

# Demenz und Verkehrssicherheit

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Mensch und Sicherheit Heft M 255

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly rounded and have a white outline, giving them a three-dimensional appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

# Demenz und Verkehrssicherheit

von

Bruno Fimm  
Andrea Blankenheim

Uniklinik RWTH Aachen  
Klinik für Neurologie  
Lehr- und Forschungsgebiet Neuropsychologie

Sebastian Poschadel  
Universität Dortmund  
Institut für Arbeitsphysiologie (IfADo)

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 255

**bast**

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

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

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

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

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

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

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.0528/2011:**  
Demenz und Verkehrssicherheit

**Fachbetreuung:**  
Nicole Gräcmann  
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**  
Fachverlag NW in der  
Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53  
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9315  
ISBN 978-3-95606-149-3  
Bergisch Gladbach, März 2015

## Kurzfassung – Abstract

### Demenz und Verkehrssicherheit

Ziel des Projekts war eine umfassende, systematische Aufarbeitung des Kenntnisstandes zu Fragen des Mobilitätsverhaltens und -risikos von Personen mit einer Demenzerkrankung. Dabei sollten entsprechende diagnostische Verfahren empfohlen und im Rahmen eines Pre-Tests angewendet werden. Es wurde ein Testprotokoll bestehend aus computergestützten Verfahren und Papier- und Bleistifttests zur Messung geteilter, visuell-räumlicher und fokussierter Aufmerksamkeit, allgemeinem Aktivierungsniveau, der Verarbeitung komplexer visueller Reizsituationen, Sensomotorik und Labyrinthlernen erstellt. 46 MCI und 7 Alzheimer-Patienten sowie 11 gesunde Personen wurden untersucht und unterzogen sich einer Fahrverhaltensbeobachtung. Zwischen den drei Untersuchungsgruppen ergaben sich signifikante Leistungsunterschiede bei visueller Informationsverarbeitung, der Geteilten Aufmerksamkeit sowie schwächere Unterschiede bei visuell-räumlicher Aufmerksamkeit.

Es wurde ein lineares Strukturgleichungsmodell entwickelt, das die wichtigsten Prädiktoren zur Vorhersage des Fahrverhaltens und ihre Kovarianzen darstellt und durch die erhobenen Daten sehr gut erklärt wird. Demnach tragen die visuell-räumliche Aufmerksamkeit sowie die Geteilte Aufmerksamkeit am meisten zur Vorhersage der Fahreignung bei. Veränderungen im Fahrverhalten, die Vermeidung von Verkehrssituationen und kompensatorisches Verhalten wiederum werden durch den Gesundheitsstatus (Krankheiten, erlebte körperliche und kognitive Beeinträchtigung), die visuelle Informationsverarbeitung (Aktives visuelles Feld) und die visuell-räumliche Aufmerksamkeitsleistung bedingt. Ein Extremgruppenvergleich von 16 Probanden mit sehr guter und 16 Probanden mit eher auffälliger Fahrleistung bestätigt im Wesentlichen das Modell und zeigt zusätzliche Unterschiede beim schnellen visuellen Verarbeiten von Verkehrssituationen und bei der Sensomotorik.

### Dementia and road safety

The project aimed in a comprehensive and systematic review of the literature concerning mobility and driving risk factors of persons with dementia. Furthermore, appropriate diagnostic procedures had to be suggested and applied within a pre-test. Accordingly, a test protocol consisting of computer-based and paper-and-pencil tests for the assessment of divided, visuo-spatial, and focused attention as well as alertness, processing of complex visual stimuli, sensomotor tasks and learning of labyrinths was developed. 46 MCI-patients, 7 patients with early Alzheimer's disease and 11 control subjects were examined and took part in an on-road test. The groups differed significantly in visual information processing, divided attention, and in visuo-spatial attention.

A structural equation model was developed showing a high goodness-of-fit, and integrating the most important predictors of driving behaviour and their covariance. Hence, visuo-spatial and divided attention have highest predictive validity. Reported changes in driving habits, the avoidance of specific traffic situations, and compensatory behaviour are determined by health status (diseases, subjective physical and cognitive complaints), visual information processing (Active Visual Field) and visuo-spatial attention. A comparison of extreme groups with 16 participants with very good vs 16 participants with rather conspicuous driving behaviour basically confirmed the model and demonstrated further group differences in visual processing of traffic situations and sensomotor processes.



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7	6.1.2	Ergebnisse der Literaturanalyse .....	20
<b>2</b>	<b>Problemstellung</b> .....	7	6.2	Unfalldaten Aachen .....	22
<b>3</b>	<b>Demenzielle Erkrankungen – Stand der Forschung</b> .....	8	6.2.1	Unfallkategorie .....	22
3.1	Taxonomie demenzieller Erkrankungen .....	8	6.2.2	Unfalltyp .....	23
3.2	Inzidenz und Prävalenz demenzieller Erkrankungen .....	8	6.2.3	Fahrstrecke Aachen .....	24
3.3	Neuronale und psychologische Veränderungen bei Demenz .....	9	<b>7</b>	<b>Expertentreffen: Protokoll des Expertengesprächs</b> .....	25
3.3.1	Alzheimer Demenz .....	9	7.1	Teilnehmerübersicht .....	25
3.3.2	Morbus Parkinson .....	10	7.2	Begrüßung und Vorstellung .....	26
3.3.3	Frontotemporale Demenz .....	11	7.3	Stand des Projektes .....	26
3.3.4	Mild Cognitive Impairment (MCI) .....	11	7.4	Diskussion des Projektes .....	26
<b>4</b>	<b>Demenz und Fahreignung</b> .....	12	7.4.1	Kontrollgruppe .....	26
4.1	Mobilitätsverhalten .....	14	7.4.2	Clinical Dementia Rating Scale .....	26
4.2	Unfallrisiko .....	14	7.4.3	Dual Task nach Della Sala .....	26
4.3	Prädiktoren der Fahreignung von Patienten mit neurodegenerativer Erkrankung .....	15	7.4.4	TRIP .....	26
<b>5</b>	<b>Fahrverhaltensbeobachtung</b> .....	16	7.4.5	Fahrstrecke .....	27
5.1	TRIP-Protokoll .....	16	7.4.6	FeV Anlage 5 .....	27
5.2	Übersetzung, Überarbeitung und Anpassung des TRIP-Protokolls in der Dortmunder Studie .....	16	7.4.7	Selbstwirksamkeitserwartung .....	27
5.3	Fahrkompetenzbereiche im TRIP-Protokoll .....	17	7.4.8	Datenanalyse .....	27
5.4	Interrater-Reliabilität und Güte des TRIP-Protokolls .....	19	<b>8</b>	<b>Empirische Untersuchung</b> .....	27
5.4.1	Interrater-Reliabilität .....	19	8.1	Rekrutierung der Probanden .....	27
5.4.2	Statistische Güte des TRIP-Protokolls .....	19	8.2	Methodik .....	28
<b>6</b>	<b>Methodisches Vorgehen</b> .....	20	8.2.1	Im Rahmen der Gedächtnis- sprechstunde durchgeführte psychologische Untersuchung .....	29
6.1	Literaturanalyse .....	20	8.2.2	Im Rahmen der Studie durchgeführte Testverfahren .....	31
6.1.1	Literaturdatenbank .....	20	8.3	Beschreibung der Stichprobe .....	35
			8.4	Überblick über die statistischen Analysen .....	36
			8.5	Deskriptive Ergebnisse .....	36
			8.5.1	Klinische Daten .....	36
			8.5.2	Subjektive Einschätzung .....	38
			8.5.3	Leistungstests .....	42

8.5.4	Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr . . . . .	46
8.6	Multivariate Analysen . . . . .	54
8.6.1	Computergestützte Testverfahren. . . . .	54
8.6.2	Papier- und Bleistift-Tests. . . . .	57
8.6.3	Selbstwirksamkeitserwartung . . . . .	58
8.7	Vorhersage der Fahreignung . . . . .	58
8.7.1	Identifikation potenziell relevanter Variablen. . . . .	58
8.7.2	Lineares Strukturgleichungsmodell zur Vorhersage des Fahrverhaltens auf der Basis der untersuchten Stichproben. . . . .	61
8.8	Extremgruppenvergleich anhand des Gesamtwertes im TRIP-Protokoll . . . . .	62
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse und Diskussion. . . . .</b>	<b>65</b>
<b>10</b>	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>70</b>

## 1 Einleitung

Demenzen gehören zu den häufigsten und folgenschwersten Erkrankungen im höheren Alter. In Deutschland leiden etwa eine Million Menschen über 65 Jahren an einer Demenz. Dabei steigt die Prävalenz mit dem Lebensalter, bei den 70- bis 74-Jährigen liegt sie bei rund 3 %.

Je nach Stadium der Erkrankung sind kognitive Beeinträchtigungen in unterschiedlicher Ausprägung vorhanden. Symptome wie zum Beispiel die Fehlbeurteilung von Situationen oder Probleme bei der Orientierung sind verkehrssicherheitsrelevant.

Die Kenntnisse über das Mobilitätsverhalten, relevante Leistungseinbußen, die Kompensationsstrategien und -möglichkeiten sowie das Unfallrisiko bei Demenz sind noch lückenhaft.

Bei mittlerer und schwerer Demenz gilt die Fahr-eignung als ausgeschlossen. Bei subklinischer und bei leichter Demenz kann die Fahreignung unter bestimmten Bedingungen gegeben sein.

Es ist erforderlich, den Gutachtern Hilfestellung bei der Beurteilung zu geben, um eine Entscheidung über die Fahreignung treffen zu können. Dies setzt die Anwendung geeigneter Diagnoseinstrumente zur Beurteilung der Fahreignung und Einschätzung eines noch vorhandenen Kompensationspotenzials voraus.

## 2 Problemstellung

Vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung der Gesellschaft mit einem kontinuierlichen Anstieg der Lebenserwartung auf 75,9 Jahre für Männer und 81,5 Jahre für Frauen (2002-2004) und einem Anteil der über 65-Jährigen von 19 % (entspricht 15,9 Mio.) an der Gesamtbevölkerung im Jahr 2005 sowie einem weiter zu erwartenden drastischen Anstieg der über 75-Jährigen werden neurodegenerative Erkrankungen in den nächsten Jahrzehnten eine herausragende gesamtgesellschaftliche Herausforderung darstellen (Statistisches Bundesamt, 2006).

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 eine zusätzliche Veränderung der Verkehrssicherheitssituation im Straßenverkehr zur Folge hat.

So schätzen HOPKINS, KILIK, DAY, ROWS & TSENG (2004) für Ontario/Canada, dass die Anzahl von Autofahrern mit Demenz von 15.000 im Jahr 1986 über 34.000 im Jahr 2000 bis auf knapp 100.000 im Jahr 2028 ansteigen wird.

Darüber hinaus sind ältere Menschen heutzutage wesentlich mobiler als frühere Generationen. Vor allem in ländlichen und suburbanen Gebieten verstärkt sich die Problematik aufgrund bestehender Defizite im Bereich der Mobilität von Senioren. So fehlt es häufig in solchen Gebieten an entsprechenden Angeboten des ÖPNV. Laut einer Studie von ENGELN und SCHLAG (2001) nutzen Senioren für 65 % ihrer Wege den Pkw und nur zu 2 % den ÖPNV. Es ist anzunehmen, dass sich dieser Trend im Laufe der nächsten Jahre noch weiter fortsetzen wird.

Mobilität ist gerade für Senioren Grundvoraussetzung ein eigenständiges Leben zu führen und am sozialen und gesellschaftlichen Leben teilzuhaben. So nutzen Senioren häufig bis ins hohe Alter einen Pkw. Während im Jahr 2000 ca. 15 % der über 65-Jährigen im Besitz eines Führerscheins waren, werden es im Jahr 2030 schon etwa 25 % sein (OECD, 2001). Dieser Anstieg ist teils bedingt durch einen höheren Anteil weiblicher Führerscheinbesitzer.

Nicht außer Acht zu lassen ist außerdem, dass Senioren mit 65 getöteten Personen je eine Million Einwohner über 65 Jahren im Jahr 2008 direkt nach den jungen Erwachsenen das zweithöchste Sterberisiko im Straßenverkehr haben (Statistisches Bundesamt, 2009). Ursache hierfür ist zu einem großen Teil die stärkere Verletzbarkeit Älterer (HOLTE, 2012).

Dabei spielen vor allem alterstypische Unfallursachen eine Rolle: Es gibt Hinweise darauf, dass ältere Menschen in komplexeren Situationen schneller den Überblick verlieren, als Verkehrsteilnehmer der jüngeren Altersgruppen.

So waren 2009 bei den Senioren über 65 Jahre „Vorfahrtsfehler“ die häufigste Unfallursache, gefolgt von „Abbiegefehlern“. Eine geringere Rolle spielten hingegen relativ zu den jüngeren Verkehrsteilnehmern „Abstandsfehler“, „nicht angepasste Geschwindigkeit“, „falsche Straßenbenutzung“,

„Fehler beim Überholen“ und „Alkoholeinfluss“. Die Unfallursachen lassen somit eher auf eine altersbedingte Herabsetzung der physischen und psychischen Leistungsfähigkeit im „normalen“ Alterungsprozess schließen als auf leichtsinniges Verhalten (Statistisches Bundesamt, 2010).

Diese Daten schlüsseln jedoch nicht auf, inwiefern es sich bei den erfassten Senioren um ausschließlich Gesunde handelt, bei denen keine demenzielle Erkrankung im Frühstadium vorliegt.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass erste, über das normale Altern hinausgehende pathologische neuronale Prozesse zu spezifischen Beeinträchtigungen im Straßenverkehr führen. Aus diesem Grund ist die Erkennung neurodegenerativer Erkrankungen im Frühstadium im Hinblick auf die Verkehrssicherheit besonders wichtig.

### 3 Demenzielle Erkrankungen – Stand der Forschung

Im Folgenden werden die verschiedenen demenziellen Erkrankungen, deren neuronale und psychologische Auswirkungen, sowie ihre Diagnostik dargestellt.

Zunächst werden die Taxonomie, sowie die Inzidenz und Prävalenz der demenziellen Erkrankungen beschrieben. Dabei geht es um die Verdeutlichung des Problems der immer größer werdenden Anzahl älterer und potenziell demenziell erkrankter Autofahrer.

Anschließend werden die neuronalen und psychologischen Veränderungen bei Demenzen dargelegt. Diese Veränderungen werden in Bezug zu fahrrelevanten, verkehrsbezogenen Funktionen gestellt. Auch die Diagnostik der Demenzen wird besprochen.

#### 3.1 Taxonomie demenzieller Erkrankungen

Frühere Demenz-Taxonomien unterschieden zwischen kortikalen Demenzen, zu denen heute u. a. Morbus Alzheimer (AD) sowie die frontotemporale lobäre Degeneration (FTLD) gezählt werden, und subkortikalen Demenzen (ALBERT, FELDMAN & WILLIS, 1974), die extrapyramidale Erkrankungen wie Morbus Parkinson (PD), Chorea Huntington,

Progressive supranukleäre Lähmung, Multisystematrophie und auch die Corticobasale Degeneration umfassen. Diese Erkrankungen weisen jeweils spezifische, voneinander abgrenzbare neuronale Pathologien, motorische und kognitive Symptomuster und Krankheitsverläufe auf.

Den deutlichsten kognitiven Abbau weisen hierbei Patienten mit Morbus Alzheimer, Chorea Huntington, Progressiver supranukleärer Lähmung sowie Corticobasaler Degeneration auf (FIMM, 2009).

Die frontotemporalen lobären Degenerationen wiederum lassen sich einteilen in (a) frontotemporale Demenz, (b) semantische Demenz und (c) nicht-flüssige progressive Aphasie (ERNST et al., 2010).

Von diesen degenerativen Systemerkrankungen wird die vaskuläre Demenz abgegrenzt, die die Folge einer zerebrovaskulären Erkrankung darstellt.

Von den demenziellen Erkrankungen abzugrenzen ist die leichte kognitive Beeinträchtigung (MCI; mild cognitive impairment), die zwar eine über das normale Altersmaß hinausgehende Beeinträchtigung bezeichnet, jedoch zu keinen gravierenden Schwierigkeiten im Alltag führt. Aus einer MCI kann sich eine Demenz entwickeln (LEOW et al., 2009), v. a. wenn schon frühzeitig im MR sichtbare Atrophie-Muster erkennbar sind (DAVATZIKOS, XU, AN, FAN & RESNICK, 2009). In solchen Fällen stellt MCI ein Prodromalstadium einer Alzheimer-Demenz dar.

#### 3.2 Inzidenz und Prävalenz demenzieller Erkrankungen

In höherem Lebensalter zeigen sich oft kognitive Beeinträchtigungen im Rahmen demenzieller Erkrankungen, die das Autofahren zunächst erschweren und schließlich gänzlich unmöglich machen können. Hier liegen für die Bundesrepublik einige Zahlen vor, die jedoch teilweise auf einem alten Datenbestand beruhen.

Im vierten Bericht zur Lage der älteren Generation wird auf das Thema Prävalenz der Demenz in einem eigenen Abschnitt eingegangen (Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, 2002, S. 165): „Vereinfacht kann zwischen leichten, mittelschweren und schweren Demenzen unterschieden werden. Von leichten Demenzen

spricht man, wenn zwar kognitive Störungen vorliegen, die die Bewältigung schwieriger Aufgaben kaum erlauben oder zumindest erheblich einschränken, die aber noch nicht so ausgeprägt sind, dass die Betroffenen im Alltag von anderen Personen abhängig sind“.

Verschiedene Studien belegen, dass Menschen im Frühstadium oder mit ganz leichten Demenzen noch in der Lage sind, Auto zu fahren (DUCHEK et al., 2003; OTT et al., 2008; DEVLIN, MCGILLIVRAY, CHARLTON, LOWNDES & ETINNE, 2012).

Die Frage jedoch, ab welchem Ausmaß der Symptomatik bzw. bei welcher Symptomkonstellation die Fahreignung nicht mehr gegeben ist, ist bisher nicht eindeutig ungeklärt.

Für Deutschland wird gegenwärtig von folgender Prävalenz bei leichten Demenzen ausgegangen: „Die Prävalenz leichter Demenzen liegt nach deutschen Untersuchungen in ähnlicher Höhe wie die der schweren Formen. Es werden Raten von etwa 5 % berichtet, mit sehr geringen regionalen Unterschieden. [...] In internationalen Studien schwanken die Schätzungen jedoch sehr stark. Dies hängt auch damit zusammen, dass es noch an klaren Kriterien mangelt, anhand derer man in Bevölkerungsstudien frühe Stadien von gutartigen kognitiven Einbußen von lebenslang bestehenden Leistungsminderungen und von vorübergehenden Beeinträchtigungen abgrenzen kann. Subklinische kognitive Defizite, die nicht die Demenzkriterien erfüllen, treten bei älteren Menschen relativ häufig auf. Auf Testleistungen und klinischen Beobachtungen beruhende Schätzungen beziffern die Prävalenz auf 16 bis 34 %, wobei ebenfalls eine starke Altersabhängigkeit festzustellen ist“ (Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, 2002, S. 167).

Mit etwa 50-60 % aller Demenzfälle ist die Alzheimer Demenz (AD) die am weitesten verbreitete Demenzform (MÜNTE, 2009). Eine Metaanalyse (BICKEL, 2000) fand im Mittel eine Inzidenzrate (Rate der Neuerkrankungen) der AD 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 (Krankheitshäufigkeit) der AD 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 AD 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 AD-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.

Eine weitere häufig vorkommende Erkrankung im höheren Lebensalter stellt mit einer Inzidenzrate von etwa 5 bis 20 pro 100.000 Einwohner Morbus Parkinson (PD) dar. Auch bei PD 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 PD aufgrund des zu erwartenden Anstiegs der älteren Bevölkerung in Deutschland in den nächsten Jahren mit einer ansteigenden Zahl von an PD erkrankten Autofahrern rechnen.

Die Prävalenzrate der frontotemporalen lobären Degeneration, der zweithäufigsten Ursache für neurodegenerative Demenzen im Präsenium (ERNST et al., 2010), liegt je nach Schätzung bei 47,9 (IBACH, KOCH, KOLLER & WOLFERSDORF, 2003) oder auch 3-15 (ROSSO et al., 2003) pro 100.000 Einwohner.

### **3.3 Neuronale und psychologische Veränderungen bei Demenz**

#### **3.3.1 Alzheimer Demenz**

Bei der AD 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 (LEOW et al., 2009). Die dazugehörige neuropsychologische Symptomatik beginnt zumeist mit Gedächtnisstörungen. Es zeigt sich jedoch vor allem im Frühstadium der Erkrankung, dass

Symptome und auch die neuropathologischen Veränderungen heterogen sind. Veränderung der Amyloid- und Tau-Rate können diese Heterogenität nur zum Teil erklären (LEHMANN et al., 2013).

Zusätzlich treten häufig visuo-perzeptuelle Defizite auf, die sich in Schwierigkeiten bei visuellen Diskriminierungsaufgaben, räumlichen Beurteilungsaufgaben und perzeptueller Organisation äußern. Für die Teilnahme am Straßenverkehr bedeutet dies ein erhöhtes Risiko für das Übersehen und Nicht-Erkennen von Verkehrszeichen. Auch die Orientierung auf der Straße, wie beim Wählen der richtigen Fahrspur beim Abbiegen oder bei der Einschätzung von Entfernungen ist möglicherweise beeinträchtigt.

Im Bereich der Aufmerksamkeitsfunktionen finden sich häufig Störungen der selektiven und geteilten Aufmerksamkeit sowie bei der Aufmerksamkeitsverschiebung. Die Konzentration und die Belastbarkeit während einer Autofahrt können somit erhebliche Defizite aufweisen.

Zudem kann es zu Beeinträchtigungen exekutiver Funktionen kommen, die sich z. B. in Form von Perseverationen und verminderter kognitiver Flexibilität oder einer verringerten Fehlerverarbeitung äußern (MÜNTE, 2009; MATHALON et al., 2003).

Insgesamt deuten die Studien darauf hin, dass die Fahrtauglichkeit mit der Progredienz der Erkrankung deutlich abnimmt. Allerdings bedeutet dies nicht, dass jeder Fahrer mit einer AD nicht fahrtauglich 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).

LUKAS und NIKOLAUS (2009) empfehlen in ihrer Übersichtsarbeit 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. Fahrverhaltensbeobachtungen durchgeführt werden.

Aufgrund der Progredienz der Erkrankung ist es zudem wichtig, dass regelmäßige Kontrollen der Fahreignung stattfinden (MOLNAR, PATEL, MARSHALL, MAN-SON-HING & WILSON, 2006a).

Allerdings sollte dabei berücksichtigt werden, dass Screeningverfahren wie der MMSE oder der Uhrentest eine Demenzerkrankung im frühem Stadium nicht sicher identifizieren können (DEVANAND et al., 2008). Entsprechend weist der MMSE nach überwiegender Übereinstimmung keine prädiktive Validität im Hinblick auf Fahrverhalten und Unfallrisiko bei Demenzpatienten auf (CRIZZLE, CLASSEN, BÉDARD, LANFORD & WINTER, 2012; DOBBS, CARR & MORRIS, 2002).

### 3.3.2 Morbus Parkinson

Bei PD 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 PD-Erkrankten zusätzlich auch schon in frühem Stadium der Erkrankung unter kognitiven Defiziten, wie z. B. Defiziten der allgemeinen kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit, Defiziten der exekutiven Funktionen (wie z. B. Konzeptwechsel und -beibehaltung, Zeitschätzung, Reaktionskontrolle und Fehlerverarbeitung), Defiziten des Gedächtnisses und Lernens, Defiziten der Blickmotorik und Aufmerksamkeitsprozessen (FIMM, 2009; UC et al., 2005b; WILLEMSEN, FALKENSTEIN, SCHWARZ, MÜLLER & BESTE, 2009a, 2009b).

Neben den motorischen, kognitiven und visuellen Beeinträchtigungen in PD, die die Fahrtauglichkeit 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).

In einer Studie zu Mobilität und Unfallgeschehen unter PD-Erkrankten gaben 15 % der befragten Personen mit PD an, in den letzten fünf Jahren in einen Unfall verwickelt gewesen zu sein und 11 %, Unfallverursacher gewesen zu sein (MEINDORFNER et al., 2005). Diese Raten lagen vor allem für die unter 75-Jährigen über denen der gesunden Kontrollpersonen (Verkehrsunfallstatistik: Statistisches Bundesamt, 2002).

Allerdings konnte eine weitere retrospektive Studie feststellen, 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 der Erkrankungsdauer mit der Fahrtauglichkeit (SINGH et al., 2007).

Prospektive Studien kommen konsistent zu dem Ergebnis, dass obwohl einige Parkinson-Erkrankte vergleichbar gute Leistungen wie gleichaltrige gesunde Personen zeigen, die Mehrzahl jedoch schlechter in den verschiedenen Fahrversuchen abschneidet (HEIKKILA, TURKKA, KORPELAINEN, KALLANRANTA & SUMMALA, 1998; WOOD, WORRINGHAM, KERR, MALLON & SILBURN, 2005; WORRINGHAM, WOOD, KERR & SILBURN, 2005; AMICK, GRACE & OTT, 2007; UC et al., 2007, 2006a, 2006b).

Die Studien deuten insgesamt darauf hin, dass, obwohl PD oftmals vorwiegend mit Störungen in der Motorik assoziiert wird, die motorische Funktionsfähigkeit für die Fahrtauglichkeit eher eine untergeordnete Rolle zu spielen scheint. Vielmehr sprechen die Ergebnisse dafür, dass kognitive Beeinträchtigungen und Störungen in der visuellen Wahrnehmung die Fahrtauglichkeit deutlich herabsetzen.

### 3.3.3 Frontotemporale Demenz

Bei der frontotemporalen Demenz finden sich in erster Linie bifrontale und anterior-temporale zerebrale Atrophien (SNOWDEN, NEARY & MANN, 2007), die schon in der Frühphase der Erkrankung zu einer markanten Änderung des Verhaltens und der Persönlichkeit führen können.

Die Patienten wirken im Vergleich zu ihrem früheren Verhalten zunehmend sorglos und oberflächlich, unkonzentriert und unbedacht, vernachlässigen ihre Pflichten und fallen im Beruf durch Fehler auf (ERNST et al., 2010). Zudem zeigen sie ausgeprägte Aufmerksamkeits- und exekutive Defizite (STOPFORD, THOMPSON, NEARY, RICHARDSON & SNOWDEN, 2010).

Neben den Aufmerksamkeitsdefiziten sind für die Teilnahme am Straßenverkehr vor allem die gestörte Impulskontrolle, sowie das aggressive Fahr-

verhalten problematisch (de SIMONE, KAPLAN, PATRONAS, WASSERMANN & GRAFMAN, 2007).

### 3.3.4 Mild Cognitive Impairment (MCI)

Zahlreiche Patienten, die sich mit der Fragestellung einer Demenzerkrankung in Kliniken vorstellen, sind zwar kognitiv beeinträchtigt, erfüllen jedoch nicht das Diagnosekriterium einer Demenz vom Alzheimer-Typ. Hierzu müssen zwei kognitive Gebiete betroffen sein. Vor allem auf Patienten mit frühem Beginn und lediglich einer diskreten kognitiven Auffälligkeit trifft dies zu. Für diese Form der leichten kognitiven Beeinträchtigung prägte PETERSEN (2004) den Begriff des „Mild Cognitive Impairment“ (MCI).

Somit bezeichnet MCI einen Zustand, in dem die kognitiven Leistungen einer Person schlechter sind als der altersspezifische Durchschnitt es erwarten ließe, aber die Kriterien einer Demenz nicht erfüllt sind. Die Defizite können hierbei in den verschiedensten kognitiven Bereichen auftreten. Zudem sind diese Beeinträchtigungen nicht alltagsrelevant. Die MCI kann in vier verschiedenen Formen auftreten:

- **Amnesic single domain (aMCI)**

Bei dieser Form der MCI treten lediglich Gedächtnisdefizite auf. Für die Teilnahme am Straßenverkehr bedeutet dies, dass die Erinnerung an Warnhinweise oder Verkehrsschilder eingeschränkt sein kann.

- **Amnesic multiple domain (amdMCI)**

Zusätzlich zu Gedächtnisschwierigkeiten sind bei dieser Variante der MCI andere kognitive Bereiche, wie Aufmerksamkeit und exekutive Funktionen, betroffen. Die Defizite im Bereich des Gedächtnisses stehen jedoch im Vordergrund. Durch die zusätzliche Einschränkung anderer kognitiver Bereiche ergeben sich auch weitere für die Fahrtauglichkeit problematische Defizite.

- **Non-amnesic single domain (naMCI)**

Es sind entweder die exekutiven Funktionen oder die Aufmerksamkeitsleistungen betroffen. Das Gedächtnis bleibt ohne Beeinträchtigung. Je nach Art der beeinträchtigten kognitiven Fähigkeit ergeben sich negative Auswirkungen auf das Fahrverhalten.

- **Non-amnestic multiple domain (mdMCI)**

Diese Form der MCI kann sich auf alle kognitiven Bereiche auswirken. Einzige Ausnahme ist das Gedächtnis, welches unbeeinträchtigt bleibt. Wie auch bei der vorhergehenden Form der MCI, sind die Auswirkungen auf das Fahrverhalten abhängig von den Betroffenen kognitiven Fähigkeiten.

Nicht bei allen Patienten entwickelt sich aus dem MCI auch im späteren Stadium eine Demenz (JOHNSON et al., 2010). Es lässt sich jedoch feststellen, dass vor allem Patienten mit aMCI ein größeres Risiko tragen, eine Alzheimer Demenz zu entwickeln (PETERSEN, 2003). Dies gilt vor allem dann, wenn bereits neuropathologische Veränderungen nachweisbar sind (BENNETT, SCHNEIDER, BIENIAS, EVANS & WILSON, 2005).

Da die Heterogenität der Symptome und deren Ausprägung bei MCI-Patienten im besonderen Maße gegeben ist, lässt sich eine allgemeine Aussage über das Fahrverhalten dieser Patientengruppe nicht treffen, sodass eine Überprüfung des Fahrverhaltens des einzelnen Patienten zu empfehlen ist.

Es besteht Einigkeit darin, dass die gängigen Screeningverfahren zur Diagnose einer Demenz nicht geeignet sind, Patienten mit leichter kognitiver Beeinträchtigung (MCI) oder frühem Demenzstadium zu identifizieren. Dies erfordert vielmehr den Einsatz umfangreicherer neuropsychologischer Testbatterien, die Gedächtnistests (Merkspanne sowie Lerntests; längerfristiges Behalten), Wortschatz- und Intelligenztests, räumlich-konstruktive Verfahren, Aufmerksamkeitstests und exekutive Verfahren umfassen.

Neben der zusätzlich erforderlichen neurologischen Untersuchung wird bei Verdacht auf Alzheimer Demenz der Liquor auf mögliche entzündliche Prozesse sowie typische Biomarker (Tau-Protein, phosphoryliertes Tau-Protein, Beta-Amyloid 42) untersucht.

Allerdings sind sichere prognostische Aussagen zum Vorliegen einer frühen Demenz vielfach erst im Verlauf möglich, sodass häufig lediglich Verdachtsdiagnosen bei Patienten, die sich in einer Gedächtnis-Sprechstunde einer neurologischen Klinik vorstellen, ausgesprochen werden können, besonders wenn es sich um sehr leichte Krankheitsbilder handelt.

Der Schweregrad einer Demenz wird häufig anhand des Clinical Dementia Rating (CDR; (IVERSON et al., 2010; MORRIS, 1993)) oder auch der in den deutschsprachigen Ländern verbreiteten CERAD (Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease; (SATZGER et al., 2001)) – Batterie festgelegt.

CDR-Werte von 0.5-1 entsprechen dabei einer leichten Demenz und sprechen dabei nicht grundsätzlich gegen eine Fahreignung.

## 4 Demenz und Fahreignung

Während die Mehrzahl der Studien davon ausgeht, dass bei mittelgradiger und schwerer Demenz keine Fahrtauglichkeit mehr gegeben ist, wird eine frühe Krankheitsphase als durchaus kompatibel mit der Fähigkeit, Auto zu fahren, angenommen (LUKAS & NIKOLAUS, 2009; UC & RIZZO, 2008; DEVLIN et al., 2012).

Eine Ausnahme hiervon stellt die Einschätzung von MONSCH et al. (2008) dar, die auch bei leichteren Demenzen die Fahreignung infrage stellen, wenn (a) fremdanamnestisch auffälliges Fahrverhalten oder Unfälle (auch Bagatellunfälle), (b) Störungen der (geteilten) Aufmerksamkeit, Störung der Raumverarbeitung oder (c) Tagesschläfrigkeit vorliegen.

NIEMANN und HARTJE (2007) merken hierbei an, dass bei Morbus Alzheimer zwar sensorische, motorische und psychomotorische Leistungen in den frühen Krankheitsphasen noch weitgehend intakt seien, allerdings möglicherweise fahreignungsrelevante Fähigkeiten wie die Einsicht in und Überblick über komplexe Verkehrssituationen sowie die Fähigkeit, ungewöhnliche, selten auftretende Verkehrsregelungen zu erfassen, die eine erhöhte kognitive Flexibilität erfordern, früh betroffen sein könnten. Aufgrund dessen könnte es zu gefährlichen Situationen wie Anhalten ohne ersichtlichen Grund, plötzliche Verlangsamung der Fahrgeschwindigkeit oder falschem Signalisieren der Fahrtrichtungsänderung kommen. Diese Defizite seien nicht selten mit einer mangelnden allgemeinen Einsicht in die Gefahren und Risiken der Teilnahme am Straßenverkehr und einer Uneinsichtigkeit in die eigenen Schwächen verbunden.

Ergebnisse einer Studie von HOGGARTH, INNES, DALRYMPLE-ALFORD & JONES (2011) zeigen, dass vor allem eine unzureichende Wahrnehmung

von anderen Verkehrsteilnehmern und der Umgebung ursächlich für ein negatives Urteil in einer Fahrverhaltensbeobachtung bei Menschen mit kognitiven Defiziten ist.

Allerdings beziehen sich die entsprechenden Autoren vor allem auf Patienten mit Alzheimer-Demenz, bei denen frühe Krankheitssymptome vorrangig die anterograden Gedächtnisleistungen betreffen.

Dies ist jedoch bei anderen Demenzen, wie beispielsweise der frontotemporalen Demenz unterschiedlich. Hier stehen vor allem Verhaltensauffälligkeiten und exekutive Defizite am Beginn der Erkrankung (ERNST et al., 2010). Diese wiederum interferieren mit großer Wahrscheinlichkeit deutlich stärker mit der Fahreignung als Gedächtnisdefizite (de SIMONE et al., 2007). Somit spielt die Differenzialdiagnose der Demenz im Einzelfall eine wesentliche Rolle im Hinblick auf die aktuelle und prognostizierte Fahreignung. Beispielsweise wäre bei vorliegender frontotemporaler Demenz ein weit aus schnellerer Abbau der Fahreignung zu erwarten als bei Morbus Alzheimer.

Gleichwohl existiert aktuell kein Goldstandard, der im Frühstadium einer demenziellen Erkrankung bzw. bei leichter kognitiver Beeinträchtigung (MCI) eine sichere Prognose der Fahreignung zulässt (BROWN & OTT, 2004).

Vorliegende Studien weisen in der Regel lediglich Gruppeneffekte im Sinne einer schlechteren Leistung von Patienten mit leichter Alzheimer-Erkrankung verglichen mit MCI-Patienten (die sich ihrerseits in einzelnen Parametern von Gesunden unterscheiden) auf (vgl. die Fahrsimulator-Studie von FRITTELLI et al., 2009). Zur Gesamtbeurteilung wird die Durchführung einer Fahrverhaltensbeobachtung empfohlen (DOBBS et al., 2002; LUKAS & NIKOLAUS, 2009); Globale Demenzscores wie der MMSE zeigten bei der Simulator-Studie von FRITTELLI et al. (2009) keinen Zusammenhang mit der Fahrleistung.

Einen Zusammenhang zwischen dem Fahrverhalten und neuronaler Aktivierung konnten TOMIOKA et al. (2009) aufzeigen. Alzheimer-Patienten wiesen dabei während der Fahrt in einem Simulator eine verminderte präfrontale Aktivierung in Situationen auf, in denen ein Auffahr-Unfall vermieden werden sollte. Je nach Lokalisation der Hirnfunktionsstörung ist somit mit spezifischen Defiziten im Straßenverkehr zu rechnen (vgl. auch et al., 2007).

Eine weitere Frage, die sich stellt, wenn ein Patient mit fraglicher oder auch diagnostizierter Demenz im Frühstadium als fahrtauglich eingestuft wird, betrifft den Zeitpunkt einer möglichen Nachuntersuchung.

Entsprechende Studien empfehlen überwiegend eine Follow-Up-Untersuchung nach sechs Monaten (American Academy of Neurology: IVERSON et al., 2010; DUCHEK et al., 2003; MOLNAR, PATEL, MARSHALL, MAN-SON-HING & WILSON, 2006a). Hiervon abweichend empfiehlt die Leitlinie zur Beurteilung der Fahreignung bei neurologischen Erkrankungen (FRIES et al., 2005) bei Morbus Parkinson Kontrolluntersuchungen nach einem, zwei und 4 Jahren.

In einer longitudinalen Untersuchung von Patienten mit früher Alzheimer-Erkrankung und Gesunden über einen Zeitraum von drei Jahren berichten OTT et al. (2008) von einem schnelleren Absinken der Fahrleistung im realen Straßenverkehr bei der Patientengruppe; dieses wurde durch höheren Schweregrad der Demenz, höheres Alter sowie bei niedrigem Bildungsniveau noch verstärkt.

Allerdings weisen die Autoren darauf hin, dass die Patienten schon in der Baseline-Phase schlechtere Leistungen als die Gesunden zeigten. Andererseits weisen sie, wie auch DUCHEK et al. (2003), die eine ähnliche Studie über die Zeitdauer von zwei Jahren mit vier Testzeitpunkten im Abstand von jeweils sechs Monaten durchführten, darauf hin, dass einige Patienten mit sehr leichter Symptomatik durchaus über längere Zeit fahrtauglich waren.

Es existieren lediglich zwei Studien zum Fahrverhalten bei frontotemporaler Demenz. de SIMONE et al. (2007) verglichen 15 Patienten und 15 Kontrollpersonen mit einer Fahraufgabe im Simulator.

Die Patienten wiesen dabei in mehreren Parametern (Einhalten der Geschwindigkeit, Beachten von Stopp-Signalen, Kollisionen, Verlassen der Fahrbahn) signifikant schlechtere Leistungen auf. Ihr Fahrverhalten korrelierte dabei mit dem durch die Krankheit hervorgerufenen Ausmaß an Agitiertheit.

ERNST et al. (2010) befragten die Angehörigen von 26 Alzheimer- sowie 30 Patienten mit frontotemporaler Lobär-Degeneration (FTLD) nach auftretenden Veränderungen im Fahrverhalten mittels standardisierter Interviews.

90 % der Patienten mit FTLD und 58 % der Patienten mit AD zeigten Veränderungen, wobei bei den Patienten mit AD vor allem zunehmende Schwierig-

keiten, sich zu orientieren auftraten. Die Patienten mit FTLD zeigten hingegen einen aggressiven, risikofreudigen Fahrstil mit auffällig häufigen Übertretungen der Verkehrsregeln und zeigten signifikant mehr Geschwindigkeitsübertretungen, Missachtung roter Ampeln, inadäquate Verhaltensweisen und Fahren trotz Verbots durch die Familie. 37 % der Patienten mit FTLD hatten seit Beginn der Erkrankung einen Unfall verschuldet, verglichen mit 19 % der AD-Patienten.

Während sich die meisten der Patienten mit AD einsichtig hinsichtlich ihres veränderten Fahrverhaltens zeigten, sah der Großteil der Patienten mit FTLD nicht ein, das Autofahren aufzugeben.

Nach ERNST et al. (2010) sollten daher Patienten mit FTLD frühestmöglich im Krankheitsverlauf das Autofahren einstellen, während bei Patienten mit leichtgradiger AD dies individuell abgewogen werden müsse.

#### 4.1 Mobilitätsverhalten

Mit der Entwicklung einer Demenz oder auch leichten kognitiven Störung geht häufig auch eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens einher. Dies wiederum könnte zusätzlich als Hinweis auf die zugrunde liegende Erkrankung und damit als Prädiktor der künftigen Fahrtauglichkeit verwendet werden.

So konnten O'CONNOR, EDWARDS, WADLEY & CROWE (2010) bei Patienten mit psychometrisch definierter MCI eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens innerhalb eines 5-Jahres-Zeitraums beobachten.

Der Aktivitätsradius, die Fahrhäufigkeit und auch die Schwierigkeit der gewählten Fahrstrecken nahmen in dieser Gruppe stärker ab als in der Kontrollgruppe. Interessanterweise unterschied sich die MCI-Gruppe schon in der Baseline-Phase signifikant von der Kontrollgruppe.

Ähnliche Ergebnisse brachte auch eine Studie von FESTA, OTT, MANNING, DAVIS & HEINDEL (2012). Das Fahrverhalten von gesunden Senioren wurde hier mit dem von Alzheimer Patienten verglichen. Es fiel auf, dass beide Gruppen Fahrstrecken mit hoher Anforderung oder schwierige Umstände wie eine schlechte Wetterlage vermieden. Die Gruppe der Alzheimer Patienten tat dies jedoch noch weit häufiger als die gesunden Senioren.

Die Erstdiagnose einer Demenz führt bei Patienten nicht zwangsläufig zur Aufgabe des Autofahrens (CROSTON, MEUSER, BERG-WEGER, GRANT & CARR, 2009; MARTIN, MAROTTOLI & O'NEILL, 2009; PERKINSON et al., 2005). Im weiteren Verlauf der Erkrankung geben jedoch mehr und mehr Patienten das Autofahren auf.

Prädiktoren hierfür sind zum einen visuelle Beeinträchtigungen, Aufmerksamkeits- und exekutive Defizite (LAFONT, LAUMON, HELMER, DARTIGUES & FABRIGOULE, 2008) sowie der allgemeine kognitive und körperliche Status (TALBOT et al., 2005), zum Anderen jedoch auch von der individuellen Lebenssituation abhängige Gründe, wie Alter, familiäre Verhältnisse oder Wohnsituation Stadt/Land (CARR, SHEAD & STORANDT, 2005; TALBOT et al., 2005). Dies wird auch dadurch deutlich, dass in diesen Studien Patienten, die das Fahren aufgegeben hatten bzw. einen Unfall berichteten sich in ihrem neuropsychologischen Leistungsprofil nicht signifikant von denen unterschieden, die noch Auto fuhren bzw. keinen Unfall berichteten.

