1 insbesondere Probanden der Untersuchungsgruppe Unfit und auf Cluster 2 Probanden der Untersuchungsgruppe Fit entfallen (vgl. Bild 41). Jeweils vier Probanden werden anhand der Clusterlösung entgegen der ursprünglichen Gruppierung der Probanden zugeordnet. Bei differenzierter Betrachtung dieser Fälle wird deutlich, dass die Probanden der Gruppe Fit, welche Cluster 1 zugeordnet wurden, zwar insgesamt eine bessere gesundheitliche Situation und nur eine geringe Medikamentenbelastung aufweisen sowie bei ihnen nur wenig Einschränkungen im Hinblick auf die Testdiagnostik vorzufinden sind, jedoch deutliche Defizite in der praktischen Fahrverhaltensbeobachtung vorliegen. Der durchschnittliche Fehleranteil der Gruppe Fit betrug in der

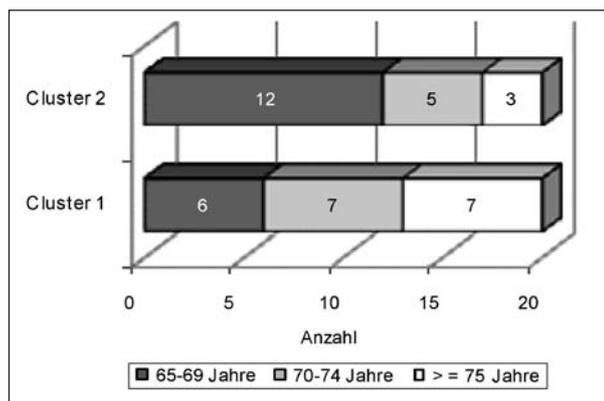


Bild 40: Verteilung der Altersklassen nach Cluster in absoluten Häufigkeiten

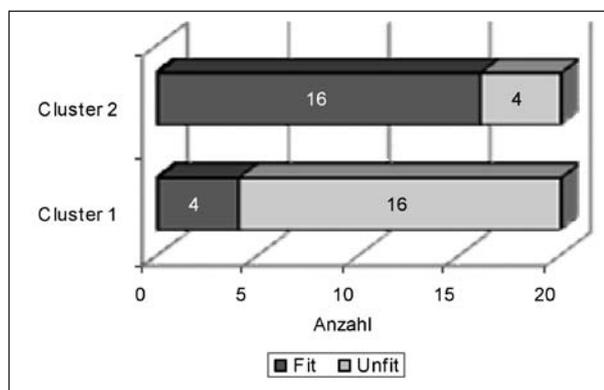


Bild 41: Verteilung der Untersuchungsgruppen nach Clustern in absoluten Häufigkeiten

praktischen Fahrverhaltensbeobachtung 9,6 %, Probanden dieser Gruppe, die Cluster 1 zugeordnet wurden, weisen einen Fehleranteil von 17 % auf – dies liegt auch deutlich über dem durchschnittlichen Fehleranteil der Gruppe Unfit von 13 %. Auch wurde die Beachtung der Verkehrsregeln dieser Probanden durch den Fahrlehrer durchschnittlich mit der Note 4,5 beurteilt, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Performanz innerhalb der praktischen Fahrverhaltensbeobachtung deutliche Defizite aufwies. Auf der anderen Seite weisen die Probanden der Gruppe Unfit, welche Cluster 2 zugeordnet wurden, eine gute Performanz in der praktischen Fahrverhaltensbeobachtung auf – insgesamt bestehen nur wenig Unterschiede zur Untersuchungsgruppe Fit. Die Fahreignung aller Probanden der Gruppe Unfit in Cluster 2 ist aus augenärztlicher und verkehrsmedizinischer Sicht voll gegeben. Darüber hinaus weisen diese Probanden eine sehr geringe Medikation mit durchschnittlich 0,7 Medikamenten auf – dies liegt noch unter der mittleren Anzahl verkehrsrelevanter Medikationen in der Gruppe Fit. Zudem erreichten diese Probanden im Zahlen-Symbol-Test ein überdurchschnittliches Ergebnis.

Das Gruppierungsergebnis der Clusteranalyse wurde im weiteren Verlauf der Datenauswertung mittels einer binären logistischen Regression geprüft. Als abhängige Variable ging dabei die Clusterzugehörigkeit in die Analyse ein. Als unabhängige Variablen wurden alle Variablen der Clusterbildung einbezogen. Die Berechnung ergab eine herausragende Modellgüte mit Nagelkerkes- $R^2 = 1$ . Dies bedeutet, dass sich die Varianz bezüglich der Clusterzugehörigkeit zu 100 % auf die unabhängigen Variablen zurückführen lässt. Das Klassifizierungsergebnis der logistischen Regressionsfunktion weist dabei keine Fehlklassifikationen auf und ist somit perfekt. Entsprechend wird auch der Hosmer-Lemeshow-Test, welcher die Differenzen zwischen erwarteten und beobachteten Werten prüft, zugunsten der  $H_0$  signifikant ( $\chi^2 = 0,00$ ;  $df = 8$ ;  $p = 1,00$ ), sodass von einer sehr guten Modellanpassung ausgegangen werden kann. Da aufgrund der teilweise vollständigen Separation der Daten leere Zellen vorliegen (vgl. Tabelle 17: Verteilung der Cluster), ist eine Schätzung der Maximum-Likelihood-Funktion mittels der Algorithmen der logistischen Regression verlässlich nicht möglich. Dies spiegelt sich insbesondere in extrem hohen Standardfehlern der Regressionskoeffizienten  $B$  wider, welche wiederum zu nicht signifikanten Wald-Tests mit  $p = 1,00$  führen. Eine Lösung des Problems vollständiger und quasi-vollständig getrennter Daten ist mit den unter SPSS verfügbaren Prozeduren nicht möglich. Vor dem Hintergrund dieser Problemlage wurde ergänzend eine Diskriminanzanalyse der Clusterlösung vorgenommen, auch wenn unter Berücksichtigung der Anforderungen an ein metrisches Skalenniveau der unabhängigen Variablen dieses Verfahren für die vorliegenden meist dichotomen Variablen (Mindestanforderungen erfüllt – 0/1) nur eingeschränkt geeignet ist. Die im Folgen-

den dargestellten Ergebnisse sind somit lediglich als Hinweise und Ergänzung der Modellprüfung mittels logistischer Regression zu interpretieren.

Wie bei der logistischen Regression wurde auch bei der Diskriminanzanalyse die Clusterzugehörigkeit als abhängige Variable eingesetzt. Als unabhängige Variablen wurden ebenfalls alle Variablen der Clusterbildung einbezogen. Die gebildete Diskriminanzfunktion war dabei geeignet, signifikant zwischen den beiden Clustern zu unterscheiden (Wilks' Lambda  $\Lambda = ,190$ ;  $df = 8$ ;  $p = 0,00$ ), wobei Wilks' Lambda ein inverses Gütemaß darstellt, bei dem kleinere Werte eine höhere Trennkraft der Diskriminanzfunktion bedeuten. Somit können 81 % der Varianz der Diskriminanzwerte durch die Gruppenunterschiede erklärt werden. Die Prüfung der einzelnen Merkmalsvariablen ergab eine signifikante Trennung zwischen den Gruppen für die Variablen: Fahrpraktische Mindestanforderungen, Verkehrsmedizinische Mindestanforderungen, Mindestanforderungen an die Sehfähigkeit und Geteilte Aufmerksamkeit sowie die Anzahl der Erkrankungen. Die besten Trenneigenschaften weist bei isolierter Betrachtung der Variablen die Erfüllung der fahrpraktischen Mindestanforderungen auf. Für die Variablen Alter, Medikamente und Kilometerleistung ergab sich keine signifikante Trennung zwischen den Clustern (vgl. Tabelle 19). Hinweise auf die Wichtigkeit der einzelnen Merkmale der Clusterbildung auf die Diskriminanzfunktion lassen sich aus dem Betrag der standardisierten kanonischen Diskriminanzkoeffizienten ableiten. Dabei wird deutlich, dass das Alter der Probanden sowie die Anzahl regelmäßig eingenommener Medikamente mit potenziell negativen Auswirkungen auf die Fahrtüchtigkeit die diskriminatorisch geringste Bedeutung aufweisen (vgl. Tabelle 21).

	Wilks-Lambda	F	df1	df2	Signifikanz
Erfüllung der fahrpraktischen Mindestanforderungen	,462	44,333	1	38	,000
Erfüllung der verkehrsmedizinischen Mindestanforderungen	,655	19,991	1	38	,000
Erfüllung der Mindestanforderungen an die Sehfähigkeit	,784	10,469	1	38	,003
Altersklassen	,905	3,975	1	38	,053
Mindestanforderungen an die geteilte Aufmerksamkeitsleistung (TAP mind. $T < 40$ )	,667	19,000	1	38	,000
Anzahl Erkrankungen	,693	16,873	1	38	,000
Anzahl regelmäßig eingenommener Medikamente (pot. fahrrelevant)	,953	1,855	1	38	,181
Kilometerleistung	,964	1,430	1	38	,239

Tab. 19: Isolierte Prüfung der einzelnen UV – Gleichheitstest der Gruppenmittelwerte

Clusterzugehörigkeit			Vorhergesagte Clusterzugehörigkeit		Gesamt
			1	2	
Einfach	Anzahl	1	20	0	20
		2	0	20	20
	%	1	100,0	,0	100,0
		2	,0	100,0	100,0
Kreuzvalidiert <sup>a</sup>	Anzahl	1	17	3	20
		2	1	19	20
	%	1	85,0	15,0	100,0
		2	5,0	95,0	100,0

<sup>a</sup> Die Kreuzvalidierung wird nur für Fälle in dieser Analyse vorgenommen. In der Kreuzvalidierung ist jeder Fall durch die Funktionen klassifiziert, die von allen anderen Fällen außer diesem Fall abgeleitet werden.  
 100,0 % der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.  
 90,0 % der kreuzvalidierten gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

Tab. 20: Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse

	Diskriminanzfunktionskoeffizienten
Erfüllung der fahrpraktischen Mindestanforderungen	,688
Erfüllung der verkehrsmedizinischen Mindestanforderungen	,564
Erfüllung der Mindestanforderungen an die Sehfähigkeit	,280
Altersklassen	,140
Mindestanforderungen an die geteilte Aufmerksamkeitsleistung (TAP mind. T < 40)	-,434
Anzahl Erkrankungen	-,647
Anzahl regelmäßig eingenommener Medikamente (pot. fahrrelevant)	,114
Kilometerleistung	,498

Tab. 21: Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten

Das einfache Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse ist identisch mit dem der binären logistischen Regression. Die Schätzung der Clusterzugehörigkeit über die Diskriminanzfunktion gelang perfekt – die Trefferquote beträgt 100 %. Zur weiteren Absicherung des Klassifikationsergebnisses gegenüber einer Überanpassung durch die vorliegenden Stichprobendaten wurde eine weitere Prüfung mit Kreuzvalidierung vorgenommen (vgl. Tabelle 20). Dabei werden iterativ n-Diskriminanzfunktionen erstellt, wobei bei jedem Durchgang die Daten eines Probanden unberücksichtigt bleiben und die Berechnung lediglich auf n-1-Fällen beruht. Bei der nächsten Berechnung wird dieser Fall wie-

der in die Analyse aufgenommen und das nächste Objekt entfernt. Dies wird so lange wiederholt, bis alle Objekte einmal aus der Berechnung entfernt wurden. Das kreuzvalidierte Klassifizierungsergebnis fällt erwartungsgemäß mit einer Trefferquote von 90 % geringer aus, spricht jedoch nach wie vor für eine hohe Güte der Clusterlösung und des entsprechenden Klassifizierungsmodells.

## 8.8 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der empirischen Untersuchung

### Nutzungsintensität und subjektive Bedeutung der Automobilität

Insgesamt lässt sich anhand der Untersuchungsergebnisse festhalten, dass das Auto einen hohen Stellenwert für die Mobilität der 40 Untersuchungsteilnehmer darstellt. Dies verdeutlichen die insgesamt hohe Nutzungshäufigkeit des Autos pro Woche sowie die hohe monatliche Kilometerleistung – lediglich vier der Probanden weisen eine nur geringe Kilometerleistung im Sinne des „low mileage“ von weniger als 3.000 km jährlich auf. Auch zeigten sich anhand der Stichprobendaten keine deutlichen Zusammenhänge zwischen Kilometerleistung und Alter der Probanden. Insbesondere die Untersuchungsteilnehmer im Alter von 75 Jahren und älter wiesen oftmals eine hohe Kilometerleistung von mehr als 14.000 km jährlich auf (vgl. Bild 13). Vor dem Hintergrund, dass insgesamt 29 von 40 (73 %) Studienteilnehmern angaben, heute im Vergleich

zu früher weniger Auto zu fahren, spricht dies zwar für eine tendenziell sinkende Nutzungsintensität des Autos mit steigendem Alter, das Ausmaß der Verringerung führt jedoch insgesamt nicht zu einer geringen Fahrzeugnutzung, sondern die Nutzungsintensität bleibt nach wie vor auf relativ hohem Niveau bestehen.

Hinweise von Dritten, Einschränkungen des Fahrverhaltens vorzunehmen oder sogar gänzlich auf das Autofahren zu verzichten, lagen lediglich bei drei der Untersuchungsteilnehmer vor. Diese Probanden waren mindestens 78 Jahre alt, sodass davon ausgegangen werden kann, dass eine kritische Beobachtung durch Familienangehörige und Mitfahrer erst ab einer relativ hohen Altersgrenze kommuniziert wird.

### **Selbstreflexion und kompensatorische Veränderungen des Fahrverhaltens**

Die Ergebnisse der Untersuchung weisen insgesamt auf ein sehr positives Selbstbild als Autofahrer hin. Der Großteil der Teilnehmer beurteilte sich als gute und sichere Fahrer. Die Einschätzung der eigenen Fahrfähigkeiten fiel dabei durchgängig positiver aus als die Beurteilung der Fahrsicherheit anderer Autofahrer. Dabei fiel die Differenz zwischen Selbst- und Fremdbild in der Untersuchungsgruppe Unfit durchschnittlich größer aus. Vor dem Hintergrund, dass in dieser Untersuchungsgruppe der Anteil derjenigen, deren praktische Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) als nicht oder nur eingeschränkt gegeben beurteilt wurde, bei 12 von 20 (60 %) liegt (vgl. Bild 38), spricht dies für eine tendenzielle Überschätzung der eigenen Fähigkeiten sowie eine potenziell eingeschränkte Selbstwahrnehmung bestehender Defizite in dieser Untersuchungsgruppe.

Im Hinblick auf Veränderungen des Verkehrsverhaltens unter Berücksichtigung möglicher kompensatorischer Anpassungen wurde deutlich, dass bei 29 (73 %) Untersuchungsteilnehmern insgesamt eine Verringerung der Nutzungsintensität des Autos besteht. Gründe für die seltenere Nutzung des Autos bestehen insbesondere in den veränderten Lebensbedingungen im Alter, welche mit einem Wegfall beruflicher Fahrten und Änderungen des Freizeitverhaltens einhergehen. Gesundheitliche Gründe spielen bei der Verringerung der Autonutzung nur eine Rolle, indem durch körperliche Betätigungen wie Zu-Fuß-Gehen oder Radfahren positive Ef-

ekte auf die Gesundheit erwartet werden – gesundheitliche Gründe, als Ursache für mögliche Bedenken gegenüber der eigenen Fahrsicherheit und damit einhergehende Anpassungen des Fahrverhaltens wurden von den Teilnehmern nicht vorgebracht. Insofern scheint es, dass Veränderungen des Fahrverhaltens, im Sinne strategischer oder taktischer Anpassungen vor dem Hintergrund möglicher alterskorrelierter Veränderungen der Leistungsfähigkeit, nicht unmittelbar mit einem Bewusstsein gegenüber diesen Veränderungen einhergehen. Veränderungen des Fahrverhaltens gegenüber früher bestehen bei den Untersuchungsteilnehmern insbesondere in der Einhaltung eines größeren Sicherheitsabstands (26; 65 %) und einer Verringerung der Geschwindigkeit im Vergleich zu früher (17; 43 %). Auch werden von etwa einem Drittel der Studienteilnehmer Fahrten bei Dunkelheit oder körperlichem Unwohlsein sowie das Überholen auf der Landstraße stärker gemieden. Etwa ein Viertel der Probanden gab an, Fahrten bei Regen, Rückwärtsfahrten, weite Strecken sowie hohe Geschwindigkeiten auf der Autobahn zu vermeiden. Insgesamt spricht dies zumindest innerhalb einer gewissen Gruppe älterer Fahrer für kompensatorische Anpassungsprozesse des eigenen Fahrverhaltens, im Sinne strategischer Kompensation, indem Entscheidungen vor Antritt der Fahrt getroffen werden, die zu einer generellen Vereinfachung der Fahraufgabe führen (wie beispielsweise die Meidung von Nachtfahrten), sowie taktischer Kompensation, indem das Risiko kritischer Situationen während der Fahrt minimiert wird (wie z. B. durch das Einhalten eines größeren Sicherheitsabstands) (vgl. MICHON, 1988, nach WEINAND, 1997). Dass diese strategischen und taktischen Veränderungen des Fahrverhaltens jedoch nicht zwangsläufig an eine bewusste Anpassung des eigenen Verhaltens an die eigene Leistungsfähigkeit gebunden sind, wird daran deutlich, dass gesundheitliche Aspekte im Zusammenhang mit Änderungen des Fahrverhaltens keine besondere Rolle spielen und die Selbsteinschätzung der Leistungsfähigkeit und Gesundheit insgesamt sehr positiv ausfällt. Auch zeigten sich, mit Ausnahme des Rückwärtsfahrens, keine deutlichen Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen, was sich als weiterer Hinweis deuten lässt, dass Anpassungen des Fahrverhaltens nicht unbedingt reaktiv auf bestehende Einschränkungen erfolgen oder mit einer potenziell höheren Gefährdung einhergehen. Vielmehr scheinen diese Veränderungen des Fahrverhaltens relativ unabhängig von der eigenen ge-

sundheitlichen Situation zu sein, denn der Anteil der Probanden aus der Untersuchungsgruppe Unfit fällt im Hinblick auf diese Veränderungen insgesamt nicht größer aus.

Neben den bereits angesprochenen Veränderungen des Fahrverhaltens gab die Hälfte der Untersuchungsteilnehmer zudem an, heute einen größeren Wert auf die Ausstattung ihres Autos zu legen. Dabei wurden insbesondere Sicherheitstechnik und Komfortfunktionen angesprochen. Diese relativ weit verbreitete positive Einstellung der Zielgruppe gegenüber besonderen Ausstattungsmerkmalen des Autos spricht für die Potenziale technischer Entwicklungen, die zu einer einfacheren oder auch sicheren Fahrzeugbedienung und damit einer insgesamt steigenden Fahrsicherheit beitragen können.

