

Kognitive Störungen und Verkehrssicherheit

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Mensch und Sicherheit Heft M 303

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 it a three-dimensional appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

Kognitive Störungen und Verkehrssicherheit

von

Fabian Surges

Bundesanstalt für Straßenwesen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 303

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 Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG, 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 Kommunikation.

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

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 4317019
Kognitive Störungen und Verkehrssicherheit

Referat
Grundlagen des Verkehrs- und Mobilitätsverhaltens

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

Redaktion
Stabsstelle Presse und Kommunikation

Druck und Verlag
Fachverlag NW in der
Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9315
ISBN 978-3-95606-544-6

Bergisch Gladbach, November 2020

Kurzfassung – Abstract

Kognitive Störungen und Verkehrssicherheit

Infolge bestimmter Erkrankungen kann es zu motorischen, sensorischen und/oder kognitiven Leistungsbeeinträchtigungen kommen, die sich negativ auf das Führen eines Fahrzeuges auswirken können. Trotz intensiver Forschungsbemühungen sind aktuell die komplexen Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungsbeeinträchtigungen und der Fahrkompetenz noch nicht vollumfänglich verstanden.

Primäres Ziel dieses Berichtes war es, anhand der Darstellung und Analyse aktueller und zentraler wissenschaftlicher Erkenntnisse zu einem besseren Verständnis krankheitsbedingter Beeinträchtigungen der Fahrkompetenz beizutragen.

Dazu wurde zunächst der Einfluss von sechs neurologischen und neurodegenerativen Erkrankungen auf das Fahrverhalten der Betroffenen beschrieben und analysiert. Die Auswahl der Erkrankungen erfolgte dabei aufgrund ihrer vergleichsweise hohen Prävalenzen und den typischerweise bei ihnen auftretenden neurologischen und neuropsychologischen Symptomen, welche für die Beantwortung zentraler Fragestellungen dieses Berichtes von besonderer Bedeutung sind. Aus der Kombination ausgewählter verkehrssicherheitskritischer Parameter wurde die Relevanz der einzelnen Erkrankungen für die Verkehrssicherheitsarbeit abgeleitet. Diese Erkenntnisse liefern wichtige Hinweise darauf, welche Erkrankungen zukünftig, beispielsweise im Rahmen von Informations- und Aufklärungsmaßnahmen oder Forschungsprojekten, verstärkt adressiert werden sollten. Um ein möglichst vollständiges Bild des aktuellen Forschungsstandes wiederzugeben, wurden auch Studien, die aufgrund von methodischen Schwächen (z. B. kleine Stichprobe) nur eine begrenzte Aussagekraft haben, bei der Bewertung der einzelnen Störungen berücksichtigt. Durch dieses Vorgehen sollten zudem mögliche (systematische) Schwächen in dem Forschungsgebiet identifiziert und analysiert werden können.

Anhand der zur Verfügung stehenden Daten ergibt sich für die Demenzen, Schädel-Hirn-Traumata und die hepatische Enzephalopathie eine hohe Relevanz für die Verkehrssicherheitsarbeit. Etwas geringer, aber weiterhin als hoch zu bewerten, stellt sich die Relevanz von Morbus Parkinson für die Ver-

kehrssicherheitsarbeit dar. Die Relevanz von Schlaganfällen für die Verkehrssicherheitsarbeit ist anhand der zur Verfügung stehenden Daten am ehesten als moderat, die der leichten kognitiven Störung (LKS) am ehesten als gering zu bezeichnen. Diese Aussagen beziehen sich dabei auf ein aus den berücksichtigten Forschungsarbeiten abgeleitetes theoretisches Risiko auf Gruppenebene. Dieses eignet sich ausdrücklich nicht, um fahreignungsbezogene Rückschlüsse zu ziehen. Ableitungen auf das individuelle Risiko eines erkrankten Fahrers sind unzulässig.

Anhand der berücksichtigten Veröffentlichungen konnten zudem Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und der Fahrkompetenz beschrieben werden. Dabei scheint neben den Aufmerksamkeits- und visuell-räumlichen Leistungen insbesondere exekutiven Leistungen eine besondere Relevanz bei der Bewältigung der Fahraufgabe zuzukommen. Es ergeben sich Hinweise, dass die Durchführung individueller Trainings zur Steigerung der kognitiven Leistungsfähigkeit, praktische Fahrtrainings sowie zielgruppenspezifische Maßnahmen zu einer nachhaltigen Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen können. Insgesamt gilt es, Betroffene, Behandelnde und Akteure der Verkehrssicherheit verstärkt für das Thema krankheitsbedingt beeinträchtigte Fahrkompetenz zu sensibilisieren.

Im Hinblick auf zukünftige Aktivitäten wird aufgrund der Limitation aktueller wissenschaftlicher Veröffentlichungen empfohlen, einen theoretisch und/oder empirisch fundierten methodischen Leitfaden zur Erstellung von Fahrkompetenzstudien zu entwickeln und zu veröffentlichen. Zukünftige Forschungsschwerpunkte könnten kognitive Anforderungen spezifischer Fahraufgaben, vertiefende Analysen von Erkrankungen und ihrem Zusammenhang mit der Fahrkompetenz sowie die Entwicklung valider Mess- und Testverfahren sein.

Mittel- bis langfristig sollen sich anhand der dargestellten Maßnahmen krankheitsbedingte Risiken im Straßenverkehr reduzieren lassen und neue Wege zum Erhalt der Mobilität erkrankter Fahrer identifiziert werden können.

Cognitive disorders and traffic safety

As a result of certain diseases, motor, sensory and/or cognitive impairment can occur, which can have a negative effect on driving a vehicle. Despite intensive research efforts, the complex relationships between cognitive impairments and driving skills are not yet fully understood.

The primary objective of this report was to contribute to a better understanding of disease-related impairments of driving skills through the presentation and analysis of current and central scientific findings.

Therefore, the influence of six neurological and neurodegenerative diseases on driving behaviour was described and analyzed. The diseases were selected on the basis of their comparatively high prevalence and the neurological and neuropsychological symptoms that typically occur among them, which are of particular significance for answering the central questions of this report. The relevance of the diseases regarding activities to improve road safety was derived from the combination of selected parameters. These findings provide important indications which diseases should be addressed more intensively in the future, for example within the framework of communicative measures or in research. In order to present a complete picture of the current state of research, studies with methodological limitations (e.g. small sample) were also taken into account in the evaluation of the diseases. This procedure should also make it possible to identify and analyze (systematic) weaknesses in this field of research.

Based on the available data, dementia, traumatic brain injuries (TBI) and hepatic encephalopathy are highly relevant for road safety. The relevance of Parkinson's disease for road safety is somewhat lower, but still high. Based on the available data, the relevance of strokes for road safety is most likely to be moderate, while that of mild cognitive impairment (MCI) is most likely to be low. These conclusions refer to a theoretical risk at a group level derived from literature. This risk is not suitable for drawing conclusions related to fitness to drive. Derivations on the individual risk of an ill driver are inadmissible.

The reviewed literature gave insights into correlations between cognitive performance and driving competence. Besides several forms of attention and visual spatial performance, executive functions seem to be of particular relevance for

coping with the driving task. There are indications that individual training to improve cognitive performance and practical driving training can contribute to a sustainable improvement in road safety. Overall, it is important to sensitize people which suffer from one of the diseases, those who are treating them and those who are involved in road safety activities to the relevance of certain diseases in this context.

With regard to future activities and due to the limitations of the current research, it is recommended to develop a theoretically and/or empirically guideline for the implementation of driving competence studies with patients. Future research priorities could be cognitive requirements of specific driving tasks, in-depth analyses of the correlations between diseases and driving skills as well as the development of valid measurement and test procedures.

In the medium to long term, the presented measures should make it possible to reduce disease-related risks in road traffic and to identify new ways of maintaining the mobility of sick drivers.