Das Mobilitätsverhalten von Parkinson-Patienten wird nicht nur durch die mit der Erkrankung einhergehenden körperlichen Symptome der Rigidität, des Tremors und der Akinese bestimmt, sondern kann auch durch Auswirkungen der dopaminergen Medikation negativ beeinflusst werden (AVORN et al., 2005).

In einer Studie von MEINDORFNER et al. (2005) wurden 12.000 PD-Patienten schriftlich mittels Fragebogen zu ihrem Fahrverhalten und möglichen plötzlich auftretenden Schlafattacken befragt. Von den 6.620 Personen, die eine Rückmeldung gaben, nahmen noch 60 % am Straßenverkehr aktiv teil. Die Häufigkeit berichteter Unfälle war dabei positiv korreliert mit der subjektiven Beeinträchtigung durch die Krankheit, dem Wert in der Epworth-Sleepiness-Scale (ESS) und dem Auftreten plötzlicher Schlafattacken beim Fahren. Patienten, die in diesen Variablen deutlich erhöhte Werte aufwiesen, hatten das Fahren aufgegeben.

#### 4.2 Unfallrisiko

Personen mit kognitiver Beeinträchtigung weisen ein erhöhtes Unfallrisiko auf (ROSS et al., 2009; OWSLEY et al., 1998). Zudem können sich kognitive Leistungsminderungen in potenziell gefährlichem Verhalten, beispielsweise beim Halten

der Spur oder dem Beachten von Stopp-Signalen (ANDERSON et al., 2012) äußern.

In einer im Simulator durchgeführten Fahraufgabe, bei der ein vorausfahrendes Fahrzeug vor einer Kreuzung plötzlich stoppte, unterschieden sich Patienten mit leichter Alzheimer Demenz und Gesunde zwar nicht hinsichtlich der Unfallrate, allerdings bremsten die Patienten signifikant häufiger abrupt oder auch vorzeitig, was wiederum die Gefahr eines Auffahrunfalles eines nachfolgenden Fahrzeugs erhöhte. Parameter der visuellen Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, exekutiver sowie visuell-räumlicher Funktionen korrelierten mit diesem Fahrverhalten (UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2006c).

Zwar geben Patienten im Verlauf der Erkrankung nach und nach das Autofahren auf, diese Selbstregulation verhindert jedoch nicht, dass die Unfallhäufigkeit bei Patienten mit Demenz deutlich höher ist als bei Gesunden (ROSS et al., 2009).

### 4.3 Prädiktoren der Fahreignung von Patienten mit neurodegenerativer Erkrankung

Die im Bereich der Demenz-Früherkennung durchgeführten Screening-Tests haben sich nicht als hinreichend prädiktiv für die Fahreignung erwiesen (LUKAS & NIKOLAUS, 2009; MOLNAR, PATEL, MARSHALL, MAN-SON-HING & WILSON, 2006b).

Im Hinblick auf die Einzelfalldiagnostik und die hierbei geforderte Entscheidung über die Fahreignung wird jedoch das überwiegende Fehlen bzw. die unzureichende Sensitivität von Cut-Off-Werten bei den verwendeten psychometrischen Tests bemängelt (MOLNAR et al., 2006b, CRIZZLE et al., 2012).

Korrelative Studien zur Identifikation von geeigneten psychometrischen Prädiktoren der Fahreignung bei Demenzpatienten im frühen Stadium bzw. Parkinsonpatienten fanden vor allem Zusammenhänge bei visuellen(-räumlichen) Aufmerksamkeitstests (z. B. UFOV) und exekutiven Verfahren (UC et al., 2005, 2006b; WHELIHAN, DICARLO & PAUL, 2005) und visuell-räumlichen Labyrinth-Tests (OTT et al., 2003; SILVA, LAKS & ENGELHARDT, 2009).

Einzelne Tests alleine werden als wenig aussagekräftig beurteilt, vielmehr werden aus mehreren

Tests zusammengesetzte Scores oder die Berücksichtigung von Störungsmustern bei mehreren Tests (AMICK, GRACE & OTT, 2007; MARTIN, MAROTTOLI & O'NEILL, 2009) als vielversprechend eingestuft (DAWSON, ANDERSON, UC, DASTRUP & RIZZO, 2009; LUKAS & NIKOLAUS, 2009). Zusätzlich zu neuropsychologischen Testergebnissen erweist sich das Hinzufügen von weiteren klinischen Faktoren wie dem Krankheitsbeginn als prädiktiv für das Ergebnis der Fahrverhaltensbeobachtung (DEVOS et al., 2013).

Neben psychometrischen Faktoren werden auch Fahrsimulatoren mit entsprechenden kritischen Szenarien (Kreuzungen, Einmündungen etc.) zur Vorhersage der Fahreignung bei Patienten mit leichter kognitiver Beeinträchtigung, Demenz im Frühstadium oder auch Morbus Parkinson (FRITTELLI et al., 2009; RIZZO, McGEHEE, DAWSON & ANDERSON, 2001; UC et al., 2007, 2006c) oder auch ein instrumentiertes Messfahrzeug im realen Straßenverkehr (DAWSON et al., 2009; UC et al., 2006a, 2007) eingesetzt, wobei sich hier besonders Zusammenhänge mit visuellen Aufmerksamkeitstests ergaben. Eine solche praktische Fahrverhaltensbeobachtung dauert in der Mehrzahl der Studien zwischen 45 und 60 Minuten. Mithilfe von Protokollen, wie dem Test Ride for Investigating Practical fitness to drive (TRIP; DEVOS et al., 2007) oder dem Washington University Road Test (WURT; BROWN et al., 2005; CARR, BARCO, WALLENDORF, SNELGROVE & OTT, 2011; DUCHEK et al., 2003; OTT et al., 2008) wird das Verhalten des Patienten z. B. beim Abbiegevorgang, beim Spurwechsel oder an komplexen Kreuzungen beobachtet und bewertet.

Als weitere Prädiktoren wurden klinische Variablen wie das Neuropsychiatric Inventory (NPI; HERRMANN et al., 2006) oder alltagsbezogene Funktionen (IADL; Instrumental Activities of Daily Living) zur Erhöhung der Vorhersagevalidität verwendet (ACKERMAN, EDWARDS, ROSS, BALL & LUNSMAN, 2008; LUKAS & NIKOLAUS, 2009). Allerdings sind IADL-Werte bei Patienten mit leichter kognitiver Beeinträchtigung oder früher Krankheitsphase, bei der in der Regel ein weitgehend unabhängiges Leben möglich ist, weniger aussagekräftig.

## 5 Fahrverhaltensbeobachtung

Kapitel 5.1 stammt im Wesentlichen aus „POSCHADEL, S., BOENKE, D., BLÖBAUM, A. & RABCZINSKI, S. (2012): Ältere Autofahrer: Erhalt, Verbesserung und Verlängerung der Fahrkompetenz durch Training. Eine Evaluation im Realverkehr. Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Forschungsergebnisse für die Praxis. TÜV Media: Köln“ und beschreibt das in der Studie verwendete TRIP-Protokoll (Test Ride for Investigating Practical fitness to drive) zur Beurteilung des Fahrverhaltens der Patienten bzw. Probanden. Dieses TRIP-Protokoll wird auch in der vorliegenden Studie „Demenz und Verkehrssicherheit“ bei der Fahrerhaltensbeobachtung eingesetzt.

### 5.1 TRIP-Protokoll

Über das standardisierte TRIP-Protokoll wird die Fahrkompetenz jedes Fahrers beurteilt. Es ist ein Messinstrument, mit dessen Hilfe die praktische Seite der Fahreignung, die Fahrkompetenz im Realverkehr, beurteilt werden kann.

Das TRIP-Protokoll wurde ursprünglich von der Arbeitsgruppe um Brouwer an der Universität Groningen entwickelt (de RAEDT & PONJAERT-KRISTOFFERSEN, 2001), um das Fahrverhalten von Probanden/Patienten standardisiert evaluieren und objektiviert beurteilen zu können. Eine Besonderheit beim TRIP-Protokoll stellt die Beurteilung der Fahrkompetenz in realen Situationen dar. Dabei wird nicht das spezielle Verhalten an einzelnen bestimmten (schwierigen) Abschnitten der Wegstrecke beurteilt, wie es bei vielen anderen Fahrverhaltensbeobachtungen durchgeführt wird, die Beurteilungen sind globaler Natur und beziehen sich auf die Verhaltenskompetenz, die insgesamt auf der gesamten (schwierigen) Fahrstrecke in den einzelnen Fahrverhaltensdimensionen vom Probanden gezeigt wurden.

Für die Dortmunder Studie zum Fahrtraining bei älteren Fahrern (POSCHADEL et al., 2012) wurde es weiterentwickelt und an die Untersuchungserfordernisse angepasst.

In der ursprünglichen Version des TRIP-Protokolls wurde das Fahrverhalten in elf Dimensionen beurteilt, die ihrerseits noch einmal 2 bis drei Unterskalen haben und so eine sehr genaue Messung der praktischen Fahrkompetenz im Realverkehr ermöglicht.

Zunächst wurden zwei Versionen des TRIP-Protokolls in Zusammenarbeit mit den holländischen Zulassungsbehörden und dem CARA (Centre d'Adaptation du Roulage d'Automobilistes handicapés), der belgischen Behörde zur Überprüfung der Fahreignung bei behinderten oder chronisch erkrankten Menschen, entwickelt (WHITHAAR, 2000; de RAEDT, 2000). Später wurden weitere Modifikationen vorgenommen, um bestimmte Aspekte der Fahreignung zu untersuchen: TANT, BROUWER, CORNELISSEN & KOOIJMAN (2002) und COECKELBERGH, CORNELISSEN, BROUWER & KOOIJMAN (2002) etwa nutzten es zur Untersuchung von Problemen der visuellen Aufmerksamkeit und dem visuellen Aufmerksamkeitsfeld beim Fahren.

Nach einer ganzen Reihe von Anwendungen und Modifikationen (s. z. B. COECKELBERGH, 2002; SOMMER, ARNO, STRYPSTEIN, EECKHOUT & ROTHERMEL, 2003; SOMMER, FALKMER, BEKIARIS & PANOU, 2004) gilt das TRIP-Protokoll als eines der Standardinstrumente zur Messung der Fahrkompetenz.

Im EU-Projekt AGILE, an dem das IfADo ebenfalls beteiligt war, wurde es als Validierungsinstrument für die dort selbst entwickelte Fahrverhaltensbeobachtung herangezogen. Dort zeigte sich in Vorversuchen eine sehr hohe Übereinstimmung zwischen dem für das Projekt AGILE angepassten TRIP-Protokoll und dem von CARA entwickelten Fahrprotokoll, das seit etwa 20 Jahren zur Überprüfung der Fahreignung in Belgien eingesetzt wird (SOMMER et al., 2003).

### 5.2 Übersetzung, Überarbeitung und Anpassung des TRIP-Protokolls in der Dortmunder Studie

Das TRIP-Protokoll wurde für den deutschen Einsatz bei der Dortmunder Studie zur Trainierbarkeit der Fahrkompetenz am Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo) für die Untersuchung der Fahrkompetenz älterer Fahrer durch POSCHADEL et al. (2012) zunächst übersetzt, überarbeitet und in Zusammenarbeit mit Fahrlehrern auch neu designed. Im Vergleich zu den früheren Versionen besteht es noch immer aus der Beurteilung der ursprünglichen 11 Einzeldimensionen, wurde aber inhaltlich erweitert. Vor allem das Verhalten der Probanden vor und an komplexen Kreuzungen wird zusätzlich explizit im Detail

beobachtet. Es gliedert sich (wie auch das ursprüngliche) im Wesentlichen in drei Teile:

- Deskriptiver Teil  
(Kennziffer Proband/Name Fahrlehrer Datum/ Fahrtbeginn und -ende, Hinweise zum Ausfüllen des TRIP-Protokolls, Straßen und Wetterverhältnisse vor der Fahrt, besondere Umstände der Fahrt/Zahl der Eingriffe durch Fahrlehrer (insgesamt 9 Items, die nicht in den Summenscore einfließen)).
- Das eigentliche TRIP-Protokoll  
(96 Einzelitems in 12 Kompetenzbereichen, Beschreibung im folgenden Kapitel).
- Fazit und Expertenurteil  
durch einen (oder mehrere) Fahrlehrer.

Das weiterentwickelte TRIP-Protokoll nach POSCHADEL et al. (2012) besteht aus insgesamt 12 unterschiedlichen Dimensionen, bei denen von 2 Fahrlehrern (oder Beobachtern) jeweils verschiedene Unterskalen (Items) zu bewerten sind (vgl. Kapitel 5.3). Die zu bewertenden Einzel-Situationen werden im Fragebogen einzeln benannt und anhand einer 4-stufigen Skala eingeschätzt. Der Fragebogen wird während, bzw. im direkten Anschluss an die Fahrt von den beiden Fahrlehrern/ Beobachtern unabhängig voneinander ausgefüllt.

### Beurteilungskategorien

Bei der Beobachtung werden bei jedem Einzelitem folgende Kategorien unterschieden:

1 gut	2 ausreichend	3 zweifelhaft	4 unzureichend
76-100 %	51-75 %	26-50 %	0-25 %

Die Kategorie „gut“ sollte angekreuzt werden, wenn ein Fahrer aus Fahrlehrersicht wirklich alles richtig gemacht hat.

„Ausreichend“ soll auch wirklich „ausreichend“ im eigentlichen Sinn des Wortes bedeuten: Die Fahr-situation wurde ausreichend gemeistert, die wesentlichen Erfordernisse erfüllt.

„Zweifelhaft“ bedeutet, dass die gezeigte Leistung bei der Fahraufgabe schon in den kritischen Bereich geht. „Es ist zwar alles gut gegangen“, aber der Fahrer hat doch den Eindruck hinterlassen, nicht die gesamte Situation voll überblickt (oder gemeistert) zu haben.

„Unzureichend“ wurde angekreuzt, wenn dem Fahrer Fehler unterlaufen sind, er z. B. andere Verkehrsteilnehmer/Schilder oder klare Verkehrsregelungen übersehen hat oder sogar kritische Situationen verursacht bzw. der Fahrlehrer aktiv in das Fahrgeschehen eingreifen musste.

### 5.3 Fahrkompetenzbereiche im TRIP-Protokoll

Im Folgenden werden die einzelnen Fahrkompetenzdimensionen genannt und hierzu jeweils die Einzelitems aufgezählt. Jedes der 96 Items musste für die Fahrt von beiden Fahrlehrern auf der Skala von „gut“ bis „unzureichend“ (s. o.) bewertet werden. Durch die Mittelung der Werte der beiden Fahrlehrerurteile entsteht eine insgesamt siebenstufige Skala.

Im Kompetenzbereich 1 und 2 wird bei allen Items generell zwischen der Situation „Annähern an die Kreuzung oder Abzweigung“ und Verhalten „An der Kreuzung oder Abzweigung“ unterschieden. Deshalb bestehen die beiden Kompetenzbereiche aus insgesamt 20 Items (jeweils 10 gleiche für die beiden Bereiche).

Der Fragebogen umfasst insgesamt 4 Seiten und ist grafisch so gestaltet, dass er von den Fahrlehrern während der Fahrt ausgefüllt werden kann.

<b>Kompetenzbereich 1:</b> <b>Links abbiegen (Einbiegen in eine Vorfahrtsstraße)</b> Jeweils dieselben 10 Items für „Annähern an die Kreuzung“ und „An der Kreuzung“ (20 Items)	20 Items (2 x 10): Tempoanpassung Nutzung Spiegel Verkehrsbeobachtung (Schulterblick/Seitenblick/Umblick) Effektivität der Beobachtung Umsetzung des Beobachteten (Bsp. „Erkennen von Verkehrslücken“) Benutzung Blinker Positionieren auf der Straße Anwendung der Regeln Schnelligkeit + Flüssigkeit von Wahrnehmung und (Re-)aktion Vorausschauendes Fahren
--	--

Tab. 1: Fahrkompetenzbereiche und dazugehörige Items beim TRIP-Protokoll

<b>Kompetenzbereich 2:</b> <b>Verhalten an komplexen Kreuzungen</b> Jeweils dieselben 10 Items für „Annähern an die Kreuzung“ und „An der Kreuzung“ (20 Items)	20 Items (2 x 10): Tempoanpassung Nutzung Spiegel Verkehrsbeobachtung (Schulterblick/Seitenblick/Umblick) Effektivität der Beobachtung Umsetzung des Beobachteten (Bsp. „Erkennen von Verkehrslücken“) Benutzung Blinker Positionieren auf der Straße Anwendung der Regeln Schnelligkeit + Flüssigkeit von Wahrnehmung und (Re-)aktion Vorausschauendes Fahren
<b>Kompetenzbereich 3:</b> <b>Fahrstreifenwechsel</b> (10 Items)	Tempoanpassung Nutzung Spiegel Verkehrsbeobachtung (Schulterblick/Seitenblick/Umblick) Effektivität der Beobachtung Umsetzung des Beobachteten (Bsp. „Erkennen von Verkehrslücken“) Benutzung Blinker Positionieren auf der Straße Anwendung der Regeln Schnelligkeit + Flüssigkeit von Wahrnehmung und (Re-)aktion Vorausschauendes Fahren
<b>Kompetenzbereich 4:</b> <b>Anpassen an den Verkehrsfluss auf der Schnellstraße</b> (5 Items)	Beschleunigen auf dem Beschleunigungsstreifen Seitenblick Anpassen des Tempos Benutzen des Blinkers (ohne, zu spät, falsch) Einfahren in die Fahrbahnspur
<b>Kompetenzbereich 5:</b> <b>Verkehrssignale (Ampeln, Schilder, Fahrbahnmarkierungen)</b> (2 Items)	Wahrnehmung Reaktion
<b>Kompetenzbereich 6:</b> <b>Tempo</b> (3 Items)	Fahrtempo in Tempo 30 Zonen Fahrtempo innerstädtisch 50 km/h erlaubt Fahrtempo auf Schnellstraßen
<b>Kompetenzbereich 7:</b> <b>Abstand zum Vordermann</b> (2 Items)	Abstand zum Vordermann Anpassung an Tempovariationen
<b>Kompetenzbereich 8:</b> <b>Vorausschauendes Fahren Antizipation/Vorhersehen bei...</b> (2 Items)	...sich verändernder Straßensituation ...sich verändernder Verkehrssituation
<b>Kompetenzbereich 9:</b> <b>Seitenposition auf der Straße (durchschnittliche Position auf der Fahrspur)</b>	Wie gut wird die Spur gehalten?
<b>Wie ist die Beständigkeit/Stabilität der Lenkung?</b> (1 + 4 Items)	Auf geraden Strecken (Lenkung, Wackeln, Zittern) in Kurven beim rechts Abbiegen beim links Abbiegen
<b>Kompetenzbereich 10:</b> <b>Automatische Prozesse (Automatismen)</b> (5 Items)	Benutzen des Gaspedals Benutzen der Bremse Benutzen des Kupplungspedals Wechseln des Gangs/Schalten Qualität des Lenkvorganges
<b>Kompetenzbereich 11:</b> <b>Vorfahrtsregeln, Verständnis, Wahrnehmung und Qualität der Verkehrsteilnahme</b> (4 Items)	Verhalten/Geschwindigkeit bei „Rechts-vor-Links“ Verhalten/Geschwindigkeit bei „Vorfahrt-Gewähren“ Qualität der Verkehrswahrnehmung und -einsicht Qualität der Verkehrsteilnahme

Tab. 1: Fortsetzung

<b>Kompetenzbereich 12:</b> <b>Visuelles Verhalten, Kommunikation (Beurteilung von Kopf- und Augenbewegungen)</b> (10 Items)	Beim geradeaus Fahren An Kreuzungen, beim Überqueren einer Vorfahrtsstraße An Kreuzungen & Abzweigungen beim rechts Abbiegen An Kreuzungen & Abzweigungen beim links Abbiegen In Kurven (Wahrnehmung anderer Verkehrsteilnehmer/Verkehrsumstände) Benutzung des Rückspiegels Benutzung des linken Außenspiegels Benutzung des rechten Außenspiegels Beobachtung des toten Winkels Benutzung des Blinkers
<b>Kompetenzbereich 12 a:</b> <b>Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern</b> (3 Items)	mit anderen Autofahrern mit Fahrradfahrern und Fußgängern Reaktion auf Signale (Blinker, Armheben) anderer
<b>Fazit/Schlussfolgerungen:</b> <b>Wie ist Ihr allgemeiner Eindruck von...</b> (5 Items)	der generellen Qualität der Teilnahme am Straßenverkehr? der Lenkung und den anderen automatischen Prozessen? (Automatismen) der Qualität der Verkehrswahrnehmung und -einsicht? vorausschauendem Fahren der Umsetzung von umweltfreundlichem Fahrverhalten?

Tab. 1: Fortsetzung

## 5.4 Interrater-Reliabilität und Güte des TRIP-Protokolls

### 5.4.1 Interrater-Reliabilität

Alle Personen wurden im Rahmen der Dortmunder Untersuchung (POSCHADEL et al., 2012) von jeweils zwei professionellen Fahrlehrern bewertet, sodass für jede der 92 Versuchspersonen insgesamt 8 bewertete Fahrten vorlagen (4 beobachtete Fahrten bei jedem der 92 Probanden innerhalb der Untersuchung, jeweils vorgenommen von 2 Fahrlehrern, das entspricht 736 Fahrbewertungen bei 368 beobachteten Fahrten).

Die Interrater-Reliabilität<sup>1</sup> (LANDIS & KOCH 1977) zwischen den beiden Fahrlehrern variierte für die vier Testfahrten zwischen  $\kappa = 0,79$  ( $p < .01$ ) und  $\kappa = 0,84$  ( $p < .001$ ). Nach LANDIS und KOCH (1977) sind diese Werte als „substanzielle Übereinstimmung“ ( $\kappa = 0,61-0,80$ ) bzw. „fast vollkommene Übereinstimmung“ ( $\kappa = 0,81-1,00$ ) zu werten, sodass die Urteile beider Rater für jede standardisierte Testfahrt für die folgenden statistischen Analysen zusammengefasst (gemittelt) werden konnten.

### 5.4.2 Statistische Güte des TRIP-Protokolls

Um zu prüfen, in wieweit in der Dortmunder Studie die Zusammenfassung der 96 durch die Fahrlehrer je Testfahrt beurteilten Einzelleistungen zu einem Gesamtindex (Fahrkompetenz) zulässig ist, wurde zunächst die interne Konsistenz (Cronbachs  $\alpha$ ) der Einzelleistungen als Gütekriterium bestimmt. So wird geprüft, in welchem Ausmaß die Einzelurteile miteinander in Beziehung stehen, d. h. der Wert gibt an, wie genau die verwendeten Einzelurteile das Konstrukt (also hier die Fahrkompetenz) messen. Zusätzlich gibt der Koeffizient die Homogenität des Tests an, indem er ausweist, in welchem Maß die Einzelitems (hier Urteile) dasselbe messen (s. BORTZ & DÖRING, 1995, S. 184 ff.). Cronbachs  $\alpha$  kann Werte zwischen „0“ und „1“ annehmen, „1“ würde eine absolute Übereinstimmung reflektieren. Ein guter Test sollte mindestens einen Wert von  $\alpha > .80$  aufweisen. Die interne Konsistenz aller 96 Urteile war mit  $\alpha = .97$  für die Standardfahrt 1 (TRIP1),  $\alpha = .98$  für die Standardfahrt 2 (TRIP2),  $\alpha = .96$  für die Standardfahrt 3 (TRIP3) und  $\alpha = .98$  für die Standardfahrt 4 (TRIP4) für die Gesamtstichprobe ( $N = 91$ ) sehr überzeugend (s. WEISE, 1973, S. 219). In diesem Zusammenhang ist ein Halo-Effekt (THORNDIKE, 1920) durch die Fahrlehrer nicht völlig auszuschließen.

Neben den besonders hohen Gütekriterien der Reliabilität (interne Konsistenz, s. o.) ist auch von einer hohen Inhaltsvalidität des Instruments auszu-

<sup>1</sup>  $\kappa$  (Kappa) bezeichnet ein von COHEN (1960) entwickeltes Maß der Übereinstimmung von zwei Clustern (hier: Urteilen) und ist das Ergebnis einer Doppelkruzvalidierung.

gehen, das heißt der Test erfasst die relevanten Aspekte der Fahrkompetenz, indem die tatsächliche Fahrleitung in einer realen Situation umfangreich durch Experten (hier die beiden Fahrlehrer) beurteilt wird. Damit repräsentiert der Test das interessierende Merkmal „Fahrkompetenz“ direkt.

Auch wenn das TRIP-Protokoll mit 96 Einzelitems insgesamt relativ umfangreich ist, sollte von einer Kürzung aus zwei Gründen abgesehen werden: Zum einen wird durch eine Streichung von Einzelitems statistisch die interne Reliabilität des Instruments reduziert (s. BORTZ & DÖRING, 1995, S. 184), zum anderen würde eine gekürzte Fassung der Komplexität der Fahrkompetenz kaum gerecht werden, sodass eine Kürzung eine Reduktion der Inhaltsvalidität zur Folge hätte.

Die Items des TRIP-Protokolls wurden nach dieser itemanalytischen Prüfung je Fahrt zu einem Gesamtscore der „Fahrkompetenz“ zusammengefasst.

Insgesamt zeigen die Dortmunder Befunde, dass das dort eingesetzte Instrument als Testverfahren zur Erfassung von Fahrkompetenz geeignet ist. Der entwickelte Test kann dabei aufgrund der statistischen Güte auch in anderen Zusammenhängen genutzt werden, um die Fahrkompetenz von (älteren) Kraftfahrern zu diagnostizieren, sodass er auch in der nun vorliegenden Untersuchung zum Thema Demenz und Fahreignung eingesetzt wird.

## 6 Methodisches Vorgehen

### 6.1 Literaturanalyse

In einem ersten Schritt wurde die Literatur zu folgenden Aspekten umfassend gesichtet und ausgewertet:

- Aktuelle Befunde zum Mobilitätsverhalten und Mobilitätsrisiko von älteren Personen mit leichter kognitiver Beeinträchtigung oder Demenz.
- Differenzialdiagnostische Aspekte der Fahreignung bei unterschiedlichen Demenzformen (Morbus Alzheimer, Morbus Parkinson, Frontotemporale Demenz, weitere extrapyramidale Demenzen) inkl. jeweiliger psychometrischer Prädiktoren sowie Krankheitsverlauf.

- Einsatz von Fahrsimulatoren und entsprechender Szenarien sowie von instrumentierten Fahrzeugen bei Patienten mit leichter kognitiver Beeinträchtigung und beginnender demenzieller Erkrankung und dabei erhobene Verhaltensparameter.
- Pharmakologische Aspekte der Demenzbehandlung, d. h. Abhängigkeit der Informationsverarbeitung und der Fahreignung von entsprechender Medikation (z. B. dopaminerge Medikation bei Morbus Parkinson).
- Abhängigkeit des Mobilitätsverhaltens und des Unfallrisikos dementer Verkehrsteilnehmer von medizinischen und pharmakologischen sowie psychologischen Einflussfaktoren.
- Übersicht über schon existierende Erhebungsinstrumente zur Erfassung psychologischer Merkmale wie Kompensationsstil, Subjektive Einschätzung des eigenen Fahrverhaltens, Fahr- und Mobilitätsgewohnheiten und Mobilitätsbedürfnisse.

#### 6.1.1 Literaturdatenbank

Zur besseren Analyse wurde eine Datenbank angelegt. Diese umfasst mittlerweile 40 Studien zum Thema Demenz und Fahrauglichkeit aus den Jahren 1995 bis 2013. Aufgeführt sind die Art der untersuchten Demenz und deren Stadium. Weiterhin werden die Größe und Art der Patienten- bzw. Kontrollgruppe erfasst. Alter, Medikation, Ausschlusskriterien, Begleitdiagnostik und Resultate werden ebenso aufgeführt wie die neuropsychologischen Untersuchungen, aufgeteilt nach kognitiven Bereichen, und deren Resultate. Des Weiteren sind die Art und Dauer einer durchgeführten praktischen Fahrverhaltensbeobachtung, sowie deren Ergebnisse beschrieben. Zusätzlich wurden die in den Studien verwendeten statistischen Mittel und deren Ergebnisse integriert.

#### 6.1.2 Ergebnisse der Literaturanalyse

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der Literaturanalyse dargestellt.

#### Fahreignung bei Demenz

In 24 von 40 Studien wurden praktische Fahrproben durchgeführt (AMICK et al., 2007; BROWN et al.,

2005; CARR et al., 2011; CORDELL, LEE, GRANGER, VIEIRA & LEE, 2008), wobei die Größe der Patientengruppe durchschnittlich 46 (6-155) betrug.

Eine praktische Fahrverhaltensbeobachtung dauerte in der Mehrzahl der analysierten Studien zwischen 45-60 Minuten.

Die am häufigsten verwendeten Protokolle zur Begutachtung des Fahrverhaltens waren:

- Washington University Road Test (WURT) (BROWN et al., 2005; CARR et al., 2011; DUCHEK et al., 2003; OTT, PAPNDONATOS, DAVIS & BARCO, 2008),
- Rhode Island Driving Evaluation (RIDE) (OTT et al., 2012; WHELIHAN et al., 2005),
- Test Ride for Investigating Practical fitness to drive (TRIP) (DEVOS et al., 2007).

Dabei wurde vor allem das Verhalten der Patienten bzw. Probanden beim Abbiegevorgang, beim Spurwechsel und an komplexen Kreuzungen beobachtet und bewertet. Auch der Kontrolle der Geschwindigkeit wird eine große Bedeutung beigemessen.

### Prädiktoren der Fahreignung bei Demenz

In 18 von 40 untersuchten Studien wurden signifikante Korrelationen zwischen verschiedenen neuropsychologischen Tests oder zwischen neuropsychologischen Tests und dem Verhalten in der Fahrverhaltensbeobachtung gefunden. Im Folgenden werden die aussagekräftigsten Korrelationen genannt.

Als gute Prädiktoren für den Ausgang einer Fahrverhaltensbeobachtung (70 % richtige Kategorisierung: 41 % richtig positiv, 29 % richtig negativ) haben sich folgende neuropsychologische Testverfahren erwiesen (HANNEN et al., 1998):

- Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest (TAVT),
- Linienverfolgungstest (LVT),
- Wiener Determinationsgerät (WDG).

Mittels einer Diskriminanzanalyse in der Patientengruppe zur Überprüfung des Zusammenhangs von neuropsychologischem Test und Ausgang

der Fahrverhaltensbeobachtung (fahrtauglich bzw. fahruntauglich) wurden diese Resultate erzielt.

Als vielversprechende Prädiktoren für Fahrfehler der Patienten haben sich die folgenden neuropsychologischen Tests gezeigt (DAWSON et al., 2009; OTT et al., 2003):

- Benton Visual Retention Test (BVRT) und Trail Making Test (TMT A) ( $R^2 = .29$ ),
- Porteus Mazes ( $R^2 = .57$ ).

Für diese statistische Auswertung wurde eine multiple lineare Regressionsanalyse zur Überprüfung des Zusammenhangs von neuropsychologischem Test und dem Fahrverhalten innerhalb der Patientengruppe durchgeführt.

Als aussagekräftige Prädiktoren für einen negativen Ausgang der Fahrverhaltensbeobachtung ( $AUC = .86$ ) (CARR et al., 2011) stellen sich die folgenden neuropsychologischen Tests dar:

- Clock Drawing Test (CDT),
- Trail Making Test (TMT A),
- Snellgrove Maze Test (SMT).

In der Patientengruppe wurde mit logistischer Regressionsanalyse der Zusammenhang von neuropsychologischen Tests und dem Scheitern in der Fahrverhaltensbeobachtung überprüft.

Bedeutende Korrelationen von neuropsychologischen Tests und dem Fahrverhalten während der praktischen Fahrverhaltensbeobachtung innerhalb der Patientengruppe fanden sich bei:

- RANCHET et al. (2010)
  - Stroop ( $R^2 = 0.71$ ),
  - Trail Making Test (TMT B-A ( $R^2 = 0.75$ )).
- AMICK et al. (2007)
  - Useful Field of View (UFOV III ( $R^2 = 0.74$ )),
  - Rey-Osterreith Complex Figure Test (ROCF ( $R^2 = 0.69$ )),
  - Trail Making Test (TMT B ( $R^2 = 0.7$ )).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass vor allem neuropsychologische Tests, die die visuell-räum-

lichen Fähigkeiten überprüfen, wie z. B. der TMT, Labyrinth-Tests oder auch der UFOV, die höchsten Korrelationen mit dem Verhalten der Patienten in einer praktischen Fahrverhaltensbeobachtung erreichen. Sie sind somit sehr vielversprechend, wenn anhand von neuropsychologischen Testergebnissen Aussagen über das Fahrverhalten von Patienten gemacht werden soll.

## 6.2 Unfalldaten Aachen

Da sich Demenzpatienten meist im Seniorenalter befinden, ist zu erwarten, dass sie bereits seit vielen Jahren aktiv Auto fahren und über hinreichende praktische Erfahrungen verfügen. Zudem befinden sich die in dieser Studie untersuchten Patienten in einem sehr frühen oder sogar fraglichen Krankheitsstadium. Diese Faktoren führen dazu, dass eine Fahrstrecke mit zu geringer Anforderung möglicherweise zu Dekkeneffekten führt. Um dies zu verhindern wurde eine Fahrstrecke mit hoher Anforderung geplant.

Im Stadtgebiet Aachen wurden Verkehrspunkte mit besonderer Schwierigkeit ausgewählt. Hierzu wurden bei der Polizei der Stadt Aachen Unfalldaten zu Verkehrsunfällen der letzten vier Jahre angefordert, bei denen Senioren, d. h. Personen, die älter sind als 65 Jahre, die Hauptverursacher waren (siehe Bild 1). Der Ort des Unfalls und die Unfallkategorie wurden in einer digitalen Karte der Stadt Aachen eingetragen. Auf diese Weise zeigten sich verschiedene Unfallschwerpunkte für Senioren, die zu Teilen in die Fahrstrecke integriert wurden.

### 6.2.1 Unfallkategorie

Verkehrsunfälle werden in sieben Unfallkategorien unterteilt:

- Unfalltyp 1: Unfall mit Todesfolge (siehe Bild 2)  
Als Getötet gilt ein Unfallbeteiligter, wenn er innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall an dessen Folgen verstirbt.
- Unfalltyp 2: Unfall mit mindestens einem Schwerverletzten (siehe Bild 3)  
Als schwer verletzt gilt, wer aufgrund der Unfallfolgen mindestens 24 Stunden in einem Krankenhaus verbringen muss.
- Unfalltyp 3: Unfall mit mindestens einem Leichtverletzten (siehe Bild 4),

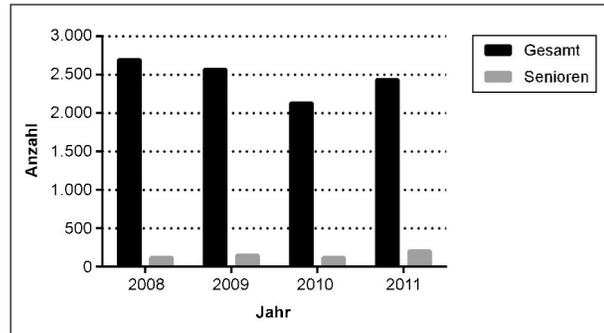


Bild 1: Verkehrsunfälle der Städteregion Aachen 2008-2011

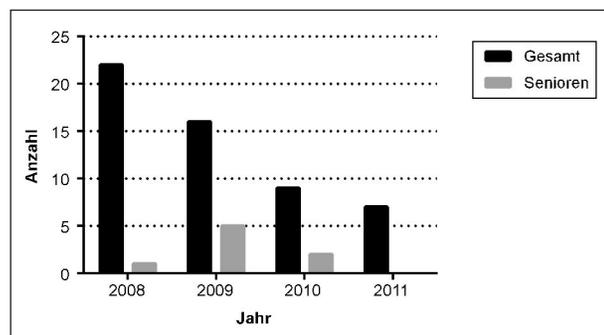


Bild 2: Verkehrsunfälle der Kategorie 1 in der Städteregion Aachen 2008-2011

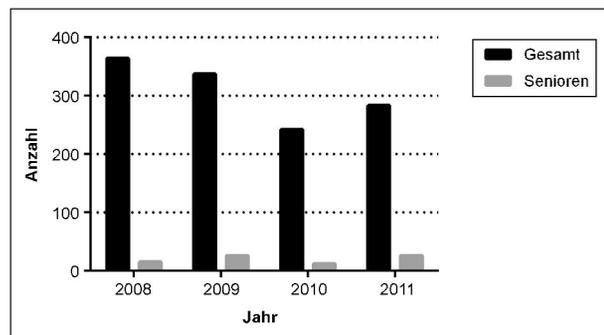


Bild 3: Verkehrsunfälle der Kategorie 2 in der Städteregion Aachen 2008-2011

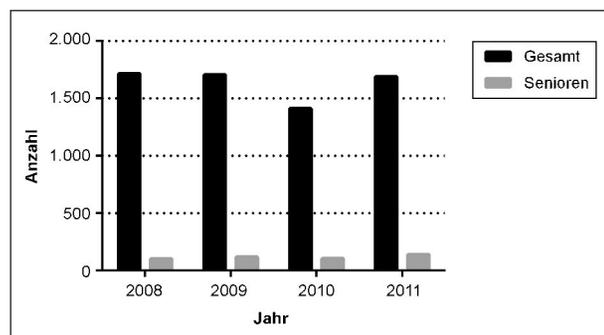


Bild 4: Verkehrsunfälle der Kategorie 3 in der Städteregion Aachen 2008-2011

- Unfalltyp 4: Unfall mit schwerem Sachschaden dieser liegt vor, wenn mindestens ein Fahrzeug nicht mehr fahrbereit ist.
- Unfalltyp 5: Sonstiger Unfall mit leichtem Sachschaden,
- Unfalltyp 6: Sonstiger Unfall mit leichtem Sachschaden unter Alkoholeinfluss,
- Unfalltyp 7: Unfall mit Flucht.

In die Unfalldatenanalyse der aktuellen Studie sind Unfälle der Kategorien 1 bis 4 berücksichtigt worden, wobei für Unfälle der Kategorie 4 lediglich die Daten aus dem Jahr 2011 vorlagen. Wie von der Polizei mitgeteilt, werden ältere Daten aus Datenschutzgründen nicht länger herausgegeben.

### 6.2.2 Unfalltyp

Auch der Unfalltyp lässt sich einer von sieben Kategorien zuteilen. Er zeigt an, welche Situation zum Konflikt geführt hat (siehe Bild 5). Die Daten der Polizei Aachen lagen leider nicht nach Unfalltyp aufgeschlüsselt vor, sodass diese Einteilung anhand der Unfallbeschreibung nachgearbeitet werden musste.

#### 1. Fahrnfall

Durch den Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug wurde der Unfall ausgelöst. Ursachen können z. B. überhöhte Geschwindigkeit, ein schlechter Straßenzustand oder dessen falsche Einschätzung. Andere Verkehrsteilnehmer tragen bei diesem Unfalltyp keinerlei Schuld. Es kann jedoch aufgrund des Kontrollverlustes zum Zusammenstoß mit weiteren Verkehrsteilnehmern kommen.

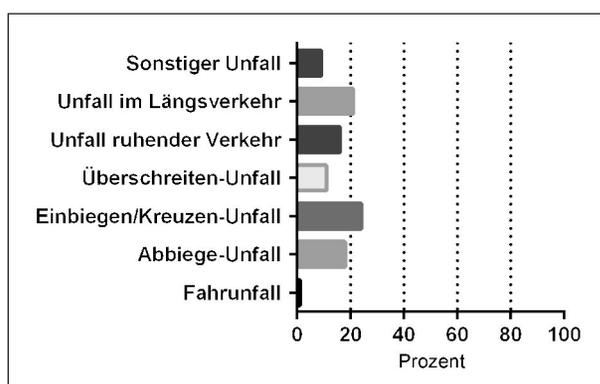


Bild 5: Verkehrsunfälle nach Unfalltyp aufgeschlüsselt

#### 2. Abbiege-Unfall

Ein Konflikt zwischen einem abbiegenden Fahrzeug und einem aus gleicher oder auch aus entgegengesetzter Fahrtrichtung kommenden Verkehrsteilnehmer ist ursächlich für den entstandenen Unfall. An Kreuzungen, Einmündungen oder auch Grundstücks- und Parkplatzzufahrten geschehen Unfälle dieses Typs.

#### 3. Einbiegen/Kreuzen-Unfall

Der Unfall wurde verursacht durch einen Zusammenstoß von einem einbiegenden oder kreuzenden wartepflichtigen Fahrzeug und einem vorfahrberechtigten Fahrzeug

#### 4. Überschreiten-Unfall

Bei diesem Unfalltyp kommt es zu einem Zusammentreffen von einem Fahrzeug und einem Fußgänger auf der Fahrbahn. Der Unfalltyp gilt nicht, wenn sich das Fahrzeug im Abbiegevorgang befand oder der Fußgänger in Längsrichtung unterwegs war.

#### 5. Unfall durch ruhenden Verkehr

Der Unfall entstand durch eine Kollision zwischen einem Fahrzeug, das sich im fließenden Verkehr befand und einem Fahrzeug, das parkte oder hielt bzw. Fahrmanöver zu diesem Zweck durchführte.

#### 6. Unfall im Längsverkehr

Fahrzeuge, die sich in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung bewegen, geraten in einen Konflikt.

#### 7. Sonstiger Unfall

Dieser Unfalltyp bezeichnet alle Unfälle, die sich keiner der anderen Kategorien zuteilen lassen. Beispiele für diesen Unfalltyp sind Konflikte beim Wenden oder Rückwärtsfahren. Auch Unfälle verursacht durch Hindernisse oder Tiere auf der Fahrbahn, sowie ein plötzlicher Fahrzeugschaden werden diesem Unfalltyp zugeordnet.

Eingeteilt nach Unfallkategorie wurden die Unfalldaten der Städteregion Aachen in eine Karte eingetragen, um so Unfallschwerpunkte ausfindig machen zu können (siehe Bild 6).