### **Erkrankungen, Medikamenteneinnahmen und visuelle Leistungsfähigkeit**

Im Hinblick auf die gesundheitliche Situation der Untersuchungsteilnehmer weisen die Untersuchungsergebnisse auf eine deutliche Erkrankungsbelastung älterer Kraftfahrer hin. Lediglich zwei Probanden wiesen keine Erkrankungen oder Symptome auf. Dabei sind Erkrankungen des Bewegungsapparates (12; 58 %) und des Auges (19; 48 %) sowie Bluthochdruck (18; 45 %) und Herzkrankungen (11; 28 %) am weitesten verbreitet. Einhergehend zeigte sich insgesamt auch eine hohe Verbreitung von Medikamenteneinnahmen. Das zeigt, dass viele der Krankheiten erkannt und durch die Einnahme von Medikamenten „kontrolliert“ werden, um einen positiven Gesundheitszustand zu gewährleisten. Insgesamt nahmen 35 der 40 Teilnehmer (88 %) regelmäßig mindestens ein Medikament ein; für einen Großteil der Untersuchungsteilnehmer lag jedoch eine Polymedikation vor, mit regelmäßigen Einnahmen zwischen drei und zehn Medikamenten (29; 73 %). Berücksichtigt man lediglich Medikamente mit potenziell negativen Auswirkungen auf die Fahrtüchtigkeit, so lag für 25 (63 %) der Probanden eine relevante Medikation vor. Die Zusammenhänge zwischen Medikamentenbelastung und Performanz innerhalb der Fahrverhaltensbeobachtung oder auch der Erfüllung der Mindestanforderungen waren jedoch nicht auffällig, was auf eine „gute“ Einstellung der Medikation (im Hinblick auf die Fahrtüchtigkeit der älteren Kraftfahrer) deutet. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass bei der Bewertung des Ausmaßes der Medi-

kamentenbelastung als risikomodulierende Variable der Fahrsicherheit neben den möglichen negativen Effekten des Medikaments auch in Betracht gezogen werden muss, dass durch die Medikation negative Effekte der Grunderkrankung auf die Fahrsicherheit auch aufgehoben werden. Das ist schließlich auch der Sinn einer Medikation bezogen auf bestimmte Krankheitssymptome.

Im Rahmen der verkehrsmedizinischen Untersuchung wurden am häufigsten Herz- und Gefäßerkrankungen (22; 55 %), Erkrankungen des Nervensystems (12; 30 %) sowie motorische Einschränkungen (6; 15 %) der Teilnehmer dokumentiert. Auf Grundlage der Befunde wurden die gesundheitlichen Mindestanforderungen zum sicheren Führen eines Kraftfahrzeugs von Seiten des Verkehrsmediziners in 12 Fällen (32 %) als unterschritten beurteilt. Mit diesem Urteil gingen insbesondere Befunde im Hinblick auf die Reaktionszeit beeinflussende Medikamenteneinnahmen, Herz- und Gefäßerkrankungen, Erkrankungen des Nervensystems und psychische Störungen einher.

Bei der Untersuchung der visuellen Leistungsfähigkeit der Probanden wurden bei 22 von 40 Probanden (55 %) verkehrsrelevante visuelle Einschränkungen festgestellt. Dabei handelte es sich am häufigsten um Einschränkungen des Dämmerungssehvermögens, eine erhöhte Blendempfindlichkeit, Einschränkungen der zentralen Sehschärfe sowie das Vorliegen eines Katarakts. Die Mindestanforderungen an die visuelle Leistungsfähigkeit wurden von insgesamt 16 (40 %) Probanden nicht erreicht. Es muss allerdings noch einmal erwähnt werden, dass es sich hierbei um ein augenärztliches Expertenurteil – nicht um eine augenärztliche Begutachtung gemäß den Anforderungen der FeV – handelt, obwohl fast identische Einzeluntersuchungen vorgenommen wurden (vgl. FeV, Anlage 6). Bei diesen Probanden lagen aus augenärztlicher Sicht insbesondere Unterschreitungen der Mindestanforderungen an die zentrale Sehschärfe, Einschränkungen des Dämmerungssehvermögens und des Gesichtsfeldes sowie eine erhöhte Blendempfindlichkeit vor.

Die Untersuchungsergebnisse weisen insgesamt auf eine höhere Erkrankungsbelastung und Medikation sowie eine schlechtere visuelle Leistungsfähigkeit der Untersuchungsgruppe Unfit hin. Mit diesem Ergebnis einhergehend wurden auch die Mindestanforderungen an die Gesundheit sowie die visuelle Leistungsfähigkeit von den Teilnehmern dieser Untersuchungsgruppe seltener erfüllt.

In ähnlicher Weise wie bei der Beurteilung des Selbstbilds als Autofahrer bewertete ein Großteil der Untersuchungsteilnehmer die eigene gesundheitliche Situation – auch im Vergleich zu anderen Menschen ihres Alters – äußerst positiv. Tendenziell zeigt sich somit auch bei der subjektiven Bewertung der eigenen gesundheitlichen Situation und Leistungsfähigkeit eine im Vergleich zur objektiv festgestellten deutlichen Erkrankungsbelastung innerhalb der Untersuchungsteilnehmer eine überaus positive Bewertung.

### **Kognitive Funktionen – Aufmerksamkeitsleistung**

Die Prüfung der kognitiven Fähigkeiten der Probanden ergab hinsichtlich des allgemeinen kognitiven Funktionsstatus, operationalisiert über das Ergebnis des Zahlen-Symbol-Tests des Nürnberger Altersinventars (NAI), keine unterdurchschnittlichen Testleistungen. Die Ergebnisse der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) wiesen jedoch für einen Großteil der Probanden mindestens einen unterdurchschnittlichen T-Wert auf. Als Kriterium für das erfolgreiche Bestehen eines Untertests der TAP wurde definiert, dass keiner der ermittelten T-Werte des Untertests, den kritischen Wert von  $T = 40$  unterschritt. Bei Bewertung der Testperformanz anhand dieses strengen Kriteriums wurde deutlich, dass die Go/No-go-Aufgabe von lediglich 4 (10 %) Probanden, der Test zur geteilten Aufmerksamkeit von 10 (25 %) und der Test zum visuellen Scanning von 28 (70 %) bestanden wurden. Die deutlichsten Unterschiede im Hinblick auf die Testperformanz zwischen den Untersuchungsgruppen zeigten sich für den Test zur geteilten Aufmerksamkeit. Leistungen der geteilten Aufmerksamkeitsfunktion waren dabei für die Teilnehmer der Gruppe Fit mit einem Anteil von 16 (40 %) bestandener Tests gegenüber der Gruppe Unfit mit lediglich 4 (10 %) bestandener Tests einfacher abrufbar.

### **Motorischer Funktionsstatus**

Das Screening der motorischen Fähigkeiten ergab insgesamt nur wenige Hinweise auf schwerwiegende Einschränkungen der Nackenbeweglichkeit sowie der Kraft und des Koordinationsvermögens der Beine. Einschränkungen der Nackenbeweglichkeit lagen dabei mit 12 (30 %) in der Untersuchungsgruppe Unfit gegenüber 6 (15 %) in der Gruppe Fit tendenziell häufiger in der erstgenannten Gruppe vor. Ein problematischer Befund hin-

sichtlich der Beinmotorik wurde lediglich bei einem der untersuchten Probanden festgestellt.

### **Spezifische Problemlagen und Kompensation im real beobachtbaren Fahrverhalten**

Die Ergebnisse der Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr verdeutlichen, dass die älteren Kraftfahrer insgesamt eine befriedigende bis ausreichende Fahrkompetenz aufweisen. Der über das Fahrverhaltensprotokoll erfasste Fehleranteil betrug durchschnittlich 11 %. Insgesamt wiesen die Teilnehmer der Gruppe Unfit im Vergleich der Untersuchungsgruppen jedoch schlechtere Bewertungen der Fahrkompetenz sowie einen höheren Fehleranteil auf. Die größten Unterschiede hinsichtlich der Bewältigung einzelner Anforderungen des Straßenverkehrs zwischen den Gruppen bestanden dabei in folgenden Situationen: Rechts-vor-Links-Regelungen, Stoppschilder, Berücksichtigung einfädelnden Verkehrs, Verkehrsbeobachtung, Geschwindigkeit sowie Berücksichtigung von Fußgängern und Radfahrern.

Zusammenfassend lässt sich daraus schließen, dass in der Gruppe der potenziell gefährdeten Kraftfahrer häufiger eine Problemlage im Hinblick auf eine ausreichende Beobachtung des Verkehrs und vorausschauende Fahrweise bei gleichzeitig unangepasster Geschwindigkeit vorliegt. Diese Kombination begünstigt die weiteren Fehler, wie das Übersehen von Rechts-vor-Links-Regelungen und eine mangelnde Aufmerksamkeit gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern wie einfädelnden Fahrzeugen sowie Fußgängern und Radfahrern.

Hinweise auf Kompensationsleistungen während der Fahrt sollten über eine gezielte Beobachtung des Verhaltens der Probanden bei der Bewältigung besonderer Anforderungen des Straßenverkehrs, wie Rechts-vor-Links-Regelungen, sowie zusätzlichen Belastungen der Fahraufgabe, wie Orientierungs-, Doppel- und Inhibitionsaufgaben, abgeleitet werden. Die Untersuchungsergebnisse verdeutlichen, dass der Fehleranteil bei der korrekten Berücksichtigung von Rechts-vor-Links-Regelungen bei 20 % sowie bei der Bewältigung von Orientierungs-, Doppel- und Inhibitionsaufgaben bei etwa 10 % lag und damit deutlich geringer ausfiel. Insgesamt zeigte sich jedoch, dass die Beobachtung der Orientierungsleistung der Probanden und Fähigkeit zur aktiven visuellen Suche nach Hinweisreizen oftmals durch die Bekanntheit der Strecke nicht oder nur eingeschränkt möglich war. Auch wurde bei der

Beobachtung des Verhaltens der Probanden bei gezielten Ablenkungen oder Doppelaufgaben deutlich, dass kompensatorische Anpassungen des Fahrverhaltens, wie Verringerungen der Geschwindigkeit, oder auch Hinweise auf Überforderungen, wie beispielsweise Spurunsicherheiten, nur selten beobachtbar waren. Vielmehr wurde bei der Verhaltensbeobachtung deutlich, dass die Probanden insgesamt nur eine sehr geringe Ablenkbarkeit aufwiesen und ihre Aufmerksamkeit stark auf die Fahraufgabe fokussierten (was sich auch gut mit Befunden aus den kognitiven Grundlagenwissenschaften deckt, vgl. Kapitel 5.1.2). Kompensation scheint somit insbesondere darin zu bestehen, zusätzliche Belastungen zur Fahraufgabe zu vermeiden, indem ablenkende Reize als ‚irrelevant‘ unterdrückt werden, um dadurch die Notwendigkeit weiterer Anpassungen und Veränderungen des Fahrverhaltens zu umgehen.

### **Anforderungen an die Beurteilung fahrpraktischer Mindestanforderungen und Kompensationspotenziale**

Im Hinblick auf die Mindestanforderungen an die fahrpraktischen Fähigkeiten wurden diese durch den Fahrlehrer bei insgesamt 14 von 40 Untersuchungsteilnehmern (35 %) als unterschritten bewertet. Dabei handelte es sich zu einem Großteil um Probanden der Untersuchungsgruppe Unfit – lediglich zwei Probanden der Gruppe Fit erhielten dieses Urteil. Insgesamt wurde deutlich, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein Proband der Untersuchungsgruppe Unfit – trotz potenziell gegebener Gefährdung – die Mindestanforderungen erfüllt, wesentlich größer ist als die Wahrscheinlichkeit, einen potenziell weniger gefährdeten Probanden falsch zu klassifizieren, und dieser aber tatsächlich die Mindestanforderungen unterschreitet. Dies verdeutlicht das erhebliche Risiko, bei oberflächlicher Beurteilung des Gefährdungspotenzials älterer Kraftfahrer anhand weniger Variablen – und ohne umfangreiche Kenntnisse der individuellen gesundheitlichen Situation, fahrpraktischer Fähigkeiten sowie weiterer fahrrelevanter Kompetenzbereiche, insbesondere unter Außerachtlassung der Kompensationspotenziale – diese Fahrer als nicht geeignet fehlzuklassifizieren und damit im extremen Fall zu Unrecht von der Automobilität auszuschließen.

Eine echte Beurteilung der Performanz lässt nur eine Fahrverhaltensbeobachtung zu. Zu groß ist die

Wahrscheinlichkeit einer Fehlklassifikation auf Basis von medizinischen Untersuchungsergebnissen im Hinblick auf ihre Fahreignung bei älteren Kraftfahrern, die als nicht mehr so fit gelten: Immerhin ist eine Fehlklassifikation von 50 % (10 von 20) bei der verkehrsmedizinischen Untersuchung, 45 % Fehlklassifikation (9 von 20) auf Basis der augenärztlichen Untersuchung und 40 % Fehlklassifikation (8 von 20) auf Basis erfragter Gesundheits- und Verkehrsgewohnheitsdaten zu beobachten. Alle diese Fahrer wären fälschlicherweise als nicht mehr fahrtüchtig eingeordnet worden, obwohl die Fahreignung unter fahrpraktischen Gesichtspunkten (standardisierte Fahrverhaltensbeobachtung) voll gegeben war.

### **Charakteristische Unterschiede zwischen potenziell gefährdeten und weniger gefährdeten älteren Autofahrern**

Die Zusammenfassung der Ergebnisse der statistischen Prüfung der Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen soll im Folgenden anhand einer Charakterisierung der Untersuchungsgruppe Fit erfolgen. Die als weniger gefährdet eingestuft Probanden der Gruppe Fit lassen sich durch folgende signifikante Unterschiede beschreiben:

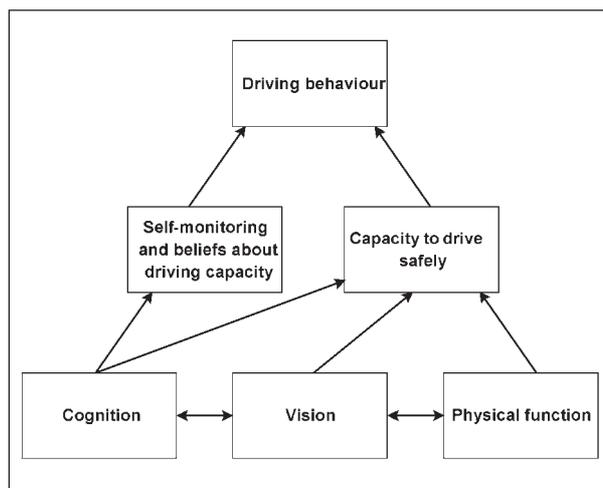
- intensivere Fahrzeugnutzung (höhere monatliche Kilometerleistung und wöchentliche Fahrzeugnutzung),
- bessere Aufmerksamkeitsleistung (geringere Anzahl unterdurchschnittlicher T-Werte in der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) insgesamt; weniger unterdurchschnittliche T-Werte im Test zur geteilten Aufmerksamkeit der TAP),
- bessere visuelle Fähigkeiten (weniger relevante Einschränkungen der visuellen Fähigkeiten insgesamt; seltener Einschränkungen des Dämmungssehvermögens, seltener eine erhöhte Blendempfindlichkeit, seltener eine Unterschreitung der Mindestanforderungen an die zentrale Sehschärfe, seltener Katarakte, seltener Einschränkungen des Gesichtsfeldes (Perimetriebefunde)),
- bessere gesundheitliche Situation (geringere Anzahl Einzelerkrankungen, seltener Leistungsabnahmen des Seh- und Hörvermögens sowie der geistigen Leistungsfähigkeit, positivere subjektive Bewertung der Gesundheit, seltener ver-

kehrrelevante gesundheitliche Einschränkungen, motorische Einschränkungen, Herz- und Gefäßerkrankungen, Erkrankungen des Nervensystems, geringere Anzahl regelmäßig eingenommener Medikamente),

- bessere Performanz innerhalb der Fahrverhaltensbeobachtung (bessere Gesamtbeurteilung der Fahrkompetenz durch Beobachter und Fahrlehrer, weniger Fehler bei der Berücksichtigung von Rechts vor Links, einfädelndem Verkehr, bessere Handhabung und Beherrschung des Fahrzeugs, weniger Fehler in der Verkehrsbeobachtung, weniger Fehler im Hinblick auf die fahrrelevante visuelle Wahrnehmungsleistung und Aufmerksamkeitsleistung, weniger Fehler beim Einhalten der Fahrspur, weniger Einschränkungen hinsichtlich Beweglichkeit und Kraft der Beine),
- bessere Performanz innerhalb der besonderen Anspruchssituationen während der Fahrt (besseres Befinden und geringere Nervosität während der Anspruchssituationen, häufigere Bewältigung von Doppel- und Inhibitionsaufgaben, bessere Bewertung der Orientierung),
- weniger Einschränkungen im Hinblick auf die Mindestanforderungen an die Fahrkompetenz (seltenerer Unterschreitung der Mindestanforderungen an die visuellen Fähigkeiten, der verkehrsmedizinischen Mindestanforderungen sowie der fahrpraktischen Mindestanforderungen).

### Klassifikation älterer Fahrer hinsichtlich ihres Gefährdungspotenzials – Anforderungen an die Diagnostik

Die Clusteranalyse der Daten zielte darauf, Hinweise auf spezifische Kombinationen hinsichtlich der Ausprägung zentraler potenziell risikomodulierender Variablen sowie insbesondere auf den beschreibenden Wert und damit die Brauchbarkeit der hinsichtlich der Erfüllung von Mindestanforderungen vorgenommenen Beurteilungen zu erhalten. Als zentraler Kennwert der praktisch vorhandenen Fahrkompetenz ging dabei die Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) durch den Fahrlehrer in die Clusteranalyse ein. In Orientierung an gängigen Modellen der Fahrkompetenz lassen sich, trotz unterschiedlicher Operationalisierungen des Konstrukts, kognitive, visuelle sowie physische



**Bild 42:** Schematisches Modell der Faktoren zur Befähigung eines sicheren Fahrverhaltens nach ANSTEY et al. (2005)

Leistungsfaktoren als zentrale Voraussetzungen für eine sichere Verkehrsteilnahme definieren (vgl. Bild 42); (ANSTEY et al., 2005; EBY et al., 2007; ELLINGHAUS et al., 1990; ENGIN et al., 2010; MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2006; SCHLAG, 2008). Diese Kompetenzbereiche wurden in der Clusteranalyse berücksichtigt durch die augenärztliche und verkehrsmedizinische Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) sowie die Testperformanz innerhalb des Tests zur geteilten Aufmerksamkeit der TAP.

Insbesondere bei Betrachtung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer spielen neben der Berücksichtigung dieser primären verkehrsrelevanten Kompetenzbereiche auch die mit zunehmendem Alter steigende Erkrankungs- und Medikamentenbelastung für das Unfallrisiko dieser Zielgruppe eine Rolle, sodass diese Variablen ebenfalls in die Clusteranalyse eingingen (vgl. ALVAREZ & FIERRO, 2008; BECKER & ALBRECHT, 2003; DOBBS, 2005; EWERT, 2008; HOLTE & ALBRECHT, 2004; KLEMENJAK, 2006).

Vor dem Hintergrund der Befunde hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Unfallrisiko und Fahrzeugnutzung fand zudem die monatliche Kilometerleistung der Probanden als Variable für die Clusterbildung Berücksichtigung (vgl. HAKAMIES-BLOMQVIST, 2006; HAKAMIES-BLOMQVIST et al., 2002; HAKAMIES-BLOMQVIST, WIKLUND & HENRIKSSON, 2005; LANGFORD et al., 2008; LANGFORD et al., 2006; SCHADE, 2008; STAPLIN et al., 2008).