Inhalt

1	Einleitung	7	5.2	Zusammenhang zwischen kognitiven Leistungen und spezifischen Fahraufgaben	57
2	Theoretischer Hintergrund	7	5.3	Maßnahmenempfehlungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit	60
2.1	Kognitive Leistungen	10	5.3.1	Training zur Verbesserung der individuellen Fahrkompetenz	60
2.1.1	Aufmerksamkeitsleistungen	11	5.3.2	Zielgruppenspezifische Maßnahmenempfehlungen zu Verbesserung der Verkehrssicherheit	62
2.1.2	Sensorische Leistungen	12	5.4	Limitationen	65
2.1.3	Visuell-räumliche Leistungen	12	5.4.1	Limitationen der aktuellen Forschung	65
2.1.4	Exekutive Leistungen	12	5.4.2	Limitationen des vorliegenden Berichtes	66
2.1.5	Gedächtnisleistung	13	6	Fazit und Ausblick	67
2.1.6	Störungsbewusstsein	13	Literatur	69	
2.2	Die Fahraufgabe	13	Bilder	82	
3	Ausgewählte neurologische und neurodegenerative Erkrankungen und ihr Einfluss auf die Fahrkompetenz	16	Tabellen	82	
3.1	Leichte kognitive Störung	16			
3.2	Demenz	20			
3.3	Morbus Parkinson	25			
3.4	Kreislaufabhängige Störungen der Hirntätigkeit	30			
3.5	Schädel-Hirn-Traumata	36			
3.6	Hepatische Enzephalopathie	40			
4	Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und der Fahrkompetenz	43			
4.1	Exekutive Funktionen	44			
4.2	Aufmerksamkeitsleistungen	44			
4.3	Visuell-räumliche Leistungen	45			
4.4	Sonstige Leistungen	46			
4.5	Beobachtbare Zusammenhänge bei gesunden Fahrern	46			
4.6	Zusammenfassung	47			
5	Zusammenfassung und Diskussion	50			
5.1	Relevanz ausgewählter Erkrankungen für die Verkehrssicherheitsarbeit	50			

1 Einleitung

Automobilität erleichtert die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben und ist für die meisten Menschen fester Bestandteil ihrer alltäglichen Routine. Ob auf dem Weg zur Arbeit, beim wöchentlichen Einkauf oder beim Besuch von Bekannten und Verwandten in umliegenden Städten: die Fortbewegung mit einem Kraftfahrzeug hat in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend an Relevanz gewonnen. Auch wenn sich in den letzten Jahren durch neue Mobilitätskonzepte die Nutzung des Autos zu verändern scheint, ist es nach wie vor das am meisten genutzte Verkehrsmittel in Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2018a), unter anderem wohl auch, da öffentliche Verkehrsmittel in ländlicheren Regionen häufig schwer zugänglich und gerade für Ältere unattraktiv sind (SCHEINER, 2006; WILLSTRAND, HENRIKSSON, SVENSSON & LEVIN, 2018). Bei vielen Menschen ist der Erhalt ihrer bisherigen Lebensqualität unabdingbar an den Erhalt ihrer Automobilität geknüpft.

Verschiedene Erkrankungen und Störungen können die Fahrkompetenz der Betroffenen nachhaltig beeinträchtigen. Daraus können sich Risiken für die Betroffenen selbst, aber auch für andere Verkehrsteilnehmer ergeben. Aufgrund der hohen Relevanz für die Verkehrssicherheit kommt der Thematik Krankheit und Fahrkompetenz sowohl aus verkehrspsychologischer, als auch aus klinischer und gesellschaftlicher Sicht, eine besondere Bedeutung zu.

Ziel dieses Berichtes ist es, anhand der Darstellung und Analyse aktueller und zentraler wissenschaftlicher Erkenntnisse zu einem besseren Verständnis krankheitsbedingter Beeinträchtigungen der Fahrkompetenz beizutragen. Von besonderem Interesse ist dabei der Einfluss krankheitsbedingter kognitiver Störungen auf die Fahrkompetenz. Hierfür ist eine Betrachtung der Zusammenhänge über mehrere relevante Störungen hinweg erforderlich. Im Rahmen des Berichtes soll ein möglichst umfassender Überblick über die Thematik und den aktuellen Forschungsstand gegeben werden. Vor dieser Zielsetzung wurden auch Studien, die aufgrund von methodischen Schwächen (z. B. eine geringe Stichprobengröße) nur über eine begrenzte Aussagekraft verfügen, in den Bericht mit aufgenommen. Mögliche Limitationen einzelner Studien werden ausführlich beschrieben und im Rahmen der Diskussion kritisch analysiert (vgl. Kapitel 5.4). Diese umfassende Zusammenstellung und Bewertung empirischer Arbeiten ermöglicht zunächst neue Erkenntnisse im

Hinblick auf das fahrkompetenzeinschränkende Potenzial ausgewählter Erkrankungen. Aufgrund der Berücksichtigung auch methodisch schwächerer Studien können aber auch die Defizite der bisherigen Forschung dezidiert beschrieben und bewertet werden. Daraus lassen sich konkrete Handlungsempfehlungen und zukünftige Forschungsschwerpunkte ableiten. Entsprechend ausführlich sollen die Limitationen der berücksichtigten Studien im letzten Drittel des Berichtes diskutiert werden.

Um der Komplexität der Thematik gerecht zu werden, soll nach einer kurzen thematischen Einführung einleitend eine Beschreibung der im Kontext der Fahraufgabe als relevant erachteten kognitiven Funktionen erfolgen. Anschließend werden theoretische Modelle zur Beschreibung der Fahraufgabe und verschiedene Kompensationsstrategien dargestellt. Nach der Analyse relevanter Erkrankungen und kognitiver Leistungen sollen Maßnahmen zur Verbesserung der individuellen Fahrkompetenz erkrankter Fahrer sowie zur Optimierung des bisherigen klinischen und wissenschaftlichen Vorgehens beschrieben und diskutiert werden. Es folgt ein Fazit sowie eine Empfehlung für zukünftige Aktivitäten.

2 Theoretischer Hintergrund

Aufgrund intensiver Bemühungen von Politik, Wissenschaft, Verbänden und Automobilindustrie konnte die Verkehrssicherheit in den letzten Jahrzehnten stetig verbessert werden. Dennoch ist die Teilnahme am Straßenverkehr weiterhin mit Risiken verbunden. So wurden im Jahr 2017 insgesamt 3.180 Menschen bei Verkehrsunfällen in Deutschland getötet, insgesamt 390.312 Menschen wurden verletzt (Statistisches Bundesamt, 2018b). Schätzungen gehen davon aus, dass sich rund 70 – 90 % der Straßenverkehrsunfälle auf menschliches Versagen zurückführen lassen (SALMON, YOUNG, LENNÉ, WILLIAMSON & TOMASEVIC, 2011; TREAT, 1980). Um den Unfallfaktor Mensch möglichst klein zu halten, wird für die Teilnahme am motorisierten Straßenverkehr unter anderem die körperliche und kognitive Belastbarkeit des Fahrers¹

¹ Der besseren Lesbarkeit halber werden Personenbezeichnungen in diesem Bericht ausschließlich in der grammatikalisch maskulinen Form verwendet. Sofern nicht anders gekennzeichnet, bezeichnen sie Personen beiderlei Geschlechts.

vorausgesetzt. So heißt es in § 2 Absatz 4 des Straßenverkehrsgesetzes (StVG), dass derjenige geeignet zum Führen von Kraftfahrzeugen ist, „der die notwendigen körperlichen und geistigen Anforderungen erfüllt und nicht erheblich oder nicht wiederholt gegen verkehrsrechtliche Vorschriften oder gegen Strafgesetze verstoßen hat“.

Kommt es im Krankheitsfall oder mit steigendem Alter zu Leistungseinbußen in den genannten Bereichen, so droht die Beeinträchtigung der Fahrkompetenz. Der Begriff der Fahrkompetenz umfasst dabei alle Fertigkeiten oder „Skills“ die erforderlich sind, um ein Fahrzeug sicher führen zu können. Neben dem Begriff Fahrkompetenz werden in der Literatur weitere Begriffe verwendet, um die Fähigkeit einer Person, ein Fahrzeug sicher im Straßenverkehr steuern zu können, zu beschreiben (JACOBS, 2016; vgl. Bild 1). Der Begriff Fahrtüchtigkeit hat einen stark situativen Fokus und betont, dass die Fähigkeit ein Fahrzeug sicher zu führen zeitweise, z. B. nach dem Konsum von Alkohol oder bei Übermüdung, eingeschränkt sein kann (z. B. MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2012). Nach Beendigung des beeinträchtigenden Zustands ist die Fahrtüchtigkeit in aller Regel wieder gegeben. Eine ausreichende Fahrkompetenz und Fahrtüchtigkeit wiederum bilden die Grundlage für die Fahreignung (vgl. Bild 1). Fahreignung ist ein im rechtlichen Kontext häufig verwendeter Begriff, der die fahrerische Leistung als über die Zeit stabile Disposition beschreibt. Bei fehlender Fahreignung darf ein Fahrzeug so lange nicht mehr geführt werden, bis diese

wieder in ausreichender Form nachgewiesen werden kann.