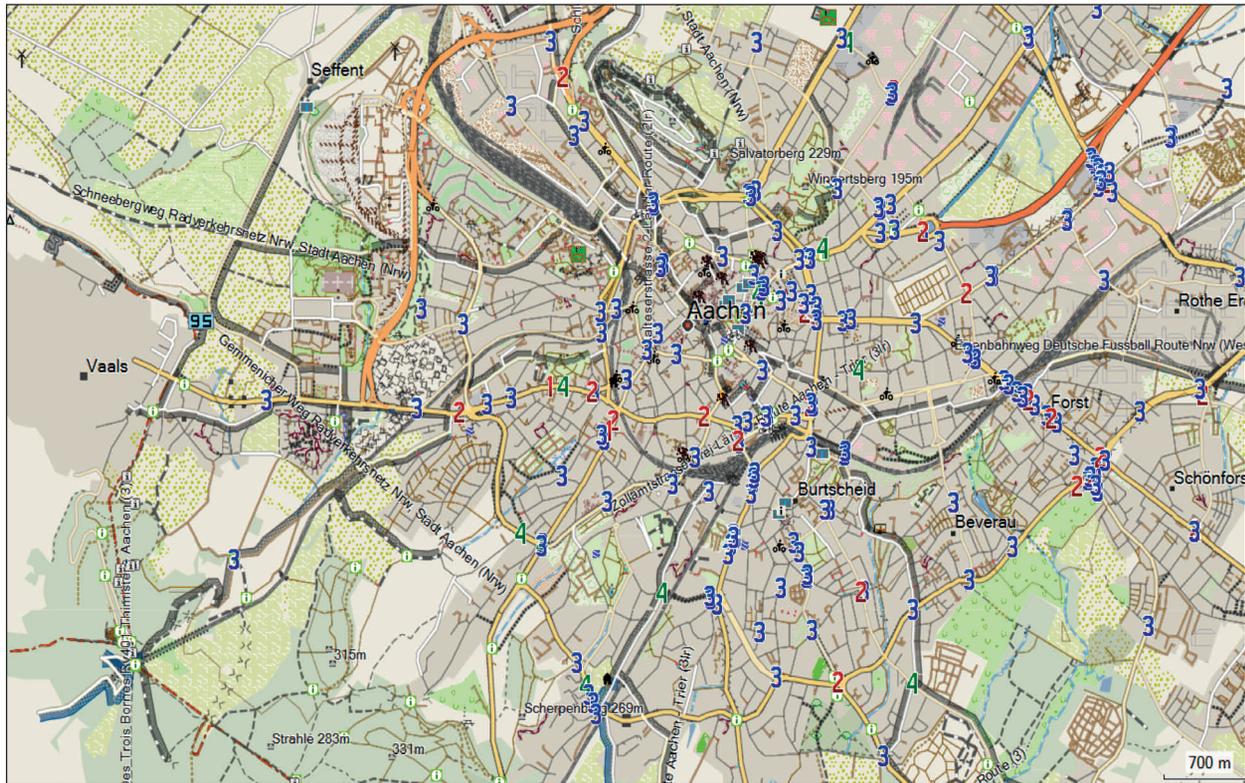


Bild 6: Unfalldaten der Städteregion Aachen 2008-2011

### 6.2.3 Fahrstrecke Aachen

Auf Basis der Unfalldaten wurde eine Teststrecke, die möglichst viele Unfallschwerpunkte beinhaltet, konzipiert. Diese erste Strecke umfasste etwa 24 km durch das Stadtgebiet Aachen. Bei einer Probefahrt stellte sich diese Strecke jedoch als ungeeignet heraus, da ein Großteil der Fahrzeit mit Warten an Ampeln verbracht wurde und Anforderungen, wie das Fahren durch eine Zone 30 oder das Verhalten an einem Stopp-Schild nicht enthalten waren.

Nach Anpassung der Teststrecke ergab sich eine etwa 25 km lange Fahrstrecke durch das Stadtgebiet Aachen (siehe Bild 7). Die benötigte Dauer, um diese Strecke abzufahren, betrug etwa 50 Minuten. Die Strecke stellt Anforderungen an den Fahrzeugführer, wie das Links- und Rechtsabbiegen an komplexen Kreuzungen, Zonen verschiedenster Höchstgeschwindigkeit, diverse Vorfahrtsregelungen und das Befahren von sowohl zweispurigen als auch das Befahren von mehrspurigen Straßen.

Auch an dieser Strecke wurde nach Absprache mit den Fahrlehrern eine Anpassung vorgenommen. Die Fahrt auf der Autobahn wurde verlängert, sodass ein Autobahnkreuz bewältigt werden musste. Zudem erlaubte diese verlängerte Fahrt auf der Autobahn eine bessere Einschätzung des Fahrverhaltens bei Spurwechseln und höherer Geschwindigkeit.

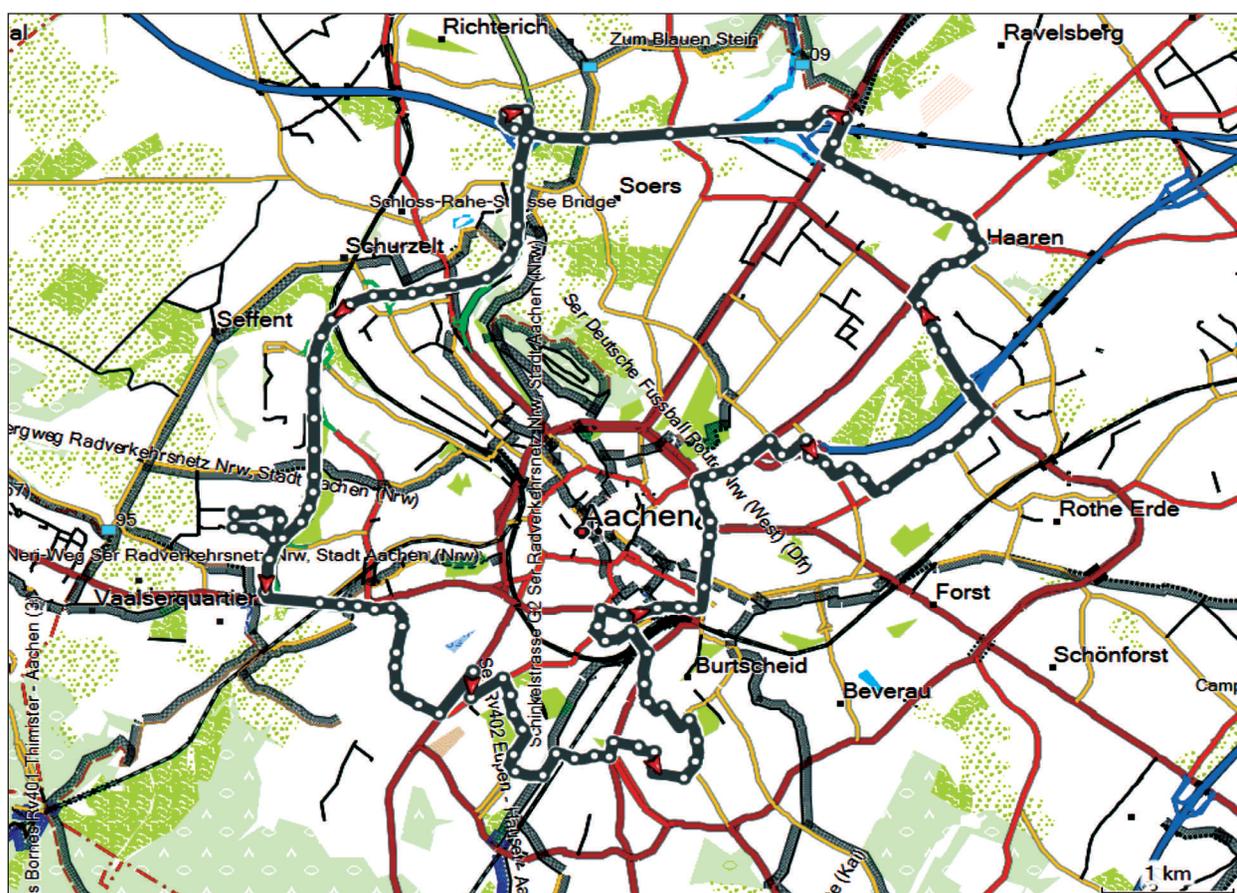


Bild 7: Teststrecke durch das Stadtgebiet Aachen

## 7 Expertentreffen: Protokoll des Expertengesprächs

Am 30.03.2012 fand in der Klinik für Neurologie des Universitätsklinikums Aachen ein Expertentreffen statt. Der damalige Projektstand und das weitere Vorgehen wurden an diesem Tag mit den Vertretern der BAST und weiteren eingeladenen Experten aus Forschung und Praxis diskutiert.

### 7.1 Teilnehmerübersicht

#### Externe Experten

Dr. Wolfgang Fastenmeier  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Dr. Jutta Küst  
Kliniken Schmieder

Dr. Hendrik Niemann  
NRZ Leipzig

Prof. Dr. Ingo Pfafferoth  
Ehem. Referatsleiter BAST

#### BAST

Dr. Nicole Gräcmann  
Referat „Verkehrspsychologie, Verkehrsmedizin“

Dr. Hardy Holte  
Referat „Verkehrspsychologie, Verkehrsmedizin“

#### Projektleiter und Mitarbeiter

Andrea Blankenheim, M. Sc.  
Lehr- und Forschungsgebiet Neuropsychologie an  
der Neurologischen Klinik der RWTH Aachen

Dr. Bruno Fimm  
Lehr- und Forschungsgebiet Neuropsychologie an  
der Neurologischen Klinik der RWTH Aachen

Dr. Sebastian Poschadel  
Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität  
Dortmund

#### Protokoll

Andrea Blankenheim, M. Sc.  
Lehr- und Forschungsgebiet Neuropsychologie an  
der Klinik für Neurologie der RWTH Aachen

## 7.2 Begrüßung und Vorstellung

Herr Fimm begrüßt die Teilnehmer zum Expertengespräch in der Klinik für Neurologie am Universitätsklinikum Aachen. Er bittet die Teilnehmer, sich kurz vorzustellen. Zudem erklärt er, dass er im Anschluss das Projekt und den aktuellen Stand vorstellen wird. Ziel des Expertentreffens ist es, die bisherigen Ergebnisse und das weitere Vorgehen zu diskutieren.

## 7.3 Stand des Projektes

Herr Fimm gibt sowohl einen Überblick über die theoretischen Hintergründe als auch über die Zielsetzung des Projektes. Zudem präsentiert Herr Fimm bisherige Projektergebnisse. Diese umfassen die Literaturrecherche und -analyse ebenso wie die Auswertung der Verkehrsunfalldaten der Städteregion Aachen aus den vergangenen vier Jahren. Die bisherigen Projektergebnisse und Fragen, die sich während der bisherigen Arbeit ergeben haben, dienen als Grundlage für das Expertengespräch.

## 7.4 Diskussion des Projektes

Während und nach der Präsentation ergeben sich diverse Diskussionspunkte.

### 7.4.1 Kontrollgruppe

Herr Fimm stellt die Testung einer Kontrollgruppe, bestehend aus zehn 40- bis 50-Jährigen zur Diskussion. Während sich Herr Holte und Herr Niemann für eine gleichaltrige Kontrollgruppe aussprechen, gibt Herr Poschadel zu bedenken, dass eine solche Kontrollgruppe möglicherweise aufgrund diverser kognitiver Veränderungen, die auch im normalen Alterungsprozess stattfinden, zu heterogen wäre. Laut Herrn Fastenmeier, Herrn Holte und Herrn Niemann gilt es jedoch genau diesen Unterschied im Fahrverhalten zwischen normalem Alterungsprozess und der Entwicklung einer demenziellen Erkrankung zu finden. Man einigt sich auf eine gleichaltrige Kontrollgruppe von Probanden, die sich, ebenso wie die Patienten, in der Gedächtnissprechstunde der Neurologischen Klinik des Universitätsklinikums Aachen vorgestellt haben, aber ohne Befund sind.

### 7.4.2 Clinical Dementia Rating Scale

Herr Niemann stellt eine Empfehlung der American Academy of Neurology (2010) zur Evaluation der Fahreignung bei Demenzpatienten vor. Als wichtigstes Instrument wird das Clinical Dementia Rating Scale (CDR) angesehen. Daneben wird der Einschätzung des Fahrverhaltens durch Angehörige ein hoher Stellenwert beigemessen. Man ist sich einig, einen Fragebogen zur Erhebung dieser Informationen in die Studie einzubinden. Bezüglich des CDR schlägt Herr Fimm vor, zu prüfen, ob sich aus den vorhandenen Daten und Informationen ein CDR-Score ableiten lässt.

### 7.4.3 Dual Task nach Della Sala

Herr Niemann stellt eine Dual Task von Della Sala vor, die sich in früheren Studien bewährt hat, um altersgerechte Defizite von demenziell bedingten Defiziten zu unterscheiden. Er umfasst die Überprüfung der Digit Span und eine Tracking Task. Der Test eignet sich vor allem, um Patienten im Frühstadium der Alzheimer Demenz von gesunden Älteren zu unterscheiden. Herr Niemann regt an, diesen Test in der Studie zu verwenden, da er möglicherweise als guter Prädiktor für die Fahrtauglichkeit dienen kann. Man beschließt, zu prüfen, ob genügend Zeit in der neuropsychologischen Untersuchung bleibt, um diesen Test durchzuführen.

### 7.4.4 TRIP

Es wird diskutiert, welches Messinstrument geeignet ist, um das Fahrverhalten der Probanden während der Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr zu bewerten. Während Herr Fastenmeier und Herr Holte die situative Beurteilung des Fahrverhaltens als geeigneter betrachten, um auch geringe Unterschiede im Fahrverhalten mittels Messwiederholungsanalyse entdecken zu können, gibt Herr Poschadel zu bedenken, dass das TRIP-Protokoll universell einsetzbar ist und somit die Ergebnisse der Studie einfacher auf andere Städte zu übertragen sind. Zudem ist dieses Protokoll durch EU-Projekte bereits validiert. Herr Niemann gibt zu bedenken, dass das TRIP-Protokoll von Fahrlehrern als zu komplex angesehen wird. Herr Poschadel erklärt, dass das Protokoll mit Fahrlehrern gemeinsam weiterentwickelt wurde und nun übersichtlicher gestaltet ist. Man einigt

sich, das TRIP-Protokoll in der aktuellen Studie zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit während der Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr zu verwenden. Ferner wird beschlossen, im Protokoll zwischen Eingriffen des Fahrlehrers und unfallträchtigen Situationen zu unterscheiden.

#### 7.4.5 Fahrstrecke

Bezüglich der Planung der Fahrstrecke schlägt Herr Pfafferott vor, auf eine Fahrstrecke aus einer früheren Studie, die im Auftrag der BAST mit Älteren in Aachen durchgeführt worden war, zurückzugreifen. Man einigt sich Kontakt mit dem damaligen Projektleiter Herrn Schlag aufzunehmen, um gegebenenfalls die früheren Daten in die Planung der Fahrstrecke mit einbeziehen zu können.

#### 7.4.6 FeV Anlage 5

Herr Pfafferott regt an, die unterschiedlichen neuropsychologischen Tests, die zur Überprüfung der Fahrtauglichkeit durchgeführt werden sollen, den fünf Dimensionen (Belastbarkeit, Orientierungsleistung, Konzentrationsleistung, Aufmerksamkeitsleistung, Reaktionsfähigkeit) der Fahrerlaubnisverordnung (FeV) Anlage 5 zuzuordnen. Frau Gräcman argumentiert dagegen, dass sich diese Anlage gerade in der Überarbeitung befindet und man sich davon lösen sollte. Man einigt sich, die neuropsychologischen Tests unabhängig von der FeV Anlage 5 auszuwählen und durchzuführen.

#### 7.4.7 Selbstwirksamkeitserwartung

Herr Holte stellt die Frage nach einer möglicherweise veränderten Selbstwirksamkeitserwartung von frühen Demenzpatienten. Hierzu schlägt er einen Fragebogen vor, der mit 18 situationsspezifischen Items Zusammenhänge von Verhalten und veränderten kognitiven Schemata aufdeckt. Herr Fastenmeier erklärt, dass auch er diesen Fragebogen als Ergänzung zu einem Gesundheitsfragebogen in seine Studie aufgenommen hat. Auch Herr Pfafferott spricht sich für die Verwendung dieses Fragebogens in der aktuellen Studie aus. Herr Holte erklärt sich bereit, den Fragebogen zur Verfügung zu stellen. Man einigt sich, den Fragebogen einzusetzen.

#### 7.4.8 Datenanalyse

Um die Reliabilität der Daten aus der praktischen Fahrverhaltensbeobachtung zu erhöhen, wird beschlossen, Daten aus einer früheren Fahrverhaltensstudie, durchgeführt in Dortmund, mit zu berücksichtigen. Herr Holte regt an, ebenfalls Daten aus einem aktuellen Fahrverhaltensprojekt der BAST (FE 82.0348) für die Analyse zu verwenden. Man einigt sich, bei Bedarf nötige Daten zur Verfügung zu stellen.

Zudem stellt Herr Fimm ein Verfahren der psychometrischen Einzelfalldiagnostik nach Crawford vor, welches es ermöglicht auch mit einer kleinen Vergleichsgruppe im Einzelfall Aussagen über die Symptomkonstellation zu machen. Es wird angeregt, den Antrag auf Erweiterung der Studie zu stellen.

## 8 Empirische Untersuchung

Im Folgenden wird die praktische Durchführung der Studie beschrieben. Als Grundlage für die Festlegung der Methodik dienten neben der vorhandenen Literatur auch die Ergebnisse aus dem Expertentreffen.

Das Votum der zuständigen Ethikkommission für diese Studie wurde eingeholt.

### 8.1 Rekrutierung der Probanden

Die Gruppe der Patienten sollte zunächst 50 Personen, älter als 65 Jahre, umfassen, die sich in der Gedächtnissprechstunde der Neurologischen Klinik am Universitätsklinikum Aachen vorgestellt haben und bei denen die Diagnose einer beginnenden Alzheimer Demenz oder einer MCI gestellt wurde. Durch Aushändigen eines Flyers durch den untersuchenden Neurologen wurde der Patient auf die Studie aufmerksam gemacht (siehe Bild 8). Zusätzlich wurden aus einer Patientendatenbank taugliche Patienten gesichtet. Etwa 200 infrage kommende Patienten wurden mit einem Informationsschreiben auf die Studie aufmerksam gemacht und telefonisch nach Interesse an der Teilnahme befragt.

Dabei ergaben sich jedoch ungeahnte Schwierigkeiten. So äußerte die Mehrzahl der Patienten Bedenken was den möglichen Ausgang der Unter-

### Forschungsstudie „Autofahren bei nachlassendem Gedächtnis“

**Fragen auch Sie sich, ob Sie weiterhin in der Lage sind, als Pkw-Fahrer am Straßenverkehr teilzunehmen?**

Sehr geehrte/r Patient/in,

in höherem Lebensalter zeigen sich häufig kognitive Veränderungen, wie zum Beispiel ein nachlassendes Gedächtnis oder abnehmende Konzentration. Diese kognitiven Veränderungen können sich in vielen Bereichen des alltäglichen Lebens äußern. Vor allem, wenn sich komplexe Situationen ergeben, wie beim Fahren eines Pkw, wird den Betroffenen diese Veränderung bewusst. Oft ist es für Betroffene möglich durch eine aktive Anpassung an die Situation nachlassende Fähigkeiten auszugleichen. Betroffene und Angehörige sind jedoch häufig verunsichert, ob die vorhandenen Fähigkeiten und Kompensationsmöglichkeiten ausreichen, um zum Beispiel einen Pkw sicher durch den Straßenverkehr zu lenken. Wenn ja, kann Ihnen eine derzeit am Lehr- und Forschungsgebiet Neuropsychologie der Neurologischen Klinik durchgeführte Studie helfen, Unsicherheiten abzubauen. Ziel der Studie ist es, geeignete Testverfahren zur Prüfung der Fahreignung bei älteren Personen mit nachlassender kognitiver Leistungsfähigkeit zu entwickeln. Zu diesem Zweck sind sowohl eine umfassende neuropsychologische Untersuchung (120 min.) als auch eine Probefahrt im Realverkehr (60 min.) vorgesehen. Die Ergebnisse der neuropsychologischen Untersuchung sowie die Resultate der Fahrprobe im Realverkehr werden anonym weiterverarbeitet und unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht.

Haben Sie Interesse, als Proband an der Studie teilzunehmen oder haben Sie Fragen bezüglich dieses Projektes, so wenden Sie sich gerne an

Andrea Blankenheim, M. Sc.  
Klinik für Neurologie  
Lehr- und Forschungsgebiet Neuropsychologie  
Tel.: 0241 80 37243  
ablankenheim@ukaachen.de

**Bild 8:** Text des Flyers zur Studie „Demenz und Verkehrssicherheit“

suchung angeht und die persönlichen Konsequenzen hieraus. Auch das Fahren mit einem Fahrschulwagen anstelle der Fahrt mit dem eigenen Fahrzeug hielt einige Patienten von einer Teilnahme ab.

Aufgrund dieser Schwierigkeiten bei der Patientenrekrutierung wurde das Einschlussalter auf 55 Jahre reduziert. Zudem wurden weitere interne und externe Kliniken in die Patientenrekrutierung einbezogen. Hierbei handelt es sich um die Klinik für Psychiatrie, Psychotherapie und Psychosomatik der Uniklinik RWTH Aachen, das DemenzNetz Aachen und die Medizinisch-Geriatrie Rehabilitationsklinik Haus Cadenbach, Aachen.

Da auch auf diesem Weg nicht genügend geeignete Patienten rekrutiert werden konnten, wurde eine Anzeige im Senio-Magazin geschaltet. Mittels dieser Anzeige wurden Männer und Frauen ab dem 55. Lebensjahr gesucht, die noch aktive Autofahrer sind, aber bei sich ein nachlassendes Gedächtnis oder auch Konzentrationsprobleme festgestellt haben.

## 8.2 Methodik

Die neurologische Routine-Untersuchung erfolgte unter der Supervision von Frau Prof. Dr. K. Reetz im Rahmen der Gedächtnissprechstunde. Diese Untersuchung umfasst neben der Anamnese die Erhebung des neurologischen Status eines Patienten sowie gegebenenfalls weitergehende Untersuchungen wie MRT, EEG oder Liquordiagnostik. Die psychologische Untersuchung wurde von Andrea Blankenheim, M. Sc. unter der Supervision von Dr. Bruno Fimm in den Räumen der Neurologischen Klinik am UK Aachen durchgeführt. Neben der Feststellung des neurologischen und des psychologischen Status der Patienten bzw. Probanden wurde eine Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr durchgeführt. Bei dieser Fahrprobe beurteilten zwei Fahrlehrer unter der Supervision eines Untersuchers das Fahrverhalten. Die psychologische Untersuchung umfasste sowohl einige computergestützte Aufmerksamkeitstests als auch Fragebögen zur Erfassung von Kompensationsstilen, Mobilitätsverhalten und der Einschätzung des eigenen

Fahrverhaltens der Patienten bzw. Probanden. Nach Abschluss aller Untersuchungen erhielt jeder Proband bzw. Patient auf Wunsch einen Befund mit allen Ergebnissen und einem abschließenden Urteil. Fielen die Untersuchungsergebnisse oder die Fahrverhaltensbeobachtung negativ aus, wurde der Patient zu einem Gespräch eingeladen, um das weitere Vorgehen zu besprechen.

Die folgenden Untersuchungen wurden im Rahmen der Studie durchgeführt.

### 8.2.1 Im Rahmen der Gedächtnissprechstunde durchgeführte psychologische Untersuchung

Die folgenden neuropsychologischen Tests wurden standardmäßig im Rahmen der Gedächtnissprechstunde durchgeführt. Auch Probanden, die sich auf die Zeitungsannonce gemeldet hatten, wurden mit diesen Testverfahren untersucht, um eine diagnostische Aussage hinsichtlich der Einstufung als MCI oder prodromale Alzheimer-Erkrankung zu ermöglichen.

#### Mini-Mental-State-Test (MMST)

Der Mini-Mental-State-Test (MMST) ist ein Screening-Verfahren zur Feststellung kognitiver Defizite. Es werden unterschiedliche kognitive Funktionen, wie zeitliche und räumliche Orientierung, Merk- und Erinnerungsfähigkeit und Sprache sowie Sprachverständnis überprüft.

Der Test wird als Interview mit dem Probanden durchgeführt und umfasst 22 Fragen bzw. Aufgaben. Die Durchführung dauert etwa zehn Minuten.

Für jede korrekt beantwortete Frage bzw. korrekt ausgeführte Handlung erhält der Proband einen Punkt. Ein Maximum von 30 Punkten kann so erreicht werden.

#### Montreal-Cognitive-Assessment-Test (MoCA)

Dieser Test fungiert als Screening-Instrument, um kognitive Einschränkungen schnell zu erfassen (FREITAS, SIMOES, MAROCO, ALVES & SANTANA, 2012). Es werden hierbei unterschiedliche kognitive Funktionen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Sprache, Exekutivfunktionen und visuokonstruktive Fähigkeiten überprüft.

Der Test umfasst 11 verschiedene Aufgaben. Die Durchführungsdauer beträgt etwa 10 Minuten. Es kann ein Maximum von 30 Punkten erreicht werden. Ergebnisse mit mehr als 26 Punkten gelten als unauffällig.

#### Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD-Plus)

Die CERAD-Plus-Testbatterie dient der schnellen Erfassung unterschiedlicher kognitiver Defizite bei Patienten mit Demenz. Die sieben Untertests lassen sich folgenden kognitiven Bereichen zuordnen: Orientierung, Sprache, Gedächtnis und konstruktive Fähigkeiten. Im Folgenden werden die in dieser Studie angewandten Untertests beschrieben (MORRIS, MOHS, ROGERS, FILLENBAUM & HEYMAN, 1988).

- Trail Making Test (TMT)

Dieser Test ermöglicht sowohl die Überprüfung der visuellen Aufmerksamkeit als auch der Fähigkeit die Aufmerksamkeit zielgerichtet zu verlagern.

Im ersten Teil des Tests (TMT A) erhält der Proband die Aufgabe 25 nummerierte Kreise auf einem DIN-A4-Blatt in aufsteigender Reihenfolge so schnell wie möglich zu verbinden. Hierbei wird vor allem die visuelle Suchgeschwindigkeit überprüft.

Im zweiten Teil des Tests (TMT B) muss der Proband immer im Wechsel Zahlen und Buchstaben entsprechend ihrer Rangfolge so schnell wie möglich verbinden. Anhand der Ergebnisse lässt sich eine Aussage über die Fähigkeit der Aufmerksamkeitsverlagerung und der kognitiven Flexibilität machen.

- Verbale Flüssigkeit

Dieser Untertest misst die semantische und phonematische Wortflüssigkeit eines Probanden.

Zur Messung der semantischen Flüssigkeit erhält der Proband die Aufgabe, innerhalb einer Minute so viele Tiere zu nennen, wie ihm einfallen. Der Untersucher notiert diese und ordnet sie vier Zeitintervallen von je 15 Sekunden zu. Die Anzahl der verschieden genannten Tiere bildet die Bewertungsgrundlage.

Zur Überprüfung der phonematischen Flüssigkeit erhält der Proband die Aufgabe, innerhalb einer Minute so viele Wörter wie möglich, die mit S be-

ginnen, zu nennen. Die Anzahl der genannten Wörter ist auch in diesem Teil Grundlage für die Bewertung der Fähigkeit des Probanden.

- Boston Naming Test

Bei diesem Untertest des CERAD soll der Proband 15 unterschiedliche Objekte benennen, die als Strichzeichnungen dargestellt sind. Dabei sind je fünf Objekte häufig, mittelhäufig oder selten. Die Anzahl der korrekt benannten Objekte lässt Aussagen bezüglich der Benennungsfähigkeit und der visuellen Objektwahrnehmung eines Probanden zu.

- Wortliste

Mittels dieses Untertests wird sowohl die Lernkurve des Probanden für verbales Material als auch der verzögerte Abruf überprüft.

Dem Probanden werden insgesamt zehn Wörter auf Karten nacheinander für je zwei Sekunden gezeigt. Er soll diese jeweils laut vorlesen und sich einprägen. Im Anschluss wird er gebeten, die Wörter zu wiederholen. Der Untersucher notiert die korrekt wiederholten Wörter sowie die gegebenenfalls genannten Intrusionen. Insgesamt gibt es bei dieser Aufgabe drei Durchgänge, bei denen lediglich eine Änderung der Wortreihenfolge vorgenommen wird.

Zu einem späteren Zeitpunkt wird der Proband erneut gefragt, welche Wörter der Liste er noch erinnern kann. Auch hier hält der Untersucher die Anzahl der korrekten Wiederholungen fest.

Des Weiteren werden dem Probanden 20 Wörter vorgelegt. Bei jedem Wort soll er entscheiden, ob er dieses Wort in der Wortliste gelesen hat oder nicht. Die Anzahl der richtigen „Ja“- bzw. „Nein“-Antworten wird festgehalten und dient der Berechnung der Diskriminabilität.

- Konstruktive Praxis

Dieser Untertest dient der Überprüfung der visuokonstruktiven Fähigkeiten eines Probanden. Hierzu werden ihm vier geometrische Figuren vorgelegt, die möglichst genau nachzeichnen soll.

Der zeitlich verzögerte Abruf eben dieser Figuren dient der Einschätzung der Gedächtnisleistung für nonverbales Material.

Weiterhin liegen in Einzelfällen Daten zu folgenden Testverfahren vor, die im Rahmen spezifischer differenzialdiagnostischer Fragestellungen erhoben worden waren. Diese Daten dienen bei Bedarf zusätzlich der Diagnosestellung (besonders bei der Frage nach dem Vorliegen eines MCI) und werden im Ergebnisteil dieses Forschungsberichts nicht dargestellt.

### **Corsi Block Tapping Test**

Mit dem Corsi Block Tapping Test wird das visuell-räumliche Gedächtnis des Probanden überprüft (CORSI, 1972).

Zu diesem Zweck berührt der Untersucher auf einer Platte mit neun festen unregelmäßig angeordneten Blöcken zunächst drei Blöcke in einer vorgegebenen Reihenfolge. Der Proband erhält die Aufgabe, dies in gleicher Reihenfolge zu wiederholen. Die Anzahl der zu berührten Blöcke wird erhöht bis der Proband weniger als zwei Aufgaben einer Sequenzlänge korrekt ausgeführt hat bzw. bis zu einer Abfolge von maximal neun Blöcken.

Die längste korrekt ausgeführte Abfolge bildet die Corsi Span.

### **Wechsler Memory Scale – revised (WMS-R)**

Das Testverfahren ermöglicht mithilfe von 13 Untertests die Erfassung verbaler und non-verbaler Kurzzeit- und Langzeitgedächtnisleistungen (HÄRTING et al., 2000).

Es liegen in Einzelfällen Daten zu folgenden Untertests vor:

- Zahlennachsprechen vorwärts und rückwärts

Bei diesem Untertest werden dem Probanden im Sekundentakt Zahlen vorgelesen, die er in der Vorwärtsbedingung in gleicher Reihenfolge und in der Rückwärtsbedingung in umgekehrter Reihenfolge wiedergeben soll. Beginnend mit einer Zahlenreihe bestehend aus drei Zahlen in der Vorwärtsbedingung und zwei Zahlen in der Rückwärtsbedingung wird der Schwierigkeitsgrad nach je zwei korrekt wiederholten Aufgaben um eine weitere Zahl erhöht. In der Vorwärtsbedingung kann so ein Maximum von acht Zahlen und in der Rückwärtsbedingung von sieben Zahlenerreicht werden.

Die jeweils längste korrekt wiedergegebene Zahlenreihe stellt die persönliche Merkspanne des Probanden dar. Zudem wird vor allem bei der Rückwärtsbedingung das Arbeitsgedächtnis überprüft.

- Logisches Gedächtnis

Bei diesem Untertest werden dem Probanden nacheinander zwei unterschiedliche Geschichten vorgelesen, die er jeweils unmittelbar im Anschluss möglichst wortgetreu wiedergeben soll. Die Anzahl der korrekt wiedergegebenen Wortfolgen bildete die Bewertungsgrundlage. Es kann ein Maximum von 50 Punkten erreicht werden.

Nach 30 Minuten wird der Proband erneut gebeten die Geschichten bzw. die Teile, an die er sich erinnert, zu wiederholen.

Der Vergleich der Ergebnisse des unmittelbaren Abrufes und des verzögerten Abrufes ermöglicht Aussagen über die Vergessensrate eines Probanden.

- Visuelle Reproduktion

Mit diesem Untertest lässt sich die nonverbale Gedächtnisleistung prüfen.

Dem Probanden werden hierzu nacheinander vier Stimuluskarten für je 10 Sekunden vorgelegt. Im Anschluss erhält der Proband die Aufgabe diese frei zu reproduzieren. Es können maximal 41 Punkte erreicht werden.

Auch bei diesem Untertest wird der Proband nach 30 Minuten gebeten, die Figuren bzw. die erinnerten Teile hiervon erneut zu zeichnen.

Der Vergleich der Ergebnisse des unmittelbaren Abrufes und des verzögerten Abrufes ermöglicht hier eine Aussage über die Vergessensrate bei nonverbaalem Material.

### **Hamburger Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene – Revision (HAWIE-R)**

Dieser Testbatterie zur Überprüfung der Intelligenz wurde für die vorliegende Studie der Untertest „Mosaik“ entnommen (TEWES, 1991).

- Mosaik-Test

Mithilfe dieses Untertests werden sowohl die visuell-räumliche Wahrnehmung als auch die

konstruktiven Fähigkeiten eines Probanden überprüft.

Hierzu erhält der Proband vier bis neun identisch gemusterte Würfel mit der Aufgabenstellung mithilfe dieser Würfel Musterabbildungen identisch nachzulegen. Für die fünf Aufgaben mit vier Würfeln ist ein Zeitlimit von 60 Sekunden und für die vier Aufgaben mit neun Würfeln von 120 Sekunden festgelegt. Nach drei Fehlversuchen infolge wird der Test abgebrochen.

Die Zeit, die ein Proband benötigt, um die Aufgaben zu lösen, bildet die Beurteilungsgrundlage.

### **Regensburger Wortflüssigkeits-Test (RWT)**

Der Regensburger Wortflüssigkeits-Test dient der Erfassung der Wortflüssigkeit eines Probanden (ASCHENBRENNER, TUCHA & LANGE, 2001).

Der Test „Formallexikalische Wortflüssigkeit“ besteht aus fünf Untertests, wobei in der vorliegenden Studie der Untertest „K-Wörter“ verwendet wurde.

Der Test „Formallexikalischer Kategorienwechsel“ besteht aus zwei Untertests, wobei hier der Test „G-R“ zur Anwendung kam.

Im Fall der „Formallexikalischen Wortflüssigkeit“ erhält der Proband die Aufgabe, in zwei Minuten so viele Wörter wie möglich beginnend mit „K“ zu nennen.

Bei der Aufgabe „Formallexikalischer Kategorienwechsel“ soll der Proband zwei Minuten lang immer im Wechsel ein Wort beginnend mit „G“ und eines mit „R“ nennen.

Für die Bewertung ist sowohl die Anzahl der korrekten Wörter als auch die Anzahl von Wiederholungen, Regelbrüchen und Kategorienfehler von Belang.

### **8.2.2 Im Rahmen der Studie durchgeführte Testverfahren**

Ausgehend von der Literaturanalyse zeigen sich vor allem die visuell-räumlichen Funktionen, die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsteilung und komplexe sensomotorische Fähigkeiten als kritische Faktoren für die Fahreignung. Für die neuropsychologische Untersuchung der Patienten der aktuellen Studie wurden somit Tests ausgewählt, die das Überprüfen dieser Funktionen ermöglichen.

Bei Probanden, die sich aufgrund der Anzeige im SenioMagazin gemeldet haben, wurden zusätzlich im Anschluss die CERAD-Testbatterie mit dem MMST sowie der MoCA durchgeführt um eine differenzialdiagnostische Aussage über das Vorliegen eines MCI oder auch einer prodromalen Alzheimer-Erkrankung machen zu können.

### **Sehtest nach DIN 58220-T6**

Mit dem Sehtestgerät „bon FT-2“ wurde der straßenverkehrsbezogene Sehtest nach DIN 58220-T6 durchgeführt. Hierzu werden Landoltringe in den Visusstufen 0,32, 0,7 und 1,0 verwendet. Dabei dienen vier Landoltringe der Visusstufe 0,32 der Übung. In den übrigen Visusstufen 0,7 und 1,0 wird der Landoltring entsprechend der DIN 58220-T6 mit zehn verschiedenen Öffnungsrichtungen dargeboten. Überprüft wird so die Fernsicht monokular rechts und links sowie die binokulare Sicht des Probanden.

Die Anforderung gilt als erfüllt, wenn sechs aus zehn Landoltringen einer Visusstufe korrekt erkannt werden. Dabei müssen mindestens drei Landoltringe eine Schrägstellung und drei eine Geradestellung aufweisen.

Falls es bei der Testdurchführung zu Komplikationen wie dem Beschlagen des Gerätes kommt, bietet eine Parallelversion des Tests mit neuer Orientierung der Landoltringe die Möglichkeit zur Wiederholung der Untersuchung.

### **Nackenrotationstest**

Zur Prüfung der Nackenbeweglichkeit wird der Proband mit dem Rücken zu einem Monitor auf einem Stuhl ohne Armlehne platziert. Er erhält die Aufgabe nach einem Warnsignal den Kopf in Richtung des Monitors zu drehen und dem Prüfer mitzuteilen, was für eine geometrische Figur er dort erkennt. Erkennt der Proband die Figur, gilt der Test als bestanden.

### **Dual Task nach Della Sala**

Mit der Dual Task nach DELLA SALA, FOLEY, BESCHIN, ALLERHAND & LOGIE (2010) wird die Fähigkeit zur gleichzeitigen Bearbeitung zweier Aufgaben überprüft, welche eine weitere Voraussetzung für verkehrssicheres Fahrverhalten darstellt.

Bei diesem Test wird zunächst die Zahlenmerkspanne des Probanden ermittelt. Im Anschluss werden dem Probanden für 90 Sekunden Zahlenreihen mit der Länge seiner persönlichen Zahlenmerkspanne vorgelesen, die er wiederholen muss. Die Anzahl der in korrekter Reihenfolge wiedergegebenen Zahlen stellt den Score dieser Aufgabe dar.

Im nächsten Schritt hat der Proband 90 Sekunden Zeit, um mit einem Bleistift den Weg durch ein Labyrinth aus Kreisen zu zeichnen. Die Anzahl der korrekt verbundenen Kreise bildet den Score dieser Aufgabe.

Nun erhält der Proband 90 Sekunden Zeit, in denen er sowohl Zahlenreihen wiederholen, als auch den Weg durch das Labyrinth finden muss. Für jede Teilaufgabe erhält man in gleicher Weise wie bei den Einzelaufgaben einen Score.

Das Verhältnis zwischen den Scores der Einzelaufgaben im Vergleich zu den Punktwerten der kombinierten Aufgabe gibt schließlich Aufschluss über die Fähigkeit des Probanden zwei Aufgaben gleichzeitig zu erfüllen und die Aufmerksamkeit zu verteilen. Es wird zusätzlich ein Mittelwert aus diesen beiden Scores (Digit Proportion und Tracking Proportion) gebildet, der wiederum eine Einteilung in normale und abnormale Testleistung zulässt.

### **Der Labyrinth-Test nach CHAPUIS**

Zur Überprüfung der räumlichen Orientierung dient der Labyrinth-Test nach CHAPUIS (1959). Bei diesem Test wird dem Probanden ein Blatt mit drei unterschiedlich großen Labyrinth vorgelegt. Seine Aufgabe ist es nun, den Weg von der Mitte der Labyrinth zum jeweiligen Ausgang zu finden. Verwendet wird hierzu ein Bleistift. Dieser darf während der Aufgabe möglichst nicht abgesetzt werden. Strafpunkte gibt es für das Zeichnen in eine Sackgasse. Je tiefer der Proband in diese eindringt, desto mehr Fehlerpunkte werden am Ende berechnet. Zusätzlich wird die Zeit festgehalten, die der Proband benötigt, um den Ausgang zu finden. Eine zeitliche Beschränkung gibt es bei der Testbearbeitung für den Probanden nicht.

Es werden sowohl die Bearbeitungszeit pro Labyrinth als auch die Fehler erfasst.

## Wiener Testsystem

Das Wiener Testsystem ist ein computergestütztes Verfahren, welches weltweit zur verkehrspsychologischen Diagnostik eingesetzt wird.

### Determinationstest (DT; Modus Adaptiv)

Der Determinationstest dient zur Erfassung der Reaktionsfähigkeit und Belastbarkeit der Probanden (SOMMER & HÄUSLER, 2006). Durch fortlaufendes, schnelles und unterschiedliches Reagieren auf schnell wechselnde Reize wird der Proband an seine Belastungsgrenze gebracht. Unterstützt wird dies zusätzlich durch die Wahl des Modus „Adaptiv“. Hierbei passt sich die Geschwindigkeit der Reizabfolge dem Leistungsniveau des Probanden an, sodass er ständig seine Belastungsgrenze erreicht.

Es werden diverse Reize dargeboten, die unterschiedliche Reaktionen bedingen. Neben Farb- reizen, werden auch akustische Reize präsentiert. Die entsprechende Reaktion durch den Probanden erfolgt an einer Tastatur mit korrespondierenden Tasten und zwei Fußpedalen. Der Test erfordert somit sowohl kognitive Leistungen, wie das Diskriminieren von Farben und Tönen oder das Erlernen von Zuordnungsregeln, als auch motorische Fähigkeiten.

Nach einer kurzen Übungsphase beträgt die Testdauer 8 Minuten.

Der Median der allgemeinen Reaktionszeit, die Anzahl der richtigen bzw. falschen Reaktionen sowie die Anzahl der ausgelassenen Reize geben schließlich Aufschluss über die reaktive Belastbarkeit des Probanden.

### Linienverfolgungstest (LVT)

Mithilfe des Linienverfolgungstests besteht die Möglichkeit die selektive Aufmerksamkeit und die visuelle Orientierungsfähigkeit bei einfachen optischen Reizen in einem komplexen Umfeld ohne Zeitdruck zu testen (KARNER & BIEHL, 2001).