Zur Abschätzung möglicher altersabhängiger Einflüsse ging das Alter der Probanden ebenfalls als Variable in die Clusteranalyse ein.

Die Ergebnisse der Clusterbildung verdeutlichen, dass sich anhand einer umfassenden Berücksichtigung zentraler verkehrssicherheitsrelevanter Merkmale eine sehr gute Klassifikation älterer Kraftfahrer erreichen lässt. Es zeigte sich, dass das Alter der Probanden für das Klassifikationsmodell nur einen sehr geringen Beitrag leistet. Für die Klassifikation der Probanden weisen die Beurteilung der fahrpraktischen Fähigkeiten sowie die Mindestanforderungen an die kognitive, visuelle und physisch-gesundheitliche Situation der älteren Fahrer einen wesentlich höheren Erklärungswert auf. So weisen die Personen in Cluster 1 eine signifikant höhere und mit fast vier Einzelerkrankungen fast doppelt so hohe Anzahl an Erkrankungen auf wie Personen in Cluster 2. Die größte diskriminatorische Bedeutung innerhalb des Klassifikationsmodells kommt dem Ergebnis der praktischen Fahrverhaltensbeobachtung zu. Alle Personen in Cluster 2 erfüllen die Mindestanforderungen an die fahrpraktischen Fähigkeiten. Damit einhergehend erfüllen sie mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit auch die gesundheitlichen Mindestanforderungen (95 %) sowie Mindestanforderungen an die Sehfähigkeit (85 %). Die Performanz innerhalb des Tests zur geteilten Aufmerksamkeit ist jedoch wenig geeignet, um die Personen in Cluster 2 zu charakterisieren (50 %). Auf der anderen Seite sind Cluster 1 lediglich Personen zuzurechnen, welche die Mindestanforderungen an die Aufmerksamkeitsleistung unterschreiten. Für diese Personen besteht zwar ein erhöhtes Risiko, die Mindestanforderungen an die fahrpraktischen Fähigkeiten (70 %), die visuelle Leistungsfähigkeit (60 %) und Gesundheit (60 %) ebenfalls nicht zu erfüllen, jedoch werden diese Mindestanforderungen auch von einem deutlichen Anteil der Personen dieses Clusters erfüllt. Dieser Befund weist in ähnlicher Weise wie die Ergebnisse zur Klassifikation der beiden Untersuchungsgruppen (vgl. Bild 39) darauf hin, dass es weniger schwierig ist, eine leistungsstarke – hinsichtlich fahrrelevanter Kompetenzen und damit auch eine hinsichtlich Risiken unproblematische – Gruppe zu identifizieren, als eine klare Risikobewertung hinsichtlich einer potenziellen Gefährdung älterer Kraftfahrer vorzunehmen. Eine Bewertung einzelner älterer Kraftfahrer als „wenig gefährdete oder sogar sichere Fahrer“ ist vor dem Hintergrund der Untersuchungsergebnisse relativ sicher möglich,

die Beurteilung einzelner älterer Kraftfahrer aufgrund einzelner Befunde als „unsichere oder gefährdete Fahrer“ bleibt jedoch unsicher. Lediglich eine ergänzende und umfassende Berücksichtigung aller Einzelbefunde, vor allem aber auf Basis einer Fahrverhaltensbeobachtung, erlaubt es, die Situation potenziell gefährdeter älterer Kraftfahrer relativ sicher einzuschätzen, und dabei kommt der praktischen Fahrverhaltensbeobachtung als kriteriumsvalides Maß zur Erfassung der Fahrkompetenz eine besondere Bedeutung zu. Denn selbst, wenn Mindestanforderungen an die visuelle Leistungsfähigkeit, Gesundheit oder Kognition unterschritten werden, so schlagen sich diese nicht zwangsläufig im Fahrverhalten nieder. Das Ausmaß der Bedeutung von Kompensation vorhandener Beeinträchtigungen lässt sich zum einen daran verdeutlichen, dass auch unter den fahrfitten Personen in Cluster 2 ein kleiner Anteil ist, der die weiteren Mindestanforderungen unterschreitet, zum anderen verdeutlicht die große Heterogenität hinsichtlich der Erfüllung von Mindestanforderungen in Cluster 1 diesen Befund.

Die Fahrpraxis, operationalisiert über die monatliche Kilometerleistung der Probanden, erwies sich innerhalb der gefundenen Clusterlösung als nur wenig geeignet, zwischen den beiden Gruppen zu differenzieren. Vor dem Hintergrund, dass die Untersuchungsteilnehmer insgesamt eine hohe Nutzungsintensität und nur wenige der Probanden eine geringe Kilometerleistung aufwiesen, ist jedoch zu vermuten, dass sich der Einfluss einer geringen Fahrpraxis auf die Fahrsicherheit anhand der untersuchten Stichprobe nicht verdeutlichen ließ. Auch ergaben sich hinsichtlich des Ausmaßes an Medikamenteneinnahmen keine deutlichen Gruppenunterschiede zwischen den Clustern. Da anzunehmen ist, dass der Einfluss von Medikamenten auf die Fahrsicherheit auch positive Effekte in Form einer Aufhebung negativer Konsequenzen durch die Grunderkrankungen aufweisen kann, ist das Ausmaß direkter negativer Effekte auf die Fahrsicherheit durch Medikamenteneinnahmen möglicherweise so gering, dass diese Untersuchungen größeren Stichproben vorbehalten bleiben müssen.

### **Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der empirischen Untersuchung**

Zusammenfassend lässt sich anhand der Untersuchungsergebnisse festhalten, dass bei der Diskussion um die Mindestanforderungen an die Leis-

tungsfähigkeit älterer Kraftfahrer eine Berücksichtigung der fahrpraktischen Fähigkeiten unumgänglich ist. Auch wenn eine Berücksichtigung weiterer Aspekte fahrrelevanter Kompetenz- und Leistungsbereiche insbesondere sinnvoll ist, um positive Beurteilungen „sicherer“ älterer Kraftfahrer im Sinne einer Kreuzvalidierung abzusichern, so sind isolierte Bewertungen der visuellen oder kognitiven Leistungsfähigkeit sowie der verkehrsrelevanten gesundheitlichen Situation nur unzureichend geeignet, das Ausmaß negativer Auswirkungen dieser Einschränkungen auf die fahrpraktischen Fähigkeiten zu beurteilen. Die Fahlklassifikation ohne Fahrverhaltensbeobachtung beträgt für nicht mehr so fit geltende Fahrer zwischen 40 % und 50 % (s. o.) bei der isolierten Bewertung von Gesundheitsdaten.

Weiterer Forschungsbedarf besteht somit insbesondere in der Frage nach relevanten Kriterien, die eine Unterscheidung zwischen denjenigen älteren Kraftfahrern ermöglichen, die bei gegebener Unterschreitung der Mindestanforderungen in einem oder mehreren relevanten Teilleistungsbereichen die Anforderungen an die praktischen Fahrfähigkeiten weiterhin erfüllen, und solchen Fahrern, bei welchen sich diese Defizite auch in Einschränkungen der praktischen Fahrkompetenz niederschlagen.

## 9 Expertentreffen: Diskussion der Projektergebnisse

Im September 2010 fand im Leibniz-Institut für Arbeitsforschung (IfADo) ein wissenschaftliches Expertentreffen statt, bei dem die in den Kapiteln 4 bis 8 dieses Berichtes vorgestellten Ergebnisse diskutiert wurden. An dem Expertentreffen nahmen teil:

- Herr Holte,  
Verantwortlicher Projektbetreuer bei der BAST,
- Herr Dr. Poschadel,  
Projektleiter, IfADo,
- Herr Prof. Dr. Falkenstein,  
Projektpartner, IfADo,
- Herr Dr. Fimm,  
Projektpartner, Uniklinikum Aachen,
- Frau Engin,  
Projektpartnerin, ZAK – Zentrum für Alterskulturen, Bonn,

- Herr Prof. Dr. Rudinger,  
Projektpartner, ZAK – Zentrum für Alterskulturen, Bonn,
- Frau Dr. Küst,  
Expertin, Kliniken Schmieder,
- Herr Prof. Dr. Kaiser,  
Experte, Institut für Psychogerontologie der Universität Erlangen-Nürnberg,
- Herr Dr. Fastenmeier,  
Experte, Ludwig-Maximilians-Universität München,
- Herr Prof. Dr. Pfafferot,  
Experte,
- Frau Rabczinski,  
Protokollantin.

Die folgenden Kapitel sind eine zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Diskussionspunkte und Diskussionsergebnisse.

### 9.1 Übertragbarkeit der Grundlagenforschung auf den Fahrkontext

In der Diskussion zum Ergebnisteil der Grundlagenforschung in Bezug auf die kognitiven Kompensationsmechanismen, die mit der EEG-Methode und anderen bildgebenden Verfahren gezeigt werden können, ging es vor allem um die Frage, welche Komponenten im EEG auf der Mikroebene klar als kognitive Kompensation bezeichnet werden können, die sich bei der reinen Verhaltensbeobachtung nicht beobachten lassen. Herr Falkenstein führt als EKP-Experte aus, dass die Interpretation bestimmter neuronaler Aktivität als Kompensation von Leistungsbereichen, die bereits eingeschränkt sind, auf der Gesamtwürdigung der internationalen Forschung in diesem Bereich basiert und dass international weitgehend Einigkeit über die Bedeutung der allermeisten Komponenten im EEG besteht (auch in Bezug auf Kompensation). Speziell das Alter der Probanden wird bei diesen Versuchen (die im IfADo durchgeführt werden) berücksichtigt, indem sie durch einen Pre-Test an die Testsituation gewöhnt werden, damit die Ergebnisse (im Vergleich zu den Ergebnissen jüngerer Probanden, die mit solchen Situationen, wie z. B. PC-Spielen, vielleicht eher vertraut sind) nicht verfälscht werden. Es wird in der Diskussion auch deutlich, dass sich einige der kognitiven Funktionen so trainieren lassen, dass Äl-

tere das Niveau von untrainierten jüngeren Menschen erreichen.

## 9.2 Trainierbarkeit kognitiver Funktionen

Weiterer Forschungsbedarf wird während der Diskussion der Grundlagenergebnisse in Bezug auf die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) bei älteren Kraftfahrern vor allem bei der Trainingsfrage angemeldet. Die Frage der Auswirkung von Trainings auf eine Verbesserung der Performanz beim Autofahren konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht beantwortet werden. Wohl aber gibt es sehr gute Hinweise aus der kognitiven Grundlagenforschung und der medizinischen Forschung zu Herz-Kreislauf-Trainings bei älteren Menschen darauf, dass mit einem Training von Leistungsbereichen, die mit dem Alter abnehmen, gute Erfolge sowohl auf der kognitiven als auch auf der motorischen Ebene erzielt werden können. Auf die Frage, welches (körperliche) Training bzw. welche Sportart für eine Verbesserung der kognitiven Funktionen besonders nützlich sei, besteht unter den Experten Konsens darüber, dass alle (Ausdauer-) Sportarten, die das Herz-Kreislaufsystem stärken, positive Effekte haben, auch psychomotorisches Training. Es wird noch einmal unterstrichen, dass ältere Personen besonders in Bezug auf exekutive Funktionen vom kardiovaskulären Training profitieren. Sensorische Fähigkeiten können scheinbar dabei hingegen nur begrenzt durch dieses Training verbessert werden (vgl. Kapitel 5). Herr Poschadel berichtete von erfolgsversprechenden eigenen Forschungsergebnissen in dieser Frage (POSCHADEL et al., in Vorbereitung).

## 9.3 Was sind die eigentlichen Ziele einer Untersuchung zu Kompensationsfragen?

Ein weiteres Kernthema der Diskussion bestand in der Frage, welches eigentlich die Ziele einer Studie zu Leistungspotenzialen, Leistungsminderungen und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer sind. Aus Sicht der Untersucher sollten die Ergebnisse stützend und beratend sein, um eine (gefahrlose) langfristige Mobilität der älteren Verkehrsteilnehmer zu ermöglichen. Unter den Diskutanten besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass es das Ziel sein sollte, die Mobilität älterer Kraftfahrer mög-

lichst lange zu erhalten, damit sie möglichst dauerhaft selbstständig am gesellschaftlichen Leben teilhaben und eigenständig leben können. Das gilt im Besonderen für ländliche Gegenden, in denen der öffentliche Personennahverkehr stark ausgedünnt ist. Gleichzeitig soll jedoch auch vermieden werden, dass besonders leistungsschwache Kraftfahrer eine Gefahr für den Straßenverkehr darstellen. Es bleibt jedoch die Frage bestehen, wie man leistungsschwache Kraftfahrer identifizieren kann, ohne jeden älteren Kraftfahrer ausnahmslos einer altersabhängigen Prüfung zu unterziehen. Es geht darum, auf eine generelle Selektion zu verzichten, gleichzeitig aber die Möglichkeit zu haben, diejenigen Kraftfahrer gezielt anzusprechen, die sich an der Grenze zur sicheren Führung eines Kfz befinden.

## 9.4 Möglichkeiten der Ansprache älterer Autofahrer/Rolle des Hausarztes

Allgemein besteht Konsens darüber, dass der Hausarzt am ehesten noch eine Institution ist, mit der ältere Kraftfahrer regelmäßig Kontakt haben; auch diejenigen, die sich aus Angst, den Führerschein zu verlieren, wohl eher keiner freiwilligen Maßnahme unterziehen würden. Mehrere Diskutanten äußern die eigene Erfahrung, dass freiwillige Angebote von älteren Autofahrern eher nicht angenommen werden. Viele Ältere fühlen sich durch freiwillige Maßnahmen nicht angesprochen, weil in ihren Augen immer die andern „älter“ oder „schlechter“ sind und die eigenen Fähigkeiten eher überschätzt werden (was übrigens auch die Ergebnisse der Befragung beim Empirieteil bestätigen, vgl. z. B. Bild 15, Bild 16, Bild 17).

Als wichtigster Partner für die Möglichkeit freiwilliger Maßnahmen wird der Hausarzt als „Vermittler“ immer wieder genannt.

Die Rolle des Hausarztes ist durch folgende Umstände gekennzeichnet: Im stationären Bereich ist eine Ansprache recht einfach. Dort gibt es feste Richtlinien, die in der Regel eingehalten werden, wenn der Verdacht besteht, dass eine Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) nicht mehr gegeben ist. Für Hausärzte gibt es diese klaren Richtlinien nicht. Es wird in der Diskussion darauf hingewiesen, dass Hausärzte nicht unabhängig sind. Die Patienten eines Hausarztes sind gleichzeitig auch seine „Kunden“, und der Kunde sucht sich einen anderen Hausarzt bei Schwierigkeiten. Das

sei in der Realität zu beobachten, wird von den Experten geäußert. Die einzige Möglichkeit wird in der Diskussion darin gesehen, dass auch für Hausärzte klare Richtlinien gelten müssten, die gleichermaßen von allen Ärzten in der Frage der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) angewandt werden sollten, um solche Probleme der „Kundenabwanderungen“ zu vermeiden. In Deutschland gibt es derzeit allerdings weder verbindliche Richtlinien noch verbindliche Vorschläge darüber, was ein Hausarzt eigentlich untersuchen müsste.

In der Expertendiskussion wird im weiteren Verlauf deutlich, dass es kohortenunabhängige Anforderungen an die Fahreignung geben muss, die klar operationalisiert werden müssen und gleichermaßen für alle Autofahrer gelten. In Deutschland gibt es solche kohortenunabhängige Anforderungen, die in der FeV auch klar definiert sind, bzw. es ist definiert, durch welche (krankheitsbedingten) Kriterien eine solche Anforderung unterschritten wird. Bei den in der FeV genannten Leistungsparametern muss allerdings angemerkt werden, dass diese aus wissenschaftlicher Sicht bisher nicht ausreichend theoretisch begründet sind und auch unklar ist, wie sie mit der eigentlichen Fahrkompetenz/Performanz in Verbindung stehen. Hierzu stehen Evaluationsstudien noch aus (POSCHADEL et al., 2009). Um allerdings mehr an der Fahraufgabe orientiert zu sein, sollten zusätzliche klare außenkriteriumsabhängige Anforderungen definiert werden, die die Mindestanforderungen, klar an der Fahraufgabe ausrichten (ebd.).

## 9.5 Wie könnten alterskohortenunabhängige Anforderung definiert werden?

Im nächsten Teil der Diskussion ging es vor allem um die Frage, wie kohortenunabhängige Anforderungen definiert werden können. Grundsätzlich bestand unter den Diskutanten Einigkeit darüber, dass die basalen Mindestanforderungen für alle Autofahrer gleich sein müssen. Ebenso sollten feste Außenkriterien definiert werden, die sich an der Fahraufgabe orientieren und Auskunft geben können, ob eine Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) noch gegeben ist oder nicht. Derzeit kann auf Basis von medizinischen/psychometrischen Tests die Grenze zwischen „Es kann noch kompensiert werden“ und „Es kann nicht mehr kompensiert werden“ nicht bestimmt werden. Alle bis-

herigen Verfahren, die nur auf Laborleistungen bzw. Labortests beruhen, erlauben kein zuverlässiges Urteil über die tatsächliche Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien). Das Empiriemodul dieses Forschungsprojektes hat diese Tatsache auch noch einmal bestätigt (vgl. Kapitel 8.6, 8.8 und Bild 39). Auf Basis von (Labor-)Untersuchungsergebnissen kann man mit hoher Wahrscheinlichkeit Autofahrer, die bei den Tests gut abschneiden, der Gruppe von Fahrern zurechnen, die fahrgerecht sind. Bei Fahrern mit eher schlechten Laborergebnissen ist die Prognose sehr viel fehlerbehafteter und es hat sich in der vorliegenden Untersuchung eine hohe Wahrscheinlichkeit der Falschzuordnung ergeben. Die Fehleinschätzung beträgt zwischen 40 % (8 von 20 Fahrern) und 50 % (10 von 20 Fahrern) und erreicht damit schon fast die Größenordnung einer zufälligen Zuweisung (vgl. Bild 39).

Insofern ist es wichtig, kriteriumsbezogene Kennwerte zu finden, die eng mit der Fahreignung in Verbindung stehen und sich wissenschaftlich fundiert operationalisieren lassen. Bisher besteht der Königsweg darin, die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) nur direkt, das heißt mit einer Fahrprobe bzw. einer Fahrverhaltensbeobachtung, zu messen.

Ein Weg, diese Kriterien definieren zu können, wären Aufgabenanalysen, die sich aus der Fahraufgabe selbst ergeben würden. Die Operationalisierung würde über einzelne, konkrete Fahraufgaben erfolgen, die standardisiert sein müssten. Hier besteht aus Sicht der Experten allerdings noch erheblicher Forschungsbedarf. Eine Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) kann als gegeben angesehen werden, wenn verschiedene kriteriums-basierte, standardisierte Fahraufgaben gelöst werden – ähnlich wie in einer Fahrprüfung, bei der auch bestimmte Standards in Deutschland vorausgesetzt und definiert sind. Daneben wird außerdem in der Diskussion erwähnt, dass das europäische Führerscheinrecht schon jetzt die Möglichkeit vorsieht, durch entsprechende Eintragungen (im Führerschein) die Fahrerlaubnis einzuschränken (z. B. auf einen bestimmten Umkreis), um den Fähigkeiten eines Fahrers gerecht zu werden, dessen Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) nicht mehr vollumfänglich gegeben ist. Auch wenn keine konkreten Zahlen in der Diskussion geäußert wurden, scheint diese Möglichkeit bisher nur sehr selten von Führerscheinbehörden genutzt zu werden.