Eine Kompetenz beruht auf Wissen und Fähigkeiten eines Individuums (HARTIG & KLIEME, 2007). Die Verwendung des Begriffs Fahrkompetenz betont entsprechend die Möglichkeit, durch Training und Kompensation beobachtbares Fahrverhalten verbessern zu können (JACOBS, 2016). Gleichzeitig wird deutlich, dass es sich beim Führen eines Fahrzeuges – im Sinne einer Kompetenz – um ein Zusammenspiel mehrerer Teilleistungen handelt. Da der vorliegende Bericht eben diese Teilleistungen im Detail untersuchen will, gleichzeitig aber keine Aussage über rechtlich relevante Aspekte im Sinne der Fahreignung macht, beziehen sich die folgenden Aussagen, sofern nicht anders gekennzeichnet, ausschließlich auf die Fahrkompetenz.

Vor dem Hintergrund einer alternden Gesellschaft und der daraus resultierenden Zunahme altersassoziierter Erkrankungen ist der Einfluss krankheitsbedingter Leistungsbeeinträchtigungen auf die Verkehrssicherheit zunehmend in den Fokus von Öffentlichkeit und Forschung geraten (HOLTE & ALBRECHT, 2004). Es besteht eine große Anzahl von Erkrankungen und Störungen mit Einfluss auf die Fahrkompetenz. Führt eine Einschränkung der Fahrkompetenz zum Verlust der Fahreignung, besteht für den Betroffenen zunächst die Notwendigkeit, neue Möglichkeiten zum Erhalt seiner Mobilität zu erschließen (LOGAN, DYAS & GLADMAN, 2004). Der Verlust der Automobilität kann weiterhin zu einem sinkenden Selbstwert oder der Entstehung

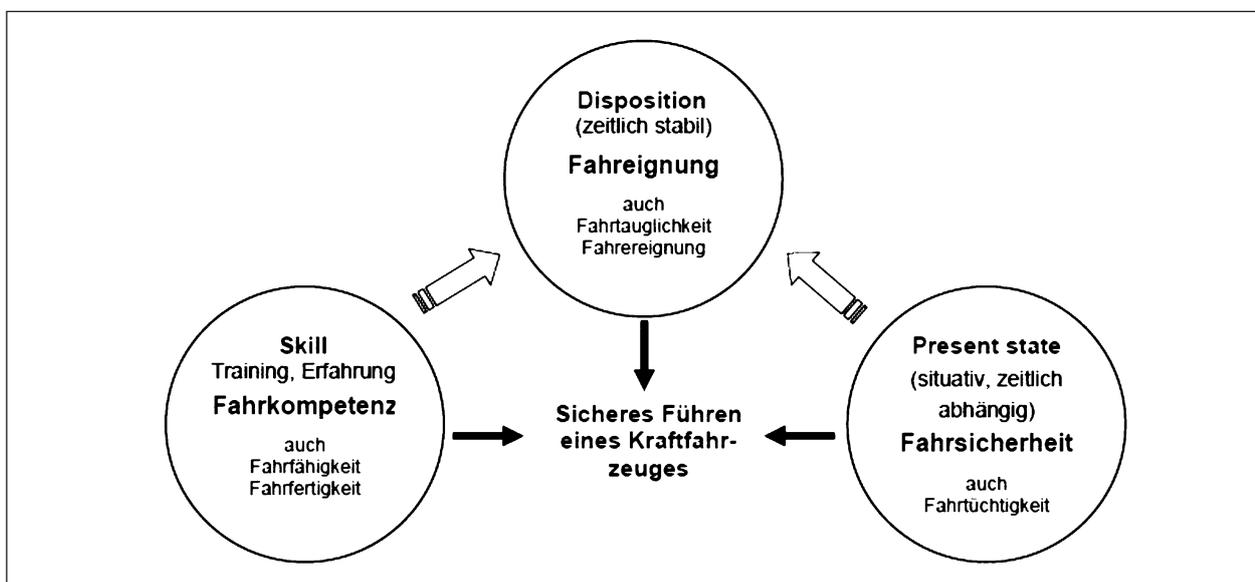


Bild 1: Teilaspekte der sicheren Fahrzeugführung nach JACOBS (2016)

depressiver Symptome führen (JOHNSON, FRANK, POND & STOCKS, 2013; SIREN et al., 2010; VAUGHAN et al., 2015).

Eine Zusammenstellung eignungs ausschließender und eignungseinschränkender körperlicher und oder geistiger Mängel findet sich in den durch die Bundesanstalt für Straßenwesen herausgegebenen Begutachtungsleitlinien zur Krafftahreignung (GRÄCMANN & ALBRECHT, 2018). Darin enthalten sind Hinweise zur Begutachtung der Fahreignung von Patienten mit Krankheiten unterschiedlicher Ätiologie.

Seit vielen Jahren versuchen unterschiedliche Forschergruppen die für die Fahrkompetenz relevante Einflussfaktoren zu identifizieren. Laut MARX (2018) ist der Einfluss einer Erkrankung auf die Verkehrssicherheit im wesentlichen durch drei Faktoren bedingt:

- Bestehen dauerhafte körperliche oder geistige Funktionseinschränkungen als Folge der Erkrankung, beeinflussen diese die Fahrkompetenz und können sie gegebenenfalls kompensiert werden?
- Besteht das Risiko eines plötzlichen Kontrollverlustes, zum Beispiel im Falle eines erneuten Krankheitsereignisses?
- Besteht auf Seiten des Betroffenen Einsicht in bestehende Defizite?

Mehrere Studien konnten zeigen, dass isoliert auftretende motorische und sensorische Defizite bis zu einem gewissen Grad durch medizinische Hilfsmittel (Sehhilfe, Hörgeräte, Prothesen), Pharmakotherapie (MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2012) oder technische Änderungen am Fahrzeug (z. B. Umlenkung des Gaspedals, Lenkknäuf; DEVOS et al., 2011; JACOBS, 2016; KÜST, 2011; MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2012; MARX, 2018) angemessen kompensiert werden können.

Noch nicht eindeutig geklärt ist, welchen Einfluss psychische Leistungsdefizite auf die Fahrkompetenz haben können. Die psychische Leistungsfähigkeit basiert laut der Begutachtungsleitlinien für Krafftahreignung auf der optischen Orientierungsleistung, der Konzentrationsfähigkeit, der Aufmerksamkeitsleistung, der Reaktionsfähigkeit und der (kognitiven) Belastbarkeit (GRÄCMANN & ALBRECHT, 2018). Diese Leistungen lassen sich all gemeinhin auch als kognitive Leistungen bezeich-

nen, weshalb die Begriffe psychische Leistungsfähigkeit und kognitive Leistungsfähigkeit hier synonym verwendet werden sollen.

Kognitive Defizite sind je nach Ausprägung erst im näheren Kontakt oder durch den Einsatz diagnostischer Instrumente ersichtlich. Auch die Betroffenen selber haben zum Teil nur eine unzureichende Einsicht in die bestehenden kognitiven Defizite (MARX, 2014; ORFEI et al., 2007; SHERER et al., 2003), und viele der kognitiven Störungen sind für eine medikamentöse Therapie kaum zugänglich (MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2012).

In Deutschland sind in den Begutachtungsleitlinien für Krafftahreignung die kognitiven Voraussetzungen zum Führen eines Fahrzeuges festgelegt (GRÄCMANN & ALBRECHT, 2018). LUNDQVIST, ALINDER, MODIG-ARDING und SAMUELSSON (2011) erachten darüber hinaus kognitive Flexibilität, eine schnelle Informationsverarbeitung sowie Einsicht in gegebenenfalls vorhandene Defizite als zwingend erforderlich, um ein Fahrzeug sicher im Verkehr steuern zu können. Weiterhin als relevant angesehen werden visuell-räumliche Leistungen und die selektive Aufmerksamkeit (SUN, XIA, FOSTER, FALKMER & LEE, 2018) oder Vigilanz und Gefahrenantizipation (MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2012). Beobachtbare Auffälligkeiten, selbst in mehreren der als relevant erachteten Bereichen, führen jedoch nicht zwingend zu einer signifikanten Beeinträchtigung der Fahrkompetenz (MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2012). Die aktuell bestehenden Konzepte zur Beschreibung fahrrelevanter kognitiver Leistungen werden entsprechend kritisch diskutiert (FASTENMEIER, GSTALTER, ROMPE & RISSER, 2015; MÜLLER, REIMANN & WAGNER, 2018; POSCHADEL, FALKENSTEIN, PAPPACHAN, POLL & WILLMES VON HINCKELDEY, 2009).