Hierzu erhält der Proband die Aufgabe eine von neun Linien vom Anfangs- bis zum Endpunkt mit den Augen auf dem Bildschirm zu verfolgen und die Ziffer des Endpunktes auf der Tastatur einzugeben. Im Anschluss folgt ein neues Bild. Nach acht Übungsaufgaben folgen 40 Aufgaben, die der Pro-

band immer in gleicher Weise bearbeiten soll. Eine zeitliche Beschränkung für die Bearbeitung der Aufgabe gibt es für den Probanden nicht.

### Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest (TAVTMB)

Mit dem Tachistoskopischen Verkehrsauffassungstest lässt sich die Überblicksgewinnung in Verkehrssituationen überprüfen. Zusätzlich lässt sich eine Aussage über die visuelle Orientierungsfähigkeit und Auffassungsgeschwindigkeit des Probanden treffen (RISSER et al., 2008).

Dazu wird dem Probanden für eine Sekunde ein Foto mit einer Verkehrssituation auf dem Computerbildschirm präsentiert. Im Anschluss soll der Proband aus fünf vorgegebenen Antwortmöglichkeiten (z. B. Fußgänger, Verkehrsschilder oder Kraftwagen) wählen, was er auf dem Foto gesehen hat.

Die Darbietung der Fotos erfolgt adaptiv, d. h., die Schwierigkeit der präsentierten Fotos wird dem Leistungsniveau des Probanden angepasst.

### Useful Field of View (UFOV)

Mit dem Useful Field of View Test Teil II wird die Verarbeitungsgeschwindigkeit im Bereich der geteilten Aufmerksamkeit des Probanden untersucht (BALL & OWSLEY, 1993).

Zur Überprüfung dieser Fähigkeit erhält der Proband die Aufgabe, auf einem Computerbildschirm einen zentralen Reiz zu identifizieren. Hierbei handelt es sich entweder um ein 2 x 1,5 cm großes Bild eines Lkw oder um einen Pkw der gleichen Größe. Zusätzlich muss der Proband ein weiteres Objekt an einer von acht möglichen peripheren Positionen lokalisieren. Die Dauer der Stimuluspräsentation variiert, sodass der persönliche Grenzwert eines Probanden ermittelt werden kann. Dieser entspricht der kürzesten Präsentationsdauer eines Stimulus, bei der es dem Probanden in 75 % der Fälle möglich ist, sowohl den zentralen Reiz zu identifizieren als auch den peripheren Stimulus zu lokalisieren.

Ein Übungsdurchgang ermöglicht es dem Probanden sich mit der Aufgabe vertraut zu machen.

Im Anschluss erfolgt der tatsächliche Test, dessen Dauer abhängig von der Leistungsfähigkeit des Probanden ist.

## TAP-M

Mit der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung – Version Mobilität besteht die Möglichkeit fahrtauglichkeitsrelevante Aufmerksamkeitsprozesse zu überprüfen (ZIMMERMANN & FIMM, 2012).

- Alertness

Mit dem Untertest „Alertness“ aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung – Version Mobilität (TAP-M) wird die tonische Aktivierung eines Probanden überprüft. Diese ermöglicht es angepasst auf Reize zu reagieren und folgt bei gesunden Menschen einem circadianen Rhythmus.

Zur Untersuchung dieser Fähigkeit erhält der Proband die Aufgabe, so schnell wie möglich mittels Tastendruck auf einen zentral dargebotenen Reiz (weißes Kreuz auf schwarzem Grund) zu reagieren.

Der Median der Reaktionszeit und die Standardabweichung der Reaktionszeiten geben Aufschluss über die tonische Aktivierung eines Probanden.

- Ablenkbarkeit

Die Fähigkeit die Aufmerksamkeit auf einen zentralen Reiz zu fokussieren ohne sich ablenken zu lassen wird mit dem Untertest „Ablenkbarkeit“ überprüft.

Der Proband erhält die Aufgabe, auf einen von zwei unterschiedlichen zentralen Reizen mittels Tastendruck zu reagieren. Bei den Reizen handelt es sich um gezeichnete Gesichter, wobei eines lacht, während das zweite traurig aussieht. Auf dieses traurige Gesicht soll der Proband nun reagieren.

Bunte Bilder an peripheren Positionen, die zu unterschiedlichen Zeiten aufblincken, dienen zur Ablenkung des Probanden. Er erhält die Aufgabe diese Bilder nicht zu beachten und nur auf die zentral dargebotenen Reize zu achten.

Die Reaktionszeiten, die Auslassungen und Fehlreaktionen der unterschiedlichen Bedingungen (mit Ablenker bzw. ohne Ablenker) geben Aufschluss über die Ablenkbarkeit des Probanden.

- Go/No-Go

Der Untertest „Go/NoGo“ ermöglicht die Überprüfung der selektiven Aufmerksamkeit bzw. der Fähigkeit eine nicht-adäquate Reaktion zu unterdrücken.

Hierzu werden dem Probanden zwei unterschiedliche zentrale Reize (X oder +) auf einem Computerbildschirm präsentiert, wobei lediglich eine Reaktion mittels Tastendruck auf das X als adäquate Reaktion gewertet wird.

Auch in diesem Test dienen der Median der Reaktionszeit, die Anzahl der Fehlreaktionen und Auslassungen sowie die Standardabweichung der Reaktionszeiten Parameter für die Beurteilung eines Probanden.

- Geteilte Aufmerksamkeit

Der Untertest „Geteilte Aufmerksamkeit“ dient der Überprüfung der Fähigkeit eines Probanden die Aufmerksamkeit auf eine visuelle und auf eine akustische Aufgabe zu verteilen.

Die visuelle Aufgabe besteht aus einem Feld mit vier mal vier Punkten, auf welchen in unterschiedlicher Anordnung Kreuze erscheinen. Diese Kreuze verändern in einem festen Rhythmus ihre Position und bilden neue Konfigurationen. Bilden vier Kreuze ein zusammenhängendes Quadrat muss der Proband dies durch Tastendruck reagieren.

Parallel dazu sind im Wechsel jeweils ein hoher und ein tiefer Ton zu hören. Tritt hier eine Unregelmäßigkeit der Tonabfolge im Sinne einer direkten Wiederholung eines Tones auf, soll der Proband dies ebenfalls durch Tastendruck anzeigen.

Auf Basis des Medians der Reaktionszeit pro Reizklasse (visuell bzw. akustisch) sowie der insgesamt aufgetretenen Fehlreaktionen und Auslassungen wird die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsteilung beurteilt.

- Visuelles Scanning

Mithilfe des Untertests „Visuelles Scanning“ lässt sich die Fähigkeit, das Gesichtsfeld systematisch nach einem Zielreiz abzusuchen, erfassen.

Ein vorgegebener kritischer Reiz muss bei dieser Aufgabe in einer 5 x 5 Matrix gesucht werden. Der Test besteht aus 100 Durchgängen, wobei nur in 50 Fällen der kritische Reiz in der Matrix enthalten ist. Der kritische Reiz befindet sich hierbei je 10-mal pro Spalte bzw. pro Zeile. Das Testverfahren ist reaktionsgesteuert, die Dauer der Testdurchführung ist somit abhängig von der Reaktionsgeschwindigkeit des Probanden und beträgt meist fünf Minuten oder mehr.

Es werden der Median der Reaktionszeit für die kritischen und nicht-kritischen Durchgänge, die Gesamtzahl der Fehlreaktionen und der Auslassungen sowie die Korrelation der Reaktionszeit mit der Reizposition berechnet. Diese Korrelation ist ein Maß für die Systematik der visuellen Suche.

### Fragebogen: Handlungskompetenzerwartung

Mithilfe dieses Fragebogens wird die Handlungskompetenzerwartung der älteren Probanden im Hinblick auf das Fahren in verschiedenen Verkehrssituationen erfragt (HOLTE, 2012).

Dem Probanden werden hierzu 12 Items zu unterschiedlichen Situationen im Straßenverkehr vorgelegt. Bei jedem Item soll der Proband auf einer vierstufigen Skala entscheiden, wie er seine Fähigkeiten in der jeweiligen Situation einschätzt. Die Einschätzung reicht von „Traue ich mir überhaupt nicht zu“ und „Traue ich mir eher nicht zu“ über „Traue ich mir eher schon zu“ bis hin zu „Traue ich mir voll zu“.

### Gesundheitsfragebogen

Der Gesundheitsfragebogen ermöglicht neben der Erhebung von demografischen Daten der Probanden auch die Ermittlung von Fahrgewohnheiten und einer Selbsteinschätzung des Fahrverhaltens. Zusätzlich werden Fragen zur Gesundheit der Probanden gestellt.

## 8.3 Beschreibung der Stichprobe

Entsprechend der Projektplanung wurde eine Kontrollgruppe (KG) von  $n = 11$  sowie eine Patientengruppe von  $n = 53$  erreicht. Vier dieser Patienten konnten zur vereinbarten Fahrprobe aus gesundheitlichen Gründen nicht antreten. Eine Fahrverhaltensbeobachtung musste aus Verkehrssicherheitsgründen vorzeitig beendet werden. Ein weiterer Patient wurde in etwa 6-monatigen Abständen insgesamt dreimal untersucht. Bei der Kontrollgruppe handelt es sich um Personen ohne subjektive Beeinträchtigung des Gedächtnisses oder der Aufmerksamkeitsleistung. Die 46 Probanden mit MCI (88 %) und die 7 Patienten mit beginnenden Alzheimer Erkrankung (AD) (12 %) bilden die Patientengruppe. Grundlage dieser Einstufung in MCI bzw. Morbus Alzheimer waren die neurologischen und neuro-

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (46)	AD (7)
Alter	MW	67,54	70,05	72,62
	SD	4,94	7,46	8,11
Geschlecht	männlich	7	25	5
	weiblich	4	21	2

Tab. 2: Demografische Daten der Stichprobe

psychologischen Untersuchungen in der Gedächtnisambulanz der Klinik für Neurologie und die klinisch-neuropsychologische Untersuchung der Probanden, die sich auf die Zeitungsannonce mit Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsstörungen gemeldet hatten.

Die MCI-Patienten waren zwischen 57 und 88 Jahren alt. Das durchschnittliche Alter dieser Gruppe beträgt 70 Jahre (SD 7,5) (siehe Tabelle 2). Die Gruppe setzt sich aus 25 Männern (54 %) und 21 Frauen (46 %) zusammen. Es befinden sich 36 (86 %) der MCI-Patienten bereits im Ruhestand, wobei 10 Patienten (22 %) noch eine Nebentätigkeit ausüben. Diese Nebentätigkeiten sind vor allem Verwaltungsaufgaben, Bürotätigkeiten oder Ehrenämter. 15 Patienten (33 %) haben einen höheren Schulabschluss (Fachhochschulreife oder Abitur).

Die Alzheimer-Patienten waren zwischen 60 und 84 Jahre alt. Im Durchschnitt waren diese Studienteilnehmer 72 Jahre (SD 8,6) alt. Fünf Männer (71 %) und 2 Frauen (29 %) bilden diese Gruppe. Es befinden sich 5 Personen (71 %) bereits im Ruhestand. Ein Patient (14 %) übt noch eine Nebentätigkeit aus. Einen höheren Schulabschluss haben zwei der Alzheimer-Patienten (40 %) erlangt.

Das Alter der Kontrollprobanden betrug zwischen 61 und 74 Jahre. Im Durchschnitt waren sie 67 Jahre alt (SD 4,8). Die Gruppe besteht aus sieben Männern (64 %) und vier Frauen (36 %). Hiervon sind acht Personen (73 %) bereits im Ruhestand. Ein Kontrollproband übt jedoch noch eine Nebentätigkeit aus. Drei Probanden (27 %) hatten einen höheren Schulabschluss erlangt.

Die drei Stichproben unterscheiden sich weder hinsichtlich des Alters (exakte Kruskal-Wallis-Varianzanalyse) noch der Geschlechter-Zusammensetzung (exakter Chi<sup>2</sup>-Test) signifikant.

## 8.4 Überblick über die statistischen Analysen

Es handelt sich bei dieser Studie um einen korrelativen Ansatz bei dem das Fahrverhalten (gemessen mit dem TRIP-Protokoll) anhand verschiedener Prädiktoren (neuropsychologische Variablen) vorhergesagt werden soll. Konkret geht es dabei um die Erfassung der Validität der vorgeschlagenen psychologischen Testbatterie im Hinblick auf die Fahreignung bei MCI-Patienten und Patienten mit beginnender Demenz. Nachfolgend werden zuerst deskriptive Statistiken zu den erhobenen medizinischen Parameter, den subjektiven Angaben zum Mobilitätsverhalten, körperlichen und kognitiven Beeinträchtigungen sowie Kompensation nachlassender Fahreignung, zu den psychometrischen Daten und der Ergebnissen der Fahrverhaltensbeobachtung dargestellt. Dabei werden die Leistungen der drei Untersuchungsgruppen verglichen. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Probandenzahl pro Gruppe wurden hierbei vor allem exakte nonparametrische Verfahren (Kruskal-Wallis Varianzanalyse, exakte einfaktorische Varianzanalyse, Permutationstest für zwei unabhängige Stichproben) eingesetzt. In einem zweiten Schritt wurden multivariate Verfahren (Faktorenanalyse, Multiple Regression) verwendet, um die Variablenanzahl zu reduzieren und mehr Information über die Konstruktvalidität der Fahreignungstests zu erhalten.

Da ein Schwerpunkt dieser Studie die Prüfung der vorgeschlagenen Testverfahren im Hinblick auf ihre Eignung zur Vorhersage des Fahrverhaltens war, wurden die Fahrverhaltensdaten eingehend analysiert. Im Einzelnen wurde die Beurteilerübereinstimmung beider Fahrlehrer auf der Basis des TRIP-Protokolls geprüft und dessen faktorielle Struktur sowie die interne Konsistenz bestimmt. Auf dieser Basis wurde dann entschieden, welcher Parameter am besten geeignet schien, das reale Fahrverhalten zu repräsentieren. Dieser Parameter wurde in der Folge mit den medizinischen, subjektiven und psychometrischen Prädiktoren korreliert. Aus den Ergebnissen wurde ein lineares Strukturgleichungsmodell zur Vorhersage der Fahreignung der teilnehmenden Probanden/Patienten dieser Studie abgeleitet und geprüft. Schließlich wurden zwei Extremgruppen, bestehend aus Personen mit sehr guter bzw. eher auffälliger Fahrleistung hinsichtlich relevanter Prädiktoren verglichen. Zudem werden zwei Probanden, deren Fahrtüchtigkeit nicht

uneingeschränkt gegeben war, detaillierter vorgestellt.

In einem zweiten Analyseschritt werden mittels Methoden der psychometrischen Einzelfalldiagnostik die Fahrleistungen der Patienten mit denen einer kleinen Stichprobe von 10 gesunden Personen verglichen. Hierbei wird jeder einzelne Kontrollproband mit der Kontrollgruppe auf signifikante Leistungsunterschiede bzw. -dissoziationen verglichen (CRAWFORD & HOWELL, 1998; CRAWFORD & GARTHWAITE, 2002; CRAWFORD, GARTHWAITE & PORTER, 2010). Bei Patienten mit signifikant verringerter Fahrleistung lassen sich somit bestimmte Symptomkonstellationen (anhand der klinischen und neuropsychologischen Symptomatik) erfassen.

Auf der Basis ausgewählter Parameter wird schließlich ein lineares Strukturgleichungsmodell zur Vorhersage des Fahrverhaltens vorgestellt.

## 8.5 Deskriptive Ergebnisse

Im Folgenden werden die deskriptiven Ergebnisse der Studie dargestellt. Hierbei werden zunächst die klinischen Daten beschrieben. Es folgen die Ergebnisse der subjektiven Einschätzung der Studienteilnehmer. Im Anschluss werden die Resultate der verschiedenen Leistungstests präsentiert.

### 8.5.1 Klinische Daten

#### Neurologische Untersuchung

Es nahmen neun MCI-Patienten (20 %) und fünf Alzheimer-Patienten (72 %) vor der Studienteilnahme an einer neurologischen Untersuchung in der Gedächtnisambulanz der Neurologischen Klinik teil. Die neurologische Untersuchung war bei 89 % der MCI-Patienten und bei 60 % der Alzheimer-Patienten ohne Befund. Bei allen untersuchten Patienten wurden jedoch vaskuläre Risikofaktoren erkannt. Am häufigsten handelte es sich hierbei um eine arterielle Hypertonie oder Nikotinabusus.

#### Liquor

Der Liquorstatus wurde bei fünf MCI-Patienten (11 %) und bei drei Alzheimer-Patienten (43 %) während eines stationären Aufenthalts erhoben. Bei drei Patienten (43 %) mit prodromaler Alzheimer-Erkrankung wurden eine krankheitstypisch,

erniedrigte  $\beta$ -Amyloid-Ratio sowie erhöhte Phospho-Tau-Werte diagnostiziert.

### Bildgebung

Ein MRT wurde bei sechs MCI-Patienten (13 %) und bei drei Alzheimer-Patienten (43 %) durchgeführt. Hierbei wurden vor allem geringgradige temporale oder globale Atrophien sichtbar. Ischämien waren lediglich bei je einem Patient der MCI-Gruppe (2 %) und der Alzheimer-Gruppe (14 %) zu erkennen. Bei drei der MCI-Patienten (7 %) und bei zwei Alzheimer-Patienten (29 %) wurden in der MRT-Untersuchung Mikroangiopathien entdeckt.

### EEG und Labor

Zusätzlich wurde bei drei MCI-Patienten (7 %) und bei zwei Alzheimer-Patienten (29 %) ein EEG angefertigt. Bei allen Patienten war diese Untersuchung jedoch ohne Befund. Ebenso blieb das bei drei MCI-Patienten (7 %) und bei ebenfalls drei Alzheimer-Patienten (43 %) abgenommene Labor ohne Befund.

### MMST

Der MMST wurde bei fünf MCI-Patienten (11 %) und bei einem Alzheimer-Patienten (14 %) durchgeführt. Die erzielten Punktwerte lagen zwischen 19 und 29, wobei vor allem in der Gruppe der Alzheimer-Patienten erniedrigte Werte erreicht wurden.

### MoCA

Der MoCA wurde ebenfalls als Screening-Instrument in der Patientengruppe durchgeführt. In der Gruppe der MCI-Patienten wurden Punktwerte zwischen 18 und 30 erzielt. Der Mittelwert (siehe Tabelle 3) liegt in dieser Gruppe bei 25,37 Punkten (SD 2,48). In der Gruppe der Alzheimer-Patienten liegt die erreichte Punktzahl in diesem Test zwischen 15 und 26. Der Mittelwert in dieser Gruppe beträgt 19,83 Punkte (SD 4,07) und fällt somit signifikant niedriger aus als in der MCI-Gruppe. Ein Punktwert von  $< 26$  gilt als auffällig (NASREDDINE et al., 2005).

### CERAD

Die CERAD-Testbatterie wurde ebenfalls lediglich in der Patientengruppe durchgeführt.

		Gruppe	
		MCI (46)	AD (7)
MoCA**	MW	25,37	19,83
	SD	2,48	4,07
TMT_A_T	MW	56,50	44,83
	SD	10,94	9,26
TMT_B_T	MW	51,80	49,40
	SD	11,59	14,21
Semantische Flüssigkeit*	MW	47,84	36,17
	SD	8,65	10,63
Phonematische Flüssigkeit	MW	51,80	44,33
	SD	11,40	14,83
Figuren Abzeichnen	MW	44,56	55,40
	SD	13,21	9,42
Boston Naming	MW	54,44	46,00
	SD	9,96	6,96
Wortliste Total*	MW	46,80	31,20
	SD	10,11	7,05
Wortliste 1*	MW	46,60	33,60
	SD	8,28	7,93
Wortliste 2*	MW	47,91	33,00
	SD	9,72	7,42
Wortliste 3	MW	48,07	35,80
	SD	11,14	11,17
Wortliste Abrufen*	MW	45,71	32,20
	SD	8,91	4,82
Wortliste Intrusionen	MW	49,02	52,40
	SD	10,21	10,85
Wortliste Savings	MW	45,24	39,20
	SD	12,89	23,05
Wortliste Wiedererkennen	MW	49,57	41,20
	SD	9,99	17,25
Figuren Abrufen*	MW	44,91	29,00
	SD	11,42	6,16
Figuren Savings**	MW	48,89	29,40
	SD	11,36	6,15

\*  $p < .05$ ;

\*\*  $p < .01$ ; einseitig; nach Bonferroni-Korrektur

**Tab. 3:** Ergebnisse der CERAD-Plus-Testbatterie (jeweils alters- und bildungskorrigierte T-Werte) und des MoCA. Der Gruppenvergleich erfolgte jeweils mittels Randomisierungstest

Die Resultate zeigen, dass die Gruppe der Alzheimer-Patienten im Durchschnitt bei nahezu allen Testkategorien schlechtere Ergebnisse erzielt als die MCI-Patienten. Signifikante Leistungsunterschiede zeigen sich beim Erlernen und Erinnern der Wortliste. Der Wortlisten-Gesamt-T-Wert der MCI-Patienten liegt im Mittel bei 46,80 (SD 10,11), was noch einem durchschnittlichen Wert entspricht, während die Alzheimer-Patienten lediglich einen mittleren T-Wert von 31,20 (SD 7,05) erreichten, was bereits als deutlich unterdurchschnittlich einzustufen ist (siehe Tabelle 3). Auch die Lernkurve der beiden Gruppen unterscheidet sich deutlich. Während die MCI-Patienten in allen drei Lerndurchgängen durchschnittliche T-Werte erlangten, schnitten die Alzheimer-Patienten mit deutlich unterdurchschnittlichen T-Werten ab. Auch das Abrufen der Wortliste fiel den Alzheimer-Patienten signifikant schwerer. Sie erzielten im Durchschnitt T-Werte von 32,20 (SD 4,82), was als unterdurchschnittlich zu bewerten ist, während die MCI-Patienten T-Werte von durchschnittlich 45,71 (SD 8,91) erhielten. Zudem weisen die Alzheimer-Patienten erwartungsgemäß eine signifikant schlechtere semantische Wortflüssigkeitsleistung auf.

### 8.5.2 Subjektive Einschätzung

#### Gesundheitsfragebogen

- Fahrerlaubnis

Sowohl die Probanden als auch die Patienten befanden sich alle im Besitz einer gültigen Fahrerlaubnis und nahmen bis zum Testzeitpunkt oder bis sechs Wochen vor dem Testzeitpunkt noch aktiv als Fahrzeugführer am Straßenverkehr teil. Alle Teilnehmer hatten eine Prüfung absolviert, um die Fahrerlaubnis zu erhalten.

Die MCI-Patienten benötigten im Durchschnitt 14 Fahrstunden (SD 9,2), während die Kontrollprobanden im Durchschnitt 15 Fahrstunden (SD 6,8) vor der Fahrprüfung absolvierten. Die Gruppe der Alzheimer-Patienten leistete lediglich neun Fahrstunden (SD 5,9) ab. In der Gruppe der MCI-Patienten sind 33 Personen (77 %) im Besitz einer Führerscheinklasse A oder AB. In der Gruppe der Alzheimer-Patienten sind dies vier Personen (67 %). Die übrigen Patienten sind zusätzlich im Besitz eines Führerscheins der Klasse C bzw. CE. Acht der Kontrollprobanden (73 %) besitzen einen Führerschein der Klasse B bzw. AB. Drei weitere

(27 %) haben zusätzlich die Fahrerlaubnis C bzw. CE. Dabei sind die MCI-Patienten im Durchschnitt seit 43 Jahren (SD 9,1) aktive Autofahrer, wobei die Alzheimer-Patienten durchschnittlich 49 Jahre (SD 6,4) und die Probanden im Durchschnitt seit 45 Jahren (SD 3,9) aktive Fahrzeugführer sind.

Die Fahrerlaubnis hat bei 41 Patienten (82 %) keine Einschränkungen, wohingegen bei acht MCI-Patienten (19 %) und bei einem Alzheimer-Patienten (17 %) das Tragen einer Brille beim Führen eines Kraftwagens vorgeschrieben ist. In der Gruppe der Kontrollprobanden müssen zwei Personen (18 %) eine Brille beim Fahren eines Pkw tragen. Acht Personen (82 %) dieser Gruppe haben keine Einschränkungen in der Fahrerlaubnis vermerkt.

Bis zum Testzeitpunkt fuhren vier Patienten (9 %) ein Fahrzeug mit Automatikgetriebe, 34 Patienten (79 %) einen Schaltwagen und fünf Patienten (12 %) sowohl ein Fahrzeug mit Automatikgetriebe als auch einen Schaltwagen. In der Gruppe der Alzheimer-Patienten bewegten zwei Personen (33 %) ein Fahrzeug mit Automatikgetriebe und fünf Personen (67 %) einen Schaltwagen. In der Kontrollgruppe steuern zum Testzeitpunkt drei Personen (27 %) ein Fahrzeug mit Automatikgetriebe und sieben Personen (73 %) einen Schaltwagen.

In der Gruppe der MCI-Patienten sind 26 Personen (61 %) die Hauptfahrer in der Familie. Von den Alzheimer-Patienten agieren vier Personen (67 %) als Hauptfahrer in der Familie. In der Kontrollgruppe sind dies neun Personen (82 %).

- Nutzungshäufigkeit

Der überwiegende Teil der MCI-Patienten und auch der Kontrollprobanden nutzt das Fahrzeug höchstens 10-mal pro Woche. In der Gruppe der MCI-Patienten bewegen lediglich sieben Personen (16 %) den Pkw mehr als 10-mal pro Woche. Lediglich ein Alzheimer-Patient (16 %) nutzt den Pkw mehr als 10-mal pro Woche. Bei den Kontrollprobanden fahren drei Personen (27 %) mehr als 10-mal pro Woche mit dem Fahrzeug (siehe Tabelle 4). 4 Personen machten keine Angaben. Die Gruppen unterscheiden weder in Bezug auf die Fahrzeugnutzung ( $p > .05$ ; exakter Chi<sup>2</sup>-Test) noch hinsichtlich der Fahrerfahrung (Aktive Jahre;  $p > .05$ ; exakte ein-

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (46)	AD (7)
km pro Jahr	MW	17.000	9.405	11.333
	SD	10.469	8.924	2.944
Aktive Jahre	MW	45,27	42,78	49,17
	SD	3,95	9,70	6,43
Anzahl pro Woche	≤ 10mal	8	36	5
	> 10mal	3	7	1

**Tab. 4:** Gesundheitsfragebogen: Fahrverhalten. Von 4 Personen liegen keine Angaben zur Häufigkeit des Fahrens pro Woche vor

faktorielle Varianzanalyse basierend auf 10.000 unter der Nullhypothese zulässigen, zufälligen und gleichwahrscheinlichen Permutationen) signifikant (siehe Tabelle 4).

Bei der Betrachtung der von den Probanden angegebenen Jahreskilometer zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen. Während die MCI-Patienten durchschnittlich 9.400 km (SD 8.924) pro Jahr fahren, sind es bei den Kontrollprobanden im Durchschnitt 17.000 km (SD 10.469). Die Alzheimer-Patienten fahren durchschnittlich 11.333 km (SD 2.944) pro Jahr. Die MCI-Patienten legen zwischen 600 km und 50.000 km pro Jahr zurück, während die Kontroll-Probanden zwischen 5.000 km und 40.000 km und die Alzheimer-Patienten zwischen 8.000 km und 15.000 km pro Jahr zurücklegen. Die Gruppenunterschiede sind jedoch nicht signifikant ( $p > .05$ ; exakte einfaktorielle Varianzanalyse basierend auf 10.000 zufälligen Permutationen).

- Genutztes Fahrzeug

Das aktuell genutzte Fahrzeug wurde bei den Patienten zwischen 1998 und 2013 angeschafft. In der Gruppe der Kontrollprobanden wurde das zurzeit genutzte Fahrzeug zwischen 1996 und 2012 erworben. Für beide Gruppen waren vor allem der Preis, der Aspekt der Sicherheit und die Wirtschaftlichkeit des Pkw entscheidend für den Kauf.

Assistenzsysteme wie ABS und ein Navigationsgerät werden von Teilnehmern aller Gruppen als besonders sinnvoll und hilfreich angesehen. Im eigenen Fahrzeug werden vor allem zusätzlich ESP und ein Tempomat verwendet.

- Unfallstatistik

In der Gruppe der MCI-Patienten haben 11 Personen (27 %) noch keinen Unfall als Fahrzeugführer erlitten, während in der Gruppe der Kontrollprobanden drei Personen (27 %) angaben noch nie einen Unfall gehabt zu haben. In der Gruppe der Alzheimer-Patienten war lediglich ein Patient (17 %) noch nie an einem Verkehrsunfall als Fahrzeugführer beteiligt. Der überwiegende Teil sowohl der MCI-Patienten (63 %) als auch der Probanden (55 %) hat einen oder zwei Unfälle in der Vergangenheit als Fahrzeugführer erlebt. In der Gruppe der Alzheimer-Patienten erlebte der Großteil der Patienten (50 %) bereits drei bis vier Verkehrsunfälle. In den letzten beiden Jahren vor dem Testzeitpunkt waren lediglich ein Kontrollproband (9 %), zwei MCI-Patienten (5 %) und ein Alzheimer-Patient (17 %) in einen Unfall verwickelt, wobei lediglich der Alzheimer-Patient hierbei als Unfallverursacher ermittelt wurde.

- Selbsteinschätzung des Fahrverhaltens

Fahrten über kurze Distanzen werden in beiden Gruppen mehrheitlich nie oder nur gelegentlich vermieden (MCI-Patienten: 85 %, Alzheimer-Patienten: 100 %, Kontrollprobanden: 91 %). Fahrten über mittlere Distanzen werden in beiden Gruppen bei den meisten Personen nie umgangen (MCI-Patienten: 59 %, Alzheimer-Patienten: 40 %, Kontrollprobanden: 64 %). Lange Distanzen werden ebenfalls selten vermieden (MCI-Patienten: 64 %, Alzheimer-Patienten: 60 %, Kontrollprobanden: 82 %).

Während 31 % ( $n = 13$ ) der MCI-Patienten und 40 % ( $n = 2$ ) der Alzheimer-Patienten Fahrten über Land versuchen zu vermeiden, tun dies 9 % ( $n = 1$ ) der Kontrollprobanden. Auch bei den Fahrten durch die Stadt zeigen sich die Patienten etwas zurückhaltender als die Kontrollprobanden. Während lediglich 18 % ( $n = 2$ ) der Kontrollprobanden solche Fahrten versuchen zu vermeiden, sind es bei den MCI-Patienten bereits 41 % ( $n = 17$ ) und bei den Alzheimer-Patienten 40 % ( $n = 2$ ). Bei Fahrten in der Dunkelheit sind die Patienten ebenfalls etwas vorsichtiger. 27 % ( $n = 3$ ) der Kontrollprobanden gaben an Fahrten bei Nacht zumindest manchmal zu vermeiden, während 64 % ( $n = 27$ ) der MCI-Patienten und 40 % ( $n = 2$ ) der Alzheimer-Patienten manchmal oder auch immer Nachtfahrten vermeiden. Ebenso ist das Fahren ohne Beifahrer für 35 % ( $n = 14$ ) der MCI-Patienten und für 60 %

(n = 3) der Alzheimer-Patienten problematisch. In der Gruppe der Kontrollprobanden äußerte niemand, das Fahren ohne Beifahrer manchmal oder immer zu unterlassen. Auch das Befahren von unbekanntem Straßen scheint sowohl den MCI-Patienten als auch den Alzheimer-Patienten mehr Schwierigkeiten als den Kontrollprobanden zu bereiten. So unterlassen 45 % (n = 18) der MCI-Patienten und 40 % (n = 2) der Alzheimer-Patienten manchmal oder immer Fahrten in unbekannte Gebiete (siehe Tabelle 5). Das Fahrverhalten bezüglich Fahrten auf der Autobahn oder im Berufsverkehr unterscheidet sich rein deskriptiv nicht zwischen den beiden Gruppen. In keiner der genannten Variablen findet sich jedoch ein signifikanter Gruppenunterschied ( $p > .05$ ; exakter Chi<sup>2</sup>-Test).

Die Untersuchungsgruppen unterscheiden sich weder in der Art der Vorbereitung auf die Autofahrt noch bezüglich einer Veränderung des eigenen Fahrverhaltens signifikant. Allerdings lassen sich tendenzielle Unterschiede feststellen. Während 37 % (n = 16) der MCI-Patienten und 67 % (n = 4) der Alzheimer-Patienten ihre Fahrten gut vorbereiten, wird dies von nur 27 % (n = 3) der Kontrollprobanden getan. Alle Studienteilnehmer wurden um

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (42)	AD (5)
Land	niemals	10	29	3
	manchmal	1	12	2
	immer	0	1	0
Stadt	niemals	9	25	3
	manchmal	2	16	2
	immer	0	1	0
Unbekannte Gebiete	niemals	9	22	3
	manchmal	2	16	2
	immer	0	2	0
Nacht	niemals	8	15	3
	manchmal	3	21	1
	immer	0	6	1
Ohne Beifahrer	niemals	10	26	2
	manchmal	1	9	2
	immer	0	5	1

**Tab. 5:** Gesundheitsfragebogen: Vermeidungsverhalten. Es liegen keine signifikanten Gruppenunterschiede vor ( $p > .05$ ; exakter Chi<sup>2</sup>-Test)

eine Einschätzung bezüglich einer Veränderung des eigenen Fahrverhaltens im Vergleich zum Fahrverhalten im Alter von 45 Jahren gebeten. Während 51 % (n = 22) der MCI-Patienten und 67 % (n = 4) der Alzheimer-Patienten bemerkten zum Testzeitpunkt langsamer zu fahren als im Alter von 45 Jahren, taten dies nur 18 % (n = 2) der Kontrollprobanden. Was den eingeschätzten Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug anbelangt, ergaben sich ähnliche Resultate. In der Gruppe der MCI-Patienten sagten 47 % (n = 20) der Teilnehmer, dass sie zum heutigen Zeitpunkt einen größeren Sicherheitsabstand wahren würden als im Alter von 45 Jahren. In der Alzheimer-Gruppe betraf dies 50 % (n = 3), in der Kontrollgruppe gaben dies nur 18 % (n = 2) an. In beiden Gruppen führen jedoch vor allem Dunkelheit in Kombination mit Regen oder Glätte zur vermehrten Unsicherheit im Fahrverhalten. Auch Baustellen auf Autobahnen oder Lkw auf der Autobahn verunsichern Teilnehmer beider Gruppen.

#### • Erkrankungen

Alle Studienteilnehmer wurden bezüglich gegebener Einschränkungen der Beweglichkeit der Extremitäten wie Arme, Beine und Kopf befragt. Es ergaben sich keine nennenswerten Unterschiede in der Funktion zwischen den beiden Gruppen. Vor allem Beeinträchtigungen in der Nackenbeweglichkeit und Schmerzen in den Schultern wurden von Teilnehmern beider Gruppen angegeben.

Es wurde ebenfalls nach dem Vorliegen diverser Erkrankungen gefragt. Es zeigte sich, dass 47 % (n = 20) der MCI-Patienten, 33 % (n = 2) Alzheimer-Patienten und 64 % (n = 7) der Kontrollprobanden an einer Hypertonie leiden. Diabetes liegt bei 16 % (n = 7) der MCI-Patienten und bei 27 % (n = 3) der Kontrollprobanden vor. In der Gruppe der Alzheimer-Patienten gab niemand an, an Diabetes erkrankt zu sein. Ein Glaukom haben 21 % (n = 9) der MCI-Patienten, 33 % (n = 2) der Alzheimer-Patienten und 27 % (n = 3) der Kontrollprobanden. Rückenbeschwerden gaben 33 % (n = 14) der MCI-Patienten, 33 % (n = 2) der Alzheimer-Patienten und 46 % (n = 5) der Kontrollprobanden an (siehe Tabelle 6). Seltener wurde das Vorliegen von Erkrankungen wie Rheuma, Nierenerkrankungen, Apoplex, Herzinfarkt oder Tuberkulose genannt. Die Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich der Häufigkeit der genannten Erkrankungen nicht signifikant ( $p > .05$ ; exakter Chi<sup>2</sup>-Test).

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (43)	AD (6)
Hypertonie	ja	7	20	2
	nein	4	22	4
	weiß nicht	0	1	0
Blutgefäße	ja	1	7	1
	nein	10	34	4
	weiß nicht	0	1	0
Herzkrankheit	ja	0	7	1
	nein	11	34	5
	weiß nicht	0	2	0
Herzrhythmus	ja	1	6	0
	nein	10	35	5
	weiß nicht	0	1	1
Diabetes	ja	3	7	0
	nein	8	33	6
	weiß nicht	0	3	0
Sehen	ja	3	14	0
	nein	7	27	5
	weiß nicht	1	2	1
Glaukom	ja	3	9	2
	nein	8	33	3
	weiß nicht	0	1	1
Rücken	ja	5	14	2
	nein	6	28	3
	weiß nicht	0	0	1
Rheuma	ja	0	7	1
	nein	11	34	4
	weiß nicht	0	0	1

**Tab. 6:** Gesundheitsfragebogen: Erkrankungen. Es liegen keine signifikanten Gruppenunterschiede vor ( $p > .05$ ; exakter Chi<sup>2</sup>-Test)

- Medikamente

Des Weiteren wurden die Studienteilnehmer nach der Einnahme von Medikamenten befragt. In der Gruppe der MCI-Patienten gaben 11 Personen (26 %) an keine Medikamente einzunehmen, während dies in der Gruppe der Kontrollprobanden zwei Personen (18 %) taten. In der Gruppe der Alzheimer-Patienten nehmen alle Personen regelmäßig Medikamente zu sich.

Sowohl die Patienten als auch die Kontrollprobanden nehmen am häufigsten Medikamente

		Gruppe		
		KG (10)	MCI (43)	AD (6)
Antihypertonikum	Ja	6	24	3
	Nein	4	19	3
Gerinnungshemmer	Ja	3	14	3
	Nein	7	29	3
Antidiabetikum	Ja	2	4	0
	Nein	8	39	6
Cholesterinsenker	Ja	3	10	3
	Nein	7	33	3
Bronchodilatoren	Ja	1	1	1
	Nein	9	42	5
Antidementivum**	Ja	0	2	5
	Nein	10	41	1
Neuroleptikum	Ja	0	4	1
	Nein	10	39	5
Psychopharmaka	Ja	0	6	0
	Nein	10	37	6
Sonstige Medikamente	Ja	4	18	4
	Nein	6	25	2

\*\*  $p < .001$ ; exakter Chi<sup>2</sup>-Test

**Tab. 7:** Gesundheitsfragebogen: Medikamenteneinnahme

aus der Gruppe der Antihypertonika ein. In der Gruppe der MCI-Patienten trifft dies auf 56 % ( $n = 24$ ) der Personen zu, während in der Gruppe der Alzheimer-Patienten 50 % ( $n = 3$ ) Medikamente dieser Wirkstoffgruppe verabreicht wird. In der Gruppe der Kontrollprobanden nehmen 60 % ( $n = 6$ ) der Teilnehmer regelmäßig Antihypertonika zu sich (siehe Tabelle 7). Ebenfalls weitverbreitet ist die Einnahme von cholesterinsenkenden Substanzen mit zehn Nennungen in der MCI-Gruppe (23 %), drei Nennungen in der Alzheimer-Gruppe (50 %) und drei Nennungen in der Kontrollgruppe (30 %).

Auch Gerinnungshemmer werden von Studienteilnehmern beider Gruppen häufig verwendet. In der Gruppe der MCI-Patienten nehmen 14 Personen (33 %), in der Gruppe der Alzheimer-Patienten drei Personen (50 %) und in der Kontrollgruppe 30 % ( $n = 3$ ) Personen Medikamente wie Marcumar zur Gerinnungshemmung ein. Weitere Arzneimittel, die von einzelnen Personen beider Gruppen genutzt werden, sind Antidiabetika, wie Insulin, Neuro-

leptika, Bronchodilatoren, Psychopharmaka und Harnsäuresenker. In der Gruppe der Patienten werden zusätzlich 14 % (n = 7) der Personen mit Cholinesterasehemmer aufgrund ihrer demenziellen Erkrankung behandelt. Davon sind fünf Patienten mit einer prodromalen Alzheimer-Erkrankung diagnostiziert, während die übrigen beiden an einer MCI leiden.

Sowohl die Anzahl der eingenommenen Arzneimittel als auch die Wirkstoffgruppen, die eingenommen werden, unterscheiden sich, mit Ausnahme der Cholinesterasehemmer (Antidementivum), nicht signifikant zwischen den beiden Untersuchungsgruppen (siehe Tabelle 7).

Es ist jedoch anzumerken, dass einige der durch die Studienteilnehmer eingenommenen Medikamente, wie Psychopharmaka, Antidiabetika, Neuroleptika oder auch Antihypertonika negative Auswirkungen auf die Fahrtauglichkeit haben können. Daher wurde pro Proband neben der Gesamtzahl eingenommener Medikamente auch die Anzahl potenziell reaktionsverzögernder Medikamente registriert.

- Selbstwirksamkeitserwartung

Bei der subjektiven Einschätzung der eigenen Fahrkompetenz erreichten die MCI-Patienten einen durchschnittlichen Gesamtwert von 18,3 Punkten (SD 6,6), während die Kontrollprobanden durchschnittlich 18,8 Punkte (SD 4,9) erzielten. Die Alzheimer-Patienten erreichten im Durchschnitt 17 Punkte (SD 7,7). Die Anzahl der erreichten Punkte liegt in der MCI-Patientengruppe zwischen 6 und 33 Punkten, in der Alzheimer-Gruppe zwischen 5 und 25 Punkten und in der Kontrollgruppe zwischen 9 und 25 Punkten. Es liegt kein signifikanter Gruppenunterschied vor ( $p > .05$ ; exakter Kruskal-Wallis-Test).

### 8.5.3 Leistungstests

#### Sehtest

In der Gruppe der Kontrollprobanden benötigen 9 Personen (90 %) eine Sehhilfe. In der Gruppe der MCI-Patienten tragen 94 % (n = 43) und in der Alzheimer-Gruppe 89 % (n = 8) der Studienteilnehmer eine Sehhilfe.

Die Durchführung des straßenverkehrsbezogenen Sehtests erbrachte in der Gruppe der Kontrollpro-

banden bei 4 Personen (40 %) keinerlei Auffälligkeiten. In der Gruppe der MCI-Patienten blieben 26 Personen (57 %) innerhalb der tolerierten Fehleranzahl. In der Gruppe der Alzheimer-Patienten ist die Sehkraft von 4 Personen (44 %) unauffällig. Die Gruppen unterscheiden sich diesbezüglich nicht signifikant.