## 9.6 Fahrverhaltensbeobachtung

Eine standardisierte Fahrverhaltensbeobachtung wäre aus Sicht der Diskutanten ein zuverlässiges Messinstrument, sofern die einzelnen Aufgaben wissenschaftlich standardisiert sind und sich direkt an schwierige Fahraufgaben anlehnen. Denn eigentlich ist Autofahren auch für ältere Fahrer eine eher leichte Aufgabe, die außerdem hoch automatisiert ist: Sie wird für ältere Fahrer vor allem dann schwierig, wenn ungünstige Konstellationen zusammentreffen (z. B. eine komplexe Verkehrssituation und Zeitdruck für eine Fahrentscheidung oder eine plötzlich auftretende zusätzliche Erschwernis).

Solche Konstellationen müssten auch bei der Standardisierung von Fahraufgaben berücksichtigt werden, da nur in solchen Situationen die vorhandene Kompensation nicht mehr ausreicht und ältere Fahrer dann eher typische Fehler machen.

Obwohl weitgehend Einigkeit darüber bestand, die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) und auch die Kompensationsleistung eines einzelnen Fahrers am besten in einer standardisierten Fahrverhaltensbeobachtung zu messen, wurde in der Diskussion auch deutlich, dass für die Standardisierung solcher Situationen noch erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Die Ergebnisse eines anderen Forschungsprojektes deuten allerdings darauf hin, dass sich solche standardisierten Versuchsstrecken mit klar definierten Fahraufgaben sehr gut eignen könnten, um zuverlässige Aussagen über die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) eines (älteren) Fahrers machen zu können (POSCHADEL et al., 2012)

## 9.7 Fazit des Expertengesprächs

In dem vorgelegten Forschungsprojekt wurde weitgehend zusammengetragen, was derzeit aus international wissenschaftlicher Perspektive zur Frage von Leistungspotenzialen, Defiziten und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer auf der Mikro- und der Makroebene ausgesagt werden kann. Die theoretischen Befunde wurden außerdem in einer Fahrverhaltensbeobachtung mit älteren Kraftfahrern überprüft, soweit sich einzelne Aufgaben zur Überprüfung der theoretischen Befunde operationalisieren ließen (vgl. Kapitel 7 und 8). In der Expertenrunde war man sich als Fazit der Ergebnisse des Forschungsprojektes über folgende

Punkte in Bezug auf die Leistungsfähigkeit älterer Fahrer weitgehend einig:

- Es ist angemessen und sinnvoll, Mindestkriterien über Fahraufgaben bzw. eine Fahrverhaltensbeobachtung zu operationalisieren und definieren (Grundlage: FeV und typische Situationen, in denen ältere Autofahrer gelegentlich nachlassende Leistung zeigen).
- Der Königsweg zur Beurteilung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) ist eine Fahrverhaltensprobe, basierend auf festen Kriterien.
- Die Fahrverhaltensbeobachtung muss wissenschaftlich standardisiert sein, ebenso wie die Beurteilung der Fahrleistung (Performanz) bei der Fahrverhaltensbeobachtung, sodass die Ergebnisse vergleichbar sind, unabhängig davon, in welchem Ort in Deutschland die Fahrverhaltensbeobachtung durchgeführt wurde.
- Die Aufgaben sollten durch eine Anforderungsanalyse direkt aus der Fahraufgabe abgeleitet werden.
- Einer Beurteilung im Fahrsimulator steht die Kinetose (Simulatorkrankheit) vieler älterer Menschen entgegen. Auch ist der Zusammenhang zwischen Performanz im Simulator und Performanz im Realverkehr noch nicht ausreichend belegt.
- Die Mindestanforderungen für die Teilnahme am Straßenverkehr (als Fahrer) sollten für alle Verkehrsteilnehmer gleich definiert sein.
- Auch Senioren müssen diese Mindestanforderungen erfüllen können.
- Eine verpflichtende kohortenbezogene oder altersbezogene Überprüfung der Fahreignung wird abgelehnt, vielmehr werden die in Deutschland bestehenden Gesetze insgesamt für ausreichend gehalten (Überprüfung der Fahreignung bei Auffälligkeit). Das könnte noch besser systematisiert werden.
- Insbesondere die Rolle der Hausärzte als kompetente Kontaktstellen könnte überdacht werden bzw. nach Wegen gesucht werden, sie in die „Defiziterkennung“ einzuschließen.
- Wie in anderen Untersuchungen auch hat sich bestätigt, dass eine Prognose über die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkrite-

rien) älterer Kraftfahrer auf Basis von medizinischen oder psychologischen Tests überaus fehlerbehaftet ist, insbesondere wenn die Testergebnisse negativ sind.

- Wenn außenkriteriumsbezogene Mindeststandards einmal etabliert sind, muss die Validität langfristig auch über die Zahl der Unfälle geprüft werden.

## 10 Diskussion der Projektergebnisse und Ausblick

Wie auch in anderen westlichen Industriestaaten ist in Deutschland die Gruppe der älteren Menschen das am stärksten wachsende Segment der Bevölkerung. Dabei nehmen bei ihnen im Rahmen des demografischen Wandels nicht nur der relative und absolute Anteil der Führerscheinbesitzer zu, auch die Anzahl der Wege bewegt sich in Richtung einer wachsenden automobilen Mobilität der älteren Menschen. Insofern wird sich das Bild im Straßenverkehr den Prognosen nach noch erheblich wandeln und durch einen wachsenden Anteil älterer Kraftfahrer in den nächsten Jahrzehnten geprägt werden.

### Kompensation findet bei älteren Autofahrern ständig statt

Während man früher davon ausgegangen ist, dass die für das Autofahren kognitiven und motorischen Fähigkeiten einem kontinuierlichen Nachlassen unterworfen sind, zeigen neuere Forschungsergebnisse der psychologisch-neurologischen und medizinischen Wissenschaften, dass der alternde Mensch durchaus in der Lage ist, sich den eigenen wandelnden Fähigkeiten anzupassen. Sehr viele Fähigkeiten, die über die Lebensspanne nachlassen, werden durch eine aktive Anpassung des Verhaltens an die Situationsanforderungen (Kompensation) ausgeglichen, so auch beim Autofahren. Das lässt sich inzwischen sehr gut belegen: Diese Anpassung findet nicht nur auf der bewussten Makro-Ebene statt (aktive Kompensation), sondern auch auf neuronaler Basis und ist den Betroffenen nicht unbedingt bewusst. Die Kompensation auf neuronaler Ebene hat auf der bewussten Ebene eher so etwas wie eine „größere subjektive Anstrengung“ zur Folge, die automatisch aus der Situationsanpassung heraus geschieht. Die eigentlichen neuronalen Prozesse im Detail bleiben dem Bewusstsein größtenteils verborgen.

Aktive Kompensation auf der Makro-Ebene und unbewusste Kompensation auf der neuronalen Ebene finden bei älteren Autofahrern ständig statt. Das ließ sich auch noch einmal in den Fahrversuchen des Empiriemoduls zeigen.

### Gleiche Maßstäbe auch für ältere Kraftfahrer?

Eine grundsätzliche Frage vor Start des Forschungsprojektes bestand auch darin zu prüfen, ob es vernünftig und sinnvoll ist (und aus wissenschaftlicher Sicht vertretbar wäre), wegen der bei Älteren sich verändernden motorischen und kognitiven Fähigkeiten andere Maßstäbe für das Führen eines Kraftfahrzeuges anzulegen als bei allen anderen Gruppen von Autofahrern.

Nach der Würdigung aller Ergebnisse des Forschungsprojektes muss diese Frage eindeutig verneint werden. Zum einen besteht schon jetzt die Möglichkeit, Einschränkungen der Fahrerlaubnis vorzunehmen (z. B. durch einen begrenzten Radius, der im Führerschein vermerkt wird), zum anderen besteht auch unter den am Forschungsprojekt beteiligten Experten einstimmiger Konsens darüber, dass eine Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer – so weit, wie es im Vorfeld möglich ist – ausgeschlossen werden muss. Es sollten also keine von der Allgemeinheit abweichenden Grenzwerte (welcher Art auch immer) für die älteren Autofahrer festgelegt werden. Grundsätzliche Fähigkeiten, die eine sichere Teilnahme als Führer eines Kraftfahrzeuges voraussetzen, müssen von jedem Verkehrsteilnehmer gleichermaßen eingehalten werden, unabhängig vom Alter. Bei jeder Fahrt ist der Fahrzeugführer selbst für eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr verantwortlich. Wenn er das nicht gewährleisten kann, darf er aus Verkehrssicherheitsaspekten das Fahrzeug nicht als Fahrer nutzen. Das ergibt sich eindeutig aus der FeV und sollte in Zukunft nicht geändert werden.

Die Unfallzahlen der vergangenen Jahre zeigen auch recht deutlich, dass ältere Menschen insgesamt sehr verantwortungsvoll mit der Fahrerlaubnis umgehen: Obwohl über die Lebensspanne gesehen die Fähigkeiten zum Autofahren irgendwann einmal so sehr nachlassen, dass eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr nicht mehr gewährleistet werden kann, sind die absoluten Unfallzahlen älterer Autofahrer gering im Vergleich mit allen anderen Altersgruppen. Das relative Risiko, an einem Unfall als Hauptverursacher beteiligt zu sein, nimmt zwar in den hohen Altersgruppen erheblich zu und

bewegt sich dann wieder etwa auf dem Niveau der Fahranfänger: Gleichzeitig sind aber die absoluten Unfallzahlen sehr gering. Insofern kann eine allgemeine Gefährdung des Verkehrs durch ältere Autofahrer klar verneint werden.

Es ist allerdings auch sehr gut belegbar, dass in bestimmten Situationen, vor allem wenn sie komplex sind und Zeitdruck besteht, ältere eher Fehler machen als jüngere Autofahrer, die dann auch nicht mehr kompensiert werden können. Allerdings weisen auch hier Studien darauf hin, dass die Rangfolge der Unfalltypen in allen Altersgruppen dieselbe ist. Die Unfallzahlen belegen klar, dass ab dem 35. Lebensjahr die gleiche Rangfolge bei den Unfallursachen vorzufinden ist. So haben nicht nur Senioren Schwierigkeiten beim Abbiegen und an komplexen Kreuzungen, diese Schwierigkeiten haben die anderen Altersgruppen (ab 35 Jahren) ebenfalls in besonderer Weise.

### **Ausschöpfen des Leistungspotenzials und Erhalt der Leistungsfähigkeit durch Training?**

Trotz absolut geringer Unfallzahlen bestand ein erheblicher Teil des Projektes nicht nur darin zusammenzutragen, in welchen Leistungsbereichen sich die Fähigkeiten älterer Autofahrer bei fortschreitendem Alter verschlechtern; gleichzeitig wurde recherchiert, wie sie sich möglichst gut erhalten lassen. Dies war eine zweite zentrale Frage:

Was kann man tun, damit die Fähigkeiten zum Autofahren möglichst lange erhalten bleiben, um weiterhin mobil am gesellschaftlichen Leben teilnehmen zu können? Und wie können bestehende Leistungspotenziale ausgeschöpft werden?

Die individuellen Leistungsunterschiede sind mit zunehmendem Alter ganz erheblich. Es lassen sich auf Basis des kalendarischen Alters kaum individuelle Vorhersagen über das Leistungsvermögen in einzelnen Bereichen machen.

Die Recherchen zeigen eindeutig, dass eine lebenslange gesunde und geistig anspruchsvolle Grundhaltung in der Lebensgestaltung einen großen Beitrag leisten kann, auch als älterer Mensch in den für das Autofahren wichtigen Fähigkeiten lange fit zu bleiben.

Besonders die kognitiven Neurowissenschaften zeigen, dass die Plastizität des menschlichen Gehirns auch im Alter noch in erheblichem Maß vorhanden ist und es nie zu spät ist, mit einer gesun-

den Lebenshaltung und/oder mit Training zum Erhalt von bestimmten Fähigkeiten zu beginnen. Wenn man also erst im Alter anfängt, bestimmte Fähigkeiten zu trainieren oder zu trainieren, vorhandene Fähigkeiten nicht zu verlieren, bestehen sehr gute Aussichten auf Erfolg.

Das systematische Training spezifischer Fähigkeiten, die zum Autofahren benötigt werden, war nicht Gegenstand des Empiriemoduls. Auch international besteht speziell bei der Frage des Trainings von älteren Autofahrern noch ein erhebliches Wissensdefizit, da es kaum kontrollgruppenbasierte Studien zu dieser Frage gibt. Hier stehen umfassende Trainingsstudien derzeit noch aus, in denen untersucht wird, ob und welche Art von Training im Realverkehr erfolgversprechend ist, um die Fähigkeit, Auto zu fahren, möglichst lange zu erhalten. Die Literaturrecherche gibt aber wertvolle Hinweise, die vor allem in die Richtung gehen, dass ein gezieltes Training sehr erfolgversprechend ist. Dieser Nachweis wurde für andere Fähigkeiten bereits erbracht und müsste sich auch auf die Fähigkeit des Autofahrens übertragen lassen. In Kontrollstudien der Grundlagenforschung konnte eindeutig gezeigt werden, dass ältere Menschen mit einem gezielten Training zur Lösung komplexer Aufgaben das Leistungsniveau erreichen, das auch untrainierte jüngere Probanden aufweisen. Übertragen auf den Bereich des Autofahrens, bestehen, basierend auf diesen Erkenntnissen, gute Aussichten, mit einem gezielten Training älterer Autofahrer das Leistungsvermögen jüngerer Kraftfahrer wieder zu erreichen.

Zusammenfassend kann man aus wissenschaftlicher Sicht derzeit zeigen, dass das psychometrische und motorische Leistungspotenzial weitgehend gesunder älterer Kraftfahrer erheblich ist, wenn es durch gezieltes Training aktiviert wird.

Ausnahmen bestehen allerdings vor allem im Bereich des Sehens: Blendunempfindlichkeit beispielsweise kann nicht trainiert werden. Auch dem Nachlassen der Sehfähigkeit kann nicht durch Training entgegengesteuert werden. Hier sind regelmäßige (mindestens jährliche) Kontrollen beim Augenarzt angeraten, damit eine Fehlsichtigkeit immer optimal korrigiert werden kann.

Wenn bereits Krankheiten vorliegen, muss individuell geprüft werden, welches Leistungsvermögen in Bezug auf das Autofahren noch besteht. Kritisch ist v. a. eine beginnende Demenz zu nennen, da hierbei auch die Einsicht eines Betroffenen in nachlas-

sende Fähigkeiten erheblich beeinträchtigt sein kann. Für die Zukunft stehen allerdings noch Studien aus, die den Zusammenhang zwischen Training und dem Erhalt der Fahrkompetenz bei älteren Autofahrern systematisch und unter kontrollierten Bedingungen untersuchen. Hier besteht noch großer Forschungsbedarf.

### **Wie kann man leistungsschwache Fahrer identifizieren?**

Eine zentrale Fragestellung im Forschungsprojekt bestand darin, in einem Empiriemodul zu überprüfen, ob sich auf Basis einer augenärztlichen, verkehrsmedizinischen oder psychometrischen Untersuchung a priori einschätzen lässt, ob ein älterer Autofahrer noch vollumfänglich über die nötigen Kompetenzen verfügt, um sicher am Straßenverkehr teilzunehmen.

Wie schon in früheren Studien gezeigt wurde, ist es derzeit noch immer nicht möglich, die Fahreignung (in diesem Fall im Sinn von Fahrkompetenz) zur sicheren Teilnahme am Straßenverkehr zuverlässig vorherzusagen. Auch einfach zu erhebende Daten (wie das kalendarische Alter oder die Fahrleistung (in km) pro Jahr) lassen keine zuverlässige Einschätzung zu.

Im Wesentlichen hat sich gezeigt, dass das gute Abschneiden älterer Autofahrer in medizinischen und psychologischen Standard-Tests, die auch bei der Überprüfung der Fahreignung eingesetzt werden, eine relativ gute Vorhersage zulässt, dass ein älterer Kraftfahrer noch über die nötigen Kompetenzen zum Autofahren verfügt. Der Umkehrschluss ließ sich aber nicht bestätigen: Das schlechte Abschneiden älterer Autofahrer in den verschiedenen Testsituationen war kein guter Prädiktor für eine schlechte Fahrkompetenz bei der Fahrverhaltensbeobachtung. Auch wenn die Stichprobe mit insgesamt 40 Probanden als Gesamtstichprobe nicht sehr groß war, hat sich hier eine erhebliche Falscheinschätzung gezeigt. Viele der als unterdurchschnittlich geltenden Autofahrer haben trotz der eher schlechten Labor- und Ärztwerte zufriedenstellende Leistungen bei der Fahrverhaltensbeobachtung gezeigt. Die Fehleinschätzung (gute Fahrkompetenz trotz schlechter Leistungswerte) liegt bei 40 % (8 von 20 Personen) bis 50 % (10 von 20 Personen) in der Gruppe der eher als unfit geltenden Fahrer. Einzig die Fahrverhaltensbeobachtung lässt eine zuverlässige Einschätzung der bestehenden Fahrkompetenz zu, wenn die

Werte der Leistungstests und der ärztlichen Untersuchungen eher auf Probleme bei der Fahrkompetenz hinweisen.

Zu groß ist die Wahrscheinlichkeit einer Fehlklassifikation auf Basis von medizinischen Untersuchungsergebnissen im Hinblick auf ihre Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) bei älteren Kraftfahrern, die als nicht mehr so fit gelten: Immerhin ist eine Fehlklassifikation von 50 % (10 von 20) bei der verkehrsmedizinischen Untersuchung, 45 % Fehlklassifikation (9 von 20) auf Basis der augenärztlichen Untersuchung und 40 % Fehlklassifikation (8 von 20) auf Basis erfragter Gesundheits- und Verkehrsgewohnheitsdaten zu beobachten. Alle Fahrer wären fälschlicherweise als nicht mehr fahrkompetent eingeordnet worden, obwohl die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) unter fahrpraktischen Gesichtspunkten (standardisierte Fahrverhaltensbeobachtung) voll gegeben war.

Aus diesem Grund wird eine alterskohortenbezogene Überprüfung der Fahreignung (im Sinne der Erfüllung von Mindestkriterien) auf Basis nur weniger Kennwerte abgelehnt. Die in Deutschland bestehenden Gesetze werden für völlig ausreichend angesehen.

In diesem Zusammenhang sollte – trotz aller bestehenden Schwierigkeiten in dieser Frage – die Rolle der Hausärzte als kompetente Kontaktstellen bei sich verschlechternden allgemeinen Leistungswerten ausgeweitet werden bzw. nach Wegen gesucht werden, sie in die Defiziterkennung einzuschließen. Immerhin hat das Empiriemodul auch klar gezeigt, dass gute Leistungskennwerte in den verschiedenen Tests gleichzeitig ein guter Prädiktor für eine ausreichend hohe Fahrkompetenz sind. Allerdings ist eine Prognose über die Fahreignung (im Sinne der Erfüllung der Mindestkriterien) älterer Kraftfahrer auf Basis von medizinischen oder psychologischen Tests überaus fehlerbehaftet, wenn die Testergebnisse negativ sind.