Eine Möglichkeit, ein besseres Verständnis für die bestehenden Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und der Bewältigung der Fahraufgabe entwickeln zu können, ist die systematische und möglichst umfassende Untersuchung von kognitiv beeinträchtigten Fahrern. Kognitive Defizite treten besonders häufig als Folge von akuten Hirnschädigungen oder bei Krankheiten, die das zentrale Nervensystem betreffen, auf (MARX, 2014). Dazu zählen insbesondere neurologische und neurodegenerative Erkrankungen, weshalb sich diese besonders gut zur Untersuchung bestehender Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen

kognitiven Leistungen und der Fahrkompetenz eigenen.

Dieser Annahme entsprechend, ist die Fahrkompetenz bei einem Teil der neurologischen Patienten als Folge der Erkrankung nachweislich eingeschränkt (JACOBS, HART & ROOS, 2017; NIEMANN & HARTJE, 2013; UC & RIZZO, 2008). Dabei führen die krankheitsbedingten Beeinträchtigungen nicht immer im gleichen Ausmaß zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten. So zeigten in einer Studie mit 494 neurologischen Patienten mit unterschiedlichen Grunderkrankungen rund 28 % deutliche Auffälligkeiten in ihrem Fahrverhalten und hatten in der Folge eine Fahrverhaltensprobe nicht bestanden (NIEMANN & HARTJE, 2013). Bei den im Rahmen einer Metaanalyse einbezogenen Studien, die ausschließlich Schlaganfallpatienten hinsichtlich ihrer Fahrkompetenz untersuchten, bestanden hingegen insgesamt 46 % der Probanden die Fahreignungsüberprüfung nicht (DEVOS et al., 2011). Allerdings gab es auch hier zwischen den einzelnen Studien deutliche Unterschiede in der Anzahl der Fahrer, die deutlich in ihrer Fahrkompetenz eingeschränkt waren.

Die stark variierende Anzahl der Fahrer mit unzureichender Fahrkompetenz lässt sich zum Teil auf methodologische Unterschiede zwischen verschiedenen Studien zurückführen. Gleichzeitig scheinen unterschiedliche Grunderkrankungen, aber auch interindividuelle Unterschiede in der Krankheitschwere und bei der Kompensationsfähigkeit von Defiziten, maßgeblichen Einfluss auf die Fahrkompetenz im Krankheitsfall zu haben. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch die Metaanalyse von HIRD, VETIVELU, SAPOSNIK und SCHWEIZER (2014). Pauschale Urteile hinsichtlich der Fahrkompetenz anhand einer Diagnose oder Grunderkrankung sind somit unzulässig (AKSAN, ANDERSON, DAWSON, UC & RIZZO, 2015; Deutsche Diabetes Gesellschaft, 2017; NIEMANN & HARTJE, 2016; SHINAR, 2007; UC & RIZZO, 2008).

Anhand der zitierten Überblicksarbeiten wird deutlich, dass von aktiven Fahrern mit einer zerebralen Schädigung eine erhöhte Gefährdung der Verkehrssicherheit ausgehen kann. Aktuell bedarf es jedoch nach wie vor eines großen Aufwandes, um Fahrer mit eingeschränkter Fahrkompetenz zu identifizieren. Unter anderem deshalb, weil nach wie vor nicht ausreichend untersucht ist, welche spezifischen Leistungsdefizite sich wie auf die Fahrkompetenz auswirken und unter welchen Umständen die be-

stehenden Defizite kompensiert werden können (AKSAN, ANDERSON, DAWSON, UC & RIZZO, 2015; CUENEN, JONGEN, BRIJS, BRIJS, LUTIN et al., 2016; VANLAAR et al., 2014). Zur besseren Übersicht sollen zunächst zentrale kognitive Leistungen im Folgenden aufgelistet und beschrieben werden.

2.1 Kognitive Leistungen

Das menschliche Denken und Handeln, worunter auch das Führen eines Fahrzeuges fällt, basiert auf neurophysiologischer Aktivität unseres Gehirns. Bereits im 19. Jahrhundert wurde im Rahmen der damals entwickelten Psychophysik versucht, psychische oder kognitive Leistungen in Zusammenhang mit Gehirnprozessen zu bringen (PRINZ & MÜSSELER, 2008). Durch die Entwicklung moderner Forschungsmethoden wurde ein zunehmend besseres Verständnis hinsichtlich der den kognitiven Leistungen zugrundeliegenden neurophysiologischen Mechanismen ermöglicht. Dennoch sind viele Prozesse nach wie vor nicht vollumfänglich verstanden. Der Ursprung kognitiver Funktionalität liegt dabei im anatomischen Aufbau des Gehirns.

Stark vereinfacht lässt sich das menschliche Gehirn in drei (vier) entwicklungsbiologisch unterschiedlich alte Strukturen unterteilen: das Stammhirn (und Zwischenhirn), das Kleinhirn und das Großhirn (TSCHABITSCHER, 2011). Das Großhirn besteht aus zwei äquivalenten Hemisphären, die über den sogenannten Balken miteinander verbunden sind. Die äußere Schicht des Großhirns, die Großhirnrinde oder auch zerebraler Cortex, lässt sich wiederum in vier miteinander vernetzte Areale aufteilen: Den Frontal-, Parietal-, Okzipital- und Temporallappen (TSCHABITSCHER, 2011). Im Falle einer Erkrankung oder eines Unfalls kommt es abhängig vom Schädigungsort im Gehirn zu unterschiedlichen Störungen und Ausfällen, die Rückschlüsse auf die dort verarbeiteten kognitiven Prozesse zulassen. Da eine detaillierte Darstellung der Lokalisation einzelner Hirnfunktionen den Umfang dieses Berichtes überschreitet, wird für eine vertiefende Beschreibung an NIEUWENHUYS, VOOGD und VAN HUIJZEN (2008) verwiesen.

Das Spektrum kognitiver Leistungen ist vielfältig und nur schwer kategorisch abzubilden, da viele der zugrundeliegenden Prozesse parallel ablaufen und nicht eindeutig voneinander zu trennen sind (JACOBS, 2016). Auch wenn es in den letzten Jah-

ren große Fortschritte im Bereich der Neurowissenschaften gab, ist nach wie vor nicht abschließend geklärt, welche kognitiven Leistungen für die Bewältigung der Fahraufgabe erforderlich sind. Es ist allerdings bereits jetzt ersichtlich, dass während des Führens eines Fahrzeuges große Anforderungen an die psychische Leistungsfähigkeit bestehen: Der Fahrer muss Entfernungen sicher einschätzen können, mehrere Stimuli gleichzeitig verarbeiten, die Aufmerksamkeit ausrichten und aufrechterhalten, schnell auf Ereignisse reagieren und Verkehrssituationen richtig interpretieren (REGER et al., 2004). Um ein Fahrzeug sicher zu steuern und zu stabilisieren, bedarf es dementsprechend neben einer ausreichenden Aufmerksamkeitsleistung vermutlich auch weiterer kognitiver Funktionen. Dazu zählen zum Beispiel eine hinreichende kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit, visuelle Explorationsleistung oder eine angemessene Planungsfähigkeit. Diese Funktionen basieren in der Regel auf mehreren kognitiven Teilleistungen die im Krankheitsfall, abhängig von der Grunderkrankung, in unterschiedlichem Maße gestört sein können.

2.1.1 Aufmerksamkeitsleistungen

Aufgrund des Anforderungsprofils der Fahraufgabe und den dort erforderlichen Reaktionen wird davon ausgegangen, dass der Aufmerksamkeit und Reaktionsfähigkeit im Kontext des Fahrens eine besondere Bedeutung zukommt (KÜST, 2011; REGER et al., 2004). Es wird angenommen, dass sich die Aufmerksamkeitsleistung in ineinandergreifende Unterfunktionen gliedert, die in unterschiedlichem Maße gestört sein können (SCHMIDBAUER, 2011). Dazu zählen nach SCHMIDBAUER (2011) die Orientierungsreaktion, die selektive Aufmerksamkeit, die geteilte Aufmerksamkeit und die Daueraufmerksamkeit. Andere theoretische Konzepte kategorisieren die Aufmerksamkeitsleistungen abhängig von den zwei Dimensionen Intensität (Alertness, Vigilanz, Daueraufmerksamkeit) und Selektivität (selektive Aufmerksamkeit, geteilte Aufmerksamkeit und Aufmerksamkeitswechsel) (vgl. RÜSSELER, 2010). STURM (2009) ergänzt diese um die Dimension Räumliche Aufmerksamkeit, die die Aufmerksamkeitsausrichtung auf räumlich voneinander getrennte Hinweisreize beschreibt.