#### Nacken-Rotations-Test

In der Gruppe der MCI-Patienten fiel der Nacken-Rotations-Test bei 73 % (n = 32) der Personen positiv aus und gilt somit als bestanden. Uneingeschränkte Nackenbeweglichkeit wurde in der Gruppe der Alzheimer-Patienten bei 44 % (n = 4) der Personen festgestellt. In der Gruppe der Kontrollprobanden waren 90 % (n = 9) der Personen unauffällig. Es liegt kein signifikanter Gruppenunterschied vor ( $p > .05$ ; exakter  $\chi^2$ -Test).

#### Papier-und-Bleistift-Tests

- Dual Task nach Della Sala

Die Zahlenmerkspanne reicht bei den MCI-Patienten von vier bis sieben. Im Durchschnitt können MCI-Patienten Zahlenreihen von 4,78 Zahlen (SD 0,87) erinnern (siehe Tabelle 8). Alzheimer-Patienten erinnerten zwischen drei und sechs Zahlen. Im Durchschnitt waren dies 4,14 Zahlen (SD 0,9). In der Gruppe der Kontrollprobanden liegt die Zahlenmerkspanne zwischen vier und neun Zahlen. Die durchschnittliche Merkspanne liegt bei diesen Personen bei 5,73 Zahlen (SD 1,49).

Die Anzahl der Zahlen, die in der Dual Memory Task korrekt wiederholt werden konnten, liegt in der MCI-Gruppe zwischen 29 und 80 Zahlen. Im Durchschnitt konnten bei dieser Aufgabe 53,78 Zahlen (SD 13,17) erinnert werden. In der Einzelbedingung konnten im Gegensatz dazu durchschnittlich 54,54 Zahlen (SD 12,63) wiederholt werden. Die Alzheimer-Patienten gaben zwischen 30 und 65 Zahlen korrekt wieder bei einem Mittelwert von 51,29 Zahlen (SD 14,21). Die Kontrollprobanden konnten zwischen 50 und 76 Zahlen wiederholen. Durchschnittlich gaben die Kontrollprobanden innerhalb der vorgegebenen Zeit 60,27 Zahlen (SD 9,23) korrekt wieder. In der Einzelbedingung waren dies durchschnittlich 64,82 Zahlen (SD 9,76).

In der Dual Tracking Task verbanden die MCI-Patienten zwischen 61 und 312 Kreise miteinander bei einem Mittelwert von 174,59 (SD 61,97). In

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (46)	AD (7)
UFOV (ms)**	MW	101,18	170,63	332,86
	SD	3,92	107,51	158,51
Dual Task: Digit Span	MW	5,73	4,78	4,14
	SD	1,49	0,87	0,90
Single Task: Memory	MW	64,82	54,54	58,86
	SD	9,76	12,63	14,06
Single Task: Tracking	MW	210,36	191,43	134,86
	SD	39,05	55,81	27,40
Dual Task: Memory	MW	60,27	53,78	51,29
	SD	9,23	13,17	14,21
Dual Task: Tracking	MW	181,27	174,59	105,43
	SD	32,08	61,97	30,52
Dual Task: Digit Proportion	MW	95,52	97,62	95,54
	SD	9,05	13,73	3,53
Dual Task: Tracking Proport.	MW	86,67	91,31	79,50
	SD	14,82	17,84	22,62
Dual Task: Gesamt Proport.	MW	91,07	94,49	87,51
	SD	6,22	10,67	10,34
Labyrinth 1: Dauer (sec)	MW	30,45	46,91	56,14
	SD	14,41	26,83	35,10
Labyrinth 2 Dauer (sec)	MW	81,73	92,45	98,29
	SD	33,55	42,42	56,60
Labyrinth 3 Dauer (sec)	MW	152,82	190,29	208,80
	SD	50,08	77,84	82,23
Labyrinth 1 Fehler	MW	2,64	2,58	3,00
	SD	2,67	2,64	2,04
Labyrinth 2 Fehler	MW	7,64	5,78	5,07
	SD	4,23	3,29	2,62
Labyrinth 3 Fehler	MW	8,82	8,07	5,30
	SD	4,45	5,36	2,68
** p < .001 (nach Bonferroni-Korrektur; exakte einfaktorielle Varianzanalyse basierend auf 10.000 zufälligen Permutationen)				

**Tab. 8:** Deskriptive Statistiken des UFOV, der Dual Task nach Della Sala und des Labyrinth-Tests (Rohwerte)

der Einzelbedingung konnten im Durchschnitt 191,43 Kreise (SD 55,81) bearbeitet werden. Alzheimer-Patienten verbanden 49 bis 139 Kreise miteinander. Durchschnittlich wurde eine Anzahl

von 105,43 Kreisen (SD 30,52) erreicht. In der Einzelbedingung konnten im Durchschnitt 134,86 Kreise (SD 27,4) bearbeitet werden. Von der Kontrollgruppe wurden zwischen 134 und 230 Kreise miteinander verbunden bei einem Mittelwert von 181,27 Kreisen (SD 32,08), während in der Einzelbedingung innerhalb der Testzeit durchschnittlich 210,36 Kreise (SD 39,05) bearbeitet werden konnten.

Keiner der Kontrollprobanden zeigte auffällige Resultate. Der Gesamtscore in der Dual Task Aufgabe fällt hingegen mit einem Mittelwert von 91,07 (SD 6,22) niedriger aus als in der MCI-Gruppe (MW 94,49, SD 10,67). In der Gruppe der MCI-Patienten zeigten jedoch sieben Personen (15 %) unterdurchschnittliche Werte. In der Gruppe der Alzheimer-Patienten war dies bei einem Studienteilnehmer (17 %) der Fall. Hier beträgt der durchschnittliche Gesamtscore 87,51 (SD 10,34). Gleichwohl unterschieden sich die drei Gruppen in der Dual Task Aufgabe in keinem Parameter signifikant.

#### • Labyrinth-Test

Die durchschnittliche Dauer, die MCI-Patienten benötigten um Labyrinth 1 zu lösen liegt bei 46,91 Sekunden (SD 26,8342) und bei den Alzheimer-Patienten bei 56,14 Sekunden (SD 35,1), während die Kontrollprobanden im Durchschnitt für dieses Labyrinth lediglich 30,45 Sekunden (SD 14,41) benötigten (siehe Tabelle 8). Die durchschnittliche Fehleranzahl ist mit 2,58 (SD 2,64) in der Gruppe der MCI-Patienten ebenso wie in der Kontrollgruppe (MW 2,64; SD 2,67) und in der Gruppe der Alzheimer-Patienten (MW 3; SD 2,04) gering.

Um den Ausgang von Labyrinth 2 zu finden, benötigen die MCI-Patienten durchschnittlich 92,45 Sekunden (SD 42,42) und machten dabei 5,78 Fehler (SD 3,29). Bei den Alzheimer-Patienten waren im Durchschnitt 98,29 Sekunden (SD 56,6) nötig. Dabei wurden 5,07 Fehler (SD 2,62) gemacht. Die Kontrollprobanden waren zwar mit einer Durchschnittszeit von 81,73 Sekunden (SD 33,55) etwas schneller, arbeiteten jedoch bei durchschnittlich 7,64 Fehlern (SD 4,23) etwas ungenauer als die Patienten.

Für drei MCI-Patienten und einen Alzheimer-Patienten war das Labyrinth 3 und somit das größte Labyrinth nicht lösbar. Die übrigen MCI-Patienten benötigten im Durchschnitt 190,29 Sekunden (SD 77,84) zur Lösung der Aufgabe.

Dabei machten sie durchschnittlich 8,07 Fehler (SD 5,36). Alzheimer-Patienten fanden den Ausgang des Labyrinths in durchschnittlich 208,8 Sekunden (SD 82,23) bei 5,3 Fehlern (SD 2,68). Die Kontrollprobanden lösten alle das Labyrinth. Hierzu benötigten sie durchschnittlich 152,82 Sekunden (SD 50,08) bei durchschnittlich 8,82 Fehlern (SD 4,45).

Die drei Gruppen unterscheiden sich in keinem der Labyrinth-Parameter signifikant.

### Computergestützte Testverfahren

- UFOV

In der MCI-Patientengruppe benötigten die Studienteilnehmer zwischen 100 ms und 453 ms, um die Testobjekte korrekt wahrzunehmen. Im Durchschnitt waren 170,63 ms (SD 107,51) nötig (siehe Tabelle 8). Alzheimer-Patienten brauchten eine Mindestdarstellungsdauer von 100 ms bis 500 ms. Durchschnittlich waren dies 332,86 ms (SD 158,51). In der Gruppe der Kontrollprobanden reicht die nötige Präsentationsdauer von 100 ms bis 113 ms und im Durchschnitt 101,18 ms (SD 3,92). Die drei Gruppen unterscheiden sich dabei signifikant ( $p < .001$ ; exakte einfaktorielle Varianzanalyse basierend auf 10.000 zufälligen Permutationen). Post-hoc Mittelwertsvergleiche (Permutationstest für zwei unabhängige Stichproben; Bonferroni-korrigiert  $p < .01$ ; einseitig) ergeben dabei signifikante paarweise Unterschiede zwischen allen drei Gruppen.

- TAP-M

Im Folgenden werden die Ergebnisse der verschiedenen Untertests der TAP-M dargestellt. Bei den dargestellten Mittelwerten handelt es sich um T-Werte. Hierbei gelten T-Werte  $< 40$  als unterdurchschnittlich. Einen Überblick über die Anzahl und die prozentuale Verteilung der unterdurchschnittlichen T-Werte bietet Tabelle 15.

#### Ablenkbarkeit

Im Untertest „Ablenkbarkeit“ zeigen sich nur geringfügige Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den MCI-Patienten (siehe Tabelle 9). Die Gruppe der Alzheimer-Patienten schneidet bei keinem der erhobenen Testwerte unterdurchschnittlich ab. Die durchschnittliche Gesamt-Reaktionszeit

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (46)	AD (7)
Ablenker Fehler	MW	48,36	44,85	50,14
	SD	9,43	11,43	7,56
Ablenker Auslassungen	MW	46,82	45,43	41,57
	SD	5,06	6,60	11,50
Ablenker Median RZ	MW	49,73	47,00	42,57
	SD	5,64	8,55	7,11
kein Ablenker Fehler	MW	47,36	43,48	50,29
	SD	6,67	10,93	5,56
kein Ablenker Auslassungen	MW	48,73	45,85	45,29
	SD	4,22	7,87	8,18
kein Ablenker Median RZ	MW	50,27	47,00	40,14
	SD	6,53	9,57	7,93
gesamt Fehler	MW	47,73	44,04	49,86
	SD	10,10	12,71	7,90
gesamt Auslassungen	MW	46,73	44,63	41,00
	SD	4,76	7,23	11,79
gesamt Median RZ	MW	50,09	46,96	40,43
	SD	5,39	9,12	8,06

Tab. 9: TAP-M: Untertest Ablenkbarkeit, T-Werte; Geteilte Aufmerksamkeit

ist jedoch mit einem T-Wert von 40,43 (SD 8,06) grenzwertig und deutlich niedriger als in der Kontrollgruppe (MW 50,09; SD 5,39).

Hinsichtlich der Auslassungen ergaben sich in allen drei Gruppen durchschnittliche Werte, wobei die Alzheimer-Patienten im Schnitt weniger Auslassungen in der Bedingung „ohne Ablenker“ machten (MW 45,29; SD 8,18) als in der Bedingung „mit Ablenker“ (MW 41,57; SD 11,50). Es zeigen sich bei keinem Testparameter signifikante Gruppenunterschiede ( $p > .05$ ; exakte einfaktorielle Varianzanalyse basierend auf 10.000 zufälligen Permutationen).

Im Untertest „Geteilte Aufmerksamkeit“ ließen die Alzheimer-Patienten durchschnittlich mehr Zielreize aus (MW 35,86; SD 13,55) als die Kontrollgruppe (MW 51,73; SD 8,14) und die MCI-Patienten (MW 45,41; SD 10,68) (siehe Tabelle 10). Auch die Reaktionszeit auf auditive Reize fällt in der Gruppe der Alzheimer-Patienten unterdurchschnittlich aus (MW 30,14; SD 8,8). Sowohl in

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (46)	AD (7)
auditiv Median RZ**	MW	47,36	44,28	30,14
	SD	11,56	9,46	8,80
visuell Median RZ	MW	51,00	46,52	38,00
	SD	5,55	9,89	11,56
gesamt Fehler	MW	50,18	48,15	45,14
	SD	8,42	8,26	8,43
gesamt Auslassungen*	MW	51,73	45,41	35,86
	SD	8,14	10,68	13,55
* $p < .05$				
** $p < .01$ (nach Bonferroni-Korrektur); exakte einfaktorische Varianzanalyse basierend auf 10.000 zufälligen Permutationen)				

**Tab. 10:** TAP-M: Untertest Geteilte Aufmerksamkeit, T-Werte; Vergleich der Stichproben

der Gruppe der MCI-Patienten (MW 44,28; SD 9,46) als auch in der Kontrollgruppe (MW 47,36; SD 11,56) werden durchschnittliche Reaktionszeiten erreicht.

Die Reaktionszeit auf visuelle Reize ist in der Alzheimer-Gruppe mit einem mittleren T-Wert von 38 (SD 11,56) unterdurchschnittlich. In beiden anderen Gruppen sind die Reaktionszeiten unauffällig.

Die Gruppen unterscheiden sich nach Bonferroni-Korrektur und exakter einfaktorischer Varianzanalyse sowohl hinsichtlich der akustischen Reaktionszeiten ( $p < .01$ ) als auch der Gesamtzahl der Auslassungen ( $p < .05$ ). Post-hoc Mittelwertvergleiche mittels Permutationstests belegen dabei jeweils eine signifikante Leistungsminderung ( $p < .05$ ; einseitig) der Alzheimer-Patienten verglichen mit jeder der beiden anderen Gruppen. Zudem zeigt sich ein knapp insignifikanter Unterschied zwischen Kontrollgruppe und MCI-Gruppe bei den Auslassungen.

#### Alertness

Alle drei Untersuchungsgruppen erreichten im Untertest „Alertness“ durchschnittliche Mittelwerte (siehe Tabelle 11). Wenngleich zu bemerken ist, dass die Gruppe der Alzheimer-Patienten mit einem T-Wert von 41,86 (SD 6,28) den geringsten Durchschnittswert erzielte. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist hinsichtlich der Reaktionszeit knapp insignifikant ( $P = .06$ ; exakte einfaktorische

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (46)	AD (7)
Median RZ	MW	48,18	47,11	41,86
	SD	5,21	5,91	6,28
SD RZ	MW	47,27	49,91	39,29
	SD	6,69	9,43	11,28

**Tab. 11:** TAP-M: Untertest Alertness, T-Werte; Vergleich der Stichproben

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (46)	AD (7)
Fehler	MW	49,09	45,30	43,57
	SD	6,19	9,91	8,30
Auslassungen	MW	50,00	46,04	45,43
	SD	,00	8,04	8,14
Median RZ	MW	47,82	48,46	39,43
	SD	8,78	8,93	10,13
SD RZ	MW	43,64	44,11	36,57
	SD	6,56	10,80	6,83

**Tab. 12:** TAP-M: Untertest Go-Nogo, T-Werte; Vergleich der Stichproben

Varianzanalyse basierend auf 10.000 zufälligen Permutationen). Unterschiede in der Reaktionszeitstreuung bestehen nicht zwischen den Gruppen.

#### Go-Nogo

Im Untertest „Go-Nogo“ unterscheiden sich die drei Gruppen bezüglich der Reaktionszeit knapp insignifikant ( $P = .0523$ ; exakte einfaktorische Varianzanalyse basierend auf 10000 zufälligen Permutationen), was in erster Linie auf die verlängerten Reaktionszeiten der Alzheimer-Patienten (MW 39,43; SD 10,13) zurückzuführen ist (siehe Tabelle 12). Weitere bedeutsame Gruppenunterschiede liegen nicht vor. Allerdings weisen die Alzheimer-Patienten unterdurchschnittliche Ergebnisse hinsichtlich der Reaktionszeit-Streuung auf (MW 36,57; SD 6,83).

#### Visuelles Scanning

Die Reaktionszeiten der kritischen Trials im Untertest „Visuelles Scanning“ unterscheiden sich deskriptiv deutlich zwischen der Kontrollgruppe (MW 44,09; SD 8,02) und den beiden Patienten-

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (46)	AD (7)
Kritische Auslassungen	MW	45,45	48,13	46,71
	SD	7,58	10,29	9,72
Kritische Median RZ	MW	44,09	38,24	37,57
	SD	8,02	9,62	11,66
Nicht kritische Fehler	MW	45,91	46,84	44,43
	SD	7,78	6,47	7,57
Nicht kritische Median RZ	MW	42,27	40,24	42,00
	SD	8,87	8,93	11,03
Zeilen r	MW	45,36	53,96	49,86
	SD	7,53	10,12	5,43

Tab. 13: TAP-M: Untertest Visuelles Scanning, T-Werte; Vergleich der Stichproben

gruppen mit jeweils einem unterdurchschnittlichen mittleren T-Wert von 38,24 (SD 9,62) bzw. 37,57 (SD 11,66) (siehe Tabelle 13). Die Gruppen unterscheiden sich jedoch insgesamt in keinem der Parameter signifikant ( $p > .05$ ; exakte einfaktorielle Varianzanalyse basierend auf 10.000 zufälligen Permutationen).

Die Auslassungen sowie die Fehlreaktionen liegen in allen drei Gruppen im durchschnittlichen Bereich.

### Wiener Testsystem

Alle drei Untersuchungsgruppen schnitten beim Linienvorfahrungstest mit durchschnittlichen Mittelwerten ab (siehe Tabelle 14). Der Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen ist dabei gering und nicht signifikant.

Im Determinationstest zeigt sich, dass die Alzheimer-Patienten seltener richtig reagierten (MW 36,33, SD 5,68) machten als Personen der Kontrollgruppe (MW 44, SD 3,85). Auch die Bearbeitungssorgfalt, gemessen an falschen und ausgelassenen Reaktionen, ist bei den Patienten der Alzheimer-Gruppe etwas schlechter ausgeprägt als in den beiden anderen Gruppen, jedoch noch immer knapp durchschnittlich (MW 45,67 bzw. 41).

Die Ergebnisse des Tachistoskopischen Verkehrsauffassungstests lassen eine Unterscheidung der Untersuchungsgruppen zu (siehe Tabelle 14). Alzheimer-Patienten (MW 38,33, SD 6,15) nahmen weniger Objekte wahr als Teilnehmer der Kontroll-

		Gruppe		
		KG (11)	MCI (46)	AD (7)
Determination Richtige	MW	44,00	40,78	36,33
	SD	3,85	7,55	5,68
Determination Falsche	MW	53,91	54,29	45,67
	SD	9,27	11,86	7,76
Determination Ausgelassene	MW	47,27	44,13	41,00
	SD	7,39	8,07	6,13
LVT Median	MW	48,55	47,13	46,50
	SD	4,89	7,34	6,38
LVT Score	MW	52,82	50,64	52,17
	SD	6,19	9,12	10,63
TAVT Richtige*	MW	49,91	42,73	38,33
	SD	9,93	7,02	6,15
TAVT Falsche	MW	50,09	48,09	45,00
	SD	8,44	8,59	8,63
TAVT Überblick*	MW	50,27	44,80	39,67
	SD	7,98	6,16	5,20

\*  $p < .05$  (nach Bonferroni-Korrektur; exakte einfaktorielle Varianzanalyse basierend auf 10.000 zufälligen Permutationen)

Tab. 14: Wiener Testsystem; T-Werte (LVT: Linienvorfahrungstest; TAVT: Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest)

gruppe (MW 49,91, SD 9,93) oder der MCI-Gruppe (MW 42,73, SD 7,02). Insgesamt erreichten Alzheimer-Patienten auch einen geringeren Wert der Überblicksgewinnung als Teilnehmer der beiden anderen Gruppen.

Signifikante Gruppenunterschiede ( $p < .05$ ; exakte einfaktorielle Varianzanalyse basierend auf 10.000 zufälligen Permutationen) liegen beim TAVT (Richtige und Überblick) vor. Post-hoc Mittelwertsvergleiche mittels Permutationstests zeigen nach Bonferroni-Korrektur für jeden der beiden Parameter einen signifikanten Unterschied ( $p < .05$ ; einseitig) zwischen der Kontrollgruppe einerseits und jeder der beiden Patientengruppen andererseits. Die MCI- und die Alzheimer-Gruppe unterscheiden sich bei TAVT-Überblick zusätzlich knapp signifikant.

### 8.5.4 Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr

Für alle Studienteilnehmer fand die Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr an einem Werktag um 10:00 Uhr statt.

Gruppe			Fahrlehrer 2							Gesamt	
				DI	DO	DO jr.	KO	PL	SP		ZE
KG	Fahrlehrer 1	DO		1	0		0		0		1
		KL		1	5		2		1		9
	Gesamt			2	5		2		1		10
MCI	Fahrlehrer 1		3	0	0	0	0	0	0		3
		DI	0	0	1	0	0	0	0		1
		DO	0	0	0	1	0	0	0		1
		KL	0	5	15	0	1	16	3		40
		RA	1	0	0	0	0	0	0		1
	Gesamt		4	5	16	1	1	16	3		46
AD	Fahrlehrer 1		1	0	0				0		1
		KL	0	3	1				2		6
	Gesamt		1	3	1				2		7

Tab. 15: Zusammensetzung der Fahrlehrerteams

Das Wetter während der Fahrproben war für den überwiegenden Teil der Studienteilnehmer trocken und sonnig. In der Gruppe der Kontrollprobanden mussten vier Personen (40 %) bei Regen oder feuchter Fahrbahn fahren. Von den MCI-Patienten fuhren acht Personen (28 %) bei Regen oder feuchter Fahrbahn. Drei Alzheimer-Patienten (50 %) absolvierten ebenfalls bei Regen die Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr.

Jeweils ein Kontrollproband (9 %) und ein Alzheimer-Patient (14 %) konnten aus gesundheitlichen Gründen nicht an einer Fahrverhaltensbeobachtung teilnehmen. In der Gruppe der MCI-Patienten betraf dies drei Patienten (7 %).

Eine Fahrprobe eines MCI-Patienten (2 %) musste aus Verkehrssicherheitsgründen vorzeitig beendet werden.

Sowohl zwei Kontrollprobanden (20 %) als auch zwei Alzheimer-Patienten (33 %) machten während der Fahrprobe ein bzw. zwei kritische Fehler. In der Gruppe der MCI-Patienten wurden bei zwei Personen (5 %) 10 bzw. 15 kritische Fehler. Als kritischer Fehler galt ein Fahrmanöver, bei dem der Fahrlehrer eingreifen musste.

Während der Fahrverhaltensbeobachtung waren zwei Fahrlehrer im Fahrzeug anwesend und kodierten unabhängig voneinander das Fahrverhalten mittels des TRIP-Protokolls. Nur in einem Fall (Proband P55) war aus organisatorischen

Gründen lediglich ein Fahrlehrer anwesend. Aus organisatorischen Gründen war ein gelegentlicher Wechsel der Fahrlehrerteams notwendig.

Tabelle 15 zeigt die Zusammensetzung der Fahrlehrerteams. Bei der im Folgenden genannten Variable „Fahrlehrer 1“ handelte es sich in 55 von 59 Fällen um ein und dieselbe Person (Fahrlehrer KL), in den anderen 4 Fällen kamen insgesamt drei Fahrlehrer zum Einsatz. Im Gegensatz dazu setzen sich die TRIP-Beurteilungen von „Fahrlehrer 2“ aus insgesamt 7 Personen zusammen, die jeweils an 22, 16, 10, 4, 3, 2 und 1 Fahrten als Beurteiler teilnahmen.

#### Interrater-Reliabilität des TRIP-Protokolls

Zur Auswertung wurde in einem ersten Schritt die Beurteilerübereinstimmung der beiden TRIP-Protokolle berechnet. Prinzipiell kann dies auf mehrere Arten erfolgen: Zum Einen lässt sich dies für die Gesamtgruppe der Probanden (KG, MCI, AD) durchführen, zum anderen kann die Übereinstimmung auch für jeden einzelnen Probanden ermittelt werden. Die Übereinstimmung zwischen beiden Ratings in Bezug auf alle Probanden wurde für die Mittelwerte der Subskalen des TRIP-Protokolls, für das TRIP-Fazit (Mittelwert beider Fahrlehrer bei den Items 72-76) und für den TRIP-Gesamtscore mit Krippendorf Alpha (KRIPPENDORF, 2004) sowie dem Intraklassenkorrelationskoeffizienten berechnet.

TRIP-Skala	K- $\alpha$	ICCu	ICCa	ICCj
Links abbiegen	.499	.501**	.668**	.580**
Verhalten an komplexen Kreuzungen	.437	.439**	.610**	.600**
Fahrstreifenwechsel	.595	.597**	.748**	.678**
Anpassen an den Verkehrsfluss (Schnellstraße)	.581	.584**	.737**	.627**
Verkehrssignale	.216	.217	.357	.385**
Tempo	.367	.369**	.539**	.509**
Abstand zum Vordermann	.392	.394**	.565**	.514**
Vorausschauendes Fahren	.190	.191	.321	.358**
Seitenposition auf der Straße	.352	.354**	.523**	.498**
Automatische Prozesse	.254	.256*	.408*	.440**
Vorfahrtsregeln, Verständnis, Wahrnehmung und Qualität der Verkehrsteilnahme	.352	.354**	.523**	.568**
Kommunikation	.373	.375**	.545**	.506**
Fazit	.306	.308**	.471**	.503**
Mittlerer Gesamtscore	.482	.484	.652	.651**

\*  $p < .05$     \*\*  $p < .001$

**Tab. 16:** Beurteilerübereinstimmungen der beiden Fahrlehrer bzgl. relevanter Indizes des TRIP-Protokolls bei  $n = 58$  Fahrverhaltensbeobachtungen (K- $\alpha$ : Krippendorff Alpha; ICCu: Intrakorrelationskoeffizient einfaktoriell, unjustiert; ICCa: Intrakorrelationskoeffizient bezogen auf Mittelwerte; ICCj: Intraklassenkorrelationskoeffizient zweifaktoriell justiert)

Wie aus Tabelle 16 ersichtlich, sind die Beurteilerübereinstimmungen in den Subskalen sowie dem mittleren Gesamtscore niedrig bis allenfalls mittel ausgeprägt. Es zeigt sich zudem, dass in Einzelfällen die Verwendung eines justierten Intrakorrelationskoeffizienten (ICCj, vgl. Tabelle 16), bei dem Mittelwertsunterschiede zwischen den Beurteilern nicht in die Fehlervarianz eingehen, z. T. deutlich höhere Übereinstimmungen ergeben. Dies weist darauf hin, dass in unserer Studie die Fahrlehrer (möglicherweise in Abhängigkeit von ihrer Sitzposition auf dem Beifahrersitz oder der Rückbank) Aspekte des Fahrverhaltens unterschiedlich streng bewerten. Die entsprechenden Unterschiede zwischen dem unjustierten (ICCu) und justierten (ICCj) Intraklassenkorrelationskoeffizienten fallen am größten aus bei den Skalen „Verhalten an komplexen Kreuzungen“, „Tempo“, Vorfahrtsregeln, Verständnis, Wahrnehmung und Qualität der Verkehrsteilnahme“, „Fazit“ sowie beim gemittelten TRIP-Gesamtscore.

Ein Vergleich der Mittelwerte der beiden Fahrlehrer in den TRIP-Skalen zeigt Folgendes (vgl. Bild 9):

Der zweite Fahrlehrer erwies sich systematisch als signifikant strenger als der erste (jeweils  $p < .001$ ; t-Test für unabhängige Stichproben basierend auf

1.000 Bootstrap-Stichproben), wobei sich die deutlichsten absoluten Unterschiede bei den Subskalen „Verkehrssignale“, „Abstand zum Vordermann“, „Automatismen“, „Regeln“ und beim „Fazit“ ergeben. Dieses Resultat ist angesichts der Tatsache, dass es sich z. T. um unterschiedliche Fahrlehrer-Gruppierungen handelte (siehe Tabelle 15) besonders auffällig und weist auf mögliche positionsabhängige Beurteilerunterschiede hin.

Ein möglicher Grund für die im Vergleich zur Studie von POSCHADEL et al. (2012) niedrigeren Interrater-Reliabilitäten ist darin zu sehen, dass in der aktuellen Untersuchung Fahrlehrerteams mit wechselnder Zusammensetzung (siehe Tabelle 15) das Fahrverhalten beurteilten. Zudem nahmen bei POSCHADEL et al. (2012) 92 Probanden teil, die jeweils bei 4 Fahrten bewertet wurden. Es kann daher vermutet werden, dass diese Fahrlehrer aufgrund der größeren Häufigkeit durchgeführter Fahrverhaltensbeobachtungen eine größere Vertrautheit mit dem TRIP-Protokoll entwickelt haben als die Fahrlehrer der aktuellen Studie, die 10 Kontrollprobanden sowie insgesamt 53 Patienten bewerteten. Weiterhin wurde in der vorliegenden Untersuchung darauf geachtet, dass die Fahrverhaltensbeobachtung immer zur gleichen Tageszeit am Vor-

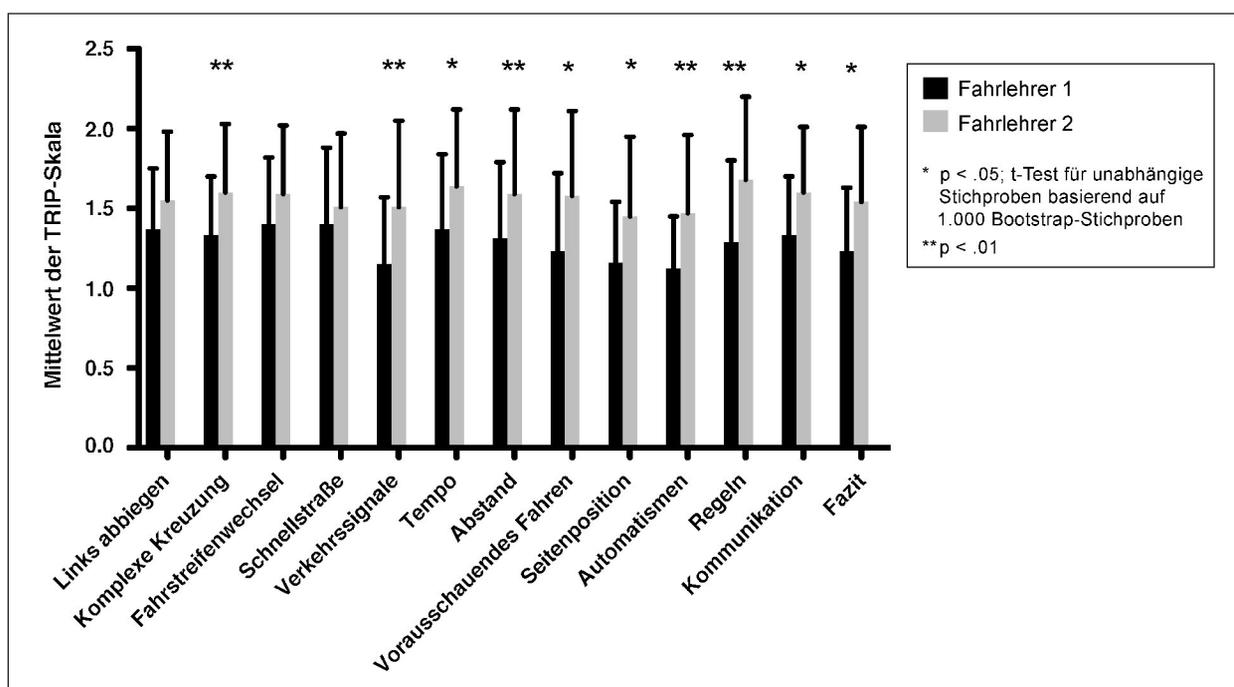


Bild 9: Bewertungsunterschiede der beiden Fahrlehrer im TRIP-Protokoll

	Vergebener TRIP-Score (Mittelwert über alle Probanden)			
	1 = gut	2 = ausreichend	3 = zweifelhaft	4 = ungenügend
Fahrlehrer 1	63.53	19.48	4.25	0,08
Fahrlehrer 2	41.05	40.06	4.33	0.08

Tab. 17: Mittlere Häufigkeit der vergebenen TRIP Score Kategorien getrennt nach Fahrlehrer

mittag durchgeführt wurde. Dadurch wurde der Berufsverkehr am früheren Morgen oder auch um die Mittagszeit vermieden und die Fahrstrecke war in der vorgesehenen Zeit zu bewältigen. Andererseits ergaben sich dadurch jedoch auch möglicherweise weniger kritische Situationen aufgrund erhöhten Verkehrsaufkommens mit erhöhter Anforderung an das Fahrvermögen. Dies könnte sich ebenfalls negativ auf die Beurteilerübereinstimmung ausgewirkt haben.

Es wurde weiterhin ausgezählt, wie häufig die beiden Fahrlehrer die einzelnen Bewertungskategorien in den 96 TRIP-Items vergeben hatten. Tabelle 17 zeigt, dass Fahrlehrer 1 deutlich häufiger „gut“ vergab als Fahrlehrer 2, bei der Bewertung „ausreichend“ verhält es sich umgekehrt. Die kritischen Bewertungen „zweifelhaft“ und „ungenügend“ hingegen werden von beiden Beurteilern gleich häufig vergeben. Die oben dargestellten Bewertungsunterschiede zwischen den beiden Ratern gehen ausschließlich auf die, für die Bewertung der Fahreignung weniger relevanten, beiden ersten

Kategorien zurück, auffälliges Verhalten wird jedoch von beiden Fahrlehrern gleich eingestuft. Fahrlehrer 1 vergab in 26 Fällen mindestens eine kritische Bewertung (3 und 4), Fahrlehrer 2 tat dies in 29 Fällen. Zudem kamen beide Fahrlehrer in allen Fällen zu einem völlig übereinstimmenden Expertenurteil und stuften 53 Probanden als uneingeschränkt fahrtüchtig (ohne Fahrstunden), 4 Probanden als uneingeschränkt fahrtüchtig mit zusätzlich empfohlenen Fahrstunden und 2 Probanden als noch nicht uneingeschränkt fahrtüchtig (bei empfohlenen Fahrstunden) ein. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass beide Fahrlehrer bei der Bewertung von kritischen Leistungen lediglich im höheren Leistungsbereich etwas unterschiedliches Bewertungsniveau aufwiesen, ansonsten jedoch kritische Fahrleistungen konsistent einstuften.

Es stellt sich nun die Frage, nach welchen Kriterien beide Fahrlehrer ihr Fazit aus dem Verhalten der Probanden in den unterschiedlichen Fahrsituationen ableiteten. Zu diesem Zwecke wurden lineare schrittweise Regressionsanalysen durchge-

	Prädiktoren	Beta	p	R <sup>2</sup>
Fahrlehrer 1	Vorfahrtsregeln, Qualität der Verkehrswahrnehmung	.467	p < .001	
	Seitenposition auf der Straße	.242	p < .001	
	Fahrstreifenwechsel	.235	p < .05	
	Vorausschauendes Fahren	.171	p < .05	
				.871
Fahrlehrer 2	Links abbiegen	.474	p < .001	
	Automatismen	.284	p < .01	
	Vorausschauendes Fahren	.245	p < .01	
				.778

**Tab. 18:** Ergebnisse der schrittweisen linearen Regressionsanalyse mit den TRIP-Subskalen (außer „FAZIT“) als Prädiktor und der Skala „FAZIT“ als Kriterium. Die Analyse wurde getrennt für beide Fahrlehrer durchgeführt. Angegeben sind die resultierenden Prädiktoren mit den standardisierten Beta-Gewichten, dem zugeordneten p-Wert und der durch das jeweilige Regressionsmodell erklärte Varianzanteil R<sup>2</sup> (Konstante in Gleichung eingeschlossen; PIN = .05; POUT = .10)

führt, mit den jeweiligen Mittelwerten der einzelnen TRIP-Subskalen als Prädiktoren und dem Mittelwert der Skala „Fazit“ als Kriterium. Die beiden Fahrlehrer gehen hier nach etwas unterschiedlichen Kriterien vor, um ihr Fazit über die Fahrverhaltensbeobachtung zu bilden. Während Fahrlehrer 1 in erster Linie die Beachtung von Vorfahrtsregeln und die Qualität der Verkehrswahrnehmung berücksichtigt und etwas schwächer die Seitenposition auf der Straße, den Fahrstreifenwechsel und vorausschauendes Fahren berücksichtigt, stützt sich Fahrlehrer 2 v. a. auf die Beobachtungen beim Links-abbiegen und zusätzlich auf die vorhandenen Automatismen des Probanden sowie auf die Einschätzung des vorausschauenden Fahrens (vgl. Tabelle 18). Bei Fahrlehrer 1 lässt sich das Fazit zu 87,1 % durch die 4 Prädiktoren, bei Fahrlehrer zwei zu 77,8 Prozent durch die drei Prädiktoren erklären. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich hierbei um eine Folge der unterschiedlichen Sitzpositionen der Beurteiler im Fahrzeug handelt (Fahrlehrer 1 saß meistens auf dem Beifahrersitz). Alternativ könnte es sich dabei auch um beurteiler-spezifische Differenzen handeln, die sich in anderen Studien nicht replizieren lassen. Aufgrund der Tatsache, dass aus organisatorischen Gründen nicht immer die gleichen Fahrlehrer anwesend waren, lässt sich diese Frage nicht zufriedenstellend beantworten.

Wie Tabelle 16 verdeutlicht, ist bei der Analyse der Übereinstimmung beider Fahrlehrer der auf Mittelwerte bezogene Intraklassenkorrelationskoeffizient höher als sowohl der einfaktorielle unjustierte als auch der zweifaktoriell justierte Koeffizient. Die

Werte liegen hierbei vor allem bei den Skalen, die aus mehr als 4 Items bestehen, in einem akzeptablen, teilweise sogar guten Bereich > .7 und sind somit hinreichend groß für weitere Analysen. Aus diesem Grunde wurde für die weiteren Analysen zum Zusammenhang von medizinischen und subjektiven und objektiven psychologischen Variablen mit dem realen Fahrverhalten der Mittelwert beider Fahrlehrer für jedes der 96 TRIP-Items gebildet. Aus diesen Mittelwerten wurden dann die Werte der Subskalen berechnet (als Summe der entsprechenden Items dividiert durch die Anzahl der Items in der Skala). Entsprechend wurde bei dem Gesamtscore vorgegangen.

#### **Reliabilität der über die Fahrlehrer gemittelten TRIP-Scores**

Für die mittleren Werte pro TRIP-Subskala wurde, basierend auf den Einzelratings sowie den über beide Beurteiler gemittelten Einschätzungen, für die Gesamtstichprobe jeweils die interne Konsistenz nach Cronbachs  $\alpha$  ermittelt (vgl. Tabelle 20). Hierbei zeigen sich mit einer Ausnahme (Subskala „Tempo“) in allen Skalen gute bis sehr gute Reliabilitäten zwischen .866 und .991 bezogen auf die Mittelwerte beider Fahrlehrer. Mit wenigen Ausnahmen liegen die Reliabilitäten auch höher als die internen Konsistenzen der einzelnen Fahrlehrer. Die Messgenauigkeit des TRIP-Protokolls ist somit sehr hoch und liefert eine gute Basis für die weiteren multivariaten Analysen zur Validität medizinischer und psychologischer Variablen im Hinblick auf die Fahreignung.

TRIP-Skala	Rater 1	Rater 2	Mittelwert beider Rater
Links abbiegen (20 Items)	.955	.956	.962
Verhalten an komplexen Kreuzungen (20 Items)	.956	.955	.967
Fahrstreifenwechsel (10 Items)	.921	.917	.939
Anpassen an den Verkehrsfluss (Schnellstraße) (5 Items)	.883	.893	.903
Verkehrssignale (2 Items)	.852	.896	.866
Tempo (3 Items)	.677	.655	.680
Abstand zum Vordermann (2 Items)	.823	.856	.904
Vorausschauendes Fahren (2 Items)	.966	.924	.952
Seitenposition auf der Straße (5 Items)	.905	.950	.940
Automatische Prozesse (5 Items)	.909	.940	.929
Vorfahrtsregeln, Verständnis, Wahrnehmung und Qualität der Verkehrsteilnahme (4 Items)	.924	.895	.927
Kommunikation (13 Items)	.934	.930	.939
Fazit (5 Items)	.881	.910	.911
Gesamtscore (96 Items)	.990	.986	.991

**Tab. 19:** Interne Konsistenz nach Cronbachs  $\alpha$  der über beide Fahrerler bemittelten TRIP-Urteile. Zum Vergleich sind die internen Konsistenzen der einzelnen Fahrerler-Ratings angegeben

TRIP-Skala	Faktorladung	Kommunalität
Links abbiegen (20 Items)	.949	.900
Verhalten an komplexen Kreuzungen (20 Items)	.937	.878
Fahrstreifenwechsel (10 Items)	.919	.844
Anpassen an den Verkehrsfluss (Schnellstraße) (5 Items)	.855	.731
Verkehrssignale (2 Items)	.769	.592
Tempo (3 Items)	.775	.601
Abstand zum Vordermann (2 Items)	.661	.437
Vorausschauendes Fahren (2 Items)	.746	.557
Seitenposition auf der Straße (5 Items)	.748	.559
Automatische Prozesse (5 Items)	.835	.697
Vorfahrtsregeln, Verständnis, Wahrnehmung und Qualität der Verkehrsteilnahme (4 Items)	.799	.639
Kommunikation (13 Items)	.920	.846
Fazit (5 Items)	.922	.850

**Tab. 20:** Hauptkomponenten-Faktorenanalyse der TRIP-Subskalen. Es resultierte lediglich ein Faktor. Die Tabelle gibt die Faktorladungen der einzelnen Skalen sowie deren Kommunalität wieder

Die Subskalen stellen jedoch keine unabhängigen Dimensionen dar, sondern sind vielmehr hoch korreliert. Eine Hauptkomponenten-Faktorenanalyse der Subskalen (ohne Gesamtscore) resultiert in lediglich einem Faktor, der 70.26 % der Varianz aufklärt. Auf diesem Faktor laden die Subskalen „Links-Abbiegen“, „Komplexe Kreuzung“, „Fahrstreifenwechsel“, „Kommunikation“

und „Fazit“ am höchsten (vgl. Tabelle 20). Ein Vergleich der Kommunalitäten aus Tabelle 20 mit den geschätzten internen Konsistenzen der Skalen (Tabelle 19) weist auf hohe Spezifitäten der Skalen „Abstand zum Vordermann“, „Vorausschauendes Fahren“, „Verkehrssignale“, „Seitenposition“, „Automatische Prozesse“ und „Vorfahrtsregeln“ hin.