Wenn die Fahrkompetenz eines älteren Menschen überhaupt infrage steht, wäre zu empfehlen, sie individuell mit einer Fahrverhaltensbeobachtung, die auch schwere und kritische Situationen zum Gegenstand hat, zu überprüfen, um zuverlässige Ergebnisse zur bestehenden Fahrkompetenz zu erhalten. Bei Zweifeln einer Fahreignung (im Sinne von Fahrkompetenz und Erfüllung von Mindestkriterien) sind unterdurchschnittliche Leistungswerte psychometrischer oder medizinischer Tests allein

kein hinreichendes Kriterium, um die Fahreignung negativ zu beurteilen.

Deshalb sollten langfristig außenkriteriumsbezogene Mindeststandards entwickelt und etabliert werden, die die Fahrkompetenz markieren (am besten im Realverkehr durchführbar), die auch langfristig – über die Zahl der Unfälle – validiert werden sollten.

## 11 Literatur

- AGed People Integration, mobility, safety and quality of Life Enhancement through driving (AGILE), NoE der Europäische Union: [<http://www.agile.iao.fraunhofer.de/index.html>]; 4.7.2011]
- ALSNIH, R. & HENSHER, D. A. (2003): The mobility and accessibility expectations of seniors in an aging population. *Transportation Research Part A*, 37, 903-916
- ALVAREZ, F. J. & FIERRO, I. (2008): Older drivers, medical condition, medical impairment and crash risk. *Accident Analysis & Prevention*, 40 (1), 55-60
- ANSTEY, K. J. & SMITH, G. A. (1999): Interrelationships among biological markers of aging, health, activity, acculturation and cognitive performance in late adulthood. *Psychology and Aging*, 14, 605-618
- ANSTEY, K. J. & SMITH, G. A. (2003): Associations of biomarkers, cognition and self-reports of sensory function with self-reported driving behaviour and confidence. *Gerontology*, 49, 196-202
- 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
- ARON, A. R., ROBBINS, T. W. & POLDRACK, R. A. (2004): Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 170-177
- AXELSON, H. W. & HAGBARTH, K. E. (2003): Human motor compensations for thixotropy-dependent changes in resting wrist joint position after large joint movements. *Acta Physiologica Scandinavica*, 179, 389-398
- BABIZHAYEV, M. A., MINASYAN, H. & RICHER, S. P. (2009): Cataract halos: A driving hazard in aging populations. Implication of the Halometer DG test for assessment of intraocular light scatter. *Applied Ergonomics*, 40, 545-553
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. & WEIBER, R. (2008): *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung* (12. Auflage). Berlin: Springer
- BACKMAN, L., GINOVRT, N., DIXON, R. A., WAHLIN, T. B., WAHLIN, A., HALLDIN, C. & FARDE, L. (2000): Age-related cognitive deficits mediated by changes in the striatal dopamine system. *American Journal of Psychiatry*, 157, 635-637
- BÄHR, M. & FROTSCHER, M. (2003) *Duus' neurologisch-topische Diagnostik: Anatomie, Funktion, Klinik*. Thieme Verlag, Stuttgart
- BALL, K., BERCH, D. B., HELMERS, K. F., JOBE, J. B., LEVECK, M. D., MARSISKE, M., MORRIS, J. N., REBOK, G. W., SMITH, D. M., TENNSTEDT, S. L., UNVERZAGT, F. W. & WILLIS, S. L. (2002): Effects of cognitive training interventions with older adults – A randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Association*, 288, 2271-2281
- BALL, K., OWSLEY, C., SLOANE, M. E., ROENKER, D. L. & BRUNI, J. R. (1993): Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *Investigative Ophthalmology & Vision Science*, 34, 3110-3123
- BALL, K. K., BEARD, B. L., ROENKER, D. L., MILLER, R. L. & GRIGGS, D. S. (1988): Age and visual search: Expanding the useful field of view. *Journal of the Optical Society of America A-Optics Image Science and Vision*, 5, 2210-2219
- BALL, K. K., ROENKER, D. L., WADLEY, V. G., EDWARDS, J. D., ROTH, D. L., MCGWIN, G. Jr., RALEIGH, R., JOYCE, J. J., CISELL, G. M. & DUBE, T. (2006): Can high-risk older drivers be identified through performance-based measures in a department of motor vehicles setting? *Journal of the American Geriatric Society*, 54, 77-84
- BALTES, P. (2007): Altern als Balanceakt: Im Schnittpunkt von Fortschritt und Würde. In: P. GRUSS (Hrsg.), *Die Zukunft des Alterns*. Die

- Antwort der Wissenschaft. Ein Report der Max-Planck-Gesellschaft (S. 15-34). München: C. H. Beck
- 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 (Eds.), *Successful aging: Perspectives from the behavioral sciences* (pp. 1-34). New York: Cambridge
- BAND, G. P. & KOK, A. (2000): Age effects on response monitoring in a mental-rotation task. *Biological Psychology*, 51, 201-221
- BASAK, C., BOOT, W. R., VOSS, M. W. & KRAMER, A. F. (2008): Can training in a real-time strategy video game attenuate cognitive decline in older adults? *Psychology and Aging*, 23, 765-777
- BAUR, J., BÖS, K. & SINGER, R. (1994): *Motorische Entwicklung: Ein Handbuch*. Schorndorf: Hofmann
- BECKER, S. & ALBRECHT, M. (2003): Verkehrsmedizinische Aspekte im Alter. *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 16 (3), 101-115
- BEDARD, M., ISHERWOOD, I., MOORE, E., GIBBONS, C. & LINDSTROM, W. (2004): Evaluation of a re-training program for older drivers. *Canadian Journal of Public Health – Revue Canadienne de Sante Publique*, 95, 295-298
- BÉDARD, M., PORTER, M. M., MARSHALL, S., ISHERWOOD, I., RIENDEAU, J., WEAVER, B., TUOKKO, H., MOLNAR, F. & MILLER-POLGAR, J. (2008): The combination of two training approaches to improve older adults' driving safety. *Traffic Injury Prevention*, 9, 70-76
- BERGHAUS, G. (2006): Arzneimittel. In: B. MADEA, F. MUßHOFF & G. BERGHAUS (Hrsg.), *Verkehrsmedizin. Fahreignung, Fahr-sicherheit, Unfallrekonstruktion*, 531-550. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag
- BHERER, L., KRAMER, A. F., PETERSON, M. S., COLCOMBE, S., ERICKSON, K. & BECIC, E. (2006): Testing the limits of cognitive plasticity in older adults: Application to attentional control. *Acta Psychologica (Amst)*, 123, 261-78
- BICKEL, H. (2000): Dementia and Alzheimer's disease: An estimate of prevalent and incident cases in Germany. *Gesundheitswesen*, 62, 211-218
- BORON, J. B., TURIANO, N. A., WILLIS, S. L. & SCHAIE, W. (2007): Effects of cognitive training on change in accuracy in inductive reasoning ability. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 62, 179-186
- BORT, H. M. (2004): Factorial structure of recklessness: To what extent are older drivers different? *Journal of Safety Research*, 35, 329-335
- BORTZ, J. (1999): *Statistik für Sozialwissenschaftler* (5. Auflage). Berlin: Springer
- BORTZ, J. (2005): *Statistik für Sozialwissenschaftler* (6. Auflage). Berlin: Springer
- BORTZ, J. & DÖRING, N. (2006): *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Auflage). Berlin: Springer
- BOYKE, J., DRIEMEYER, J., GASER, C., BUECHEL, C. & MAY, A. (2008): Training-induced brain structure changes in the elderly. *Journal of Neuroscience*, 28, 7031-7035
- BRASS, M. & von CRAMON, D. Y. (2002): The role of the frontal cortex in task preparation. *Cerebral Cortex*, 12, 908-914
- BRASS, M. & von CRAMON, D. Y. (2004): Decomposing components of task preparation with functional magnetic resonance imaging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 609-620
- BRAVER, T. S., BARCH, D. M., KEYS, B. A., CARTER, C. S., COHEN, J. D., KAYE, J. A., JANOWSKY, J. S., TAYLOR, S. F., YESAVAGE, J. A., MUMENTHALER, M. S., JAGUST, W. J. & REED, B. R. (2001): Context processing in older adults: Evidence for a theory relating cognitive control to neurobiology in healthy aging. *Journal of Experimental Psychology General*, 130, 746-763
- BROWN, L. A., SLEIK, R. J., POLYCH, M. A. & GAGE, W. H. (2002): Is the prioritization of postural control altered in conditions of postural threat in younger and older adults? *Journal of*

- Gerontology: Medical Sciences, 57A, M785-M792
- Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (Hrsg.) (2002): Vierter Bericht zur Lage der älteren Generation. Bonn
- CABEZA, R. (2002): Hemispheric asymmetry reduction in older adults: The HAROLD model. *Psychology and Aging*, 17, 85-100
- CARRASCO, M. C., BERNAL, M. C. & REDOLAT, R. (2001): Time estimation and aging: A comparison between young and elderly adults. *International Journal of Aging and Human Development*, 52, 91-101
- CHIPMAN, M., MacGREGOR, C., SMILEY, A. & LEE-GOSSELIN, M. (1992): Time vs. distance as measures of exposure on driving surveys. *Accident Analysis and Prevention*, 24, 679-684
- CHIPMAN, M., MacGREGOR, C., SMILEY, A. & LEE-GOSSELIN, M. (1993): The role of exposure in comparisons of crash risk among different drivers and driving environments. *Accident Analysis and Prevention*, 25, 207-211
- CHIPPERFIELD, J. G., CAMPBELL, D. W. & PERRY, R. P. (2004): Stability in perceived control: Implications for health among very old community-dwelling adults. *Journal of Aging and Health*, 16, 116-147
- COHEN, J. (1987): *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Rev. Ed.). Hillsdale, N. J.: Erlbaum Associates
- COLCOMBE, S. & KRAMER, A. F. (2003): Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, 14, 125-130
- COLCOMBE, S. J., ERICKSON, K. I., SCALF, P. E., KIM, J. S., PRAKASH, R., McAULEY, E., ELAVSKY, S., MARQUEZ, D. X., HU, L. & KRAMER, A. F. (2006): Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61, 1166-1170
- COMELLA, C. L. (2007): Sleep disorders in Parkinson's disease: An overview. *Movement Disorders*, 22, 367-373
- CONZELMANN, A. (1997): *Entwicklung der konditionellen Fähigkeiten im Erwachsenenalter*. Schorndorf: Hofmann
- CORBETTA, M., KINCADE, J. M., OLLINGER, J. M., MVAVOY, M. P. & SHULMAN, G. L. (2000): Voluntary orienting is dissociated from target detection in human posterior parietal cortex. *Nature Neuroscience*, 3, 292-297
- CORBETTA, M. & SHULMAN, G. L. (2002): Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 201-215
- CRAIK, F. I. M., WINOCUR, G., PALMER, H., BINNS, M. A., EDWARDS, M., BRIDGES, K., GLAZER, P., CHAVANNES, R & STUSS, D. T. (2007): Cognitive rehabilitation in the elderly: Effects on memory. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13, 132-142
- DEVANAND, D. P., LIU, X., TABERT, M. H., PRADHABAN, G., CUASAY, K., BELL, K., de LEON, M. J., DOTY, R. L., STERN, Y. & PELTON, G. H. (2008): Combining early markers strongly predicts conversion from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease. *Biological Psychiatry*, 64, 871-879
- DEVOS, H., VANDENBERGHE, W., NIEUWBOER, A., TANT, M., BATEN, G. & de WEERDT, W. (2007): Predictors of fitness to drive in people with Parkinson disease. *Neurology*, 69, 1434-1441
- DENNIS, N. A. & CABEZA, R. (2008): Neuroimaging of healthy cognitive aging. In: F. I. M. CRAIK & T. A. SALTHOUSE (Ed.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 1-54). New York: Psychology Press
- de RAEDT, R. & PONJAERT-KRISTOFFERSEN, I. (2000): Can strategic and tactical compensation reduce crash risk in older drivers? *Age and Ageing*, 29, 517-521
- de RAEDT, R. & PONJAERT-KRISTOFFERSEN, I. (2001): Predicting at-fault car accidents of older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 33, 809-819
- di STEFANO, M. & MacDONALD, W. (2003): Assessment of older drivers: Relationships among on-road errors, medical conditions and test outcome. *Journal of Safety Research*, 34, 415-429
- DICKERSON, A. E., MOLNAR, L. J., EBY, D. W., ADLER, G., BEDARD, M., BERG-WEGER, M.,

- CLASSEN, S., FOLEY, D., HOROWITZ, A., KERSCHNER, H., PAGE, O., SILVERSTEIN, N. M., STAPLIN, L. & TRUJILLO, L. (2007): Transportation and aging: A research agenda for advancing safe mobility. *Gerontologist*, 47, 578-590
- DOBBS, B. M. (2005): Medical conditions and driving: A review of the scientific literature (1960-2000) [[http://www.nhtsa.gov/people/injury/research/medical\\_condition\\_driving/pages/TRD.html](http://www.nhtsa.gov/people/injury/research/medical_condition_driving/pages/TRD.html); 14.06.11]
- DOBBS, B. M. (2008): Aging baby boomers – a blessing or challenge for driver licensing authorities. *Traffic Injury Prevention*, 9 (4), 379-386
- DOYON, J. & BENALI, H. (2005): Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 161-167
- DOYON, J., PENHUNE, V. & UNGERLEIDER, L. G. (2003): Distinct contribution of the corticostriatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. *Neuropsychologia*, 41, 252-262
- DUKEA, J., GUEST, M. & BOGGESE, M. (2009): Age-related safety in professional heavy vehicle drivers: A literature review. *Accident Analysis and Prevention*, 42 (2), 364-371
- EBY, D. W., MOLNAR, L. J., SHOPE, J. T. & DELLINGER, A. M. (2007): Development and pilot testing of an assessment battery for older drivers. *Journal of Safety Research*, 38, 535-543
- EBY, D. W., MOLNAR, L. J., SHOPE, J. T., VIVODA, J. M. & FORDYCE, T. A. (2003): Improving older driver knowledge and self-awareness through self-assessment: The driving decisions workbook. *Journal of Safety Research*, 34, 371-381
- EDWARDS, J. D., DELAHUNT, P. B. & MAHNCKE, H. W. (2009a): Cognitive speed of processing training delays driving cessation. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 64, 1262-1267
- EDWARDS, J. D., MYERS, C., ROSS, L. A., ROENKER, D. L., CISELL, G. M., McLAUGHLIN, A. M. & BALL, K. K. (2009b): The longitudinal impact of cognitive speed of processing training on driving mobility. *Gerontologist*, 49, 485-494
- ELLINGHAUS, D., SCHLAG, B. & STEINBRECHER, J. (1990): Leistungsfähigkeit und Fahrverhalten älterer Kraftfahrer. Schriftenreihe Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr der Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Bd. 80. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- ENGELN, A. & SCHLAG, B. (2008): Kompensationsstrategien im Alter. In: B. SCHLAG (Hrsg.), Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Mobilität und Alter, Bd. 3, 255-273. Köln: TÜV Media
- ENGIN, T., KOCHERSCHIED, K., FELDMANN, M. & RUDINGER, G. (2010): Entwicklung und Evaluation eines Screening-Tests zur Erfassung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer (SCREEMO). *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit*, Heft M210. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- ERICKSON, K. I., COLCOMBE, S. J., WADHWA, R., BHERER, L., PETERSON, M. S., SCALF, P. E., KIM, J. S., ALVARADO, M. & KRAMER, A. F. (2007): Training-induced functional activation changes in dual-task processing: An fMRI study. *Cerebral Cortex*, 17, 192-204
- ERIXON-LINDROTH, N., FARDE, L., WAHLIN, T. B. R., SOVAGO, J., HALLDIN, C. & BACKMAN, L. (2005): The role of the striatal dopamine transporter in cognitive aging. *Psychiatry Research-Neuroimaging*, 138, 1-12
- ETNIER, J. L. & LANDERS, D. M. (1997): The influence of age and fitness on performance and learning. *Journal of Aging and Physical Activity*, 5, 175-189
- EWERT, U. (2008): Alterskorrelierte Erkrankungen, die die Verkehrsteilnahme beeinträchtigen können. In: B. SCHLAG (Hrsg.), Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter, Bd. 3, 181-199. Köln: TÜV-Verlag
- FALKENSTEIN, M., HOHNSBEIN, J. & HOOMANN, J. (1999b): Objektivierung altersabhängiger Änderungen von Beanspruchung und Ermüdung bei psychomentalen Belastungen am Bildschirmarbeitsplatz. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Forschung, Fb 866. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW

- FALKENSTEIN, M., HOORMANN, J. & HOHNSBEIN, J., (1999a): ERP components in Go/Nogo tasks and their relation to inhibition. *Acta Psychologica*, 101, 267-291
- FALKENSTEIN, M., HOORMANN, J. & HOHNSBEIN, J. (2002): Inhibition-related ERP components: variation with age and time-on-task. *Journal of Psychophysiology*, 16, 167-175
- FALKENSTEIN, M., KOSHLJKOVA, N. A., KIROJ, V. N., HOORMANN, J. & HOHNSBEIN, J. (1995): Late ERP components in visual and auditory Go/No-go tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 96, 36-43
- FALKENSTEIN, M. & POSCHADEL, S. (2011): Fahreignung und Alter in Deutschland. In: GOLKA, K., LETZEL S. & NOWACK, D. (Hrsg.), *Verkehrsmedizin – arbeitsmedizinische Aspekte* (S. 176-189). Landsberg: ecomed
- FALKENSTEIN, M. & POSCHADEL, S. (2008): Altersgerechtes Autofahren. *Wirtschaftspsychologie, Themenheft Alter und Arbeit*, 3, 62-71
- FALKENSTEIN, M. & SOMMER, S. (2008): Altersbegleitende Veränderungen kognitiver und neuronaler Prozesse mit Bedeutung für das Autofahren. In: B. SCHLAG (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter*, Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Mobilität und Alter, Bd. 3, 113-141. Köln: TÜV Media GmbH
- FASSBENDER, C. & SCHWEITZER, J. B. (2006): Is there evidence for neural compensation in attention deficit hyperactivity disorder? A review of the functional neuroimaging literature. *Clinical Psychology Review*, 26 (4), 445-465
- FAUL, F., ERDFELDER, E., LANG, A.-G. & BUCHNER, A. (2007): G\*Power 3: A flexible statistical power analysis for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175-191
- FERNANDES, M. A., PACURAR, A., MOSCOVITCH, M. & GRADY, C. (2006): Neural correlates of auditory recognition under full and divided attention in younger and older adults. *Neuropsychologia*, 44, 2452-2464
- FIMM, B. (2009): Neuropsychologische Beeinträchtigungen bei extrapyramidalen Erkrankungen. In: W. STURM, M. HERRMANN & T. F. MÜNTE, *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie*, 651-671. Heidelberg: Spektrum
- FJELL, A. M., WESTLYE, L. T., AMLIEN, I., ESPESETH, T., REINVANG, I., RAZ, N., AGARTZ, I., SALAT, D. H., GREVE, D. N., FISCHL, B., DALE, A. M., WALHOVD, K. B. (2009): High consistency of regional cortical thinning in aging across multiple samples. *Cerebral Cortex*. 2009 Sep; 19 (9), 2001-2012
- FONDA, S. J., WALLACE, R. B. & HERZOG, A. R. (2001): Changes in driving patterns and worsening depressive symptoms among older adults. *Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 56, 343-351
- FREIVOGEL, S. & HUMMELSHEIM, H. (2003): Qualitätskriterien und Leitlinien für die motorische Rehabilitation von Patienten mit Hemiparesen. *Thieme eJournals*, 30, 401-406
- FREUND, B., COLGROVE, L. A., BURKE, B. L. & McLEOD, R. (2005): Self-rated driving performance among elderly drivers referred for driving evaluation. *Accident Analysis & Prevention*, 37 (4), 613-618
- FREUND, B., COLGROVE, L. A., PETRAKOS, D. & McLEOD, R. (2008): In my car the brake is on the right: Pedal errors among older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 403-409
- GAGE, W. H., SLEIK, R. J., POLYCH, M. A., McKENZIE, N. C. & BROWN, L. A. (2003): Anxiety alters the attentional demands for locomotion. *Experimental Brain Research*, 150, 385-394
- GAJEWSKI, P. D., WILD-WALL, N., HOFFMANN, S. & FALKENSTEIN, M. (2009): Ereigniskorrelierte Potenziale: Ansatz, Parametrisierung und Analyseverfahren. *Neuroforum*, 4, 124-129
- GASER, C. & SCHLAUG, G. (2003): Gray matter differences between musicians and nonmusicians. *Neurosciences and Music*, 999, 514-517
- GELAU, C., METKER, T. & TRÄNKLE, U. (1992): Driving related tasks of the elderly. *Proceedings of the Conference Road Safety in Europe*, Berlin, Germany, September 30 October 2 1992. Linköping, Sweden: VTI rapport Nr. 380A, Part 3
- GITELMAN, D. R., NOBRE, A. C., PARRISH, T. B., LABAR, K. S., KIM, Y. H., MEYER, J. R. & MESULAM, M. (1999): A large-scale distributed