Besondere Relevanz im Kontext der Fahraufgabe kommt der selektiven Aufmerksamkeit zu. Damit bezeichnet man die Leistung, ausgewählte Informationen (visuell, auditiv, sensorisch) selektiv auszu-

wählen und gegenüber anderen konkurrierenden Informationen zu priorisieren (MÜLLER & KRUMMENACHER, 2008). Die Aufmerksamkeitsausrichtung kann dabei sowohl orts- als auch objektbasiert erfolgen. Diese Leistung ist beispielsweise notwendig, um aus der Fülle der uns im Auto umgebenden Reize relevante Reize, wie z. B. Verkehrsschilder, in angemessener Zeit herausfiltern und verarbeiten zu können.

Viele Situationen beim Führen eines Fahrzeuges erfordern jedoch die Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf mehrere relevante Reize und Handlungen. Entsprechend der Theorie der geteilten Aufmerksamkeit lassen sich mehrere Aufgaben, zum Beispiel ein Fahrzeug steuern und sich mit dem Beifahrer unterhalten, gleichzeitig durchführen. Diese Leistungen sind hochkomplex und durch die Aufgabenähnlichkeit, die vorhandene Übung und die Aufgabenschwierigkeit determiniert (MÜLLER & KRUMMENACHER, 2008). Kommt es bei ausreichender Übung zu einer zunehmend unbewussten und automatischen Ausübung eines Verhaltens (z. B. ein erfahrener Fahrer fährt auf einer bekannten Strecke), werden Kapazitäten frei, die für weitere Aufgaben und Handlungen genutzt werden können (z. B. einen Sendersuchlauf im Radio starten). Ebenso zeigt sich bei einer Reduktion der Kapazitäten, zum Beispiel aufgrund einer höheren Aufgabenschwierigkeit (Rückwärts einparken), die Fokussierung auf lediglich einen Handlungsaspekt (Gespräch mit dem Beifahrer verstummt).

Um ein Fahrzeug auch auf langen Strecken sicher führen zu können, sind abhängig von der Auftretenswahrscheinlichkeit relevanter Reize ein ausreichendes Maß an Daueraufmerksamkeit (Reizdichte hoch) oder Vigilanz (Reizdichte niedrig) erforderlich. Vigilanz ist entsprechend bei monotonen Fahrten, beispielsweise bei Nacht oder auf Autobahnen, besonders wichtig, um auch noch nach längerer Zeit kritische Stimuli ausreichend schnell und korrekt erfassen und verarbeiten zu können. Daueraufmerksamkeit ist hingegen erforderlich, wenn über längere Zeit viele relevante Reize unter anspruchsvollen Bedingungen verarbeitet werden müssen. Im Kontext des Straßenverkehrs könnte dies beispielsweise bei der Durchquerung einer unbekanntes Stadt bei hohem Verkehrsaufkommen der Fall sein.

2.1.2 Sensorische Leistungen

Gemessen wird die Aufmerksamkeitsleistung häufig über die Auswertung von Reaktionszeiten in standardisierten psychometrischen Verfahren (POSCHADEL, FALKENSTEIN, PAPPACHAN, POLL & WILLMES VON HINCKELDEY, 2009). Dabei ist anzunehmen, dass abhängig vom Testparadigma die Testleistung maßgeblich von der Funktionstüchtigkeit der verschiedenen Sinnesorgane abhängig ist. Diese ist aber bei neurologischen Erkrankungen zum Teil eingeschränkt, beispielsweise bei zerebral bedingten Sehstörungen. So besteht die Möglichkeit von neurologisch bedingten Gesichtsfeldausfällen, Einschränkungen der Sehschärfe oder dem Vorhandensein von Doppelbildern. Diese könnten zum Beispiel das Ergebnis eines auf einer visuellen (Such-)Aufgabe basierenden Tests verfälschen. Im Fall eines Gesichtsfeldausfalls können Reize in dem betroffenen Gesichtsfeld nicht mehr wahrgenommen werden. Während des Autofahrens könnte dies zum Beispiel dazu führen, dass andere Verkehrsteilnehmer übersehen werden. Auch eine eingeschränkte taktile Wahrnehmung kann eine Testleistung im oben genannten Sinne signifikant beeinflussen.

2.1.3 Visuell-räumliche Leistungen

Ebenfalls von einer angemessenen Funktion der sensorischen Wahrnehmung abhängig sind die visuelle Raumwahrnehmung und die Raumkognition (GROH-BORDIN & KERKHOFF, 2009). Hierzu zählen zunächst basale räumlich-perzeptive Leistungen (Wahrnehmung von Entfernung, Größe und Ausrichtung eines Objektes im Raum). Diese Leistung ist beispielsweise bei der Wahrnehmung und Identifikation anderer Verkehrsteilnehmer relevant.

Die kognitiv komplexere Umstrukturierung von Objekten durch mentale Rotation im Raum oder Maßstabtransformationen bezeichnet man als räumlich-kognitive Leistung (GROH-BORDIN & KERKHOFF, 2009). Klinische Läsionsstudien zeigen, dass diese von den räumlich-perzeptiven Leistungen abzugrenzen sind, da es abhängig vom Schädigungsort zu selektiven Störungen der beiden Leistungen kommen kann.

Räumlich-topografische Leistungen beziehen sich auf die vorgestellte oder reale Navigation und Orientierung im dreidimensionalen Raum und sind somit maßgeblich an der mentalen Kartierung der Um-

gebung oder der Abschätzung von Fahrbewegungen der umgebenden Verkehrsteilnehmer beteiligt (GROH-BORDIN & KERKHOFF, 2009; SCHMIDTKE, 2018).

Räumlich-konstruktive oder auch visuokonstruktive Leistungen sind durch eine Interaktion zwischen motorischen und visuell-räumlichen Leistungen charakterisiert (GROH-BORDIN & KERKHOFF, 2009). Sie beziehen sich auf die Fähigkeit, einzelne lokale Elemente zu einem kohärenten Objekt zusammenzufügen, zum Beispiel zeichnerisch oder beim Zusammensetzen von Bauelementen. Diese Leistung hängt dabei eng mit planerischen Fähigkeiten zusammen, die im Allgemeinen den exekutiven Leistungen zugeschrieben werden.

2.1.4 Exekutive Leistungen

Bei exekutiven Leistungen handelt es sich um eine nicht eindeutig definierte Sammlung kognitiver Funktionen, die unmittelbar mit der Planung und Kontrolle von menschlichem Handeln in Zusammenhang stehen (SATTLER, 2011). Exekutive Leistungen sind an der Koordination von Zwischenschritten unserer Handlungsplanung und bei der Entwicklung von Lösungsansätzen beteiligt, wenn es zu Komplikationen oder unerwarteten Ereignissen kommt (MÜLLER & MÜNTE, 2009). Patienten mit einer Beeinträchtigung der exekutiven Funktionen haben Schwierigkeiten, Handlungen zu planen und abzuschirmen oder Handlungsziele zu erinnern (HOMMEL, 2008).

Zentrale Funktionen, die von den meisten Autoren als exekutive Leistungen subsummiert werden, sind die Fähigkeit zur Inhibition, das Arbeitsgedächtnis und die mentale Flexibilität sich neuen Bedingungen anpassen zu können. Kommt es zur Beeinträchtigung dieser Leistungen, typischerweise nach Frontalhirnläsionen, kann es darüber hinaus zu Wesensveränderungen der Betroffenen kommen. Die Patienten verhalten sich zum Beispiel impulsiv und reizgesteuert, scheinen nur noch in der Gegenwart zu leben und haben Mühe, zielgerichtete Handlungen zu planen und zu initiieren (CIURLI et al., 2010; GREVE et al., 2001; NIEMANN & HARTJE, 2016; SATTLER, 2011). Betroffene sind zum Teil schnell abgelenkt (Interferenzanfälligkeit), können sich gleichzeitig aber nur schwer bewusst von einer Aufgabe lösen (Perseverationstendenz). Zudem wird angenommen, dass exekutive Funktionen einen steuernden und kontrollierenden Einfluss auf ande-

re kognitive Leistungen wie die Visuokonstruktion oder die Aufmerksamkeit haben (MÜLLER & MÜNTE, 2009; SNELLGROVE, 2005).