### Vergleich der TRIP-Resultate der drei Probanden-Gruppen

Ein Vergleich der drei Gruppen hinsichtlich der Leistung im Realverkehr zeigt insgesamt ansteigende Mittelwerte (AD > MCI > Gesunde) in den drei Probanden-Gruppen. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Stichprobengrößen mit nur wenigen prodromalen Alzheimer-Patienten wurde eine

exakte einfaktorielle Varianzanalyse gerechnet. Da aufgrund der Stichprobengröße der MCI-Gruppe keine systematische Permutation der Daten möglich war, wurden 100.000 zufälligen Permutationen verwendet. Dabei zeigen sich mit Ausnahme der Skalen „Verkehrssignale“, „Tempo“, „Abstand“ und „Regeln“ durchgehend signifikante Gruppenunterschiede (siehe Tabelle 21; es wurde keine Alpha-

		Stichprobe			
		Gesunde	MCI	prodromale Alzheimer-Patienten	p-Wert
TRIP Links Abbiegen	MW	1,28	1,47	1,72	,05
	SD	,18	,39	,10	
	Minimum/Maximum	1,10/1,68	1,00/2,65	1,58/1,85	
TRIP Komplexe Kreuzung	MW	1,29	1,46	1,78	,028
	SD	,16	,38	,18	
	Minimum/Maximum	1,10/1,60	1,00/2,75	1,58/2,08	
TRIP Fahrstreifendifferwechsel	MW	1,23	1,53	1,76	,02
	SD	,17	,41	,25	
	Minimum/Maximum	1,00/1,55	1,00/2,75	1,30/2,05	
TRIP Schnellstraße	MW	1,16	1,46	1,93	,006
	SD	,21	,45	,31	
	Minimum/Maximum	1,00/1,60	1,00/3,00	1,50/2,40	
TRIP Verkehrssignale	MW	1,23	1,31	1,63	,13
	SD	,25	,42	,38	
	Minimum/Maximum	1,00/1,50	1,00/3,00	1,00/2,00	
TRIP Tempo	MW	1,53	1,48	1,83	,18
	SD	,41	,45	,24	
	Minimum/Maximum	1,00/2,17	1,00/3,00	1,50/2,17	
TRIP Abstand	MW	1,30	1,47	1,58	,41
	SD	,64	,40	,26	
	Minimum/Maximum	1,00/3,00	1,00/2,50	1,25/2,00	
TRIP Vorausschauendes Fahren	MW	1,10	1,46	1,67	,024
	SD	,21	,48	,26	
	Minimum/Maximum	1,00/1,50	1,00/3,00	1,50/2,00	
TRIP Position	MW	1,05	1,33	1,50	,043
	SD	,11	,42	,17	
	Minimum/Maximum	1,00/1,30	1,00/3,00	1,20/1,70	
TRIP Automatismen	MW	1,03	1,31	1,45	,037
	SD	,07	,39	,18	
	Minimum/Maximum	1,00/1,20	1,00/2,80	1,10/1,60	
TRIP Regeln	MW	1,29	1,50	1,79	,10
	SD	,43	,46	,40	
	Minimum/Maximum	1,00/2,38	1,00/3,00	1,50/2,50	
TRIP Kommunikation	MW	1,35	1,49	1,81	,04
	SD	,16	,38	,21	
	Minimum/Maximum	1,08/1,69	1,00/2,73	1,42/2,04	
TRIP Fazit	MW	1,15	1,41	1,67	,024
	SD	,22	,41	,12	
	Minimum/Maximum	1,00/1,60	1,00/2,60	1,50/1,80	
TRIP Gesamtwert	MW	1,25	1,46	1,73	,024
	SD	,16	,37	,13	
	Minimum/Maximum	1,09/1,56	1,01/2,68	1,49/1,86	

**Tab. 21:** Stichproben-Unterschiede in den TRIP-Subskalen und dem TRIP-Gesamtwert. Es sind p-Werte für die Gültigkeit der Nullhypothese gleicher Fahrleistungen in den drei Stichproben bei Berechnung einer exakten einfaktoriellen Varianzanalyse mit 100.000 zufälligen Permutationen der Testwerte angegeben

Fehler-Korrektur nach Bonferroni durchgeführt). Es zeigt sich schon beim Vergleich der Maximum-Werte, dass diese teilweise in der MCI-Gruppe höher sind als bei den Alzheimer-Patienten. Die Gesunden weisen jedoch mit einer Ausnahme („Abstand“) in allen Skalen die niedrigsten Mittelwerte und Maximum-Werte auf. Explorativ wurden daher Mittelwertvergleiche (Permutationstest für zwei unabhängige Stichproben) bei den Variablen, bei denen sich signifikante Gruppenunterschiede gezeigt hatten, durchgeführt, um differenzielle Stichprobenunterschiede zu erfassen. Signifikante ( $p < .05$ ; einseitig; Bonferroni korrigiert) Gruppenunterschiede zeigten sich bei den Skalen „Links Abbiegen“ (Kontrollgruppe KG vs. Alzheimer-Gruppe AD), „Komplexe Kreuzung“ (KG vs. AD), „Fahrstreifenwechsel“ (KG vs. MCI, KG vs. AD), „Schnellstraße“ (KG vs. AD), „Vorausschauendes Fahren“ (KG vs. MCI, KG vs. AD), „Seitenposition“ (KG vs. MCI, KG vs. AD), „Automatismen“ (KG vs. MCI, KG vs. AD), „Kommunikation“ (KG vs. AD), „Fazit“ (KG vs. AD) und „TRIP-Gesamtwert“ (KG vs. AD). In erster Linie gehen die globalen Gruppeneffekte somit auf den Leistungsunterschied zwischen Kontroll- und Alzheimer-Gruppe zurück. Zusätzlich zeigt sich in vier Skalen (Fahrstreifenwechsel, Vorausschauendes Fahren, Seitenposition, Automatismen) eine signifikante Leistungsdifferenz zwischen den Kontrollprobanden und den MCI-Patienten. Knapp insignifikante Gruppenunterschiede ( $p < .10$ ) finden sich bei der Skala „Schnellstraße“ zwischen Kontroll- und MCI-Gruppe sowie zwischen MCI- und AD-Patienten.

In der Gruppe der Kontrollprobanden fielen sechs (60 %) bzw. sieben (70 %) Personen nicht auf. Für beide Fahrlehrer waren 2 Kontrollprobanden (20 %) in einer Kategorie auffällig. Die übrigen Teilnehmer dieser Gruppe zeigten in bis zu sieben Kategorien Auffälligkeiten. Ein Fahrlehrer bewertete einen Kontrollprobanden (10 %) in 16 Kategorien mit „zweifelhaft“ bzw. „unzureichend“.

In der Gruppe der MCI-Patienten waren 23 (54 %) bzw. 26 (61 %) der Personen in keiner Kategorie auffällig. Beide Fahrlehrer beurteilten zwei MCI-Patienten (5 %) in einer Kategorie mit „zweifelhaft“ bzw. „unzureichend“. Die übrigen 24 bzw. 28 Patienten erreichten bis zu 55 auffällige Bewertungen. Ein Fahrlehrer stufte einen MCI-Patienten (2 %) sogar in allen Kategorien als „zweifelhaft“ ein.

Von den Alzheimer-Patienten absolvierten ein (17 %) bzw. drei (67 %) ohne Beanstandungen. Ein Fahrlehrer beurteilte einen Patienten (17 %) in einer Kategorie mit „zweifelhaft“. Die übrigen fünf bzw. vier Patienten fielen in bis zu 27 Kategorien auf.

Die Fahrlehrer stufte neun Kontrollprobanden (90 %) als uneingeschränkt fahrtüchtig ein. Einen Kontrollprobanden beurteilten sie als noch nicht uneingeschränkt fahrtüchtig. Aufgrund einer sehr aggressiven Fahrweise wurden vier Fahrstunden empfohlen.

In der Gruppe der MCI-Patienten wurden 40 Personen (93 %) als uneingeschränkt fahrtüchtig von beiden Fahrlehrern bewertet. Zwei Patienten (5 %) wurden als noch nicht uneingeschränkt fahrtüchtig eingestuft. Es wurden jeweils zehn Fahrstunden aufgrund von Wahrnehmungsschwächen und Schwierigkeiten beim Ausführen gleichzeitig ablaufender Aktionen empfohlen. Ein weiterer Patient (2 %) gilt nach Einschätzung der Fahrlehrer noch als uneingeschränkt fahrtüchtig. Ihm wurden jedoch fünf Fahrstunden empfohlen, da auch er durch Wahrnehmungsschwächen auffiel.

Vier der Alzheimer-Patienten (67 %) wurden als uneingeschränkt fahrtüchtig beurteilt. Zwei weitere Patienten (33 %) gelten als noch nicht uneingeschränkt fahrtüchtig. Es wurden aufgrund von nachlassender Konzentration bis zu acht Fahrstunden angeraten.

Weitere Bemerkungen der Fahrlehrer, die zu Abwertungen bei allen auffälligen Studienteilnehmern geführt haben, waren ein häufig unzureichend durchgeführter Schulterblick, das Missachten von Verkehrsregeln, wie das Halten an der Haltelinie, und auch eine häufig zu zügige Fahrweise bzw. zu schlechte Tempoanpassung.

Mit dem Programm SINGLIMS (CRAWFORD & GARTHWAITE, 2002) lässt sich im Einzelfall, d. h. für jeden einzelnen Patienten bestimmen, ob sich sein TRIP-Gesamtwert signifikant von der Kontrollgruppe unterscheidet. Das Programm liefert einen Signifikanztest, eine Punktschätzung der Abweichung des individuellen Wertes und Konfidenzintervalle. Dabei erweisen sich 16 von 43 MCI-Probanden sowie 5 von 6 AD-Patienten als signifikant schlechter als die Kontrollgruppe. Der Anteil der Beeinträchtigung ist in der AD-Gruppe signifikant höher als bei den MCI-Probanden (Exakter Fisher-Test;  $p < .05$ ).

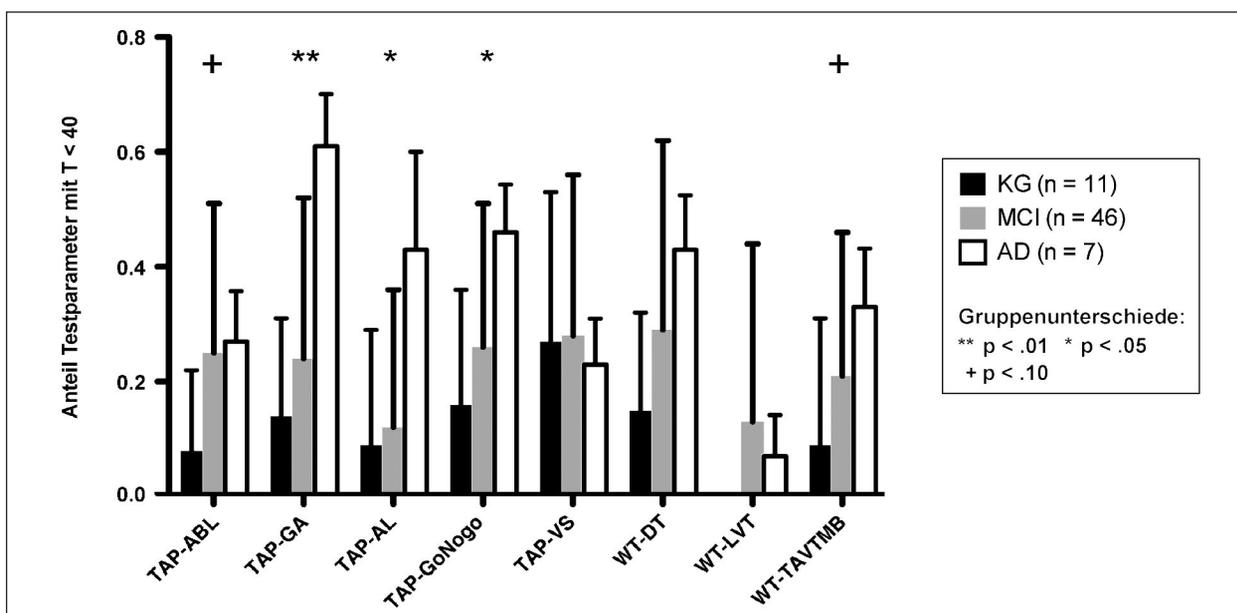
## 8.6 Multivariate Analysen

### 8.6.1 Computergestützte Testverfahren

Die verschiedenen Testverfahren liefern jeweils eine unterschiedliche Zahl an normierten Parametern, die eine Aussage über die relative Leistungsfähigkeit eines Probanden in Bezug zu einer Bezugsgruppe ermöglichen. Hierbei handelt es sich bei den computergestützten Testverfahren um altersunkorrigierte Werte, wie sie auch in der Fahrerlaubnisverordnung gefordert werden. In einem ersten Schritt wurde pro Testverfahren und pro Proband erfasst, in wie vielen Parametern ein T-Wert kleiner als 40 vorliegt. Um einen direkten Vergleich der Tests zu ermöglichen, wurden diese Anzahl auffälliger Werte jeweils durch die Anzahl der in die Auszählung eingegangenen Normwerte pro Testverfahren dividiert (Beispiel: Bei 2 auffälligen Normwerten und insgesamt 5 normierten Parametern ergibt sich ein Anteil von  $2/5 = 0.4$  auffälligen Werten). Bild 10 enthält die entsprechenden Anteile auffälliger Werte pro computergestütztem Test getrennt für drei Stichproben. Dabei sind jeweils der Mittelwert pro Stichprobe und der Standardfehler angegeben. Es wurde zudem jeweils eine exakte Kruskal-Wallis-Varianzanalyse (basierend auf 100.000 zufälligen Permutationen) zum Vergleich der drei Gruppen durchgeführt. Dabei zeigt sich bei den TAP-Tests „Alertness“, „Go-Nogo“ und „Geteilte Aufmerksamkeit“ ein signifikanter Gruppenunterschied mit einem deutlichen Anstieg der auffälligen Werte v. a. in der Alzheimer-Gruppe. Weiter-

hin zeigen sich tendenzielle Unterschiede bei „TAP-Ablenkbarkeit“ und dem TAVTMB aus dem Wiener-Testsystem. Keine signifikanten Differenzen im Sinne auffälliger Testleistungen finden sich jedoch bei „TAP-Visuellem Scanning“ sowie „Determinationsstest“ und „Linienverfolgungstest“ des Wiener Testsystems.

Die verschiedenen Testverfahren liefern jeweils eine unterschiedliche Zahl an normierten Parametern, die eine Aussage über die relative Leistungsfähigkeit eines Probanden in Bezug zu einer Bezugsgruppe ermöglichen. Hierbei handelt es sich bei den computergestützten Testverfahren um altersunkorrigierte Werte, wie sie auch in der Fahrerlaubnisverordnung gefordert werden. In einem ersten Schritt wurde pro Testverfahren und pro Proband erfasst, in wie vielen Parametern ein T-Wert kleiner als 40 vorliegt. Um einen direkten Vergleich der Tests zu ermöglichen, wurden diese Anzahl auffälliger Werte jeweils durch die Anzahl der in die Auszählung eingegangenen Normwerte pro Testverfahren dividiert (Beispiel: Bei 2 auffälligen Normwerten und insgesamt 5 normierten Parametern ergibt sich ein Anteil von  $2/5 = 0.4$  auffälligen Werten). Bild 10 enthält die entsprechenden Anteile auffälliger Werte pro computergestütztem Test getrennt für drei Stichproben. Dabei sind jeweils der Mittelwert pro Stichprobe und der Standardfehler angegeben. Es wurde zudem jeweils eine exakte Kruskal-Wallis-Varianzanalyse (basierend auf 100.000 zufälligen Permutationen) zum Vergleich der drei Gruppen durchgeführt. Dabei



**Bild 10:** Anteil auffälliger T-Werte < 40 pro computergestütztem Test, jeweils relativiert auf die Anzahl der ausgezählten normierten Testparameter pro Test. Die Abbildung zeigt die Mittelwerte pro Gruppe. Die Fehlerbalken entsprechen dem Standardfehler. Es wurde jeweils eine exakte Kruskal-Wallis-Varianzanalyse basieren auf 100.000 zufälligen Permutationen durchgeführt

zeigt sich bei den TAP-Tests „Alertness“, „Go-Nogo“ und „Geteilte Aufmerksamkeit“ ein signifikanter Gruppenunterschied mit einem deutlichen Anstieg der auffälligen Werte v. a. in der Alzheimer-Gruppe. Weiterhin zeigen sich tendenzielle Unterschiede bei „TAP-Ablenkbarkeit“ und dem TAVTMB aus dem Wiener-Testsystem. Keine signifikanten Differenzen im Sinne auffälliger Testleistungen finden sich jedoch bei „TAP-Visuellem Scanning“ sowie „Determinationstest“ und „Linienverfolgungstest“ des Wiener Testsystems.

### Konstruktvalidität der psychometrischen Tests

Aufgrund der zu erwartenden Interkorrelationen der Testparameter und der Notwendigkeit, die Fülle an Testvariablen im Hinblick auf spätere multivariate Analysen zur Validität der Testverfahren auf ein statistisch handhabbares Maß zu reduzieren, wurden Hauptkomponentenanalysen durchgeführt. Um ein günstigeres Personen-zu-Variablen-Verhältnis und damit stabilere Faktorenlösungen zu erhalten (EID, GOLLWITZER & SCHMITT, 2010) wurden die Analysen getrennt für die PC-gestützten und die Papier- und Bleistift-Tests durchgeführt. Für die PC-gestützten Tests ergab sich dabei eine 10-Faktorenlösung, die 76.9 % der Varianz erklärte (siehe Tabelle 22). Bei Kommunalitäten, die in der Mehrzahl  $> .70$  bzw. sogar  $.80$  liegen, kann von relativ geringen Spezifitäten der Variablen ausgegangen werden. Somit erfassen die 10 Faktoren den größten Teil der wahren Varianz der Tests. Die Analyse des rotierten Ladungsmuster führt zu folgender Interpretation der durch die Faktoren repräsentierten Konstrukte:

- Faktor 1

Auf diesem Faktor laden v. a. die Tests, die visuell-räumliche Aufmerksamkeitsleistungen im Sinne visuellen Suchens bei ablenkender Stimulation erfassen.

- Faktor 2

Die Geschwindigkeitsmaße der Tests „Ablenkbarkeit“ und „Go/Nogo“ laden hoch, der Faktor repräsentiert somit vermutlich die fokussierte Aufmerksamkeit.

- Faktor 3

Das Ladungsmuster legt vor allem geteilte Aufmerksamkeit und visuelle Verarbeitung als Konstrukt nahe.

- Faktor 4

Der Faktor wird v. a. durch die Fehlreaktionen bei „Ablenkbarkeit“ und „Go/Nogo“ repräsentiert und steht somit eher für Reaktionsinhibition.

- Faktor 5

Aufgrund der hohen positiven Ladung zweier TAVTMB-Variablen und der negativen UFOV-Ladung kann der Faktor im Sinne eines „Aktiven visuellen Feldes“, d. h. der Fähigkeit, ohne Blickbewegungen kurzzeitig dargebotenen visuelle Information differenziert verarbeiten zu können, interpretiert werden.

- Faktor 6

Der Faktor wird in erster Linie durch die Variablen des Determinationstests sowie die falschen Antworten beim TAVTMB gebildet und repräsentiert somit am ehesten sensorische Verarbeitung.

- Faktor 7

Die entsprechenden Markiertvariablen sind die Zeilenkorrelation des Tests „Visuelles Scanning“ sowie die Auslassungen kritischer Reize im gleichen Verfahren. Dies weist auf exekutive Aspekte visuellen Suchens im Sinne eines systematischen, planvollen Handelns, hin.

- Faktor 8

Der Faktor wird v. a. durch die Fehlreaktionen beim „Visuellen Scanning“ und „Geteilter Aufmerksamkeit“ markiert. Diese sind bei den beiden Testverfahren häufig Folge kurzzeitiger Aufmerksamkeitsschwankungen.

- Faktor 9

Der Faktor wird ausschließlich durch Alertness-Variablen gebildet und repräsentiert somit die allgemeine Reaktionsbereitschaft und die Fähigkeit, diese konsistent auf hohem Niveau zu halten.

- Faktor 10

Die hohe Ladung der Standardabweichung bei „Go/Nogo“ und die negative Ladung der Auslassungen in der Bedingung ohne Ablenker bei „Ablenkbarkeit“ lassen sich als Hinweis auf kurzzeitige Leistungsschwankungen bei visueller Diskrimination deuten.

	Faktor										Kommunalität	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ablenkbarkeit Ablenker – Fehler				.718							.301	.817
Ablenkbarkeit Ablenker – Auslassungen		.515								.359		.666
Ablenkbarkeit Ablenker – Median RZ		.841										.832
Ablenkbarkeit kein Ablenker – Fehler				.756				.302				.807
Ablenkbarkeit kein Ablenker – Auslassungen	.400	.327					.301				-.598	.814
Ablenkbarkeit kein Ablenker – Median RZ		.853										.881
Geteilte Aufmerksamkeit auditiv – Median		.401	.337				.493					.625
Geteilte Aufmerksamkeit visuell – Median RZ			.756									.680
Geteilte Aufmerksamkeit gesamt – Fehler				.336		.380		.499				.679
Geteilte Aufmerksamkeit gesamt – Auslassungen			.758									.772
Alertness Median RZ									.602			.682
Alertness SD									.801			.768
Go/Nogo Fehler				.828								.870
Go/Nogo Auslassungen			.617	.343					-.372			.728
Go/Nogo Median RZ		.638		-.371								.745
Go/Nogo SD		.311		.310							.696	.767
Visuelles Scanning krit. – Auslassungen			.375				.656					.665
Visuelles Scanning krit. – Median RZ	.814											.849
Visuelles Scanning n. kr. – Fehler								.726				.686
Visuelles Scanning n. kr. – Median RZ	.844											.804
Visuelles Scanning Zeilen r							.781					.764
Determinationstest Richtige	.529		.304		.353	.464						.821
Determinationstest Falsche						.671	.466					.769
Determinationstest Auslassungen						.712						.740
LVT Median RZ	.784											.802
LVT Score	.698						.349					.808
UFOV: ms			-.541		-.558		-.314					.838
TAVT Richtige Antwort					.858							.842
TAVT Falsche Antwort						.629		.356				.628
TAVT Überblick					.729	.429						.853

**Tab. 22:** Hauptkomponentenanalyse der relevanten Parameter der computergestützten Testverfahren. Varimax-rotierte Faktorladungsmatrix. Extraktionskriterium: Eigenwert > 1. Ladungen > .30 sind dargestellt. Die gemeinsamen Faktoren erklären 76.9 % der Varianz. RZ: Reaktionszeit; ms: Millisekunden

Pro Proband wurden dann Faktorwerte basierend auf der Regressionsmethode nach Bartlett (DISTEFANO, ZHU & MINDRILA, 2009) berechnet. Bei 2 Probanden (1 x MCI, 1 x AD) waren technische Schwierigkeiten beim Wiener Testsystem aufgetreten, sodass deren Daten leider nicht verwendet werden konnten. Aus diesem Grunde können für diese beiden Probanden auch keine Faktorwerte berechnet werden. Zudem liegen aufgrund von technischen Problemen auch keine Daten eines MCI-Probanden im Test „Visuelles Scanning“ vor, sodass in diesem Fall ebenfalls keine Faktorwerte geschätzt werden konnten.

Ein Vergleich der drei Gruppen auf der Basis der 10 Faktorwerte aus der Faktorenanalyse der PC-gestützten Tests zeigt bei den Faktoren „Aktives visuelles Feld“ ( $p < .01$ ) und „Geteilte Aufmerksamkeit“ ( $p < .05$ ) einen signifikanten Gruppenunterschied (exakte einfaktorielle Varianzanalyse

		Stichprobe		
		KG	MCI	AD
Visuell-räumliche Aufmerksamkeit	MW	.05	-.09	.59
	SD	.86	.98	1.31
Fokussierte Aufmerksamkeit	MW	.23	-.01	-.35
	SD	.60	1.07	1.08
Geteilte Aufmerksamkeit*	MW	.52	-.03	-.70
	SD	.75	.95	1.39
Reaktionsinhibition	MW	.15	-.11	.54
	SD	.83	1.06	.62
„Aktives visuelles Feld“***	MW	.76	-.05	-1.00
	SD	1.20	.83	.86
Sensomotorik	MW	.21	.02	-.53
	SD	.89	1.00	1.14
Handlungssteuerung bei visuellem Suchen	MW	-.55	.16	-.17
	SD	.73	1.08	.29
Kurzzeitige Aufm.schwankungen	MW	-.09	.05	-.21
	SD	.70	1.11	.65
Alertness	MW	-.12	.11	-.60
	SD	.85	.93	1.60
Vis. Diskrimination	MW	-.15	.12	-.62
	SD	.93	1.03	.73
* $p < .05$ ; exakte einfaktorielle Varianzanalyse basierend auf 100.000 zufälligen Permutationen				
** $p < .01$				

**Tab. 23:** Gruppenmittelwerte und -standardabweichungen in den 10 Faktorwerten basierend auf den PC-gestützten Verfahren

basierend auf 100.000 zufälligen Permutationen), jedoch auch bei einem Teil der anderen Faktoren (visuell-räumliche Aufmerksamkeit, Sensomotorik, Alertness, vis. Diskrimination) in die erwartete Richtung gehende Unterschiede im Sinne schlechterer Leistungen von MCI und v. a. AD (vgl. Tabelle 23). Es ist hierbei jedoch zu berücksichtigen, dass aus o.g. Gründen lediglich 6 AD-Patienten ausgewertet werden konnten, was zu einer deutlichen Erhöhung des Fehlers zweiter Art und somit zu geringer Teststärke führt. Post-hoc Mittelwertvergleiche (Permutationstest für zwei unabhängige Stichproben; einseitig; Bonferroni-korrigiert) ergeben bei dem Faktor „Aktives visuelles Feld“ jeweils signifikante Unterschiede ( $p < .05$ ) zwischen allen Gruppen, bei „Geteilte Aufmerksamkeit“ zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Kontrollgruppe und Alzheimer-Patienten ( $p < .05$ ).

### 8.6.2 Papier- und Bleistift-Tests

Analog wie unter Kapitel 8.5.3 wurde mit den Papier- und Bleistift-Tests verfahren. Hierbei ergab sich eine 3-Faktorenlösung (siehe Tabelle 24), deren Faktoren wie folgt interpretiert werden können:

- Faktor 1: verbales Gedächtnis unter single- und dual-task Bedingungen,
- Faktor 2: Labyrinthlernen (Geschwindigkeit und Fehler),
- Faktor 3: Tracking unter single- und dual-task Bedingungen.

	Faktor			Kommunalität
	1	2	3	
Single Task: Memory	.844			.717
Single Task: Tracking			.949	.905
Dual Task: Memory	.933			.888
Dual Task: Tracking	.307		.910	.939
Proportion dual/single task	.587			.455
Labyrinth 1: Dauer		.639		.519
Labyrinth 2: Dauer		.607		.455
Labyrinth 1: Fehler		.727		.562
Labyrinth 2: Fehler		.783		.615

**Tab. 24:** Hauptkomponentenanalyse der Paper-and-Pencil-Tests. Varimax-rotierte Faktorenladungsmatrix. Extraktionskriterium: Eigenwert  $> 1$ . Ladungen  $> .30$  sind dargestellt. Die gemeinsamen Faktoren erklären 67.27 % der Varianz

		Stichprobe		
		KG (n = 11)	MCI (n = 44)	AD (n = 7)
Verbales Gedächtnis	MW	.40	-.08	-.14
	SD	.72	1.03	1.16
Labyrinthlernen	MW	.09	-.02	-.02
	SD	.98	1.01	1.14
Tracking*	MW	.28	.11	-1.13
	SD	.66	1.02	.57
* p < .01; exakte einfaktorische Varianzanalyse basierend auf 100.000 zufälligen Permutationen				

**Tab. 25:** Gruppenmittelwerte und -standardabweichungen in den 4 Faktorwerten basierend auf den Paper-and-Pencil-gestützten Verfahren

Beim Gruppenvergleich der Faktorwerte auf der Basis der Papier-und-Bleistift-Tests zeigt sich nur ein signifikanter Gruppenunterschied bei Faktor 3 (Tracking aus der Dual Task Aufgabe von Della Sala) mit einem deutlich niedrigeren Faktorscore der AD-Gruppe, der erhöhte Bearbeitungszeiten in diesem Verfahren repräsentiert (vgl. Tabelle 25).

Post-hoc Mittelwertsvergleiche (Permutationstest für zwei unabhängige Stichproben; einseitige Signifikanztestung) ergeben signifikante Unterschiede (jeweils  $p < .01$ ; Bonferroni korrigiert) zwischen Kontrollgruppe und Alzheimerpatienten sowie zwischen MCI- und Alzheimer-Gruppe.

### 8.6.3 Selbstwirksamkeitserwartung

Die Skala weist auf der Basis der Gesamtstichprobe ein Cronbachs  $\alpha$  von .87 auf und kann daher als sehr messgenau gelten. Die Trennschärfe-Indizes der Items variieren zwischen .408 und .771. Die Itemschwierigkeiten sind signifikant verschieden (Friedmann-Test:  $p < .001$ ) und ermöglichen somit auch bei unterschiedlichen Ausprägungen der Selbstwirksamkeitserwartung präzise Aussagen. Die Mittelwerte der drei Stichproben unterscheiden sich dabei nicht signifikant (KG: 20.36; MCI: 19.57; AD: 18.33). Dieses Ergebnis entspricht durchaus der Erwartung, dass Alzheimer-Patienten im Frühstadium ihre Fahreignung noch realistisch einschätzen.

	Beta-Koeffizient
CERAD: Wortliste Total	-.068
CERAD: Wortliste Abrufen	.130
CERAD: Wortliste Wiedererkennen	-.079
CERAD: Figuren Abrufen	-.291
CERAD: Semantische Flüssigkeit	.171
CERAD: Phonematische Flüssigkeit	.078
TMT A	-.046
TMT B	-.170
CERAD: Figuren Abzeichnen	.314

**Tab. 26:** Multiple Regression zur Vorhersage des TRIP-Gesamtwertes durch die klinischen Demenz-Testverfahren. Es sind standardisierte (Beta-)Regressionskoeffizienten angegeben. Keiner der Prädiktoren weist eine statistische Signifikanz auf

## 8.7 Vorhersage der Fahreignung

### 8.7.1 Identifikation potenziell relevanter Variablen

#### Vorhersage des TRIP-Gesamtwertes durch die im Rahmen der klinischen Routinediagnostik verwendeten Demenz-Tests

Eine multiple Regressionsanalyse mit den T-Werten der CERAD-Untertests sowie den T-Werten des Trail Making Tests als Prädiktoren und dem TRIP-Gesamtwert als Kriterium zeigt bei Aufnahme aller Prädiktoren in die Regression keine bedeutsamen Zusammenhänge. Die Regression erweist sich als nicht-signifikant ( $F_{9,33} = 1.138$ ;  $p > .05$ ) und kein einzelner weist eine statistische Signifikanz auf (vgl. Tabelle 26).

#### Vorhersage des TRIP-Gesamtwertes durch medizinische sowie subjektive Parameter

Die multiple Regression (Einschluss aller Prädiktoren) zur Vorhersage des TRIP-Gesamtwertes führt zu einer knapp insignifikanten Regression ( $F_{10,42} = 1,877$ ;  $p < .10$ ), wobei nur das Alter der Probanden statistische Signifikanz ( $p < .05$ ) aufweist. Der Beta-Koeffizient des Alters (0,362) hat positives Vorzeichen, d. h. je älter ein Proband, desto höher sein TRIP-Gesamtwert, desto mehr Auffälligkeiten bestanden somit. Die Anzahl vorliegender Erkrankungen weist einen darüber hinausgehenden tendenziellen positiven Zusammenhang ( $p < .10$ ) mit dem TRIP-Gesamtwert auf. Weitere

	Beta-Koeffizient
Alter	,362*
Jahres km	-,209
Fahrgewohnheiten	-,003
Beeinträchtigte Körperfunktion	-,244
Anzahl Krankheiten	,290+
Anzahl eingenommener Medikamente	-,139
Kognitive Probleme	-,117
Anderes Fahrverhalten	,034
Sehtest Anzahl auffällige Werte	-,045
Selbstwirksamkeit Summe	,086
* p < .05    + p < .10	

**Tab. 27:** Multiple Regression zur Vorhersage des TRIP-Gesamtwertes durch medizinische und subjektive Parameter. Es sind standardisierte (Beta-)Regressionskoeffizienten angegeben

signifikante Zusammenhänge sind nicht zu beobachten (vgl. Tabelle 27).

### Vorhersage des TRIP-Gesamtwertes durch psychometrische Testparameter

Die in Kapitel „Konstruktvalidität der psychometrischen Tests“ (8.6.1) dargestellten Faktorwerte, die in den Hauptkomponentenanalysen der psychometrischen Tests ermittelt wurden und entsprechenden kognitiven Funktionen zugeordnet wurden, wurden im Rahmen multiplen Regressionsanalyse als Prädiktoren des TRIP-Gesamtwertes verwendet. Dabei wurden alle Faktorenwerte in die Regressionsgleichung aufgenommen. Die visuell-räumliche Aufmerksamkeit zeigt hierbei den stärksten Zusammenhang mit dem Fahrverhalten ( $p < .05$ ), gefolgt von dem Faktor „Aktives Visuelles Feld“ ( $p < .05$ ). Weiterhin tragen auch die Fokussierte Aufmerksamkeit ( $p = .05$ ) und die Geteilte Aufmerksamkeit ( $p = .052$ ) substantiell zur Vorhersage des TRIP-Gesamtwertes bei. Die weiteren Prädiktoren weisen inkrementelle Validität auf. (vgl. Tabelle 28).

Wenn man nun von diesen kognitiven Dimensionen wieder auf die einzelnen Tests rekurriert und die mittlere Anzahl von T-Werten  $< 40$  pro Test als Prädiktoren für Fahrverhalten (TRIP-Gesamtwert) verwendet, korreliert, ist eine relativ hohe prädiktive Validität vor allem beim Linienverfolgungstest, sowie etwas schwächer bei Go/Nogo und Geteilte

	Beta-Koeffizient
Visuell-räumliche Aufmerksamkeit	-,389*
Fokussierte Aufmerksamkeit	-,274+
Geteilte Aufmerksamkeit	-,307+
Reaktionsinhibition	-,053
Aktives visuelles Feld	-,290*
Sensomotorik	,071
Handlungssteuerung bei visuellem Suchen	-,079
„Unaufmerksamkeit“	-,148
Alertness	,014
Vis. Diskrimination	-,117
Verbales Gedächtnis	-,099
Labyrinthlernen	-,045
Tracking	,121
* p < .05    + p < .10	

**Tab. 28:** Multiple Regression zur Vorhersage des TRIP-Gesamtwertes durch die 13 Faktorenwerte basierend auf den PC- und Papier- und Bleistift-gestützten Verfahren. Es sind standardisierte (Beta-)Regressionskoeffizienten angegeben

	Beta-Koeffizient
Ablenkbarkeit	-,055
Geteilte_Aufmerksamkeit	,248+
Alertness	,133
GoNogo	.323*
Scanning	-,014
Determinationstest	-,092
LVT	.426**
TAVT	-,157
* p < .05    ** p < .01    + p < .10	

**Tab. 29:** Multiple Regression zur Vorhersage des TRIP-Gesamtwertes durch die Anzahl auffälliger T-Werte  $< 40$  in den computergestützten Tests. Es sind standardisierte (Beta-)Regressionskoeffizienten angegeben

Aufmerksamkeit zu verzeichnen (vgl. Tabelle 29). Weitere substantielle Zusammenhänge liegen nicht vor.

Bei den Papier- und Bleistifttests weisen lediglich die Bearbeitungsdauer beim 2. Labyrinth ( $p < .01$ ) und die Dual-Task-Aufgabe von Della Sala

	Beta-Koeffizient
Dual-Task-Aufgabe:	
Single Task:Memory Score	,285
Single Task:Tracking Score	,556
Dual Task:Memory Score	-,383
Dual Task:Tracking Score	-,756 <sup>+</sup>
Verhältnis Dual vs. Single	,403 <sup>+</sup>
Labyrinth 1: Bearbeitungsdauer	-,184
Labyrinth 2: Bearbeitungsdauer	,477 <sup>**</sup>
Labyrinth 1: Fehler	,273 <sup>+</sup>
Labyrinth 2: Fehler	-,173
** p < .01    + p < .10	

**Tab. 30:** Multiple Regression zur Vorhersage des TRIP-Gesamtwertes durch die Papier- und Bleistift-Tests und den UFOV (Rohwerte). Es sind standardisierte (Beta-)Regressionskoeffizienten angegeben

(Dual Task: Tracking Score, der von Della Sala vorgeschlagene Verhältnis-Index zur Messung der durch die geforderte Parallelverarbeitung induzierten Leistungseinbuße; jeweils  $p < .10$ ) substanzielle Zusammenhänge mit der Fahrleistung auf (vgl. Tabelle 30). Allerdings ist das Vorzeichen des Beta-Koeffizienten des Verhältnis-Index von Della Sala entgegen der Erwartung. Je höher der Wert des Index, desto geringer die durch die Parallelverarbeitung eingetretene Leistungseinbuße; insofern wäre ein negativer Zusammenhang zwischen dem Index und dem TRIP-Gesamtwert (bei dem höhere Werte für schlechtere Leistung stehen) zu erwarten. Der positive Regressionskoeffizient stellt somit ein paradoxes Resultat dar. Damit verbleiben lediglich die Dauer beim Labyrinthlernen und (mit Einschränkung) die Tracking Leistung bei der Dual-Task-Aufgabe von Della Sala als mögliche relevante Prädiktoren der Fahrleistung. Die Anzahl bewältigter Labyrinth (möglicher Punktwert: 0-3) korreliert nicht signifikant mit der Fahreignung (Spearman  $\rho = -.24$ ;  $p = .064$ ).

### Zusammenfassung der Regressionsanalysen

Insgesamt weisen somit nur wenige Variablen bzw. kognitive Funktionen einen korrelativen Zusammenhang mit dem Fahrverhalten auf. Hierzu gehören das Alter, die visuell-räumliche, die fokussierte und die Geteilte Aufmerksamkeit sowie das aktive visuelle Feld. Weitere Zusammenhänge mit dem Fahrverhalten ergeben sich zudem bei dem all-

gemeinen Gesundheitszustand (Anzahl berichteter Krankheiten), beim Labyrinthlernen und beim Tracking unter Dual-Task-Bedingungen. Entgegen der Annahme haben weder die Auffälligkeiten beim Sehtest, die Anzahl eingenommener Medikamente noch berichtetes Kompensationsverhalten oder die Selbstwirksamkeitserwartung einen Vorhersagewert in Bezug auf das reale Fahrverhalten bei den untersuchten Probanden dieser Studie.

Als potenziell relevante Variablen zur Vorhersage des Fahrverhaltens werden somit unter Berücksichtigung der Stichprobenvergleiche der Einzeltests, der Markiervariablen der extrahierten Hauptkomponenten (vgl. Kapitel 8.5.1) und der in diesem Kapitel dargestellten Ergebnisse folgende Parameter ausgewählt:

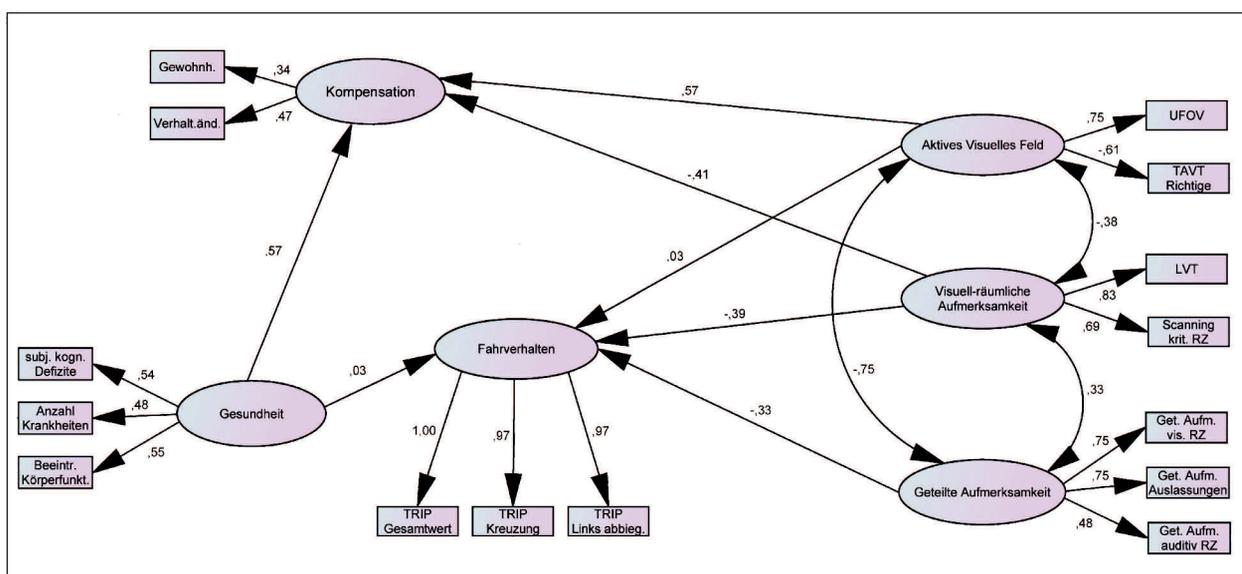
- Anzahl berichteter Krankheiten (Gesundheitsfragebogen),
- Anzahl erlebter körperlicher Beeinträchtigungen (Gesundheitsfragebogen),
- Anzahl erlebter kognitiver Beeinträchtigungen (Gesundheitsfragebogen),
- Kompensationsverhalten
  - Fahrgewohnheiten/Vermeidung von Verkehrssituationen (Gesundheitsfragebogen),
  - Verändertes Fahrverhalten (Gesundheitsfragebogen).
- Visuell-räumliche Aufmerksamkeit
  - Linienverfolgungstest: Median der Zeit richtiger Antworten (T-Wert),
  - Visuelles Scanning: Median Reaktionszeit kritische Trials (T-Wert).
- Geteilte Aufmerksamkeit
  - Median der Reaktionszeit der visuellen Trials (T-Wert),
  - Median der Reaktionszeit der auditiven Trials (T-Wert),
  - Auslassungen (T-Wert),
  - Dual-Task-Aufgabe von Della Sala: Tracking Score.
- Fokussierte Aufmerksamkeit
  - Ablenkbarkeit: Median der Reaktionszeit gesamt (T-Wert),
  - Go/Nogo: Median der Reaktionszeit,

- Go/Nogo: Standardabweichung der Reaktionszeit.
- Aktives Visuelles Feld
  - UFOV,
  - Tachistoskopischer Verkehrsauffassungstest TAVT (Richtige).
- Chapuis-Test: Bearbeitungszeit Labyrinth 2.