- network for covert spatial attention: Further anatomical delineation based on stringent behavioral and cognitive controls. *Brain*, 122, 1093-1106
- GOLZ, D., HUCLER, S., JÖRG, A. & KÜST, J. (2004): Beurteilung der Fahreignung. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 15 (3), 157-167
- GRACE, J., AMICK, M. M., D'ABREU, A., FESTA, E. K., HEINDEL, W. C. & OTT, B. R. (2005): Neuropsychological deficits associated with driving performance in Parkinson's and Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11, 766-775
- GREENWOOD, P. & PARASURAMAN, R. (1991): Effects of aging on the speed and attentional cost of cognitive operations. *Developmental Neuropsychology*, 7, 421-434
- GREIßINGER, G. (2003): Juristische Aspekte der Verkehrsteilnahme älterer Menschen. *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 16 (3), 141-148
- GROBER, E., HALL, C., LIPTON, R. B. & TERESI, J. A. (2008): Primary care screen for early dementia. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56, 206-213
- GUNSTAD, J., COHEN, R. A., PAUL, R. H., LUYSTER, F. S. & GORDON, E. (2006): Age effects in time estimation: relationship to frontal brain morphometry. *Journal of Integral Neurosciences*, 5, 75-87
- HAHN, M., FALKENSTEIN, M. & WILD-WALL, N. (2010): Age-related performance differences in compensatory tracking under a dual task condition. *Occupational Ergonomics*, 9, 75-86
- HAKAMIES-BLOMQUIST, L. (2006): Are there safe and unsafe drivers? *Transportation Research Part F*, 9 (5), 347-352
- HAKAMIES-BLOMQUIST, 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
- HAKAMIES-BLOMQUIST, L., WIKLUND, M. & HENRIKSSON, P. (2005): Predicting older drivers' accident involvement – Smeed's law revisited. *Accident Analysis & Prevention*, 37 (4), 675-680
- HASHER, L., STOLTZFUS, E. R., ZACKS, R. & RYMBA, B. (1991): Age and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17:163-169
- HEDDEN, T. (2007): Imaging cognition in the aging human brain. In: D. R. RIDDLE (Ed.), *Brain aging*, 251-278. New York: CRC Press
- HEIN, G. & SCHUBERT, T. (2004): Aging and input processing in dual task situations. *Psychology and Aging*, 19, 416-432
- HENZ, D. (2009): Visuelle und kinästhetische Informationen bei der Lösung von motorischen Arbeitsgedächtnisaufgaben. *Fachbereich 02 – Sozialwissenschaften, Medien und Sport der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz*
- HOLTE, H. & ALBRECHT, M. (2004): Verkehrsteilnahme und -erleben im Straßenverkehr bei Krankheit und Medikamenteneinnahme. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 162*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- HOMMEL, B., LI, K. Z. & LI, S. C. (2004): Visual search across the life span. *Developmental Psychology*, 40, 545-558
- HORREY, W. J., LESCH, M. F. & GARABET, A. (2009): Dissociation between driving performance and drivers' subjective estimates of performance and workload in dual-task conditions. *Journal of Safety Research*, 40, 7-12
- HORSWILL, M. S., PACHANA, N. A., WOOD, J., MARRINGTON, S. A., McWILLIAM, J. & McCULLOUGH, C. M. (2009): A comparison of the hazard perception ability of matched groups of healthy drivers aged 35 to 55, 65 to 74, and 75 to 84 years. *Journal of the International Neuropsychological Society* 15 (5), 799-802
- HUXHOLD, O., SCHÄFER, S. & LINDENBERGER, U. (2009): Wechselwirkungen zwischen Sensorik und Kognition im Alter: Überblick über ein internationales Forschungsfeld. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 42, 93-98
- Infas und DLR (2010): *Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht. Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends*. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (FE-Nr. 70.801/2006). Bonn und Berlin

- INOUE, M., SUHARA, T., SUDO, Y., OKUBO, Y., YASUNO, F., KISHIMOTO, YOSHIKAWA, K. & TANADAS, S. (2001): Age-related reduction of extrastriatal dopamine D2 receptor measured by PET. *Life Sciences*, 69, 1079-1084
- ISLAM, S. & MANNERING, F. (2006): Driver aging and its effect on male and female single-vehicle accident injuries: Some additional evidence. *Journal of Safety Research*, 37, 267-276
- JANKE, M. K. (1994): Mature driver improvement program in California. *Transportation Research Program*, 1438, 77-83
- JURKOWSKI, A. J., STEPP, E. & HACKLEY, S. A. (2005): Variable foreperiod deficits in Parkinson's disease: dissociation across reflexive and voluntary behaviors. *Brain and Cognition*, 58, 49-61
- JUSTISS, M. D., MANN, W. C., STAV, W. & VELOZO, C. (2006): Development of a behind-the-wheel driving performance assessment for older adults. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 22 (2), 121-128
- KAASINEN, V., VILKMAN, H., HIETALA, J., NÄGREN, K., HELENIUS, H., OLSSON, H. FARDE, L. & RINNE, J. (2000): Age-related dopamine D2/D3 receptor loss in extrastriatal regions of the human brain. *Neurobiology of Aging*, 21, 683-688
- KAISER, H. J. & OSWALD, W. D. (2000): Autofahren im Alter – eine Literaturanalyse. *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 13, 131-170
- KARANIKAS, K. (2006): Adaptation der muskulären Kraftfähigkeiten sowie der Gang- und Laufkinematik nach einer vorderen Kreuzbandrekonstruktion bzw. Kreuzbandverletzung. Institut für Biomechanik und Orthopädie der Deutschen Sporthochschule Köln
- KAPLAN, G. A. (1995): Where do shared pathways lead – Some reflections on a research agenda. *Psychosomatic Medicine*, 57, 208-212
- KARBACH, J. & KRAY, J. (2009): How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, 12, 978-990
- KASTNER, S. & UNGERLEIDER, L. G. (2000): Mechanisms of visual attention in the human cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 315-341
- KESKINEN, E., OTA, H. & KATILA, A. (1998): Older drivers fail in intersections: Speed discrepancies between older and younger male drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (3), 323-330
- KETCHAM, C. J., SEIDLER, R. D., van GEMMERT, A. W. A. & STELMACH, G. E. (2002): Age-related kinematic differences as influenced by task difficulty, target size and movement amplitude. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 57 (1), 54-64
- KETCHAM, C. J. & STELMACH, G. E. (2004): Movement control in the older adult. In: R. W. PEW & S. B. V. HEMEL (Eds.), *Technology for adaptive aging*, 64-92. Washington DC: National Academies Press
- KIM, K., LI, L., RICHARDSON, J. & NITZ, L. (1998): Drivers at fault: Influences of age, sex, and vehicle type. *Journal of Safety Research*, 29 (3), 171-179
- KLEMENJAK, W. (2006): Akute und chronische Beeinträchtigungen von Kraftfahrern. Ergebnisse des EU-Projektes IMMORTAL. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 52 (2), 62-64
- KLÖPPEL, S., DRAGANSKI, B., SIEBNER, H. R., TABRIZI, S. J., WEILLER, C. & FRACKOWIAK, R. S. J. (2009): Functional compensation of motor function in pre-symptomatic Huntington's disease. *Brain: A Journal of Neurology*, 132 (6), 1624-1632
- KNIELING, M., METZ, G. A., ANTONOW-SCHLORKE, I. & WITTE, O. W. (2009): Enriched environment promotes efficiency of compensatory movements after cerebral ischemia in rats. *Neuroscience*, 163 (3), 759-769
- KOCH, G., BRUSA, L., OLIVERI, M., STANZIONE, P. & CALTAGIRONE, C. (2005): Memory for time intervals is impaired in left hemi-Parkinson patients. *Neuropsychologia*, 43, 1163-1167
- KOLB, B. & WISHAW, I. Q. (1996): *Fundamentals of human neuropsychology*. W. H. Freeman and Company New York. 1996. 4<sup>th</sup> Edition

- KORNER-BITENSKY, N., KUA, A., von ZWECK, C. & van BENTHEM, K. (2009): Older driver retraining: An updated systematic review of evidence of effectiveness. *Journal of Safety Research*, 40, 105-111
- KRAMER, A. F., HAHN, S., COHEN, N. J., BANICH, M. T., McAULEY, E., HARRISON, C. R., CHASON, J., VAKIL, E., BARDELL, L., BOILEAU, R. A. & COLCOMBE, A. (1999): Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, 400, 418-419
- KRAMER, A. F., LARISH, J. F. & STRAYER, D. L. (1995): Training for attentional control in dual-task settings – A comparison of young and old adults. *Journal of Experimental Psychology Applied*, 1, 50-76
- KRAMPE, R. T., RAPP, M. A., BONDAR, A. & BALTES, P. B. (2003): Selektion, Optimierung und Kompensation in Doppelaufgaben. *Der Nervenarzt*, 74 (3), 211-218
- KROJ, G. & PFEIFFER, G. (1973): *Der Kölner Fahrverhaltens-Test (K-F-V-T)*. Frankfurt am Main: Dr. Arthur Tetzlaff Verlag
- KUA, A., KORNER-BITENSKY, N., DESROSIERS, J., MAN-SON-HING, M. & MARSHALL, S. (2007): Older driver retraining: A systematic review of evidence of effectiveness. *Journal of Safety Research*, 38, 81-90
- KUBITZKI, J. & JANITZEK, T. (2009): *Sicherheit und Mobilität älterer Verkehrsteilnehmer*. München: Allianz Deutschland AG
- LABOUVIEVIEF, G. & GONDA, J. N. (1976): Cognitive strategy training and intellectual performance in elderly. *Journals of Gerontology*, 31, 327-332
- LACKNER, J. R. & DIZIO, P. (2005): Motor control and learning in altered dynamic environments. *Current Opinion in Neurobiology*, 15 (6), 653-659
- LAFONT, S., LAUMON, B., HELMER, C., DARTIGUES, J.-F. & FABRIGOULE, C. (2008): Driving cessation and self-reported car crashes in older drivers: The impact of cognitive impairment and dementia in a population-based study. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 21 (3), 171-182
- LANG, A. E. & LOZANO, A. M. (1998): Parkinson's disease – First of two parts. *New England Journal of Medicine*, 339, 1044-1053
- LANG, F. R., RIECKMANN, N. & BALTES, M. M. (2002): Adapting to aging losses: Do resources facilitate strategies of selection, compensation, and optimization in everyday functioning? *The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 57, 501-509
- LANGENECKER, S. A., NIELSON, K. A. & RAO, S. M. (2004): fMRI of healthy older adults during Stroop interference. *Neuroimage*, 21, 192-200
- LANGFORD, J. & KOPPEL, S. (2006a): The case for and against mandatory age-based assessment of older drivers. *Transportation Research Part F*, 9, 353-362
- LANGFORD, J. & KOPPEL, S. (2006b): Epidemiology of older driver crashes – Identifying older driver risk factors and exposure patterns. *Transportation Research Part F*, 9, 309-321
- LANGFORD, J., KOPPEL, S., McCARTHY, D. & SRINIVASAN, S. (2008): In defence of the 'low-mileage bias'. *Accident Analysis & Prevention*, 40 (6), 1996-1999
- LANGFORD, J., METHORST, R. & HAKAMIES-BLOMQUIST, L. (2006): Older drivers do not have a high crash-risk – A replication of low mileage bias. *Accident Analysis & Prevention*, 38, 574-578
- LAURA, K. M., DONORFIO, L. A., D'AMBROSIO, J. F. & COUGHLIN, M. M. (2009): To drive or not to drive, that isn't the question – the meaning of self-regulation among older drivers. *Journal of Safety Research*, 40, 221-226
- LEFRANCOIS, R. & D'AMOURS, M. (1997): Exposure and risk factors among elderly drivers: A case-control study. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (3), 267-275
- LEPLOW, B. (2007): *Fortschritte der Psychotherapie: Parkinson*. Göttingen: Hogrefe
- LEVIN, M. F., DESROSIERS, J., BEAUCHEMIN, D., BERGERON, N. & ROCHETTE, A. (2004): Development and validation of a scale for rating

- motor compensations used for reaching in patients with hemiparesis: The reaching performance scale. *Physical Therapy*, 84 (1), 8-22
- LI, K. Z. H. & LINDENBERGER, U. (2002): Relations between aging and sensory/sensorimotor and cognitive functions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26, 777-783
- LI, K. Z. H., LINDENBERGER, U., FREUND, A. M. & BALTES, P. B. (2001): Walking while memorizing: Age-related differences in compensatory behavior. *Psychological Science*, 12, 230-237
- LINDENBERGER, U., MARSISKE, M. & BALTES, P. B. (2000): Memorizing while walking: Increase in dual-task costs from young adulthood to old age. *Psychology and Aging*, 15, 417-436
- LOCKHART, T. E., SMITH, J. L. & WOLDSTAD, J. C. (2005): Aging and the biomechanics of slips and falls. *Human Factors*, 47 (4), 708-729
- LOOSE, R., KAUFMANN, C., AUER, D. P. & LANGE, K. W. (2003): Human prefrontal and sensory cortical activity during divided attention tasks. *Human Brain Mapping*, 18, 249-259
- LORENZO-LOPEZ, L., AMENEDO, E., PASCUAL-MARQUI, R. D. & CADAVEIRA, F. (2008): Neural correlates of age-related visual search decline: a combined ERP and sLORETA study. *Neuroimage*, 41, 511-524
- LUKAS, A. & NIKOLAUS, T. (2009): Driving ability and dementia. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 42, 205-211
- LUNDBERG, C. & HAKAMIES-BLOMQVIST, L. (2003): Driving tests with older patients: effect of unfamiliar versus familiar vehicle. *Transportation Research Part F*, 6, 163-173
- LUSTIG, C., SHAH, P., SEIDLER, R. & REUTER-LORENZ, P. A. (2009): Aging, training, and the brain: A review and future directions. *Neuropsychology Review*, 19, 504-522
- MADDEN, D. J., GOTTLÖB, L. R., ALLEN, P. A. (1999): Adult age differences in visual search accuracy: Attentional guidance and target detectability. *Psychology and Aging*, 14, 683-694
- MADDEN, D. J., SPANIOL, J., WHITING, W. L., BUCUR, B., PROVENZALE, J. M., CABEZA, R., WHITE, L. E. & HUETTEL, S. A. (2007): Adult age differences in the functional neuroanatomy of visual attention: a combined fMRI and DTI study. *Neurobiology of Aging*, 28, 459-476
- MADDEN, D. J., TURKINGTON, T. G., PROVENZALE, J. M., HAWK, T. C. & HOFFMAN, J. M. (1997): Selective and divided visual attention: Age-related changes in regional cerebral blood flow measured by (H<sub>2</sub>O)-O-15 PET. *Human Brain Mapping*, 5, 389-409
- MADDEN, D. J., WHITING, W. L., HUETTEL, S. A., WHITE, L. E., MacFALL, J. R. & PROVENZALE, J. M. (2004): Diffusion tensor imaging of adult age differences in cerebral white matter: relation to response time. *Neuroimage*, 21, 1174-1181
- MADEA, B., MUSSHOF, F. & BERGHAUS, G. (2006): *Verkehrsmedizin. Fahreignung, Fahr-sicherheit, Unfallrekonstruktion*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag
- MAGUIRE, E. A., SPIERS, H. J., GOOD, C. D., HARTLEY, T., FRACKOWIAK, R. S. J. & BURGESS, N. (2003): Navigation expertise and the human hippocampus: A structural brain imaging analysis. *Hippocampus*, 13, 250-259
- MAN-SON-HING, M., MARSHALL, S. C., MOLNAR, F. J. & WILSON, K. G. (2007): Systematic review of driving risk and the efficacy of compensatory strategies in persons with dementia. *Journal of the American Geriatrics Society*, 55, 878-884
- MARMELEIRA, J. F., GODINHO, M. B. & FERNANDES, O. M. (2009): The effects of an exercise program on several abilities associated with driving performance in older adults. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 90-97
- MAROTTOLI, R. A., ALLORE, H., ARAUJO, K. L. B., IANNONE, L. P., ACAMPORA, D., GOTTSCHALK, M., CHARPENTIER, P., KASL, S. & PEDUZZI, P. (2007a): A randomized trial of a physical conditioning program to enhance the driving performance of older persons. *Journal of General Internal Medicine*, 22, 590-597
- MAROTTOLI, R. A., de LEON, C. F. M., GLASS, T. A., WILLIAMS, C. S., COONEY, L. M. & BERKMAN, L. F. (2000): Consequences of driving cessation: Decreased out-of-home