In einigen Fällen kann es aufgrund exekutiver Defizite zu krankhaften Akzentuierungen der Persönlichkeit kommen, da aufgrund mangelnder Inhibitionsfähigkeit eigentlich gut regulierte Persönlichkeitsakzente, wie Aggressivität oder antisoziale Tendenzen, deutlicher zutage treten. Erschwerend kommt hinzu, dass es bei exekutiven Defiziten häufig zu einem unzureichenden Störungsbewusstsein, also einer unzureichenden Einsicht in eigene Defizite, kommt (MÜLLER, 2013).

Aufgrund der hohen Alltagsrelevanz der betroffenen Funktionen ist selbst bei geringfügigen Beeinträchtigungen der exekutiven Funktionen ein deutlicher Einfluss auf die Fahrkompetenz zu erwarten. Konkret sind sie erforderlich, um beispielsweise in unklaren Situationen im Fahrzeug eine adäquate Entscheidung zu treffen oder bei der Ausübung einer vorausschauenden Fahrweise.

2.1.5 Gedächtnisleistung

Ebenfalls potenziell relevant für die Bewältigung der Fahraufgabe sind die Gedächtnisleistungen (JACOBS, 2016). Verschiedene Modelle unterschiedlicher Komplexität unterscheiden in der Regel zwischen Arbeits-, Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis, in denen Informationen modalitätsspezifisch (z. B. visuell, akustisch, olfaktorisch) abgespeichert und verarbeitet werden können (für einen Überblick siehe BUCHNER & BRANDT, 2008). Im Kontext der Fahraufgabe sind Gedächtnisfunktionen relevant, um beispielsweise Verkehrsregeln zu erinnern oder kritische Reize, wie die den Fahrer umgebenden Verkehrsteilnehmer, kurzfristig zu speichern und wieder abrufen zu können.

2.1.6 Störungsbewusstsein

Bei verschiedenen Erkrankungen und neuropsychologischen Störungen, wie zu Beispiel einem Neglect, kann es zu einem unzureichenden Störungsbewusstsein kommen (MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2012). Dieses, auch als Unawareness (von engl. Awareness = Bewusstsein) bezeichnete, Phänomen ist durch eine mangelnde Einsicht in bestehende Defizite und Beeinträchtigungen charakterisiert (MÜLLER, 2013; WOLFE &

LEHOCKEY, 2016). Während des Führens eines Fahrzeuges kann es aufgrund mangelnder Einsicht zu einer Überschätzung der eigenen Fahrkompetenz und in der Folge einer Exposition mit überfordernden Situationen kommen (HAY, ADAM, BOCCA & GABAUDE, 2016). Es ergeben sich Hinweise, dass sich eine unzureichende Awareness negativ auf die Ausübung kompensatorischer Verhaltensweisen, wie beispielsweise dem Vermeiden von Fahrten bei Nacht oder zu Hauptverkehrszeiten, auswirkt (ANSTEY, WOOD, LORD & WALKER, 2005). Weiterhin scheint ein Zusammenhang zwischen der Awareness bezüglich der nachlassenden Leistungsfähigkeit und dem Einstellen des aktiven Autofahrens zu bestehen (BOON, OXLEY, WON & SHAUN, 2019)

Die hier aufgeführte Liste an kognitiven Funktionen erhebt bei weitem nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Es handelt sich jedoch, nach aktuellem Forschungsstand, um die vermutlich zentralen Funktionen zur Bewältigung der Fahraufgabe. Dabei ist davon auszugehen, dass nicht einzelne kognitive Leistungen, sondern nur die Interaktion mehrerer Teilleistungen der Komplexität der Gesamtaufgabe des Autofahrens gerecht wird. Wie genau diese Interaktionen ablaufen und welche Anforderungen wann relevant sind, ist jedoch erst in Ansätzen untersucht worden.

2.2 Die Fahraufgabe

Um krankheitsbedingte Einflüsse auf die Fahrkompetenz bewerten zu können, sollte zunächst die Fahraufgabe als solche analysiert werden, um die daraus resultierenden Anforderungen an den Fahrer ableiten zu können. Die erfolgreiche Bewältigung der Fahraufgabe ist vom Verhalten des Fahrers selbst, aber auch durch eine Vielzahl situativer und umweltbedingter Einflüsse abhängig (SHINAR, 2007). Um Fahrverhalten zu beschreiben, erklären und voraussagen zu können, haben sich in der Verkehrspsychologie verschiedene Modelle als nützlich erwiesen.

Dabei beziehen sich viele Autoren auf den Ansatz von MICHON (1985), welcher die Fahraufgabe in die drei Ebenen strategisch (planen), taktisch (manövrieren) und operativ (kontrollieren) unterteilt. Die strategische Ebene ist die höchste Ebene auf der Vorüberlegungen zur Routenplanung, dem Zeitpunkt der Fahrt oder dem verwendeten Verkehrs-

mittel getroffen werden. Auf der taktischen Ebene trifft der Fahrer Entscheidungen bezüglich seines Fahrverhaltens während der Fahrt, beispielsweise den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, die Anpassung der aktuellen Geschwindigkeit oder das Initiieren von Überholvorgängen. Die operative Ebene hingegen beschreibt Maßnahmen zur Steuerung und Stabilisierung des Fahrzeuges, zum Beispiel Lenkbewegungen oder Bremsmanöver als Reaktion auf Ereignisse oder Stimuli (MICHON, 1985).

Dabei haben von der strategischen zur operativen Ebene hin die zu bewältigenden Aufgaben eine immer stärker werdende psychomotorische Komponente. So muss eine Reaktion auf der operativen Ebene häufig im Bruchteil von Sekunden in Form einer motorischen Reaktion erfolgen, während Planungsprozesse auf der strategischen Ebene auch mehrere Minuten in Anspruch nehmen können und häufig theoretischer Natur sind (VERSTER & ROTH, 2011). Insofern wird aus dem Modell deutlich, dass sowohl psychomotorische als auch metakognitive Prozesse für die erfolgreiche Bewältigung der Fahraufgabe zwingend erforderlich sind.

VERSTER und ROTH (2011) haben das Modell um weitere, insbesondere kognitive, Elemente erweitert. So kombinierten sie das Modell von MICHON (1985) mit dem von RASMUSSEN (1987, zit. n. VERSTER & ROTH, 2011) und ergänzten es um die Bereiche wissensbasiertes, regelbasiertes und fähigkeitsbasiertes (automatisiertes) Verhalten. Dabei erfolgt bei höheren Anforderungen die Auswahl des Fahrverhaltens eher bewusst und wissensba-

siert, zum Beispiel im Rahmen der ersten Fahrstunde oder bei einer Fahrt im Nebel. Im Gegensatz dazu kann mit zunehmender Fahrerfahrung und sinkenden Anforderungen, beispielsweise auf alltäglichen Routen wie dem Arbeitsweg, Verhalten eher unbewusst und automatisiert ausgeführt werden. Durch die Kombination der Modelle erhalten die drei Ebenen von MICHON abhängig von der subjektiven Bekanntheit der vorliegenden Situation eine zusätzliche Dimension zur Bewertung der Aufgabenschwierigkeit. Dabei postulieren die Autoren mit zunehmender Aufgabenschwierigkeit einen zunehmenden kognitiven Workload.

In Bild 2 sind die einzelnen Ebenen und Dimensionen der Fahraufgabe anhand beispielhafter Situationen dargestellt. Dabei bleibt jedoch weitestgehend unklar, welche körperlichen und kognitiven Voraussetzungen die einzelnen Ebenen erfordern und ob sich diese gegebenenfalls über die Ebenen hinweg unterscheiden. Hinweise darauf ergeben sich anhand der für die einzelnen Ebenen ableitbaren Kompensationsstrategien. Diese können, ebenso wie die Bewältigung der Fahraufgabe selber, sowohl bewusst, beispielsweise im Sinne einer Vermeidung oder Selektion bestimmter Verhaltens-tendenzen, als auch unbewusst erfolgen.