### 8.7.2 Lineares Strukturgleichungsmodell zur Vorhersage des Fahrverhaltens auf der Basis der untersuchten Stichproben

Es wurde ausgehend von den im letzten Kapitel beschriebenen potenziell relevanten Variablen ein Strukturgleichungsmodell erstellt (vgl. Bild 11), das einen sehr guten Modell-Fit aufweist ( $\chi^2(81) = 75,98$ ;  $p = .637$ ;  $CMIN/df = .938$ ;  $CFI = 1$ ;  $RMSA = .000$ ; vgl. BYRNE, 2010) und latente Variablen zur Vorhersage der Fahreignung, die durch den TRIP-Gesamtwert, sowie die TRIP-Skalen „Links abbiegen“ und „komplexe Kreuzung“ repräsentiert ist, enthält. Einige der im vorhergehenden Kapitel genannten Parameter wurden nicht in das Modell integriert (z. B. Go/Nogo, Labyrinth, Tracking), da sie zu keiner Verbesserung (bzw., sogar zu einer Verringerung) der Modellgüte führten und nur ungenügend durch die Daten erklärt wurden. Es wurden 4 latente Variablen „Gesundheit“, „visuell-räumliche Aufmerksamkeit“, „Geteilte Aufmerksamkeit“ und „Aktives Visuelles Feld“ angenommen, die die Fahreignung beeinflussen sowie eine weitere latente Variable („Kompensation“), die nicht direkt auf das Fahrverhalten wirkt sondern vielmehr durch den Gesundheitszustand moduliert wird. Jede dieser latenten Variablen wird durch 2-3 beobachtete Variablen repräsentiert. So ist die Variable „Gesundheit“ durch drei Werte des Gesundheitsfragebogens (subjektive kognitive Defizite, Anzahl angegebener Krankheiten, beeinträchtigte Körperfunktionen) gebildet, „Kompensation“ wiederum geht auf die Werte zu den Fahrgewohnheiten (bzw. die durch die Probanden vermiedenen Verkehrssituationen) sowie die von ihnen beobachtete Fahrverhaltensänderung (Geschwindigkeit, Vorsicht, Vorbereitung, Abstand halten) zurück. Die „visuell-räumliche Aufmerksamkeit“ ist durch den LVT (T-Wert Median der Reaktionszeit der richtigen Reaktionen) und Visuelles Scanning (T-Wert Median kritische Trials) definiert. Die „Geteilte Aufmerksamkeit“ wird durch drei Parameter des Tests Geteilte Aufmerksamkeit (Reaktionszeitmediane auditiv und visuell, Auslassungen; jeweils T-Wert) gebildet. „Aktives Visuelles Feld“ wird durch den Rohwert des UFOV-Tests sowie die Anzahl Richtige des TAVT (T-Wert) repräsentiert. Wie anhand der Regressionsgewichte leicht abgelesen werden kann, hat die latente Variable „visuell-räumliche Aufmerksamkeit“ den größten Einfluss auf die Fahreignung (der negative Wert von  $-.39$  ist so zu verstehen, dass beim TRIP-Protokoll größere

Aufmerksamkeit“ und „Aktives Visuelles Feld“ angenommen, die die Fahreignung beeinflussen sowie eine weitere latente Variable („Kompensation“), die nicht direkt auf das Fahrverhalten wirkt sondern vielmehr durch den Gesundheitszustand moduliert wird. Jede dieser latenten Variablen wird durch 2-3 beobachtete Variablen repräsentiert. So ist die Variable „Gesundheit“ durch drei Werte des Gesundheitsfragebogens (subjektive kognitive Defizite, Anzahl angegebener Krankheiten, beeinträchtigte Körperfunktionen) gebildet, „Kompensation“ wiederum geht auf die Werte zu den Fahrgewohnheiten (bzw. die durch die Probanden vermiedenen Verkehrssituationen) sowie die von ihnen beobachtete Fahrverhaltensänderung (Geschwindigkeit, Vorsicht, Vorbereitung, Abstand halten) zurück. Die „visuell-räumliche Aufmerksamkeit“ ist durch den LVT (T-Wert Median der Reaktionszeit der richtigen Reaktionen) und Visuelles Scanning (T-Wert Median kritische Trials) definiert. Die „Geteilte Aufmerksamkeit“ wird durch drei Parameter des Tests Geteilte Aufmerksamkeit (Reaktionszeitmediane auditiv und visuell, Auslassungen; jeweils T-Wert) gebildet. „Aktives Visuelles Feld“ wird durch den Rohwert des UFOV-Tests sowie die Anzahl Richtige des TAVT (T-Wert) repräsentiert. Wie anhand der Regressionsgewichte leicht abgelesen werden kann, hat die latente Variable „visuell-räumliche Aufmerksamkeit“ den größten Einfluss auf die Fahreignung (der negative Wert von  $-.39$  ist so zu verstehen, dass beim TRIP-Protokoll größere



**Bild 11:** Strukturgleichungsmodell zur Vorhersage der Fahreignung basierend auf den erhobenen Daten. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die den beobachteten und latenten Variablen zugeordneten Fehler bzw. Spezifitäten nicht abgebildet. RZ: Reaktionszeit

Werte eine schlechtere Leistung, bei den T-Werten der Prädiktoren jedoch höhere Werte bessere Leistungen darstellen), gefolgt von der „Geteilten Aufmerksamkeit“ (-.33). Das „Aktive Visuelle Feld“ hat dagegen in der vorliegenden Stichprobe keine nennenswerte Auswirkung auf das TRIP-Ergebnis (.03). Auch der „Gesundheitszustand“ wirkt sich praktisch nicht auf das Fahrverhalten aus (.03). Der „Gesundheitszustand“ allerdings bestimmt stark das Kompensationsverhalten (.57), welches zudem durch das „Aktive Visuelle Feld“ (.57) und die „visuell-räumliche Aufmerksamkeit“ (-.41) beeinflusst wird. Visuell-räumliche Aufmerksamkeitsdefizite führen nach diesem Modell neben wahrgenommenen Gesundheitsbeeinträchtigungen und Einschränkungen der visuellen Informationsverarbeitung somit ebenfalls zu kompensatorischem Verhalten. Zusätzlich sind noch die Kovarianzen zwischen „Aktivem Visuellem Feld“ und den beiden Aufmerksamkeitsfunktionen in das Modell integriert worden. Diese sorgten für eine deutliche Steigerung der Modellgüte. „Aktives Visuelles Feld“ und „Geteilte Aufmerksamkeit“ weisen einen starken Zusammenhang (-.75) auf, wohingegen die beiden anderen Kovarianzen allenfalls mittelgradig ausgeprägt sind (Aktives Visuelles Feld vs. Visuell-räumliche Aufmerksamkeit: -.38; Visuell-räumliche Aufmerksamkeit vs. Geteilte Aufmerksamkeit: .33). Die hohe Korrelation mit der Geteilten Aufmerksamkeit drückt den Dual-task Charakter des UFOV aus, bei dem zusätzlich zu einer zentralen Erkennungsaufgabe ein peripherer Stimulus zu lokalisieren ist (BALL & OWSLEY, 1993). Insgesamt wirken sich in der aktuellen Stichprobe somit Minderungen der visuellen Informationsverarbeitung (Aktives Visuelles Feld) im Gegensatz zu den beiden Aufmerksamkeitsfunktionen (visuell-räumlich, Geteilt) nicht auf das Fahrverhalten sondern deutlich stärker auf kompensatorisches Verhalten aus. Die Wahrnehmung eigener visueller Funktionsbeeinträchtigungen scheint somit besonders stark zu Anpassungen des Fahrverhaltens oder auch zur Vermeidung bestimmter äußerer Bedingungen (z. B. Nachfahrten) oder Verkehrssituationen zu führen. Einschränkend muss bei diesem Modell erwähnt werden, dass nur wenige Probanden eine eingeschränkte Fahreignung aufwiesen, somit das Leistungsniveau der Stichprobe noch relativ hoch ist. Die dadurch reduzierte Varianz der Leistungen wirkt sich daher möglicherweise mindernd auf die Regressionskoeffizienten zur Vorhersage des Fahrverhaltens aus.

Ein direkter Einfluss der „Kompensation“ auf das Fahrverhalten liegt nicht vor. Die Integration einer solchen Modellkomponente wirkt sich negativ auf die Modellgüte aus. Aus Tabelle 27 wird auch deutlich, dass bei Verwendung medizinischer und subjektiver Parameter als Prädiktoren zur Vorhersage des Fahrverhaltens, die beiden die Variable „Kompensation“ repräsentierenden Parameter (Fahrgewohnheiten, Anderes Fahrverhalten) keinen Beitrag leisten sondern Beta-Koeffizienten von ca. Null aufweisen.

## 8.8 Extremgruppenvergleich anhand des Gesamtwertes im TRIP-Protokoll

Für die Gesamtgruppe, bestehend aus KG, MCI und AD, wurden zwei Extremgruppen gebildet anhand der Fahrverhaltensbeobachtung, objektiviert durch den TRIP-Gesamt-Mittelwert. Probanden, die zu den 25 % mit der besten Fahrleistung gehören, wurden in die Gruppe der unauffälligen, Probanden, die zu den 25 % mit den schlechteren Leistungen gehörten, zur Gruppe der Risiko- bzw. auffälligen Probanden gezählt. Jede Gruppe umfasste dabei 16 Probanden. Insgesamt handelt es sich um 5 KG-, 22 MCI- und 5 AD-Probanden. Alle KG-Probanden finden sich in der unauffälligen Gruppe, alle AD-Patienten in der Auffälligen-Gruppe, die MCI-Patienten verteilen sich jeweils zur Hälfte in beide Gruppen. In der Gruppe der Unauffälligen wurden alle Probanden als uneingeschränkt fahrtauglich eingestuft, in der Gruppe der Auffälligen wurden 11 als uneingeschränkt fahrtauglich, 3 Probanden als uneingeschränkt fahrtauglich, wobei jedoch Fahrstunden empfohlen wurden, 2 Probanden wurden als eingeschränkt fahrtauglich eingeschätzt und es wurden Fahrstunden empfohlen. Die Gruppen unterscheiden sich nicht hinsichtlich des Gesundheitsstatus (Krankheiten, Medikamente, beeinträchtigte Körperfunktionen, Nackenrotationstest, subjektive Beschwerden über kognitive Probleme), der Sehschärfe, des berichteten Mobilitäts- und Kompensationsverhaltens im Straßenverkehr und der Handlungskompetenzerwartung. Es zeigen sich lediglich tendenziell etwas höhere Werte bei der Handlungskompetenzerwartung (auffällige Probanden trauen sich weniger zu in bestimmten Verkehrssituationen) und es werden tendenziell etwas mehr kognitive Probleme berichtet. Zudem weisen die unauffälligen Probanden etwas mehr Fahrpraxis (gefahrte Jahreskilometer) auf, der entsprechen-

de Unterschied ist jedoch nicht signifikant. Die Gruppe der auffälligen Probanden ist hingegen mit 74.78 Jahren signifikant älter ( $t_{30} = 3.7$ ;  $p < .01$ ) als die unauffälligen Probanden (66.02 Jahre). Die berichtete Unfallhäufigkeit in beiden Gruppen ist vergleichbar.

Die Tabelle 31 beschränkt sich auf Parameter mit signifikanten ( $p < .05$ ) Mittelwertsunterschieden (t-Test für unabhängige Stichproben) zwischen den beiden Gruppen. Da es sich um eine explorative Analyse handelt, wurde keine Alpha-Fehler-Korrektur nach Bonferroni durchgeführt.

		Fahrverhalten	
		Nicht auffällig	auffällig
Ablenkbarkeit/ Ablenker – RZ	MW	50.63	45.56
	SD	6.99	5.15
Ablenkbarkeit/ kein Ablenker – RZ	MW	51	44.38
	SD	7.36	5.8
Ablenkbarkeit/ Ablenker – gesamt RZ	MW	51	44.69
	SD	6.72	5.62
Get. Aufmerksamkeit, visuell RZ	MW	50.06	42.43
	SD	7.02	10.81
Get. Aufmerksamkeit, Auslassungen	MW	51.44	39.44
	SD	9.00	8.86
Vis. Scanning, n. krit. RZ	MW	43.94	35.5
	SD	9.26	8.14
Determinationsstest/ Richtige	MW	43.94	37.75
	SD	6.95	6.63
LVT/Richtige	MW	51	44.31
	SD	4.18	7.30
LVT/Score	MW	55.44	48.50
	SD	7.01	9.69
TAVTMB/Überblick	MW	48.38	42.88
	SD	7.38	5.56
UFOV (Rohwert ms)	MW	128.94	221.44
	SD	74.74	136.24
Ablenkbarkeit/ gesamt – RZ	MW	53.81	45.12
	SD	9.32	9.54

**Tab. 31:** Gruppenvergleich der in der Fahrverhaltensbeobachtung nicht auffälligen und auffälligen Probanden. MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung. Mit Ausnahme des UFOV handelt es sich dabei um T-Werte. Angegeben sind Testparameter, die bei univariaten t-Tests ohne Bonferroni-Korrektur einen signifikanten Unterschied ( $p < .05$ ) ergaben. RZ: Median der Reaktionszeit

Weiterhin weisen die auffälligen Probanden signifikant schlechtere Leistungen in der Tracking-Bedingung der Dual-Task-Aufgabe auf und benötigen signifikant länger für die Bearbeitung des zweiten Labyrinths. Vergleich man beide Gruppen zudem hinsichtlich der Anzahl unterdurchschnittlicher T-Werte  $< 40$  in den psychometrischen Testverfahren, weisen die auffälligen Probanden signifikant erhöhte Anzahlen bei Geteilter Aufmerksamkeit, Go/Nogo und knapp insignifikant bei LVT ( $p = .054$ ) und TAVTMB ( $p = .077$ ) auf. Über alle Tests hinweg finden sich bei den nicht-auffälligen Probanden weniger T-Werte  $< 40$  als in der auffälligen Gruppe (Mittelwerte: 4.94 vs. 9.75;  $p < .05$ ). Betrachtet man den Anteil unterdurchschnittlicher T-Werte nicht pro Test sondern pro Testparameter (RZ, Fehler, Auslassungen etc.), ergeben sich ähnliche Resultate mit einem Schwerpunkt der Unterschiede bei Geteilter Aufmerksamkeit, Go/Nogo und Linienverfolgungstest. Zusätzlich zeigt sich jedoch beim Determinationstest (Richtige) ein signifikant niedriger Wert bei den auffälligen Probanden. In den klinischen Tests zur Demenzabklärung zeigt sich kein signifikanter Unterschied.

Zusammenfassend unterscheiden sich die beiden Gruppen lediglich beim Alter, bei Geteilter Aufmerksamkeit, visuell-räumlicher Aufmerksamkeit (Scanning, LVT), beim aktiven visuellen Feld (UFOV, TAVTMB) und der Sensomotorik (Determinationsstest). Weder in Bezug auf das Mobilitätsverhalten, Vermeidung von Verkehrssituationen, Gesundheitszustand noch Gedächtnis (CERAD) liegen Gruppenunterschiede vor. Die Leistung in den genannten Tests ist deutlich altersabhängig. Da in unserer Studie altersunkorrigierte T-Werte verwendet wurden, könnte es sich dabei also auch um einen reinen Alterseffekt handeln. Dagegen spricht jedoch, dass auch andere Parameter, wie Gedächtnis, klinische Variablen zum Gesundheitszustand, die ebenfalls negativ mit dem Alter korreliert sind, bei diesem Extremgruppenvergleich keine Rolle spielen. Somit scheint es sich hierbei um im Alterungsprozess vulnerable Leistungen zu handeln, die unabhängig von einer degenerativen Erkrankung zu einem Risiko für das Fahrverhalten führen können.

In unserer Stichprobe waren 2 MCI-Patienten-Probanden als nicht mehr uneingeschränkt fahrtüchtig eingestuft wurden. Zudem waren bei 4 Probanden (1 x KG, 2 x MCI, 1 x AD) bei uneingeschränkter Fahrtüchtigkeit Fahrstunden empfohlen worden. Die Ergebnisse der beiden nicht mehr fahrtüchtigen Probanden sind in Tabelle 32 zusammen-

	<b>Proband P28</b>	<b>Proband P49</b>
Alter (Jahre)	78	70
Schulabschluss	Mittlere Reife	Volksschule
<b>Angaben der Probanden</b>		
Gefahrene Kilometer pro Jahr	3.000	800
Krankheiten	Vaskuläre Störungen, Hypertonie, Depression, Diabetes, Herzkrankheit, Herzrhythmusstörungen, Zerebraler Schlaganfall, Grauer Star, Nieren-erkrankung, Abnahme der Hörleistung und des Sehens	Diabetes
Eingenommene Medikamente	11 (davon 3 potenziell Reaktionszeitverzögernd)	1 (potenziell RZ-verzögernd)
Subj. Probleme mit bewegl. Körperteilen	Nein	Nein
Fahrgewohnheiten	Vermeide bestimmte Verkehrssituation kaum	Häufiges Vermeiden
Verändertes Fahrverhalten	Bessere Vorbereitung der Fahrt, mehr Vorsicht, geringere Geschwindigkeit, größerer Sicherheitsabstand	manchmal
Selbsteinschätzung	Die geistige Leistungsfähigkeit wechselte manchmal von einem Tag auf den anderen; ansonsten keine Probleme	Manchmal vermehrte Ablenkbarkeit und Konzentrationsprobleme, wenn jemand während der Autofahrt mit ihm spreche
<b>Psychometrische Tests</b>		
Gedächtnis (CERAD)	durchschnittlich	Reduzierte Lern- und Merkfähigkeit
Wortflüssigkeit (phonematisch und semantisch)	durchschnittlich	durchschnittlich
TMT A	T = 53; durchschnittlich	T = 49; durchschnittlich
TMT B	T = 43; durchschnittlich	T = 35; unterdurchschnittlich
Räumliche konstruktive Verarbeitung (CERAD)	durchschnittlich	durchschnittlich
Dual-Task Aufgabe (Della Sala)		
Single Tracking	255 (unauffällig)	115 (gemindert)
Dual Tracking	173 (unauffällig)	100 (gemindert)
Verhältnis Dual vs. Single	97,9	80 (unterdurchschnittlich)
Labyrinth lernen	Alle 3 Labyrinth geschafft	Kein einziges bewältigt
UFOV	253 (deutlich erhöht)	350 (massiv erhöht)
Nackenrotationstest	negativ	negativ
Sehtest	2 auffällige Werte	Keine Auffälligkeiten
<b>Anteil auffälliger Werte mit T &lt; 40 (T &lt; 30) in %</b>		
Ablenkbarkeit	56 (11)	44 (33)
Geteilte Aufmerksamkeit	50 (0)	100 (50)
Alertness	0	50 (0)
Go/Nogo	50 (0)	75 (0)
Visuelles Scanning	40 (20)	80 (60)
Determinationstest	33 (0)	67 (67)
Linienverfolgungstest LVT	100 (0)	100 (100)
TAVTMB	33 (0)	0
Fahrverhaltensbeobachtung		Wurde vorzeitig aus Sicherheitsgründen beendet
Anmerkung der Fahrlehrer	Sehr langsame Reaktionen, Schwierigkeiten beim Ausführen gleichzeitiger Aktionen	Langsame Reaktionen, Unsicherheit, Angst von BAB, Wahrnehmungsstörungen, unzureichendes Wissen über Verkehrsregeln

**Tab. 32:** Beschreibung der beiden Probanden, denen nach der Fahrverhaltensbeobachtung von den Fahrlehrern nur eine eingeschränkte Fahrtüchtigkeit attestiert wurde

gefasst. Proband P28 leidet unter einer ganzen Reihe von Erkrankungen und weist zudem einen Zustand nach zerebralem Schlaganfall auf. Beide Patienten sind Diabetiker. P28 nimmt 11 verschiedene Medikamente regelmäßig ein, von denen 3 potenziell reaktionsverzögernd sind. P49 nimmt lediglich ein Medikament ein. Nennenswerte Beeinträchtigungen der Konzentrationsleistung beim Autofahren werden nicht geschildert, P49 vermeidet jedoch schwierige Verkehrssituationen häufiger, P28 wiederum meide keine Situationen, habe jedoch sein Fahrverhalten angepasst, fahre langsamer, mit mehr Abstand und vorsichtiger. Dies sei bei P49 nur manchmal der Fall. Kognitive Probleme werden von P28 nicht geschildert, P49 klagt über hin und wieder auftretende vermehrte Ablenkbarkeit und Konzentrationsprobleme, wenn jemand während der Fahrt mit ihm spreche. Die objektiven Tests weisen auf eine leichte Gedächtnisstörung bei P49 hin, P28 zeigt diesbezüglich keine Defizite. Es fällt auf, dass P49 kein einziges Labyrinth erfolgreich bearbeiten kann, wogegen P28 keine Schwierigkeiten dabei hat. Beide Probanden zeigen eine intakte räumlich-konstruktive Verarbeitungsleistung, der Nackenrotationstest ist jedoch bei beiden negativ. Das aktive visuelle Feld ist bei beiden deutlich gemindert, wie sich im UFOV zeigt. Interessanterweise ist die TAVTMB-Leistung kaum betroffen, obwohl dies angesichts des schlechten UFOV-Ergebnisses eigentlich zu erwarten gewesen wäre. Möglicherweise erfassen beide Tests unterschiedliche Leistungsaspekte. P49 zeigt eine massive Minderung der Geteilten Aufmerksamkeit, was sowohl an dem TAP-M Untertest als auch an der Dual-Task Aufgabe von Della Sala erkennbar ist. P28 weist diesbezüglich ein schwächeres Defizit auf. Beide Probanden haben zudem eine deutlich unterdurchschnittliche visuell-räumliche Aufmerksamkeit (Visuelles Scanning, Linienverfolgungstest) auf. Beide weisen ein etwas schwächer ausgeprägtes Defizit der fokussierten Aufmerksamkeit (Ablenkbarkeit, Go/Nogo) auf. P49 zeigt darüber hinaus eine ausgeprägte sensorische Minderleistung (Determinationsstest).

Insofern bestätigt der Blick auf diese zwei Einzelfälle das auf der Basis der Gesamtstichprobe postulierte Modell (vgl. Bild 11), bei dem ebenfalls als wesentliche Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten die Geteilte und die visuell-räumliche Aufmerksamkeit angenommen werden.

## 9 Zusammenfassung der Ergebnisse und Diskussion

Demenzen gehören zu den häufigsten Erkrankungen im Alter. Je nach Stadium und Art der Demenz fallen die kognitiven Beeinträchtigungen unterschiedlich aus. Symptome wie zum Beispiel die Fehlbeurteilung von Situationen oder Probleme bei der Orientierung sind verkehrssicherheitsrelevant. Bei mittlerer und schwerer Demenz gilt die Fahreignung als ausgeschlossen. Bei subklinischer und bei leichter Demenz kann die Fahreignung unter bestimmten Bedingungen gegeben sein. Es ist erforderlich, den Gutachtern Hilfestellung bei der Beurteilung zu geben, um eine Entscheidung über die Fahreignung treffen zu können. Dies setzt die Anwendung geeigneter Diagnoseinstrumente zur Beurteilung der Fahreignung voraus. Eine geeignete neuropsychologische Testbatterie zu entwickeln ist Ziel der vorliegenden Studie.

Nach Durchsicht der bestehenden Literatur stellten sich bereits einige Testverfahren als vielversprechende Prädiktoren für das Fahrverhalten heraus. Diese wurden in der Projektplanung berücksichtigt. Des Weiteren fand ein Expertentreffen statt. Der damalige Projektstand und das weitere Vorgehen wurden an diesem Tag mit den Vertretern der BAST und weiteren eingeladenen Experten aus Forschung und Praxis diskutiert. Die Empfehlungen der Experten flossen ebenfalls in die weitere Projektplanung ein.

So wurde eine umfangreiche neuropsychologische Diagnostik geplant. Untersucht werden sollten verschiedene kognitive Funktionen, deren Einschränkung Einfluss auf das Fahrverhalten haben kann. Ergänzt wurde diese Untersuchung durch eine etwa 50-minütige Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr. Das Fahrverhalten wurde unabhängig von zwei Fahrlehrern anhand des TRIP-Protokolls beurteilt. Um eine ausreichende Anforderung an die meist sehr erfahrenen älteren Autofahrer zu stellen, wurden zahlreiche Unfallschwerpunkte in die Teststrecke integriert.

Es konnten so 53 Patienten mit MCI oder einer beginnenden Alzheimer Demenz untersucht werden. Zusätzlich wurden 11 ältere Probanden ohne eine neurodegenerative Erkrankung getestet. Die Resultate dieser Kontrollgruppe geben Aufschluss über die generelle Durchführbarkeit der Testbatterie und der Fahrverhaltensbeobachtung bei Senioren. Die Zeitdauer der neuropsychologischen Untersuchung

inkl. der von der Ethikkommission geforderten Aufklärung und der verschiedenen Fragebögen (Gesundheitsfragebogen, Handlungskompetenz) betrug max. 2 Stunden. In keinem einzigen Fall fühlte sich ein Patient nicht in der Lage, das Untersuchungspensum zu bewältigen. Keine Untersuchung wurde abgebrochen. Die Untersuchungsdauer variierte allerdings zwischen den Probanden. Vor allem Probanden der Patientengruppe benötigten deutlich mehr Zeit, um die Aufgaben vollständig zu lösen. Dies lag zum Teil an erhöhtem Bedarf an ausführlicher Testinstruktion dieser Probanden. Wenn zu einzelnen Tests bei einem Patienten keine vollständigen Daten vorlagen, lag dies an Schwierigkeiten des Patienten mit dem entsprechenden Testmaterial (z. B. Labyrinthlernen). Die Frage nach der Anwendbarkeit der vorgeschlagenen diagnostischen Verfahren bei Patienten mit leichter kognitiver Beeinträchtigung sowie Demenz im Frühstadium kann eindeutig bejaht werden. Prinzipiell waren alle Testverfahren durchführbar und konnten von der Mehrzahl der Probanden erfolgreich bearbeitet werden.

Die weiteren Fragen, die durch die Studie zu beantworten sind, beziehen sich

- auf die Abhängigkeit des Fahr- und Mobilitätsverhaltens und der Kompensationsstile von dem medizinischen und pharmakologischen Status sowie der psychischen Leistungsfähigkeit der Probanden,
- die Erfassung bestimmter „kritischer“ Konstellationen auf der „Prädiktorseite“ (medizinischer/pharmakologischer Status, psychische Leistungsfähigkeit) mit spezifischer Auswirkung auf die „Kriteriumsseite“ (Fahr- und Mobilitätsverhalten; Fahr- und Mobilitätsgewohnheiten),
- auf mögliche Interkorrelationen auf der „Kriteriumsseite“, d. h. Abhängigkeiten des Kompensationsstils oder des Fahrverhaltens von Einstellungen und der Einschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit.

Die Datenanalyse lässt sich vereinfacht auch anhand des Brunswikschen Linsenmodells (BRUNSWIK, 1952) veranschaulichen (siehe Bild 12). Auf der linken Seite sind die erhobenen Merkmale zum medizinischen Status inkl. der Medikation sowie zur psychischen Leistungsfähigkeit, auf der rechten Seite sind einige subjektive Merkmale wie der berichtete Kompensationsstil, Fahr- und Mobilitätsgewohnheiten und das subjektiv einge-

schätzte Fahrverhalten sowie das Ergebnis der Fahrverhaltensbeobachtung beispielhaft aufgeführt.

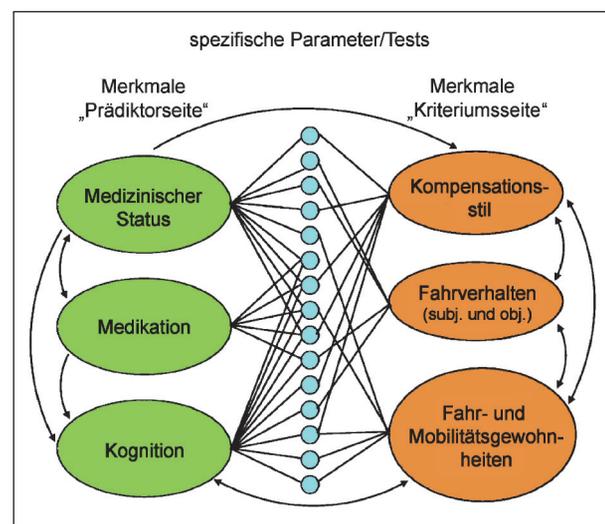
Die Prädiktoren werden anhand einer endlichen Menge von Parametern oder Tests erhoben, die mit den Merkmalen korrelieren. Deren Interkorrelationen können ebenfalls auf dieser abstrakteren Ebene bestimmt werden.

Die subjektiven Einschätzungen der Probanden sowie das Ergebnis der Fahrverhaltensbeobachtung können in unterschiedlichem Maße mit den erhobenen Parametern/Tests assoziiert sein und ebenfalls auf einer abstrakteren Ebene direkt mit den Prädiktoren in Beziehung gesetzt werden. Auch die Kriteriumsparameter können interkorrelieren.

Mittels multivariater Verfahren wie z. B. Hauptkomponentenanalysen und multiple Regressionen, wurde versucht, die Variablen auf zugrunde liegende Konstrukte zurückzuführen und die Anzahl der Variablen auf ein handhabbares Maß zu reduzieren. Dies wurde sowohl für die psychometrischen Testverfahren als auch das für die aus der Fahrverhaltensbeobachtung resultierenden Variablen durchgeführt und ermöglichte daher auch die Berechnung korrelativer Zusammenhänge auf Konstruktebene (z. B. von Faktorwerten).

## Fahrverhalten

Alle Studienteilnehmer besaßen zum Testzeitpunkt eine gültige Fahrerlaubnis der Klasse B und



**Bild 12:** Vereinfachte Darstellung der Datenanalyse anhand des Brunswikschen Linsenmodells. Es sind einzelne Merkmale beispielhaft genannt

nahmen noch aktiv als Autofahrer am Straßenverkehr teil. Eine Prüfung zum Erlangen der Fahrerlaubnis haben ebenfalls alle Probanden absolviert.

Auch die Verwendungshäufigkeit des Pkw pro Woche ist in den Gruppen ähnlich. Lediglich die Kilometerleistung pro Jahr variiert etwas zwischen den Studiengruppen. Teilnehmer der Kontrollgruppe fahren pro Jahr tendenziell mehr Kilometer als die Patienten. In der Kontrollgruppe findet man zusätzlich mehr Hauptfahrer einer Familie als bei den Patienten.

Die Unfallstatistik betreffend ergeben sich kaum Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Mehrzahl der Probanden war bereits in einen Verkehrsunfall verwickelt. In den letzten beiden Jahren vor dem Testzeitpunkt war dies jedoch nur bei den wenigsten der Fall. Nur ein Patient konnte zudem als Unfallverursacher ermittelt werden.

Es ergeben sich deutliche Gruppenunterschiede bei der Vermeidung definierter Verkehrssituationen. Während alle Studienteilnehmer angaben, Fahrten bei Glätte oder Regen zu vermeiden, werden Fahrten ohne Beifahrer, bei Dunkelheit oder in unbekannte Gebiete meist nur von Patienten umgangen.

Auch der Vergleich des derzeitigen Fahrverhaltens mit dem im Alter von 45 Jahren fällt in den Gruppen unterschiedlich aus. Patienten gaben häufiger an, langsamer zu fahren als im Alter von 45 Jahren oder auch einen größeren Sicherheitsabstand zu wahren. Von Teilnehmern der Kontrollgruppe wurden kaum Veränderungen des Fahrverhaltens im Alter angegeben.

### **Erkrankungen und Medikamente**

Die häufigsten vorbestehenden Erkrankungen der Probanden betreffen altersentsprechend das Herz-Kreislauf-System. Des Weiteren leiden viele Studienteilnehmer an Hypertonie, erhöhten Cholesterinwerten, Diabetes, einem Glaukom oder an Rückenbeschwerden. Entsprechend nehmen die meisten Probanden regelmäßig Medikamente ein.

### **Neuropsychologische Untersuchung**

Die ausgewählten Tests repräsentieren Aspekte der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit, der fokussierten Aufmerksamkeit, Reaktionsinhibition,

Alertness, Sensomotorik, der schnellen visuellen Orientierung und des nicht-sprachlichen Lernens. Zwischen den drei Untersuchungsstichproben (Kontrollgruppe, MCI, Alzheimer) ergaben sich signifikante Leistungsunterschiede beim „Aktiven visuellen Feld“, der Geteilten Aufmerksamkeit sowie etwas geringere Unterschiede bei visuell-räumlicher Aufmerksamkeit. Zudem zeigen sich auch bei anderen, von der Aufmerksamkeit unabhängigen visuell-räumlichen Leistungen (z. B. Labyrinth, Tracking) Beeinträchtigungen der Probanden im Vergleich mit der Kontrollgruppe. In der Mehrzahl der Testverfahren findet sich eine hohe Variabilität der Leistungen. Die Häufigkeit auffälliger Werte ( $T < 40$ ) ist bei den Patienten bei Geteilter Aufmerksamkeit, fokussierter Aufmerksamkeit und Sensomotorik am größten.

### **Fahrverhaltensbeobachtung**

Das Resultat der Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr fiel für die meisten Probanden positiv aus. Sie wurden durch die Fahrlehrer als uneingeschränkt fahrtauglich eingestuft. Mehr Auffälligkeiten des Fahrverhaltens wurden jedoch bei den Patienten bemerkt. Dies waren zumeist Wahrnehmungsschwächen oder Schwierigkeiten bei der Ausführung gleichzeitig ablaufender Aktionen. Für sie empfahlen die Fahrlehrer auch mehr Fahrstunden als für auffällige Kontrollpersonen. Lediglich eine Fahrprobe eines Patienten musste aus Verkehrssicherheitsgründen vorzeitig unterbrochen werden. 53 Probanden wurden als uneingeschränkt fahrtüchtig (ohne Fahrstunden), 4 Probanden (1 x MCI, 2 x AD) als uneingeschränkt fahrtüchtig mit zusätzlich empfohlenen Fahrstunden und 2 Probanden (2 x MCI) als noch nicht uneingeschränkt fahrtüchtig eingestuft. Eine einzelfallanalytische Auswertung unter Verwendung eines Ansatzes von CRAWFORD & GARTHWAITE (2002) zeigt signifikant schlechtere Fahrleistungen (gemessen am TRIP-Protokoll) in 16 von 43 MCI und 5 von 6 AD-Patienten, die AD-Patienten unterscheiden sich dabei stärker von den Kontrollpersonen als die Probanden mit leichter kognitiver Beeinträchtigung. Das Ergebnis der Fahrverhaltensbeobachtung steht damit in Übereinstimmung mit Studien, die auch bei Patienten im frühen Demenzstadium noch keine nennenswerte Einschränkung der Fahreignung beschreiben (EBY, SILVERSTEIN, MOLNAR, LeBLANC & ADLER, 2012; DEVLIN et al., 2012; LUKAS & NIKOLAUS, 2009).

### Prädiktive Validität der Testverfahren

Ein Schwerpunkt der Studie war der Nachweis der prädiktiven Validität der ausgewählten Testverfahren. Da nur wenige Probanden als eingeschränkt fahrtauglich eingestuft worden waren, wurde aus statistischen Gründen nicht dieses verkürzte Expertenurteil als Kriterium verwendet, sondern nach umfangreicher Analyse der durch die beiden Fahrlehrer erstellten TRIP-Protokolle, wurde der Mittelwert der Einschätzung beider Fahrlehrer pro Item gebildet und ein Gesamt-Mittelwert für die ganze Skala berechnet. Aufgrund der eindimensionalen faktoriellen Struktur und der hohen internen Konsistenz war dies gerechtfertigt.

Die stärksten Zusammenhänge mit der Fahrleistung ergaben sich bzgl. Geteilter Aufmerksamkeit sowie visuell-räumlicher Aufmerksamkeit. Der Gesundheitsstatus erlaubt nur eine begrenzte Vorhersage der Fahrleistung. Probanden mit einer größeren Zahl berichteter Krankheiten (z. B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen) werden in der Fahrverhaltensbeobachtung etwas schlechter bewertet. Deutlicher wirkt sich das Alter aus, das jedoch auch mit den sonstigen erhobenen psychometrischen Parametern konfundiert ist. So nehmen Aufmerksamkeitsleistungen in der Regel deutlich mit dem Alter ab. Da sich andererseits in der vorliegenden Untersuchung Aufmerksamkeitsfunktionen als prädiktiv für das Fahrverhalten erwiesen haben, überrascht der Zusammenhang des Alters mit der Fahrleistung nicht.

Auf der Basis der erhobenen Daten und der vorausgegangenen statistischen Analysen wurde ein lineares Strukturgleichungsmodell entwickelt, das die wichtigsten Prädiktoren und ihre Kovarianzen darstellt. Dieses Modell weist einen sehr guten Fit auf und kann die erhobenen Daten ausgesprochen gut erklären. Demnach tragen die Geteilte sowie die visuell-räumliche Aufmerksamkeit am meisten und substantiell zur Vorhersage der Fahreignung bei. Das „Aktive Visuelle Feld“, das sich in einer Reihe von Studien als geeignet zur Vorhersage der Fahreignung erwies, weist keine inkrementelle Validität auf, wenn weitere Aufmerksamkeitsparameter vorliegen, wirkt sich jedoch deutlich auf kompensatorisches Verhalten aus. Je stärker die (wahrgenommene) Leistungsminderung der visuellen Informationsverarbeitung, desto mehr kompensatorisches Verhalten wird berichtet. Auch die visuell-räumliche Aufmerksamkeit führt nach diesem Modell zu einer Zunahme von Verhaltens-

anpassungen. In ähnlichem Ausmaß trägt auch der aktuelle Gesundheitsstatus (Krankheiten, erlebte körperliche und kognitive Beeinträchtigung) zur Ausbildung von Kompensationsverhalten bei. Eine direkte Auswirkung des Gesundheitsstatus sowie des Kompensationsverhaltens auf das Fahren im Realverkehr lässt sich bei dieser Stichprobe nicht nachweisen. Vielmehr sind es in erster Linie die Geteilte und die visuell-räumliche Aufmerksamkeit, die eine begrenzte Vorhersage des Fahrverhaltens erlauben. Das Aktive Visuelle Feld korreliert hoch mit der Geteilten Aufmerksamkeit, was aufgrund der Aufgabenstruktur eines beteiligten Tests (UFOV) gut erklärt werden kann.

Es ist bei der Interpretation des Strukturgleichungsmodells zu bedenken, dass nur wenige Probanden sich als nicht oder nur eingeschränkt fahrtauglich erwiesen, es sich somit um eine (noch) relativ leistungsstarke Stichprobe handelt und dadurch auch eine geringere Leistungsvarianz beim Fahrverhalten und den erhobenen Testparametern bedingt ist. Dies dürfte sich negativ auf die Höhe der Regressionskoeffizienten ausgewirkt haben. Gleichwohl kann das Modell Zusammenhänge aufzeigen und relevante Variablen in einen plausiblen Zusammenhang mit dem Fahrverhalten und assoziierten Funktionen bringen.

Ein Extremgruppenvergleich von 16 Probanden mit sehr guter und 16 Probanden mit eher auffälliger Fahrleistung bestätigt im Wesentlichen das Modell und zeigt zusätzliche Unterschiede beim schnellen visuellen Verarbeiten von Verkehrssituationen und bei der Sensomotorik. Gruppenunterschiede in der Gedächtnisleistung beim Erlernen von Wortlisten oder auch bei räumlich-konstruktiver Verarbeitung lagen nicht vor.

### Stellenwert klinischer Demenztests in der Fahreignungsdiagnostik

Die Ergebnisse zeigen, dass die in der klinischen Demenzdiagnostik eingesetzten Testverfahren (z. B. CERAD, MoCA) nicht geeignet sind, Aussagen zum Fahrverhalten eines Patienten zu machen. Gedächtnisfunktionen sind nicht die zentralen Aspekte beim Fahrverhalten, sind jedoch bei prodromalem Alzheimer oder auch MCI besonders vulnerabel. Auch die Erfassung des phonematischen und semantischen Wortabrufs sowie der räumlich-konstruktiven Verarbeitung kann zwar die klinische Diagnose erleichtern, trägt jedoch nichts zur Vorhersage der Fahreignung bei.

### Vorschläge für die Fahreignungsdiagnostik bei MCI und Demenzpatienten

Neben der Erfassung der für das Fahrverhalten zentralen Parameter (geteilte, visuell-räumliche, und fokussierte Aufmerksamkeit) sind Verfahren, die das schnelle Verarbeiten von visueller Information (z. B. Verkehrssituationen) sowie eine intakte Sensomotorik erfordern, anzuraten. Weiterhin sollten der Gesundheitsstatus des Patienten, seine erlebten körperlichen und kognitiven Beeinträchtigungen, die Fahrleistung in den letzten Jahren sowie insgesamt Änderungen im Mobilitätsverhalten, der Handlungskompetenzerwartung und kompensatorisches Bemühen (z. B. Anpassung der Geschwindigkeit, des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug, Vermeiden von bestimmten Situationen) differenziert erfragt werden. Wie unsere Ergebnisse zeigen, werden diese Verhaltensänderungen sowohl durch den Krankheitsstatus, durch Veränderungen bei der visuellen Informationsverarbeitung (Aktives visuelles Feld) als auch durch die visuell-räumliche Aufmerksamkeitsleistung bedingt. Insofern können diese Verhaltensänderungen auch ein Hinweis für die Beeinträchtigung eines Probanden durch objektive und subjektive Krankheitszeichen sowie Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsdefizite sein.