- activity levels. *Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 55, 334-340
- MAROTTOLI, R. A., RICHARDSON, E. D., STOWE, M. H., MILLER, E. G., BRASS, L. M., COONEY, L. M. Jr. & TINETTI, M. E. (1998): Development of a test battery to identify older drivers at risk for self-reported adverse driving events. *Journal of the American Geriatric Society*, 46, 562-568
- MAROTTOLI, R. A., van NESS, P. H., ARAUJO, K. L. B., IANNONE, L. P., ACARNPORA, D., CHARPENTIER, P. & PEDUZZI, P. (2007b): A Randomized trial of an education program to enhance older driver performance. *Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 62, 1113-1119
- McCORMACK, T., BROWN, G. D., MAYLOR, E. A., DARBY, R. J. & GREEN, D. (1999): Developmental changes in time estimation: comparing childhood and old age. *Developmental Psychology*, 35, 1143-55
- McCOY, P. T., TARAWNEH, M. S., BISHU, R. R., ASHMAN, R. D. & FOSTER, B. G. (1993): Evaluation of countermeasures for improving driving performance of older drivers. *Transportation Research Record*, 1405, 72-80
- McDOWD, J. M. (1986): The effects of age and extended practice on divided attention performance. *Journals of Gerontology*, 41, 764-769
- McDOWELL, S., WHYTE, J. & D'ESPOSITO, M. (1997): Working memory impairments in traumatic brain injury: Evidence from a dual-task paradigm. *Neuropsychologia*, 35, 1341-1353
- MECK, W. H. & BENSON, A. M. (2002): Dissecting the brain's internal clock: How frontal-striatal circuitry keeps time and shifts attention. *Brain and Cognition*, 48, 195-211
- MEINDORFNER, C., KORNER, Y., MOLLER, J. C., STIASNY-KOLSTER, K., OERTEL, G. H. & KRUGER, H. P. (2005): Driving in Parkinson's disease: Mobility, accidents, and sudden onset of sleep at the wheel. *Movement Disorders*, 20, 832-842
- MELZER, I., MARX, R. & KURZ, I. (2009): Regular exercise in the elderly is effective to preserve the speed of voluntary stepping under single-task condition but not under dual-task condition – A Case-Control Study. *Gerontology*, 55, 49-57
- MERAT, N., ANTTILA, V. & LUOMA, J. (2005): Comparing the driving performance of average and older drivers: The effect of surrogate in-vehicle information systems. *Transportation Research Part F*, 8, 147-166
- MEYER, K. (2006): Körperliche Aktivität im Alter – Mehr Differenzierung in Forschung und Praxis notwendig. *Zeitschrift Prävention und Gesundheitsförderung*, 1 (2), 140-144
- 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 (Eds.), *Human behavior and traffic safety*, 485-524. New York: Plenum Press
- MILHAM, M. P., ERICKSON, K. I., BANICH, M. T., KRAMER, A. F., WEBB, A., WSZALEK, T. & COHEN, N. J. (2002): Attentional control in the aging brain: Insights from an fMRI study of the stroop task. *Brain and Cognition*, 49, 277-296
- MINATI, L., GRISOLI, M. & BRUZZONE, M. G. (2007): MR spectroscopy, functional MRI, and diffusion-tensor imaging in the aging brain: A conceptual review. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 20, 1, 3-20
- MINKLER, M. & FADEM, P. (2002): Successful aging: A disability perspective. *Journal of Disability Policy Studies*, 12, 229-235
- MIX, S., LÄMMLER, G. & STEINHAGEN-THIENSEN, E. (2004): Fahreignung bei Demenz: Eine Herausforderung für neuropsychologische Diagnostik und Beratung. *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 17 (2), 97-108
- MÜNTE, T. F. (2009): Neuropsychologische Defizite bei Demenzerkrankungen. In: W. STURM, M. HERRMANN & T. F. MÜNTE, *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie*, 726-739. Heidelberg: Spektrum
- NASVADI, G. E. & VAVRIK, J. (2007): Crash risk of older drivers after attending a mature driver education program. *Accident Analysis and Prevention*, 39, 1073-1079
- NIELSON, K. A., LANGENECKER, S. A. & GARAVAN, H. P. (2002): Differences in the functional neuroanatomy of inhibitory control

- across the adult life span. *Psychology and Aging*, 17, 56-71
- NORLUND, A., ROLSTAD, S., HELLSTRÖN, P., SJÖGREN, M., HANSEN, S. & WALLIN, A. (2005). The Göteborg MCI study: mild cognitive impairment is a heterogeneous condition. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 76, 1485-1490
- NYBERG, L., SANDBLOM, J., JONES, S., NEELY, A. S., PETERSSON, K. M., INGVAR, M. & BÄCKMAN, L. (2003): Neural correlates of training-related memory improvement in adulthood and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 13728-13733
- ONTON, J., DELORME, A. & MAKEIG, S. (2005): Frontal midline EEG dynamics during working memory. *Neuroimage*, 27, 341-356
- Organisation for economic co-operation and development (2001): Ageing and transport. Mobility needs and safety issues. OECD publication service. Paris
- OSTROW, A. C., SHAFFRON, P. & McPHERSON, K. (1992): The effects of a joint range-of-motion physical-fitness training-program on the automobile driving skills of older adults. *Journal of Safety Research*, 23, 207-219
- OSWALD, W. D. & FLEISCHMANN, U. M. (1999): *Nürnberger-Alters-Inventar*. Göttingen: Hogrefe
- OWSLEY, C., MCGWIN, G., PHILLIPS, J. M., McNEAL, S. F. & STALVEY, B. T. (2004): Impact of an educational program on the safety of high-risk, visually impaired, older drivers. *American Journal of Preventive Medicine*, 26, 222-229
- OWSLEY, C., STALVEY, B. T. & PHILLIPS, J. M. (2003): The efficacy of an educational intervention in promoting self-regulation among high-risk older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 393-400
- PAGNONI, G. & CEKIC, M. (2007): Age effects on gray matter volume and attentional performance in Zen meditation. *Neurobiology of Aging*, 28, 1623-1627
- PERSSON, J., NYBERG, L., LIND, J., LARSSON, A., NILSSON, L. G., INGVAR, M. & BRUCKNER, R. L. (2006): Structure-function correlates of cognitive decline in aging. *Cerebral Cortex*, 16, 907-915
- PERSSON, J., SYLVESTER, C. Y., NELSON, J. K., WELSH, K. M., JONIDES, J. & REUTERLORENZ, P. A. (2004): Selection requirements during verb generation: Differential recruitment in older and younger adults. *Neuroimage*, 23, 1382-1390
- PFEFFERBAUM, A., SULLIVAN, E. V., ROSENBLUM, M. J., MATHALON, H. & LIM, K. O. (1998): A controlled study of cortical gray matter and ventricular changes in alcoholic men over a 5-year interval. *Archives of General Psychiatry*, 55, 905-912
- PFLÜGER, M. & GSCHWANDTNER, U. (2003): *Klinische Untersuchungsverfahren: Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP), Version 1.7*. (2002), Herzogenrath: PSYTEST Verlag. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie*, 32 (2), 155-157
- PHILLIPS, L. H., KLIEGEL, M., MARTIN, M. (2006): Age and planning tasks: the influence of ecological validity. *International Journal of Aging and Human Development*, 62 (2), 175-184
- PLATZ, T. (2004): Motor system recovery: Evidence from animal experiments, human functional imaging and clinical studies. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 22, 137-142
- PODSIADLO, D. & RICHARDSON, S. (1991): The timed "up & go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatric Society*, 39 (2), 142-148
- POLLMANN, S., WEIDNER, R., HUMPHREYS, G. W., OLIVERS, C. N., MULLER, K., LOHMANN, G., WIGGINS, C. J. & WATSON, D. G. (2003): Separating distractor rejection and target detection in posterior parietal cortex-an event related fMRI study of visual marking. *Neuroimage*, 18, 310-323
- POSCHADEL, S., BÖNKE, D., BLÖBAUM, A. & RABCZINSKI, S. (2012): Trainierbarkeit der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer im Realverkehr: Eine kontrollgruppenbasierte Eva-

- lationsstudie. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Forschungsergebnisse für die Praxis. TÜV Media: Köln
- POSCHADEL, S., FALKENSTEIN, M., PAPPACHAN, P., POLL, E. & WILLMES von HINCKELDEY, K. (2009): Testverfahren zur psychometrischen Leistungsprüfung der Fahreignung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 203. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- POSCHADEL, S. & SOMMER, S. (2007): Anforderungen an die Gestaltung von Fahrtrainings für ältere Kraftfahrer – Machbarkeitsstudie. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Forschungsergebnisse für die Praxis, Bd. 1. TÜV Media: Köln
- POTTGIEßER, S., KLEINEMAS, U., DOHMES, K., SPIEGEL, L., SCHÄDLICH, M. & RUDINGER, G. (im Druck). Profile von Senioren mit Autounfällen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- PSYTEST. (o. J.). Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung – Version Mobilität (TAP-M). [[http://www.psytest.net/index.php?page=Visuelles-Scanning\\_tapm](http://www.psytest.net/index.php?page=Visuelles-Scanning_tapm); 14.06.11]
- RABBITT P. M. (1966): Errors and error correction in choice reaction tasks. *Journal of Experimental Psychology*, 71, 264-272
- RAPP, M. A., KRAMPE, R. T. & BALTES, P. B. (2006): Adaptive task prioritization in aging: selective resource allocation to postural control is preserved in Alzheimer disease. *American Journal of Geriatric Psychiatry*, 14 (1), 52-61
- RASCH, D., KUBINGER, K. D. & MODER, K. (2009): The two-sample t test: pre-testing its assumptions does not pay off. *Statistical Papers*, 52 (1), 219-231
- RAZ, N. (2000): Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings. In: F. I. M. CRAIK & T. A. SALTHOUSE (Eds.), *The handbook of aging and cognition*, 1-90. Mahwah, NJ: Erlbaum
- RAZ, N. (2005): The aging brain observed in vivo: Differential changes and their modifiers. In: R. CABEZA, NYBERG, L. & PARK, D. (Eds.), *Cognitive neuroscience of aging*, 19-57. New York: Oxford University Press
- RAZ, N., LINDENBERGER, U., RODRIGUE, K. M., KENNEDY, K. M., HEAD, D., WILLIAMSON, A., DAHLE, C., GERSTORF, D. & ACKER, J. D. (2005): Regional brain changes in aging healthy adults: General trends, individual differences and modifiers. *Cerebral Cortex*, 15, 1676-1689
- RAZ, N., RODRIGUE, K. M., KENNEDY, K. M., HEAD, D., GUNNING-DIXON, F. & ACKER, J. D. (2003): Differential aging of the human striatum: longitudinal evidence. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, 24, 1849-1856
- REBOK, G. W., CARLSON, M. C. & LANGBAURN, J. B. S. (2007): Training and maintaining memory abilities in healthy older adults: Traditional and novel approaches. *Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 62, 53-61
- RESNICK, S. M., PHAM, D. L., KRAUT, M. A., ZONDERMAN, A. B. & DAVATZIKOS, C. (2003): Longitudinal magnetic resonance imaging studies of older adults: A shrinking brain. *Journal of Neuroscience*, 23, 3295-3301
- REUTER-LORENZ, P. A. & CAPPELL, K. A. (2008): Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 17 (3), 177-182
- RICHARDS, E., BENNETT, P. J. & SEKULER, A. B. (2006): Age related differences in learning with the useful field of view. *Vision Research*, 46, 4217-4231
- RIMMÖ, P.-A. & HAKAMIES-BLOMQVIST, L. (2002): Older drivers' aberrant driving behaviour, impaired activity, and health as reasons for self-imposed driving limitations. *Transportation Research Part F*, 5, 47-62
- RINKENAUER, G. (2007): Motorische Leistungsfähigkeit im Alter. In: B. SCHLAG (Hrsg.), *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter*, Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Mobilität und Alter, Bd. 3, 143-180. Köln: TÜV-Verlag
- RINNE, J. O., SAHLBERG, N., RUOTTINEN, H., NAGREN, K. & LEHIKONEN, P. (1998): Striatal uptake of the dopamine reuptake ligand [<sup>11</sup>C]beta-CFT is reduced in Alzheimer's disease assessed by positron emission tomography. *Neurology*, 50, 152-156

- ROBY-BRAMI, A., FEYDY, A., COMBEAUD, M., BIRYUKOVA, E. V., BUSSEL, B. & LEVIN, M. F. (2003): Motor compensation and recovery for reaching in stroke patients. *Acta Neurologica Scandinavica*, 107, 369-381
- ROENKER, D. L., CISSELL, G. M., BALL, K. K., WADLEY, V. G. & EDWARDS, J. D. (2003): Speed-of-processing and driving simulator training result in improved driving performance. *Human Factors*, 45, 218-233
- ROGERS, R. L., MEYER, J. S. & MORTEL, K. F. (1990): After reaching retirement age physical activity sustains cerebral perfusion and cognition. *Journal of the American Geriatrics Society*, 38, 123-128
- ROMOSER, M. R. E. & FISHER, D. L. (2009): The effect of active versus passive training strategies on improving older drivers' scanning in intersections. *Human Factors*, 51, 652-668
- ROSENBLOOM, S. (1995): Travel by the elderly. In: Demographic Special reports, NPTS 1990, Demographic Special Reports, Washington D. C.: U. S. Department of Transportation
- ROSENBLOOM, S. (2001): Sustainability and automobility among the elderly: An international assessment. *Transportation*, 28, 375-408
- ROSS, L. A., CLAY, O. J., EDWARDS, J. D., BALL, K. K., WADLEY, V. G., VANCE, D., CISSELL, G. M., ROENKER, D. L. & JOYCE, J. J. (2009): Do older drivers at risk for crashes modify their driving over time? *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 64, 163-170
- RUBIN, G. S., NG, E. S., BANDEEN-ROCHE, K., KEYL, P. M., FREEMAN, E. E. & WEST, S. K. (2007): A prospective, population-based study of the role of visual impairment in motor vehicle crashes among older drivers: The SEE study. *Investigative ophthalmology & visual science*, 48, 1483-1491
- SALTHOUSE, T. A. (1984): Effects of age and skill in typing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 13, 345-371
- SALTHOUSE, T. A. (1992): What do adult age differences in the Digit Symbol Substitution Test reflect? *Journals of Gerontology*, 47 (3), 121-128
- SCHADE, F.-D. (Hrsg.) (2008): Der Kraftfahrer in der zweiten Lebenshälfte: Verkehrsteilnahme und Verkehrsauffälligkeit. Wiesbaden: VS Research
- SCHAIK, K. W. & WILLIS, S. L. (1986): Can decline in adult intellectual functioning be reversed. *Developmental Psychology*, 22, 223-232
- SCHANDRY, R. (2006). *Biologische Psychologie* (2. Aufl). Weinheim: Psychologie Verlags Union
- SCHLAG, B. (1990): Empirische Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit älterer Kraftfahrer. *Zeitschrift für Gerontologie*, 23, 260-266
- SCHLAG, B. (1993): Elderly drivers in Germany: Fitness and driving behavior. *Accident Analysis and Prevention*, 25, 47-55
- SCHLAG, B. (Hrsg.) (2008): Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Mobilität und Alter, Bd. 3. Köln: TÜV Media
- SCHMIDT-ATZERT, L., BÜTTNER, G. & BÜHNER, M. (2004): Theoretische Aspekte von Aufmerksamkeits-/Konzentrationsdiagnostik. In: G. BÜTTNER & L. SCHMIDT-ATZERT (Hrsg.), Diagnostik von Konzentration und Aufmerksamkeit, 3-22. Göttingen: Hogrefe
- SCHNEIDER, B. A., PICHORA-FULLER, M. K. (2000): Implications of perceptual deterioration for cognitive aging research. In: F. I. M. CRAIK, T. A. SALTHOUSE (Eds.), *The handbook of aging and cognition*, 2<sup>nd</sup> edition, 155-219. New Jersey: Erlbaum
- SHEPHARD, R. J. (1997): Aging, physical activity, and health. Champaign, Illinois: Human Kinetics
- SIMOES, A. (2003): The cognitive training needs of older drivers. *Recherche – Transports – Sécurité*, 79-80, 145-155
- SIMS, R. V., MCGWIN, G. Jr., ALLMAN, R. M., BALL, K. & OWSLEY, C. (2000): Exploratory study of incident vehicle crashes among older drivers, 55, M22-27
- SINGH, R., PENTLAND, B., HUNTER, J. & PROVAN, F. (2007): Parkinson's disease and driving ability. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 78, 363-366

- SOLBAKK, A. K., FUHRMANN, A. G., FURST, A. J., HALE, L. A., OGA, T., CHETTY, S., PICKARD, N. & KNIGHT, R. T. (2008): Altered prefrontal function with aging: Insights into age-associated performance decline. *Brain Research*, 1232, 30-47
- SOMMER, S., FALKMER, T., BEKIARIS, E., PANOU, M. (2004): Toward a client-centred approach to fitness-to-drive assessment of elderly drivers. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 11, 62-69
- SPIRDUSO, W. W. (1975): Reaction and movement time as a function of age and physical activity level. *Journal of Gerontology*, 30 (4), 435-440
- SPIRDUSO, W. W. (1995): Physical dimensions of aging. Champaign, Illinois: Human Kinetics
- STALVEY, B. T. & OWSLEY, C. (2003): The development and efficacy of a theory-based educational curriculum to promote self-regulation among high-risk older drivers. *Health Promotion Practice*, 4, 109-119
- STAPLIN, L., GISH, K. W. & JOYCE, J. (2008): 'Low mileage bias' and related policy implications – A cautionary note. *Accident Analysis & Prevention*, 40 (3), 1249-1252
- STAPLIN, L., LOCOCO, K., GISH, K. & DECINA, L. (2003): Model driver screening and evaluation program – Final Technical Report, Volume 2, Maryland Pilot Older Driver Study (No. DOT HS 809 583). Washington, D. C.: U. S. Department of Transportation
- Statistisches Bundesamt (2010): Bevölkerung Deutschlands bis 2050. Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2009a): Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2009b): Unfallgeschehen auf deutschen Straßen. Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2009c): Unfälle von Senioren im Straßenverkehr 2008. Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2003): Bevölkerung Deutschlands bis 2050. 10. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2003): Unfallgeschehen im Straßenverkehr 2002. Wiesbaden
- STAV, W. B., JUSTISS, M. D., MCCARTHY, D. P., MANN, W. C. & LANFORD, D. C. (2008): Predictability of clinical assessments for driving performance. *Journal of Safety Research*, 39, 1-7
- STERNS, H. L., BARRETT, G. V., CZAJA, S. J. & BARR, J. K. (1994): Issues in Work and Aging. *Journal of Applied Gerontology*, 13, 1, 7-19
- STOLWYK, R. J., CHARLTON, J. L., TRIGGS, T. J., IANSEK, R. & BRADSHAW, J. L. (2006): Neuropsychological function and driving ability in people with Parkinson's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28, 898-913
- STURM, W. (2009): Aufmerksamkeitsstörungen. In: W. STURM, M. HERRMANN & T. F. MÜNTE, *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie*, 421-443. Heidelberg: Spektrum
- STURM, M., HERRMANN, M. & MÜNTE, T. F. (2009): *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (2. Auflage). Heidelberg: Spektrum
- STUSS, D. T., ALEXANDER, M. P., SHALLICE, T., PICTON, T. W., BINNS, M. A., MacDONALD, R. BOROWIEC, A. & KATZ, D. I. (2005): Multiple frontal systems controlling response speed. *Neuropsychologia*, 43, 396-417
- STUSS, D. T., ROBERTSON, I. H., CRAIK, F. I. M., LEVINE, B., ALEXANDER, M. P., BLACK, S., DAWSON, D., BINNS, M. A., PALMER, H., DOWNEY-LAMB, M. & WINOCUR, G. (2007): Cognitive rehabilitation in the elderly: A randomized trial to evaluate a new protocol. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13, 120-131
- SWAIN, R. A., HARRIS, A. B., WIENER, E. C., DUTKA, M. V., MORRIS, H. D., THEIEN, B. E., KONDA, S., ENGBERG, K., LAUTERBUR, P. C. & GREENOUGH, W. T. (2003): Prolonged exercise induces angiogenesis and increases cerebral blood volume in primary motor cortex of the rat. *Neuroscience*, 117, 1037-1046
- TRANTER, L. J. & KOUTSTAAL, W. (2008): Age and flexible thinking: An experimental demonstration of the beneficial effects of increased cognitively stimulating activity on fluid intelligence in healthy older adults. *Aging Neuropsychology and Cognition*, 15, 184-207