Eine mögliche Kompensationsstrategie auf der operativen Ebene wäre zum Beispiel eine konservative Fahrstreifenwahl. Auf taktischer Ebene wären mögliche Kompensationsstrategien mit geringerer Geschwindigkeit fahren oder größere Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug einhalten. Auf der strategischen Ebene erfolgt die Kompensation hinge-

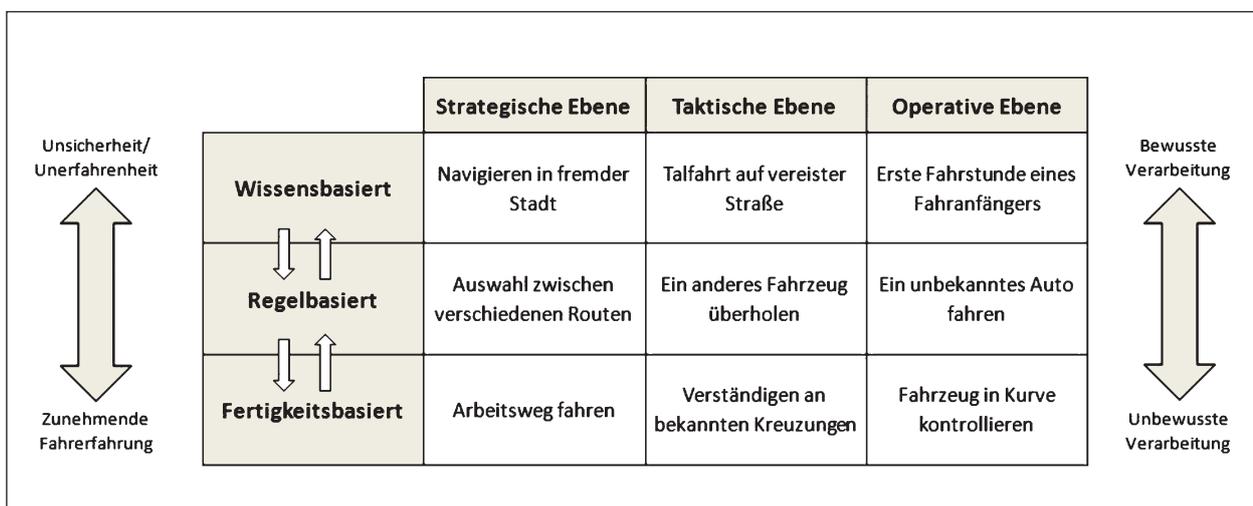


Bild 2: Schematische Darstellung der einzelnen Ebenen der Fahraufgabe (VERSTER & ROTH, 2011)

gen in Form von Entscheidungen vor Fahrtantritt, die zum Beispiel durch selbstregulatorisches Verhalten den Schwierigkeitsgrad der Fahraufgabe absenken. So könnte man anhand von Vorüberlegungen Hauptverkehrszeiten meiden oder nur noch bekannte Strecken fahren. Diese und weitere Kompensationsstrategien konnten sowohl bei älteren (MOLNAR et al., 2014; SCHUMACHER & SCHUBERT, 2018; SHINAR, 2007; WONG, SMITH & SULLIVAN, 2012) als auch bei erkrankten Fahrern (DEVLIN & MCGILLIVRAY, 2016; JOHNSON, FRANK, POND & STOCKS, 2013; LUNDQVIST, ALINDER & RÖNNBERG, 2008; SINGH, PENTLAND, HUNTER & PROVAN, 2007) beobachtet werden. Welche Voraussetzungen für eine erfolgreiche Kompensation erforderlich sind, wird in den Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung beschrieben. Hier werden unter anderem psychische Qualitäten, wie besondere Umsicht oder Gewissenhaftigkeit, für die Kompensation überdauernder oder chronischer Eignungsmängel als relevant beschrieben (GRÄCMANN & ALBRECHT, 2018). Weitere für die Kompensation relevante Faktoren seien eine insgesamt ausreichende intellektuelle, körperliche und sinnesphysiologische Leistungsfähigkeit, Fahrerfahrung sowie eine sicherheits- und verantwortungsbewusste Grundeinstellung. HOLTE (2018) konnte zudem Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Lebensstilen und spezifischen Kompensationsmechanismen bei älteren Fahrern feststellen. Diese hingen dabei insbesondere mit der Veränderung verkehrssicherheitsrelevanter Erwartungen, wahrgenommenen Verhaltensveränderungen sowie wahrgenommenen Kontextveränderungen, z. B. weniger finanzielle Mittel oder schlechterer Gesundheitszustand, zusammen. Nicht eindeutig geklärt ist hingegen, welche kognitiven Leistungen bei der Kompensation von Leistungsdefiziten von Relevanz sind und wie möglicherweise bestehende Zusammenhänge konkret aussehen.

Unter anderem aufgrund der bestehenden Wissenslücken kann der verkehrsgefährdende Einfluss einer vorliegenden Erkrankung sowohl in der Klinik als auch in der Forschung aktuell nur schwer beurteilt werden. Die Defizite zweier Menschen mit der gleichen Diagnose (z. B. Schlaganfall) können sich stark unterscheiden, während zwei Menschen mit unterschiedlichen Diagnosen (z. B. Schädel-Hirn-Trauma und frontotemporale Demenz) möglicherweise ein sehr ähnliches Symptommuster aufwei-

sen. Um individuelle Mängel identifizieren zu können, werden neben einer klinischen Beurteilung unter anderem Persönlichkeitstests, Leistungstests und Fahrverhaltensproben eingesetzt (PIENDL, 2015). Dieses Vorgehen ist mit einem großen Aufwand verbunden und die Vorhersagekraft der Ergebnisse einzelner Verfahren ist teils nicht zufriedenstellend (FASTENMEIER, GSTALTER, ROMPE & RISSER, 2015). Um zukünftig den Einfluss krankheitsbedingter Beeinträchtigungen auf die Fahrkompetenz adäquater und ökonomischer beurteilen zu können, ist mittel- bis langfristig ein tiefergehendes Verständnis der komplexen Zusammenhänge zwischen einzelnen kognitiven Leistungsdimensionen und der Bewältigung der Fahraufgabe erforderlich.

Die besondere Relevanz neurodegenerativer und neurologischer Erkrankungen bei der Identifikation von für die Fahrkompetenz relevanten Leistungsdimensionen wurde einleitend dargestellt (vgl. Kapitel 2). Im Folgenden soll ein Überblick über die im Kontext der Verkehrssicherheit als besonders relevant erachteten neurologischen und neurodegenerativen Erkrankungen gegeben werden. Die Vorauswahl der Erkrankungen, die in diesen Bericht aufgenommen wurden, erfolgte dabei unter Berücksichtigung der Prävalenz und der zu erwartenden Beeinträchtigung der Fahrkompetenz durch die im Kontext der Krankheit auftretenden neurologischen und/oder neuropsychologischen Symptome. Zunächst soll ein kurzer Überblick über die Ätiologie und Symptomatik der Erkrankung gegeben werden. Anschließend sollen der Einfluss der Erkrankung auf die Fahrkompetenz und mögliche moderierende Faktoren diskutiert werden.

3 Ausgewählte neurologische und neurodegenerative Erkrankungen und ihr Einfluss auf die Fahrkompetenz

Im Rahmen der bisherigen Forschungsarbeiten wird die krankheitsbedingte Gefährdung der Verkehrssicherheit häufig anhand des beobachtbaren oder berichteten Unfallrisikos der Betroffenen operationalisiert. Da Unfallereignisse selten auftreten (BAJAJ, SAEIAN et al., 2009), erscheint die alleinige Berücksichtigung dieses Kriteriums zur Bewertung des verkehrsgefährdenden Einflusses einer Erkrankung nur bedingt geeignet. Um den Einfluss von neurologischen und neurodegenerativen Erkrankungen auf die Verkehrssicherheit und in der Folge ihre Relevanz für die Verkehrssicherheitsarbeit adäquat einschätzen zu können, wird daher vorgeschlagen, zusätzliche Parameter, die zur Beeinflussung eines theoretischen Gesamtrisikos beitragen, zu berücksichtigen. Hierzu geeignet erscheinen neben epidemiologischen Daten vor allem die Anzahl aktiver Fahrer in der jeweiligen Gruppe der Erkrankten sowie die beobachtbare Beeinträchtigung der Fahrkompetenz infolge einer Erkrankung. Die Fahrkompetenz umfasst, wie bereits einleitend in Kapitel 2 erläutert, einzelne Fähigkeiten und Skills zur Bewältigung spezifischer Fahraufgaben. Ist die Fahrkompetenz beeinträchtigt, so muss nicht zwingend die Fahreignung in Frage gestellt werden. Beispielsweise können durch eine besonnene und umsichtige Fahrweise oder eine am individuellen Leistungsniveau orientierte Routenwahl Defizite in der Fahrkompetenz bei alltäglichen Fahrten kompensiert werden.