In der vorliegenden Studie hatte die Fahrpraxis keinen nennenswerten Vorhersagewert für die Fahreignung. Allerdings zeigte sich beim Gruppenvergleich tendenziell, dass schon die MCI-Patienten weniger Kilometer pro Jahr fahren als die Kontrollpersonen. Dies steht im Einklang mit Befunden von O'CONNOR et al. (2010), die bei MCI-Patienten schon in früher Phase eine verringerte Fahrleistung gegenüber Kontrollpersonen berichten. Auch EBY et al. (2012) beschreiben eine Einschränkung der Fahrhäufigkeit, das Vermeiden von Autobahnen sowie eine leicht reduzierte Fahrgeschwindigkeit gemessen am sonstigen Straßenverkehr bei Patienten im frühen Demenzstadium.

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass Beeinträchtigungen in den genannten zentralen Variablen, v. a. wenn multiple Defizite vorliegen, eine negative Auswirkung auf das Fahrverhalten mit sich bringen. So können beispielsweise Häufungen auffälliger bzw. unterdurchschnittlicher Werte in den Aufmerksamkeitstests wichtige Informationen liefern. Dabei können durchaus unterschiedliche Störungsschwerpunkte vorliegen, wie die Einzelfalldar-

stellung zweier Probanden mit eingeschränkter Fahreignung zeigt.

Allerdings zeigen die allenfalls moderaten Zusammenhänge der psychometrischen Testverfahren mit dem Fahrverhalten auch, dass diese zur Vorhersage der Fahreignung nicht hinreichend, sondern in der Regel durch eine Fahrverhaltensbeobachtung zu ergänzen sind. Zu einem ähnlichen Urteil gelangen NIEMANN & HARTJE (2013) auf der Basis einer großen, klinischen Stichprobe neurologischer Patienten. Allerdings regen sie auch an, die Gestaltung und Auswertung der Fahrverhaltensbeobachtung zu optimieren, da niedrige Kriteriumskorrelationen der psychometrischen Tests auch Folge einer mangelnden Reliabilität der Fahrprobe bzw. der eingesetzten Testprotokolle sein könnten. Die Güte der Fahrverhaltensbeobachtung wird auch von BOWERS et al. (2013) problematisiert. Sie weisen darauf hin, dass der damit erfasste Verhaltensausschnitt möglicherweise nicht repräsentativ für das Fahrverhalten eines Probanden ist. Dieser könnte zum Einen nervös sein und Schwierigkeiten bei der Bedienung des Fremdfahrzeugs haben, zum Anderen könnte der Proband jedoch aufgrund der Prüfungssituation sich besonders anstrengen, um möglichst gut abzuschneiden.

Es ist lediglich in Einzelfällen mit deutlich ausgeprägtem neuropsychologischem Defizit möglich, auf die Fahrverhaltensbeobachtung zu verzichten. Da jedoch in der aktuellen Untersuchung nur wenige Probanden mit eingeschränkter oder aktuell nicht vorliegender Fahreignung teilnahmen, kann keine detaillierte Aussage zu möglichen psychometrischen Grenzwerten, bei deren Überschreiten auch ohne Fahrverhaltensbeobachtung mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden kann, dass keine sichere Teilnahme am Straßenverkehr mehr möglich ist, gemacht werden.

Es ist daher zu empfehlen, dass im klinischen Setting der Arzt dem Patienten, der sich mit der Sorge um seine Fahreignung an ihn wendet, neben einer testpsychologischen Untersuchung auch generell eine Fahrverhaltensbeobachtung nahelegt.

### Forschungsempfehlungen

Der querschnittliche Forschungsansatz sollte durch prospektive Studien ergänzt werden. Dabei wären neuropsychologische Untersuchungen und Fahr-

verhaltensbeobachtungen im Verlauf in ca. 6-12 monatigem Abstand bei MCI-Patienten, bei denen noch nicht bekannt ist, ob sich eine Demenz entwickeln wird oder nicht, zu empfehlen. Dies würde ermöglichen, im Zeitverlauf eintretende parallele Veränderungen kognitiver Funktionen, des Gesundheitsstatus, der Handlungskompetenzerwartung und des Fahrverhaltens in einem frühen Zustand zu erfassen und Marker zur Früherkennung von Fahrverhaltensdefiziten zu entwickeln. Weiterhin wäre zu empfehlen, auch Alzheimer-Patienten mit schon fortgeschrittenem, maximal mittelgradigem demenziellem Syndrom (mit eindeutig amnestischem Schwerpunkt wie bei der Alzheimer-Demenz), zu untersuchen, um Hinweise zu erhalten, welche Funktionsbeeinträchtigungen bis zu welchem Ausmaß noch im Straßenverkehr kompensiert werden können.

Die aktuellen Ergebnisse weisen darauf hin, dass das vorhandene Testrepertoire zur Fahreignungsbeurteilung nicht ausreicht und durch gezielte Neuentwicklungen ergänzt werden sollte. Hierbei kämen beispielsweise Testverfahren zur Entfernungsschätzung, zur längerfristigen visuellen Aufmerksamkeitsleistung unter erhöhten Anforderungen (visuell-räumlich, Aufmerksamkeitsteilung) und zur Erfassung der Reaktion auf unerwartete, plötzliche, nicht oder kaum vorhersagbare Ereignisse in Betracht. Diese Testverfahren existieren bisher nicht und wären potenziell hilfreich um Fahrverhalten im Alter vorherzusagen.

## 10 Literatur

- Aged People Integration, mobility, safety and quality of life enhancement through driving (AGILE): NoE der Europäische Union. Retrieved from <http://www.agile.iao.fraunhofer.de/index.html>
- ACKERMAN, M. L., EDWARDS, J. D., ROSS, L. A., BALL, K. K. & LUNSMAN, M. (2008): Examination of cognitive and instrumental functional performance as indicators for driving cessation risk across 3 years. *The Gerontologist*, 48 (6), 802-810
- ALBERT, M. L., FELDMAN, R. G. & WILLIS, A. L. (1974): The "subcortical dementia" of progressive supranuclear palsy. *Journal Of Neurology Neurosurgery And Psychiatry*, 37 (2), 121-130
- AMICK, M. M., GRACE, J. & OTT, B. R. (2007): Visual and cognitive predictors of driving safety in Parkinson's disease patients. *Archives of clinical neuropsychology : the official journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 22 (8), 957-967. doi:10.1016/j.acn.2007.07.004
- ANDERSON, S. W., AKSAN, N., DAWSON, J. D., UC, E. Y., JOHNSON, A. M., RIZZO, M. (2012): Neuropsychological assessment of driving safety risk in older adults with and without neurologic disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 34 (9), 895-905
- ASCHENBRENNER, S., TUCHA, O. & LANGE, K. W. (2001): Regensburger Wortflüssigkeits-Test. Handanweisung. Hogrefe, Verlag für Psychologie. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle
- AVORN, J., SCHNEEWEISS, S., SUDARSKY, L. R., BENNER, J., KIYOTA, Y., LEVIN, R. & GLYNN, R. J. (2005): Sudden uncontrollable somnolence and medication use in Parkinson disease. *Archives of Neurology*, 62 (8), 1242-1248. doi:10.1001/archneur.62.8.1242
- BALL, K. & OWSLEY, C. (1993): The useful field of view test: a new technique for evaluating age-related declines in visual function. *Journal of the American Optometric Association*, 64, 71-79
- BENNETT, D. A., SCHNEIDER, J. A., BIENIAS, J. L., EVANS, D. A. & WILSON, R. S. (2005): Mild cognitive impairment is related to Alzheimer disease pathology and cerebral infarctions. *Neurology*, 64, 834-841
- BICKEL, H. (2000): Dementia and Alzheimer's disease: An estimate of prevalent and incident cases in Germany. *Gesundheitswesen*, 62, 211-218
- BLANCHARD, R. A., MYERS, A. M. & PORTER, M. M. (2010): Correspondence between self-reported and objective measures of driving exposure and patterns in older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 523-529
- BORTZ, J. & DÖRING, N. (1995): *Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler*. 2. Auflage. Berlin: Springer.
- Coeckelbergh TRM (2002). Effect of compensatory viewing strategies on practical

- fitness to drive in subjects with visual field defects caused by ocular pathology. Groningen, NL: University of Groningen
- BORTZ, J. & DÖRING, N. (2002): *Forschungsmethoden und Evaluation*. Heidelberg: Springer
- BORTZ, J. & DÖRING, N. (2006): *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. 4. Auflage. Berlin: Springer
- BOWERS, A. R., ANASTASIO, R. J., SHELDON, S. S., O'CONNOR, M. G., HOLLIS, A. M., HOWE, P. D. & HOROWITZ, T. S. (2013): Can we improve clinical prediction of at-risk older drivers? *Accident Analysis and Prevention*, 59, 537-547
- BROWN, L. B. & OTT, B. R. (2004): Driving and dementia: a review of the literature. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 17 (4), 232-240. doi:10.1177/0891988704269825
- BROWN, L. B., STERN, R. A., CAHN-WEINER, D. A., ROGERS, B., MESSER, M. A., LANNON, M. C., MAXWELL, C., SOUZA, T., WHITE, T. & OTT, B. R. (2005): Driving scenes test of the Neuropsychological Assessment Battery (NAB) and on-road driving performance in aging and very mild dementia. *Archives of clinical neuropsychology: the official journal of the National Academy of Neuropsychologists* 20 (2): 209-215
- BRUNSWIK, E. (1952): The conceptual framework of psychology. (International Encyclopedia of Unified Science, Volume 1, Number 10.) Chicago: The University of Chicago Press
- Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend [Hrsg.] (2002): *Vierter Bericht zur Lage der älteren Generation*. Bonn
- BYRNE, B. B. (2010): *Structural Equation Modeling with AMOS. Basic concepts, applications, and programming*. New York: Taylor and Francis Group
- CARR, D. B., SHEAD, V. & STORANDT, M. (2005): Driving cessation in older adults with dementia of the Alzheimer's type. *The Gerontologist*, 45 (6), 824-827
- CARR, D. B., BARCO, P. P., WALLENDORF, M. J., SNELLGROVE, C. A. & OTT, B. R. (2011): Predicting Road Test Performance in Drivers with Dementia. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59, 2112-2117
- CHAPUIS, F. (1959): *Der Labyrinth-Test*. Bern: Verlag Hans Huber
- COECKELBERGH, T. R. M., CORNELISSEN, F. W., BROUWER, W. H. & KOOIJMAN, A. C. (2002): The effect of visual field defects on eye movements and practical fitness to drive. *Vision Research*, 42, 669-677
- COHEN, J. (1960): A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20, 37-46
- COMELLA, C. L. (2007): Sleep disorders in Parkinson's disease: An overview. *Movement Disorders*, 22, S. 367-373
- CORDELL, R., LEE, H. C., GRANGER, A., VIEIRA, B & LEE, A. H. (2008): Driving assessment in Parkinson's disease – A novel predictor of performance? *Movement Disorders*, 23 (9), 1217-1222
- CORSI, P. M. (1972): Human memory and the medial temporal region of the brain. Doctoral thesis. Department of Psychology, McGill University Montreal
- CRAWFORD, J. R. & HOWELL, D. C. (1998): Comparing an individual's test score against norms derived from small samples. *The Clinical Neuropsychologist*, 12, 482-486
- CRAWFORD, J. R. & GARTHWAITE, P. H. (2002): Investigation of the single case in neuropsychology: Confidence limits on the abnormality of test scores and test score differences. *Neuropsychologia*, 40, 1196-1208
- CRAWFORD, J. R., GARTHWAITE, P. H. & PORTER, S. (2010): Point and interval estimates of effect sizes for the case-controls design in neuropsychology: Rationale, methods, implementations, and proposed reporting standards. *Cognitive Neuropsychology*, 27, 245-260
- CRIZZLE, A. M., CLASSEN, S., BÉDARD, M., LANFORD, D. & WINTER, S. (2012): MMSE as a predictor of on-road driving performance in community dwelling older drivers. *Accident, Analysis and Prevention*, 49, 287-292

- CROSTON, J., MEUSER, T. M., BERG-WEGER, M., GRANT, E. A. & CARR, D. B. (2009): Driving Retirement in Older Adults with Dementia. *Topics in geriatric rehabilitation*, 25 (2), 154-162. doi:10.1097/TGR.0b013e3181a103fd
- DAVATZIKOS, C., XU, F., AN, Y., FAN, Y. & RESNICK, S. M. (2009): Longitudinal progression of Alzheimer's-like patterns of atrophy in normal older adults: the SPARE-AD index. *Brain: a journal of neurology*, 132, 2026-2035. doi:10.1093/brain/awp091
- DAWSON, J. D., ANDERSON, S. W., UC, E. Y., DASTRUP, E. & RIZZO, M. (2009): Predictors of driving safety in early Alzheimer disease. *Neurology*, 72 (6), 521-527. doi:10.1212/01.wnl.0000341931.35870.49
- DELLA SALA, S., FOLEY, J. A., BESCHIN, N., ALLERHAND, M. & LOGIE, R. H. (2010): Assessing Dual-Task Performance Using a Paper-and-Pencil-Test: Normative Data. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 25, 410-419
- de RAEDT, R. (2000): Cognitive/neuropsychological functioning and compensation related to car driving performance in older adults. Brussels: Free University Brussels
- de RAEDT, R. & PONJAERT-KRISTOFFERSEN, I. (2001): Predicting at-fault car accidents of older adults. *Accident Analysis and Prevention* 33, 809-819
- de SIMONE, V., KAPLAN, L., PATRONAS, N., WASSERMANN, E. M. & GRAFMAN, J. (2007): Driving abilities in frontotemporal dementia patients. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 23 (1), 1-7. doi:10.1159/000096317
- 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 (10), 871-879. doi:10.1016/j.biopsych.2008.06.020
- DEVLIN, A., MCGILLIVRAY, J., CHARLTON, J., LOWNDES, G. & ETIENNE, V. (2012): Investigating driving behaviour of older drivers with mild cognitive impairment using a portable driving simulator. *Accident Analysis and Prevention*, 49, 300-307
- 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
- DEVOS, H., VANDENBERGHE, W., NIEUWBOER, A., TANT, M., de WEERDT, W., DAWSON, J. D. & UC, E. Y. (2013): Validation of a Screening Battery to Predict Driving Fitness in People With Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, 28, 671-674
- DISTEFANO, C., ZHU, M. & MINDRILA, D. (2009): Understanding and using factor scores: Considerations for the applied researcher. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 14 (20), 1-11
- DOBBS, B., CARR, D. & MORRIS, J. (2002): Evaluation and management of the driver with dementia. *The Neurologist*, 8 (2), 61-70
- DUCHEK, J. M., CARR, D. B., HUNT, L., ROE, C. M., XIONG, C., SHAH, K. & MORRIS, J. C. (2003): Longitudinal driving performance in early-stage dementia of the Alzheimer type. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51 (10), 1342-1347
- EBY, D. W., SILVERSTEIN, N. M., MOLNAR, L. J., LEBLANC, D. & ADLER, G. (2012): Driving behaviors in early stage dementia: A study using in-vehicle technology. *Accident Analysis and Prevention*, 49, 330-337
- EID, M., GOLLWITZER, M. & SCHMITT, M. (2010): *Statistik und Forschungsmethoden*. Weinheim: Beltz
- ENGELN, A. & SCHLAG, B. (2001): Anbindung. Abschlußbericht zum Forschungsprojekt Anforderungen Älterer an eine benutzergerechte Vernetzung individueller und gemeinschaftlich genutzter Verkehrsmittel. Schriftenreihe des BFSFJ, Bd. 196. Stuttgart: Kohlhammer
- ERNST, J., KRAPP, S., SCHUSTER, T., FÖRSTL, H., KURZ, A. & DIEHL-SCHMID, J. (2010): Car driving ability of patients with frontotemporal lobar degeneration and Alzheimer's disease. *Der Nervenarzt*, 81 (1), 79-85. doi:10.1007/s00115-009-2847-5

- 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., HOHNSBEIN, J. & HOORMANN, J. (1999b): Objektivierung altersabhängiger Änderungen von Beanspruchung und Ermüdung bei psychomentalen Belastungen am Bildschirmarbeitsplatz. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
- FALKENSTEIN, M. & POSCHADEL, S. (2008): Altersgerechtes Autofahren. *Wirtschaftspsychologie*, 10 (3), 62-71
- FALKENSTEIN, M. & SOMMER, S. (2008): Altersbegleitende Veränderungen kognitiver Prozesse mit Bedeutung für das Autofahren. In: SCHLAG, B. (Hrsg.). *Altersbegleitende Leistungsveränderungen in ihrer Bedeutung für Verkehrsteilnahme und Fahrverhalten*. Köln: TÜV-Verlag
- FESTA, E. K., OTT, B. R., MANNING, K. J., DAVIS, J. D. & HEINDEL, W. C. (2012): Effect of Cognitive Status on Self-Regulatory Driving Behavior in Older Adults: An Assessment of Naturalistic Driving Using In-Car Video Recordings. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 26, 10-18
- FIMM, B. (1997): Mikroanalyse von Aufmerksamkeitsprozessen. In: S. GAUGGEL und G. KERKHOFF (Eds.), *Fallbuch Neuropsychologie* (pp. 25-38). Göttingen: Hogrefe
- FIMM, B., ZAHN, R., MULL, M., KEMENY, S., BUCHWALD, F., BLOCK, F. & SCHWARZ, M. (2001): Asymmetries of visual attention after circumscribed subcortical vascular lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 71, 652-657
- FIMM, B., WILLMES, K. & SPIJKERS, W. (2006): The effect of low arousal on visuo-spatial attention. *Neuropsychologia*, 44 (8), 1261-1268. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.027
- FIMM, B., HEBER, I. A., COENEN, V. A., FROMM, C., NOTH, J. & KRONENBUERGER, M. (2009): Deep brain stimulation of the subthalamic nucleus improves intrinsic alertness in Parkinson's disease *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 24 (11), 1613-1620. doi:10.1002/mds.22580
- FIMM, B. (2009): Neuropsychologische Beeinträchtigungen bei extrapyramidalen Erkrankungen. In: W. STURM, M. HERRMANN & T. F. MÜNTE, *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (pp. 651-671). Heidelberg: Spektrum
- FREITAS, S., SIMOES, M. R., MAROCO, J., ALVES, L. & SANTANA, I. (2012): Construct validity of the Montreal Cognitive Assessment (MoCA). *Journal of International Neuropsychology Society*, 18, 242-250
- FRIES, W., NETZ, J., BÖTZEL, K., STEINHOFF, B., HARTJE, W. & LACHENMAYR, B. (2005): Leitlinie zur Beurteilung der Fahreignung bei neurologischen Erkrankungen. *Aktuelle Neurologie*, 32 (06), 342-350. doi:10.1055/s-2005-866913
- FRITTELLI, C., BORGHETTI, D., IUDICE, G., BONANNI, E., MAESTRI, M., TOGNONI, G., PASQUALI, L. et al. (2009): Effects of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment on driving ability: a controlled clinical study by simulated driving test. *International journal of geriatric psychiatry*, 24 (3), 232-238. doi:10.1002/gps.2095
- HÄRTING, C., MARKOWITSCH, H.-J., NEUFELD, H., CALABRESE, P., DEISINGER, K. & KESSLER, J. (2000): *Wechsler Memory Scale – Revised Edition, German Edition. Manual*. Bern: Huber
- HANNEN, P., HARTJE, W. et al. (1998): Beurteilung der Fahreignung nach Hirnschädigung. *Nervenarzt*, 69
- HEBER, I. A., VALVODA, J. T., KUHLEN, T. & FIMM, B. (2008): Low arousal modulates visuospatial attention in three-dimensional virtual space. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 14 (2), 309-317. doi:10.1017/S135561770808034X
- HEIKKILA, V. M., TURKKA, J., KORPELAINEN, J., KALLANRANTA, T. & SUMMALA, H. (1998): Decreased driving ability in people with Parkinson's disease. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 64, 325-330
- HERRMANN, N., RAPOPORT, M. J., SAMBROOK, R., HEBERT, R., McCracken, P. &

- ROBILLARD, A. (2006): Predictors of driving cessation in mild-to-moderate dementia. *Canadian Medical Association Journal*, 175 (6), 591-595. doi:10.1503/cmaj.051707
- HIRTH, V. A., DAVIS, B., FRIDRIKSSON, J., RORDEN, C. & BONILHA, L. (2007): Cognitive performance and neural correlates of detecting driving hazards in healthy older adults. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 24 (5), 335-342. doi:10.1159/000108606
- HOGGARTH, P., INNES, C., DALRYMPLE-ALFORD, J. & JONES, R. (2011): On-Road Driving Assessment Errors Associated with Pass and Fail Outcomes for Older Drivers with Cognitive Impairment. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Driving Symposium on Human Factors in Driving Assessment*, 351-357
- HOLTE, H. (2012): Handlungskompetenzerwartung älterer Autofahrer. Unveröffentlichte Entwurfsfassung, Bundesanstalt für Straßenwesen: Bergisch Gladbach
- HOPKINS, R. W., KILIK, L., DAY, D. J. A., ROWS, C. & TSENG, H. (2004): Driving and dementia in Ontario: a quantitative assessment of the problem. *Canadian journal of psychiatry. Revue canadienne de psychiatrie*, 49 (7), 434-438
- IBACH, B., KOCH, H., KOLLER, M. & WOLFERSDORF, M. (2003): Hospital admission circumstances and prevalence of frontotemporal lobar degeneration: a multicenter psychiatric state hospital study in Germany. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 16 (4), 253-264. doi:10.1159/000072810
- IVERSON, D. J., GRONSETH, G. S., REGER, M. A., CLASSEN, S., DUBINSKY, R. M. & RIZZO, M. (2010): Practice Parameter update: Evaluation and management of driving risk in dementia: Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*, 74 (16), 1316-1324. doi:10.1212/WNL.0b013e3181da3b0f
- JOHNSON, J. K., PA, J., BOXER, A. L., KRAMER, J. H., FREEMAN, K. & YAFFE, K. (2010): Baseline Predictors of Clinical Progression among Patients with Dysexecutive Mild Cognitive Impairment. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 30, 344-351
- KARNER, T. & BIEHL, B. (2001): Über die Zusammenhänge verschiedener Versionen von Leistungstests im Rahmen der verkehrspsychologischen Diagnostik. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 47, 53-63
- KRIPPENDORF, K. (2004): Reliability in content analysis: Some common misconceptions and recommendations. *Human Communication Research*, 30 (3), 411-433
- 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. doi:10.1177/0891988708316861
- LANDIS, J. R. & KOCH, G. G. (1977): The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33, 159-174
- LANG, A. E. & LOZANO, A. M. (1998): Parkinson's disease – First of two parts. *New England Journal of Medicine*, 339, 1044-1053
- LEHMANN, M., GHOSH, P. M., MADISON, C., LAFORCE jr., R., CORBETTA-RASTELLI, C., WEINER, M. J., GREICIUS, M. D., SEELEY, W. W., GORNO-TEMPINI, M. L., ROSEN, H. J., MILLER, B. L., JAGUST, W. J. & RABINOVICI, G. D. (2013): Diverging patterns of amyloid deposition and hypometabolism in clinical variants of probable Alzheimer disease. *Brain*, 136, 844-858
- LEOW, A. D., YANOVSKY, I., PARIKSHAK, N., HUA, X., LEE, S., TOGA, A. W., JACK, C. R., BERNSTEIN, M. A., BRITSON, P. J., GUNTER, J. L. et al. (2009): Alzheimer's disease neuroimaging initiative: a one-year follow up study using tensor-based morphometry correlating degenerative rates, biomarkers and cognition. *NeuroImage*, 45, 645-655
- LEPLOW, B. (2007): Fortschritte der Psychotherapie: Parkinson. Göttingen: Hogrefe Verlag. Göttingen
- LUKAS, A. & NIKOLAUS, T. (2009): (Driving ability and dementia) *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 42 (3), 205-211. doi:10.1007/s00391-009-0036-6

- 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 Geriatric Society*, 55, 878-884
- MARTIN, A. J., MAROTTOLI, R. & O'NEILL, D. (2009): Driving assessment for maintaining mobility and safety in drivers with dementia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. doi:10.1002/14651858.CD006222.pub2
- MATHALON, D. H., BENNETT, A., ASKARI, N., GRAY, E. M., ROSENBLOOM, M. J. & FORD, J. M. (2003): Response-monitoring dysfunction in aging and Alzheimer's disease: an event-related potenzial study. *Neurobiology of Aging*, 24, 675-85
- McGWIN, G., OWSLEY, C. & BALL, K. (1998): Identifying crash involvement among older drivers: agreement between self-report and state records. *Accident Analysis and Prevention*, 30, 781-791
- MEINDORFNER, C., KÖRNER, Y., MÖLLER, J. C., STIASNY-KOLSTER, K., OERTEL, W. H. & KRÜGER, H.-P. (2005): Driving in Parkinson's disease: mobility, accidents, and sudden onset of sleep at the wheel. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 20 (7), 832-842. doi:10.1002/mds.20412
- MOLNAR, F. J., PATEL, A., MARSHALL, S. C., MAN-SON-HING, M. & WILSON, K. G. (2006a): Systematic review of the optimal frequency of follow-up in persons with mild dementia who continue to drive. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 20 (4), 295-297. doi:10.1097/01.wad.0000213843.43871.c7
- MOLNAR, F. J., PATEL, A., MARSHALL, S. C., MAN-SON-HING, M. & WILSON, K. G. (2006b): Clinical utility of office-based cognitive predictors of fitness to drive in persons with dementia: A systematic review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 54 (12), 1809-1824. doi:10.1111/j.1532-5415.2006.00967.x
- MONSCH, A. U., HERMELINK, M., KRESSIG, R. W., FISCH, H.-P., GROB, D., HILTBRUNNER, B., MARTENSSON, B., RÜEGGER-FREY, B. & von GUNTEN, A. (2008): Konsensus zur Diagnostik und Betreuung von Demenzkranken in der Schweiz. *Schweiz Med Forum*, 8 (8), 144-149
- MORRIS, J. C., MOHS, R. C., ROGERS, H., FILLENBAUM, G. & HEYMAN, A. (1988): Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacol Bull*, 24, 641-52
- MORRIS, J. C. (1993): The Clinical Dementia Rating (CDR): current version and scoring rules. *Neurology*, 43 (11), 2412-2414
- MÜNTE, T. F. (2009): Neuropsychologische Defizite bei Demenzerkrankungen. In: W. STURM, M. HERRMANN & T. F. MÜNTE, *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (pp. 726-739). Heidelberg: Spektrum
- NASREDDINE, Z. S., PHILLIPS, N. A., BÉDIRIAN, V., CHARBONNEAU, S., WHITEHEAD, V., COLLIN, I., CUMMINGS, J. L. & CHERTKOW, H. (2005): The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53 (4), 695-699. doi:10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x
- NIEMANN, H. & HARTJE, W. (2007): Neurokognitive Funktionen und Fahreignung. *Zeitschrift für Epileptologie*, 20 (4), 184-196. doi:10.1007/s10309-007-0276-7
- NIEMANN, H. & HARTJE, W. (2013): Beurteilung der Fahreignung hirngeschädigter Patienten in der neurologischen Rehabilitation. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 24 (2), 69-87
- O'CONNOR, M. L., EDWARDS, J. D., WADLEY, V. G. & CROWE, M. (2010): Changes in mobility among older adults with psychometrically defined mild cognitive impairment. *The journals of gerontology Series B, Psychological sciences and social sciences*, 65B (3), 306-316. doi:10.1093/geronb/gbq003
- OECD (2001): *Ageing and Transport. Mobility Needs and Safety Issues*. Paris: OECD
- OTT, B. R., HEINDEL, W. C., PAPANDONATOS, G. D., FESTA, E. K., DAVIS, J. D., DAIELLO, L. A. & MORRIS, J. C. (2008): A longitudinal study of drivers with Alzheimer disease. *Neurology*, 70 (14), 1171-1178. doi:10.1212/01.wnl.0000294469.27156.30

- OTT, B. R., HEINDEL, W. C., WHELIHAN, W. M., CARON, M. D., PIATT, A. L. & DICARLO, M. A. (2003): Maze test performance and reported driving ability in early dementia. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 16 (3), 151-155
- OTT, B. R., PAPANDONATOS, G. D., DAVIS, J. D. & BARCO, P. P. (2012): Naturalistic validation of an on-road driving test of older drivers. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 54, 663-674
- OWSLEY, C., BALL, K., McGWIN, G., SLOANE, M. E., ROENKER, D. L., WHITE, M. F., OVERLEY, E. T. (1998): Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. *JAMA*, 279 (14), 1083-1088
- PETERSEN, R. C. (2003): Mild cognitive impairment clinical trials. *Nature Reviews Drug Discovery*, 2, 646-653
- PETERSEN, R. C. (2004): Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. *Journal of Internal Medicine*, 256 (3), 183-94
- PERKINSON, M. A., BERG-WEGER, M. L., CARR, D. B., MEUSER, T. M., PALMER, J. L., BUCKLES, V. D., POWLISHTA, K. K., FOLEY, D. J. & MORRIS, J. C. (2005): Driving and dementia of the Alzheimer type: beliefs and cessation strategies among stakeholders. *The Gerontologist*, 45 (5), 676-685
- 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
- POSCHADEL, S., FALKENSTEIN, M., PAPPACHAN, P., POLL, E. & WILLMES von HINCKELDEY, K. (2009). Testverfahren zur psychometrischen Leistungsprüfung der Fahrerlaubnis. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Mensch und Sicherheit. Heft M 203*
- POSCHADEL, S., BOENKE, D., BLÖBAUM, A. & RABCZINSKI, S. (2012): Ältere Autofahrer: Erhalt, Verbesserung und Verlängerung der Fahrkompetenz durch Training. Eine Evaluation im Realverkehr. *Schriftenreihe der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Forschungsergebnisse für die Praxis*. TÜV Media: Köln
- RISSE, R., CHALOUPKA, Ch., GRUNDLER, W., SOMMER, M., HÄUSLER, J. & KAUFMANN, C. (2008): Using non-linear methods to investigate the criterion validity of traffic psychological test batteries. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 149-157
- RIZZO, M., McGEHEE, D. V., DAWSON, J. D. & ANDERSON, S. N. (2001): Simulated car crashes at intersections in drivers with Alzheimer disease *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 15 (1), 10-20
- ROCHE, J. (2005): Driving and Alzheimer's disease. *Psychologie & neuropsychiatrie du vieillissement*, 3 (3), 163-168
- ROSS, L. A., CLAY, O. J., EDWARDS, J. D., BALL, K. K., WADLEY, V. G., VANCE, D. E., CISELL, G. M. et al. (2009): Do older drivers at risk for crashes modify their driving over time. *The journals of gerontology Series B, Psychological sciences and social sciences*, 64 (2), 163-170. doi:10.1093/geronb/gbn034
- ROSSO, S. M., DONKER KAAT, L., BAKS, T., JOOSSE, M., de KONING, I., PIJNENBURG, Y., de JONG, D. et al. (2003): Frontotemporal dementia in The Netherlands: patient characteristics and prevalence estimates from a population-based study. *Brain: a journal of neurology*, 126, 2016-2022. doi:10.1093/brain/awg204
- SATZGER, W., HAMPEL, H., PADBERG, F., BÜRGER, K., NOLDE, T., INGRASSIA, G. & ENGEL, R. R. (2001): Practical application of the CERAD test battery as a neuropsychological dementia screening test. *Der Nervenarzt*, 72 (3), 196-203
- SILVA, M. T., LAKS, J. & ENGELHARDT, E. (2009): Neuropsychological tests and driving in dementia: a review of the recent literature. *Revista da Associação Médica Brasileira* (1992), 55 (4), 484-488
- SINGH, R., PENTLAND, B., HUNTER, J. & PROVAN, F. (2007): Parkinson's disease and driving ability. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 78, 363-366
- SNOWDEN, J., NEARY, D. & MANN, D. (2007): Frontotemporal lobar degeneration: clinical and pathological relationships. *Acta neuropathologica*, 114 (1), 31-38. doi:10.1007/s00401-007-0236-3

- SOMMER, S. M., ARNO, P., STRYPSTEN, M., EECKHOUT, G. & ROTHERMEL, S. (2003): AGILE. Deliverable 4.3: Onroad Assessment Methodology and reference road test. Retrieved from [www.agile.iao.fraunhofer.de/downloads/agile\\_d4\\_3.pdf](http://www.agile.iao.fraunhofer.de/downloads/agile_d4_3.pdf) (17.09.2009)
- 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
- SOMMER, M. & HÄUSLER, J. (2006): Kriteriumsvalidität des Expertensystems Verkehr. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 52, 83-89
- Statistisches Bundesamt (2002): Verkehrsunfallstatistik 2002. Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2006): Bevölkerung Deutschlands bis 2050. Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2009): Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2008. Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2010). Unfälle von Senioren im Straßenverkehr. Wiesbaden
- STOPFORD, C. L., THOMPSON, J. C., NEARY, D., RICHARDSON, A. M. T. & SNOWDEN, J. S. (2010): Working memory, attention, and executive function in Alzheimer's disease and frontotemporal dementia. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*. doi:10.1016/j.cortex.2010.12.002
- TALBOT, A., BRUCE, I., CUNNINGHAM, C., COEN, R., LAWLOR, B., COAKLEY, D., WALSH, J. et al. (2005): Driving cessation in patients attending a memory clinic. *Age and ageing*, 34 (4), 363-368. doi:10.1093/ageing/afi090
- TANT, M. L. M., BROUWER, W. H., CORNELISSEN, F. W. & KOOIJMAN, A. C. (2002): Driving and visuospatial performance in people with hemianopia. *Neuropsychological Rehabilitation* 12 (5), 419-437
- TEWES, U. (1991): Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene – Revision 1991 (HAWIE-R). Bern, Stuttgart, Toronto: Huber
- THORNDIKE, E. L. (1920): A constant error in psychological rating. *Journal of Applied Psychology*, 4, 25-29
- TOMIOKA, H., YAMAGATA, B., TAKAHASHI, T., YANO, M., ISOMURA, A. J., KOBAYASHI, H. & MIMURA, M. (2009): Detection of hypofrontality in drivers with Alzheimer's disease by near-infrared spectroscopy. *Neuroscience letters*, 451 (3), 252-256. doi:10.1016/j.neulet.2008.12.059
- UC, E. Y., RIZZO, M., ANDERSON, S. W., SPARKS, J. D., RODNITZKY, R. L. & DAWSON, J. D. (2006a): Driving with distraction in Parkinson disease *Neurology*, 67 (10), 1774-1780. doi:10.1212/01.wnl.0000245086.32787.61
- UC, E. Y., RIZZO, M., ANDERSON, S. W., SHI, Q. & DAWSON, J. D. (2005a): Driver landmark and traffic sign identification in early Alzheimer's disease. *Journal Of Neurology Neurosurgery And Psychiatry*, 76 (6), 764-768. doi:10.1136/jnnp.2004.049338
- UC, E. Y., RIZZO, M., ANDERSON, S. W., SPARKS, J. D., RODNITZKY, R. L. & DAWSON, J. D. (2007): Impaired navigation in drivers with Parkinson's disease. *Brain: a journal of neurology*, 130, 2433-2440. doi:10.1093/brain/awm178
- UC, E. Y. & RIZZO, M. (2008): Driving and neurodegenerative diseases. *Current neurology and neuroscience reports*, 8 (5), 377-383
- UC, E. Y., RIZZO, M., ANDERSON, S. W., SPARKS, J., RODNITZKY, R. L. & DAWSON, J. D. (2006b): Impaired visual search in drivers with Parkinson's disease. *Annals Of Neurology*, 60 (4), 407-413. doi:10.1002/ana.20958
- UC, E. Y., RIZZO, M., ANDERSON, S. W., SHI, Q. & DAWSON, J. D. (2006c): Unsafe rear-end collision avoidance in Alzheimer's disease. *Journal of the neurological sciences*, 251 (1-2), 35-43. doi:10.1016/j.jns.2006.08.011
- UC, E. Y., RIZZO, M., SHI, Q., ANDERSON, S. W., RODNITZKY, R. L. & DAWSON, J. D. (2005b): Relationship of visual and cognitive dysfunction to motor impairment in Parkinson's disease without dementia. *Neurology*, 64, A 203
- WHELIHAN, W. M., DICARLO, M. A. & PAUL, R. H. (2005): The relationship of neuropsychological functioning to driving competence in older persons with early cognitive decline. *Archives of clinical neuropsychology: the official journal of*

the National Academy of Neuropsychologists, 20 (2), 217-228

WILD-WALL, N. & FALKENSTEIN, M. (2007): Effects of ageing and fatigue on task preparation. *Clinical Neurophysiology*, 118, 558-69

WILLEMSEN, R., MÜLLER, T., SCHWARZ, M., FALKENSTEIN, M. & BESTE, C. (2009a): Response monitoring in de novo patients with Parkinson's disease. *PLoS ONE*, 4 (3): e4898

WILLEMSEN, R., FALKENSTEIN, M., SCHWARZ, M., MÜLLER, T. & BESTE, C. (2009b): Effects of aging, Parkinson's disease, and dopaminergic medication on response selection and control. *Neurobiology of Aging*. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2009.02.002

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

WHITHAAR, F. (2000): Divided attention and driving: the effects of aging and brain injury. Doctoral dissertation. Leeuwarden, NI: University of Leeuwarden

WOOD, J. M., WORRINGHAM, C., KERR, G., MALLON, K. & SILBURN, P. (2005): Quantitative assessment of driving performance in Parkinson's disease. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 76, 176-180

WORRINGHAM, C., WOOD, J., KERR, G. & SILBURN, P. (2005): Predictors of driving assessment outcome in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 238, 376

ZIMMERMANN, P. & FIMM, B. (2012): Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung. (Version Mobilität). Version 1.3. Herzogenrath: Psytest

ZIMMERMANN, P. & FIMM, B. (2004). Die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP). In: G. BÜTTNER, L. SCHMIDT-ATZERT (eds.), *Diagnostik von Konzentration und Aufmerksamkeit*. (pp. 177-202). Göttingen: Hogrefe

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

## 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 Fahrerlaubnisbildung, 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-/Mobilitätsbildung 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 € 14,50
- 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 218b: Summative Evaluation of Accompanied Driving from Age 17  
Schade, Heinzmann  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 219: Unterstützung der Fahrausbildung durch Lernsoftware  
Petzoldt, Weiß, Franke, Krems, Bannert € 15,50

## 2012

- M 220: Mobilitätsstudie Fahranfänger – Entwicklung der Fahrleistung 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, Rinkenauer, Mendzheritskiy, Fimm, Worringer, Engin, Kleinemas, Rudinger € 19,00

M 232: Kinderunfallatlas – Regionale Verteilung von Kinderverkehrsunfällen in Deutschland  
Neumann-Opitz, Bartz, Leipzig € 18,00

## 2013

M 233: 8. ADAC/BAST-Symposium 2012 – Sicher fahren in Europa  
CD-ROM / kostenpflichtiger Download € 18,00

M 234: Fahranfängervorbereitung im internationalen Vergleich  
Genschow, Sturzbecher, Willmes-Lenz € 23,00

M 235: Ein Verfahren zur Messung der Fahrsicherheit im Realverkehr entwickelt am Begleiteten Fahren  
Glaser, Waschulewski, Glaser, Schmid € 15,00

M 236: Unfallbeteiligung von Wohnmobilen 2000 bis 2010  
Pöppel-Decker, Langner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 237: Schwer erreichbare Zielgruppen – Handlungsansätze für eine neue Verkehrssicherheitsarbeit in Deutschland  
Funk, Faßmann € 18,00

M 238: Verkehrserziehung in Kindergärten und Grundschulen  
Funk, Hecht, Nebel, Stumpf € 24,50

M 239: Das Fahrerlaubnisprüfungssystem und seine Entwicklungspotenziale – Innovationsbericht 2009/2010 € 16,00

M 240: Alternative Antriebstechnologien – Marktdurchdringung und Konsequenzen – Berichtsjahr 2011 – Abschlussbericht  
Küter, Holdik, Pöppel-Decker, Ulitzsch  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 241: Intervention für punkteauffällige Fahrer – Konzeptgrundlagen des Fahreignungsseminars  
Glitsch, Bornewasser, Sturzbecher, Bredow, Kaltenbaek, Büttner € 25,50

M 242: Zahlungsbereitschaft für Verkehrssicherheit – Vorstudie  
Bahamonde-Birke, Link, Kunert € 14,00

## 2014

M 243: Optimierung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung  
Sturzbecher, Mörl, Kaltenbaek € 25,50

M 244: Innovative Konzepte zur Begleitung von Fahranfängern durch E-Kommunikation  
Funk, Lang, Held, Hallmeier € 18,50

M 245: Psychische Folgen von Verkehrsunfällen  
Auerbach € 20,00

M 246: Prozessevaluation der Kampagnenfortsetzung 2011-2012 „Runter vom Gas!“  
Klimmt, Maurer, Baumann € 14,50

### AKTUALISIERTE NEUAUFLAGE VON:

M 115: Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung – gültig ab 1. Mai 2014  
Gräcmann, Albrecht € 17,50

M 247: Psychologische Aspekte des Unfallrisikos für Motorradfahrerinnen und -fahrer  
von Below, Holte € 19,50

M 248: Erkenntnisstand zu Verkehrssicherheitsmaßnahmen für ältere Verkehrsteilnehmer  
Falkenstein, Joiko, Poschadel € 15,00

M 249: Wirkungsvolle Risikokommunikation für junge Fahrerinnen und Fahrer  
Holte, Klimmt, Baumann, Geber € 20,00

M 250: Ausdehnung der Kostentragungspflicht des § 25a StVG auf den fließenden Verkehr  
Müller € 15,50

M 251: Alkohol-Interlocks für alkoholauffällige Kraftfahrer  
Hauser, Merz, Pauls, Schnabel, Aydeniz, Blume, Bogus, Nitzsche, Stengl-Herrmann, Klipp, Buchstaller, DeVol, Laub, Müller, Veltgens, Ziegler € 15,50

M 252 Psychologische Aspekte des Einsatzes von Lang-Lkw  
Glaser, Glaser, Schmid, Waschulewski  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor, ist interaktiv und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2015

M 253: Simulatorstudien zur Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten  
Schömgig, Schoch, Neukum, Schumacher, Wandtner € 18,50

M 254: Kompensationsstrategien von älteren Verkehrsteilnehmern nach einer VZR-Auffälligkeit  
Karthaus, Willemssen, Joiko, Falkenstein € 17,00

M 255: Demenz und Verkehrssicherheit  
Fimm, Blankenheim, Poschadel € 17,00

---

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7  
28195 Bremen  
Tel. (0421) 3 69 03-53  
Fax (0421) 3 69 03-48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.