- THOMPSON-SCHILL, S. L., JONIDES, J., MARSHUETZ, C., SMITH, E. E., D'ESPOSITO, M., KAN, I. P., KNIGHT, R. T. & SWICK, D. (2002): Effects of frontal lobe damage on interference effects in working memory. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 2, 109-120
- TITTLBACH, S. (2002): Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit – Eine prospektive Längsschnittstudie mit Personen im mittleren und späteren Erwachsenenalter. Schorndorf: Hofmann
- TOWNSEND, J., ADAMO, M. & HAIST, F. (2006): Changing channels: an fMRI study of aging and cross-modal attention shifts. *Neuroimage*, 31, 1682-1692
- TÜV Kraftfahrt GmbH, Institut für Verkehrssicherheit, HERBERG, K.-W. (1998): Untersuchung der Entwicklung der sicherheitsrelevanten Leistungsfähigkeit mit dem Lebensalter. Im Auftrag der Eugen-Otto-Butz-Stiftung [www.butz-stiftung.de/12.htm; 14.06.11]
- UC, E. Y., RIZZO, M., SHI, Q., ANDERSON, S. W., RODNITZKY, R. L. & DAWSON, J. D. (2005): Visual dysfunction in Parkinson disease without dementia. *Neurology*, 65 (12), 1907-1913
- VALLESI, A., McINTOSH, A. R., SHALLICE, T. & STUSS, D. T. (2009): When time shapes behavior: fMRI evidence of brain correlates of temporal monitoring. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 1116-1126
- VALLESI, A., McINTOSH, A. R. & STUSS, D. T. (2009): Temporal preparation in aging: A functional MRI study. *Neuropsychologia*, 47, 2876-2881
- VANCE, D. E., ROENKER, D. L., CISELL, G. M., EDWARDS, J. D., WADLEY, V. G. & BALL, K. K. (2006): Predictors of driving exposure and avoidance in a field study of older drivers from the state of Maryland. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 823-831
- van DYCK, C. H., SEIBYL, J. P., MALISON, R. T., LARUELLE, M., WALLACE, E., ZOGHBI, S. S., ZEA-PONCE, Y., BALDWIN, R. M., CHARNEY, D. S. & HOFFER, P. B. (1995): Age-related decline in striatal dopamine transporter binding with iodine-123-beta-CITSPECT. *Journal of Nuclear Medicine*, 36, 1175-1181
- van HOOREN, S. A. H., VALENTIJN, S. A. M., BOSMA, H., PONDS, R. W. H. M., van BOXTEL, M. P. J., LEVINE, B., ROBERTSON, I. & JOLLES, J. (2007): Effect of a structured course involving goal management training in older adults: A randomised controlled trial. *Patient Education and Counseling*, 65, 205-213
- van PRAAG, H., SHUBERT, T., ZHAO, C. M. & GAGE, F. H. (2005): Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *Journal of Neuroscience*, 25, 8680-8685
- VERHAEGHEN, P., MARCOEN, A. & GOOSSENS, L. (1992): Improving memory performance in the aged through mnemonic training – A meta-analytic study. *Psychology and Aging*, 7, 242-251
- VERHAEGHEN, P., STEITZ, D. W., SLIWINSKI, M. J., CERELLA, J. (2003): Aging and dual-task performance: a meta-analysis. *Psychology and Aging*, 18, 443-60
- VOHN, R., FIMM, B., WEBER, J., SCHNITKER, R., THRON, A., SPIJKERS, W., WILLMES, K. & STURM, W. (2007): Management of attentional resources in within-modal and cross-modal divided attention tasks: an fMRI study. *Human Brain Mapping*, 28, 1267-1275
- VOLKOW, N. D., WANG, G. J., FOWLER, J. S., DING, Y. S., GUR, R. C., GATLEY, J., LOGAN, J., MOBERG, P. J., HITZEMANN, R., SMITH, G. & PAPPAS, N. (1998): Parallel loss of presynaptic and postsynaptic dopamine markers in normal aging. *Annals of Neurology*, 44, 143-147
- WALKER, G. H., STANTON, N. A. & YOUNG, M. S. (2008): Feedback and driver situation awareness (SA): A comparison of SA measures and contexts. *Transportation Research Part F*, 11, 282-299
- WEINAND, M. (1997): Kompensationsmöglichkeiten bei älteren Kraftfahrern mit Leistungsdefiziten. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 77*. Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW
- WELCH, B. L. (1947): The generalization of student's problem when several different population variances are involved. *Biometrika*, 34, 28-35

- WICKENS, C. D. & HOLLAND, J. G. (2000): Engineering psychology and human performance. New Jersey: Prentice Hall
- WILD-WALL, N., FALKENSTEIN, M. & HOHNSBEIN, J. (2008): Flanker interference in young and older participants as reflected in event-related potentials, *Brain Research*, 1211, 72-84
- WILD-WALL, N., HOHNSBEIN, J. & FALKENSTEIN, M. (2007): Effects of ageing on cognitive task preparation as reflected by event-related potentials. *Clinical Neurophysiology*, 118, 558-569
- WILLIS, S. L. & NESSELROADE, C. S. (1990): Long-term effects of fluid ability training in old-old Age. *Developmental Psychology*, 26, 905-910
- WILSCHUT, E. S. & RINKENAUER, G. (2007): Elderly drivers' performance in a lane-change task is vulnerable to increased secondary task complexity. ESCOP, 29. August-1. September 2007 in Marseille, Frankreich [[http://sites.univ-provence.fr/wlpc/escop07\\_2/proceedings\\_ESCOP2007.pdf](http://sites.univ-provence.fr/wlpc/escop07_2/proceedings_ESCOP2007.pdf); 14.06.11]
- WINOCUR, G., PALMER, H., DAWSON, D., BINNS, M. A., BRIDGES, K. & STUSS, D. T. (2007): Cognitive rehabilitation in the elderly: An evaluation of psychosocial factors. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13, 153-165
- WOLDORFF, M. G., HAZLETT, C. J., FICHTENHOLTZ, H. M., WEISSMAN, D. H., DALE, A. M. & SONG, A. W. (2004): Functional parcellation of attentional control regions of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 149-165
- XUEDONG, Y., ESSAM, R. & DAHAI, G. (2007): Effects of major-road vehicle speed and driver age and gender on left-turn gap acceptance. *Accident Analysis and Prevention*, 39, 843-852
- YORDANOVA, J., KOLEV, C., HOHNSBEIN, J. & FALKENSTEIN, M. (2004): Sensorimotor slowing with ageing is mediated by a functional dysregulation of motor-generatiown processes: evidence from high-resolution event-related potenzials, *Brain*, 127, 351-362
- ZESIEWICZ, T. A., CIMINO, C. R., MALEK, A. R., GARDNER, N., LEAVERTON, P. L., DUNNE, P. B. & HAUSER, R. A. (2002): Driving safety in Parkinson's disease. *Neurology*, 59, 1787-1788
- ZIEGELMANN, J. P. & LIPPKE, S. (2007): Use of selection, optimization, and compensation strategies in health self-regulation interplay with resources and successful development. *Journal of Aging and Health*, 19 (3), 500-518
- ZIMMERMANN, P. & FIMM, B. (1993): Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP). Würselen: Psytest
- ZIMMERMANN, P. & FIMM, B. (2002): Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP). Herzogenrath: Psytest
- ZIMMERMANN, P. & FIMM, B. (2002a): Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung. Version 1.7. Herzogenrath: Psytest
- ZIMMERMANN, P. & FIMM, B. (2002b): A test battery for attentional performance. In: M. LECLERCQ & P. ZIMMERMANN (Eds.), *Applied Neuropsychology of Attention. Theory, Diagnosis and Rehabilitation*, 110-151. Hove: Psychology Press
- ZIMMERMANN, P. & FIMM, B. (2004): Die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP). In: G. BÜTTNER, G., SCHMIDT-ATZERT, L. (Hrsg.), *Diagnostik von Konzentration und Aufmerksamkeit*, 177-202. Göttingen: Hogrefe



## Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt  
für Straßenwesen

## Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

## 2005

- M 165: Förderung der Verkehrssicherheit durch differenzierte Ansprache junger Fahrerinnen und Fahrer  
Hoppe, Tekaat, Woltring € 18,50
- M 166: Förderung des Helmtragens Rad fahrender Kinder und Jugendlicher – Analyse der Einflussfaktoren der Fahrradhelmnutzung und ihrer altersbezogenen Veränderung  
Schreckenber, Schlittmeier, Ziesenitz € 16,00
- M 167: Fahrausbildung für Behinderte  
Zawatzky, Dorsch, Langfeldt, Lempp, Mischau € 19,00
- M 168: Optimierung der Fahrerlaubnisprüfung – Ein Reformvorschlag für die theoretische Fahrerlaubnisprüfung  
Bönninger, Sturzbecher € 22,00
- M 169: Risikoanalyse von Massenanfällen bei Nebel  
Debus, Heller, Wille, Dütschke, Normann, Placke, Wallentowitz, Neunzig, Benmimoun € 17,00
- M 170: Integratives Konzept zur Senkung der Unfallrate junger Fahrerinnen und Fahrer – Evaluation des Modellversuchs im Land Niedersachsen  
Stiensmeier-Pelster € 15,00
- M 171: Kongressbericht 2005 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e. V. – 33. Jahrestagung € 29,50
- M 172: Das Unfallgeschehen bei Nacht  
Lerner, Albrecht, Evers € 17,50
- M 173: Kolloquium „Mobilitäts-/Verkehrserziehung in der Sekundarstufe“ € 15,00
- M 174: Verhaltensbezogene Ursachen schwerer Lkw-Unfälle  
Evers, Auerbach € 13,50

## 2006

- M 175: Untersuchungen zur Entdeckung der Drogenfahrt in Deutschland  
Iwersen-Bergmann, Kauert € 18,50
- M 176: Lokale Kinderverkehrssicherheitsmaßnahmen und -programme im europäischen Ausland  
Funk, Faßmann, Zimmermann, unter Mitarbeit von Wasilewski, Eilenberger € 15,00
- M 177: Mobile Verkehrserziehung junger Fahranfänger  
Krampe, Großmann € 15,50
- M 178: Fehlerhafte Nutzung von Kinderschutzsystemen in Pkw  
Fastenmeier, Lehnig € 15,00
- M 179: Geschlechtsspezifische Interventionen in der Unfallprävention  
Kleinert, Hartmann-Tews, Combrink, Allmer, Jüngling, Lobinger € 17,50
- M 180: Wirksamkeit des Ausbildungspraktikums für Fahrlehreranfänger  
Friedrich, Brünken, Debus, Leutner, Müller € 17,00
- M 181: Rennspiele am Computer: Implikationen für die Verkehrssicherheitsarbeit – Zum Einfluss von Computerspielen mit Fahrzeugbezug auf das Fahrverhalten junger Fahrer  
Vorderer, Klimmt € 23,00

M 182: Cannabis und Verkehrssicherheit – Mangelnde Fahreignung nach Cannabiskonsum: Leistungsdefizite, psychologische Indikatoren und analytischer Nachweis  
Müller, Topic, Huston, Stroheck-Kühner, Lutz, Skopp, Aderjan € 23,50 -

M 183: Hindernisse für grenzüberschreitende Rettungseinsätze  
Pohl-Meuthen, Schäfer, Gerigk, Moecke, Schlechtriemen € 17,50 -

## 2007

- M 184: Verkehrssicherheitsbotschaften für Senioren – Nutzung der Kommunikationspotenziale im allgemeinmedizinischen Behandlungsalldag  
Kocherscheid, Rietz, Poppelreuter, Riest, Müller, Rudinger, Engin € 18,50 -
- M 185: 1<sup>st</sup> FERSI Scientific Road Safety Research-Conference  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden € 24,00
- M 186: Assessment of Road Safety Measures  
Erstellt im Rahmen des EU-Projektes ROSEBUD (Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision-Making) € 16,00
- M 187: Fahrerlaubnisbesitz in Deutschland  
Kalinowska, Kloas, Kuhfeld € 15,50
- M 188: Leistungen des Rettungsdienstes 2004/05 – Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2004 und 2005  
Schmiedel, Behrendt € 15,50

## 2008

- M 189: Verkehrssicherheitsberatung älterer Verkehrsteilnehmer – Handbuch für Ärzte  
Henning € 15,00
- M 190: Potenziale zur Verringerung des Unfallgeschehens an Haltestellen des ÖPNV/ÖPSV  
Baier, Benthaus, Klemp, Schäfer, Maier, Enke, Schüller € 16,00 -
- M 191: ADAC/BASt-Symposium "Sicher fahren in Europa" – Referate des Symposiums vom 13. Oktober 2006 in Baden-Baden  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden. € 24,00
- M 192: Kinderunfallatlas  
Neumann-Opitz, Bartz, Leipnitz € 14,50
- M 193: Alterstypisches Verkehrsrisiko  
Schade, Heinzmann € 14,50
- M 194: Wirkungsanalyse und Bewertung der neuen Regelungen im Rahmen der Fahrerlaubnis auf Probe  
Debus, Leutner, Brünken, Skottke, Biermann € 14,50
- M 195: Kongressbericht 2007 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin (DGVM e.V.) – zugleich 50-jähriges Jubiläum der Fachgesellschaft DGVM – 34. Jahrestag € 28,00
- M 196: Psychologische Rehabilitations- und Therapiemaßnahmen für verkehrsauffällige Kraftfahrer  
Follmann, Heinrich, Corvo, Mühlensiep, Zimmermann, Klipp, Bornewasser, Glitsch, Dünkel € 18,50 -
- M 197: Aus- und Weiterbildung von Lkw- und Busfahrern zur Verbesserung der Verkehrssicherheit  
Frühauf, Roth, Schyulla € 15,50
- M 198: Fahreignung neurologischer Patienten – Untersuchung am Beispiel der hepatischen Enzephalopathie  
Knoche € 15,00

## 2009

- M 199: Maßnahmen zur Verbesserung der visuellen Orientierungsleistung bei Fahranfängern  
Müsseler, Debus, Huestegge, Anders, Skottke € 13,50
- M 200: Entwicklung der Anzahl Schwerstverletzter infolge von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland  
Lefering € 13,50
- M 201: Bedeutung der Fahrpraxis für den Kompetenzerwerb beim Fahrenlernen  
Grattenthaler, Krüger, Schoch € 20,00
- M 202: Computergestützte Medien und Fahrsimulatoren in Fahrerlaubnisprüfung, Fahrerweiterbildung und Fahrerlaubnisprüfung  
Weiß, Bannert, Petzoldt, Krems € 16,00
- M 203: Testverfahren zur psychometrischen Leistungsprüfung der Fahreignung  
Poschadel, Falkenstein, Pappachan, Poll, Willmes von Hinckeldey € 16,50 -
- M 204: Auswirkungen von Belastungen und Stress auf das Verkehrsverhalten von Lkw-Fahrern  
Evers € 21,00
- M 205: Das Verkehrsquiz – Evaluationsinstrumente zur Erreichung von Standards in der Verkehrs-/Mobilitätserziehung der Sekundarstufe  
Heidemann, Hufgard, Sindern, Riek, Rudinger € 16,50

## 2010

- M 206: Profile im Straßenverkehr verunglückter Kinder und Jugendlicher  
Holte € 18,50
- M 207: ADAC/BASt-Symposium "Sicher fahren in Europa" nur als CD erhältlich € 24,00
- M 208: Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland  
Baum, Kranz, Westerkamp € 18,00
- M 209: Unfallgeschehen auf Landstraßen – Eine Auswertung der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik  
Heinrich, Pöppel-Decker, Schönebeck, Ulitzsch € 17,50
- M 210: Entwicklung und Evaluation eines Screening-Tests zur Erfassung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer (SCREEMO)  
Engin, Kocherscheid, Feldmann, Rudinger € 20,50
- M 211: Alkoholverbot für Fahranfänger  
Holte, Assing, Pöppel-Decker, Schönebeck € 14,50
- M 212: Verhaltensanweisungen bei Notsituationen in Straßentunneln  
Färber, Färber € 19,00
- M 213: Begleitetes Fahren ab 17 Jahre – Prozessevaluation des bundesweiten Modellversuchs  
Funk, Grüninger, Dittrich, Göbler, Hornung, Kreßner, Libal, Limberger, Riedel, Schaller, Schilling, Svetlova € 33,00 -

## 2011

- M 214: Evaluation der Freiwilligen Fortbildungsseminare für Fahranfänger (FSF) – Wirksamkeitsuntersuchung  
Sindern, Rudinger € 15,50
- M 215: Praktische Fahrerlaubnisprüfung – Grundlagen und Optimierungsmöglichkeiten – Methodische Grundlagen und Möglichkeiten der Weiterentwicklung  
Sturzbecher, Bönninger, Rüdell et al. € 23,50
- M 216: Verkehrserziehungsprogramme in der Lehreraus-/Fortbildung und deren Umsetzung im Schulalltag – Am Beispiel der Moderatorenkurse "EVA", "XpertTalks", "sicherfahren" und "RiSk"  
Neumann-Opitz, Bartz (in Vorbereitung)

- M 217: Leistungen des Rettungsdienstes 2008/09 – Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2008 und 2009  
Schmiedel, Behrendt € 16,50
- M 218: Sicherheitswirksamkeit des Begleiteten Fahrens ab 17. Summative Evaluation  
Schade, Heinzmann € 20,00
- M 219: Unterstützung der Fahrausbildung durch Lernsoftware  
Petzoldt, Weiß, Franke, Krems, Bannert € 15,50

## 2012

- M 220: Mobilitätsstudie Fahranfänger – Entwicklung der Fahrerlaubnis und Autobenutzung am Anfang der Fahrkarriere  
Funk, Schneider, Zimmermann, Grüninger € 30,00
- M 221: Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit von Kleintransportern  
Roth € 15,00
- M 222: Neue Aufgabenformate in der Theoretischen Fahrerlaubnisprüfung  
Malone, Biermann, Brünken, Buch € 15,00
- M 223: Evaluation der bundesweiten Verkehrssicherheitskampagne "Runter vom Gas!"  
Klimmt, Maurer € 15,00
- M 224: Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Rahmenbedingungen bis 2015/2020  
Maier, Ahrens, Aurich, Bartz, Schiller, Winkler, Wittwer € 17,00
- M 225: Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten – Machbarkeitsstudie  
Huemer, Vollrath € 17,50
- M 226: Rehabilitationsverlauf verkehrsauffälliger Kraftfahrer  
Glitsch, Bornewasser, Dünkel € 14,00
- M 227: Entwicklung eines methodischen Rahmenkonzeptes für Verhaltensbeobachtung im fließenden Verkehr  
Hautzinger, Pfeiffer, Schmidt € 16,00 -
- M 228: Profile von Senioren mit Autounfällen (PROSA) –  
Pottgießer, Kleinemas, Dohmes, Spiegel, Schädlich, Rudinger € 17,50 -
- M 229: Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und das Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer  
Holte € 25,50
- M 230: Entwicklung, Verbreitung und Anwendung von Schulwegplänen  
Gerlach, Leven, Leven, Neumann, Jansen € 21,00
- M 231: Verkehrssicherheitsrelevante Leistungspotenziale, Defizite und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer  
Poschadel, Falkenstein, Rinke, Rinkauer, Mendzheritskiy, Fimm, Worringer, Engin, Kleinemas, Rudinger € 19,00 -

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.