Hinter der Auswahl dieser Kriterien steht die Schlussfolgerung, dass je häufiger eine Erkrankung in der Bevölkerung vorkommt, je mehr Betroffene weiterhin aktiv Auto fahren und je deutlicher sich ihre Symptome auf die Fahrkompetenz auswirken, umso größer sollte der potenzielle Einfluss der Erkrankung auf die Verkehrssicherheit sein.

Aktuell werden in der Regel krankheitsbedingte Einflüsse selektiv nach verschiedenen Grunderkrankungen beschrieben und bewertet. Dieser Ansatz fußt unter anderem auf der Annahme, dass bei einzelnen Erkrankungen aufgrund von unterschiedlichen Symptomen, Verläufen und daraus resultierenden Leistungseinbußen auch ein unterschiedlich starker Einfluss auf die Fahrkompetenz zu erwarten ist. Dieser Ansatz findet sich in den meisten wissen-

schaftlichen Veröffentlichungen zu dem Thema wieder und soll entsprechend auch die Grundlage für die inhaltliche Struktur dieses Kapitels darstellen.

Aufgrund der einleitend beschriebenen interindividuellen Variabilität werden krankheitsbedingte Beeinträchtigungen der Fahrkompetenz jedoch zunehmend mithilfe eines symptomorientierten Ansatzes untersucht. Dieser folgt der Annahme, dass nicht die Diagnose bzw. Erkrankung, sondern die im Einzelfall auftretende Symptomatik, unabhängig von deren Ätiologie, die bestmögliche Vorhersage auf das Fahrverhalten der Betroffenen ermöglicht. Diesem Ansatz folgend, sollen in Kapitel 4 Zusammenhänge zwischen einzelnen (kognitiven) Leistungsbeeinträchtigungen und der Bewältigung spezifischer Fahraufgaben berichtet werden.

3.1 Leichte kognitive Störung

Mit zunehmendem Alter kommt es zu einem Leistungsabbau in sensorischen, kognitiven und motorischen Funktionsbereichen (für einen Überblick siehe SCHUBERT, GRÄCMANN & BARTMANN, 2018). Es handelt es sich um einen natürlichen Veränderungsprozess, der jedoch nicht alle Leistungsbereiche gleichermaßen betrifft und der interindividuell unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann (POTTGIEßER et al., 2012). Kognitive Leistungen, die deutlich von der Norm gesunder und gleichaltriger Kontrollpersonen abweichen und die sich nicht durch eine Erkrankung oder eingenommene Medikation erklären lassen, bezeichnet man als leichte kognitive Störung (LKS) oder englisch als Mild Cognitive Impairment (MCI) (ESCHWEILER, LEYHE, KLÖPPEL & HÜLL, 2010). Abhängig von der oder den betroffenen Domäne/n unterscheidet man verschiedene Formen der LKS (PALMER, BÄCKMAN, WINBLAD & FRATIGLIONI, 2008). Allgemein wird zwischen der amnestischen und der non-amnestischen LKS unterschieden. Die LKS kann dabei eine oder auch mehrere kognitive Domänen (z. B. Exekutive, Sprache, Gedächtnis usw.) betreffen (PETERSEN, 2004). Je nach Ätiologie und Form der LKS können dabei beispielsweise Gedächtnisdefizite, Konzentrationsstörungen, Wortfindungsstörungen oder Schwierigkeiten beim Planen und Organisieren auftreten. Die Erkrankten sind dabei per Definition nicht wesentlich in ihrer Alltagsfähigkeit eingeschränkt und leiden nicht an einer Demenz (BRUNNAUER, BUSCHERT & LAUX, 2014).

Prävalenz

Aufgrund der teils unterschiedlichen angewendeten Kriterien zur Diagnose der Erkrankung ist die Prävalenz der LKS schwer zu bestimmen (SNELL-GROVE, 2005). Für Deutschland berichten BUSSE, BISCHKOPF, RIEDEL-HELLER und ANGERMEYER (2003) bei einer Stichprobe von insgesamt 1045 ≥ 75 Jahre alten Probanden abhängig vom Diagnosekriterium Prävalenzen von drei bis 20 %. Zum Untersuchungszeitpunkt waren also bis zu einem Fünftel der untersuchten Probanden von einer LKS betroffen. LUCK et al. (2007) berichten bei einer Stichprobe von 3.327 Hausarztpatienten ≥ 75 Jahre abhängig vom Diagnosekriterium Prävalenzraten von 15 bis 25 %. Auch Winkler und Kollegen (2017) berichten abhängig von der Anzahl von eingesetzten Tests und den zugrundegelegten Grenzwerten in einer Stichprobe von 2899 Probanden ($M = 68,5$ Jahre) Prävalenzen zwischen 11,7 und 18,7 %. Die Studien kommen entsprechend zu dem Ergebnis, dass insbesondere im höheren Alter rund ein Sechstel der Senioren von LKS betroffen sein könnte.

Anzahl aktiver Fahrer

Anhand aktueller Studienergebnisse ergeben sich Hinweise darauf, dass ein Großteil der Betroffenen weiterhin Auto fährt. So berichten im Rahmen einer Längsschnittuntersuchung 60 % der Frauen ($N = 385$) mit diagnostizierter LKS weiterhin Auto zu fahren (VAUGHAN et al., 2015).

O'CONNOR, EDWARDS und BANNON (2013) haben 41 Patienten mit einer LKS nach ihren Fahrgewohnheiten befragt. Die Betroffenen gaben signifikant häufiger als die Probanden der Kontrollgruppe an, komplexe Verkehrssituationen, wie das Fahren in ungewohnter Umgebung oder bei hohem Verkehrsaufkommen, eher zu vermeiden. Allerdings unterschieden sich alle anderen Variablen, wie beispielsweise die Anzahl von aktiven Fahrern, nicht signifikant von der Kontrollgruppe.

Auch im Rahmen einer Befragung von KOWALSKI et al. (2012) von insgesamt 215 LKS Patienten, gaben nach sechs Jahren rund 85 % der Befragten an, weiterhin Auto zu fahren. Darüber hinaus gaben in dieser Studie 100 % der aktuell fahrenden Personen mit LKS an, ihr Fahrverhalten innerhalb der kommenden sechs Monate nicht ändern oder einschränken zu wollen.

Auch WADLEY et al. (2009) berichten keine signifikanten Unterschiede in der wöchentlichen Fahrleistung der LKS Probanden ($n = 46$) gegenüber gesunden Fahrern ($n = 56$).

Zusammenhang mit der Fahrkompetenz

Ob aktive Fahrer mit LKS ein Risiko für die Verkehrssicherheit darstellen, konnte anhand der einschlägigen Literatur bisher nicht eindeutig geklärt werden, da der Einfluss der Erkrankung auf das Fahrverhalten zwischen den einzelnen Studien variiert. So konnten beispielsweise PAVLOU et al. (2015) eine verglichen mit der gesunden Kontrollgruppe ($n = 38$) signifikant schlechtere Fahrkompetenz der untersuchten Probanden mit LKS ($n = 23$) feststellen. Im Rahmen einer Simulatorstudie sollten die Betroffenen sowohl in geschlossenen Ortschaften als auch in ländlichen Gebieten bei hohem und niedrigem Verkehrsaufkommen fahren. Dabei zeigten die LKS Patienten unter anderem eine starke Orientierung zum rechten Fahrbahnrand hin sowie verlangsamte Reaktionen auf ein unerwartetes Ereignis. Dabei waren die Auffälligkeiten im Fahrverhalten bei den Probanden mit LKS unabhängig von der Komplexität der Fahrsituation. Insgesamt fuhren die Betroffenen im Vergleich zur Kontrollgruppe langsamer und konservativer. Kritisch anzumerken ist, dass abgesehen von der Diagnose LKS aufgrund nicht berichteter neuropsychologischer Testleistungen keinerlei Rückschlüsse auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Betroffenen möglich sind. Insofern ist nicht nachvollziehbar, welche (kognitiven) Defizite die beobachtbaren Mängel im Fahrverhalten verursacht haben könnten.

Ein ähnliches methodisches Vorgehen wurde von FRITTELLI et al. (2009) gewählt. Sie untersuchten das Fahrverhalten von LKS Patienten in einer Simulatorstudie. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Pavlou und Kollegen (2015) zeigten die Fahrer mit LKS ($n = 20$) verglichen mit der Kontrollgruppe ($n = 19$) trotz einer signifikant schlechteren Leistungen im Mini Mental State Exam (MMSE oder dt. MMST), einem wenig differenzierten Screeninginstrument zur Erfassung der kognitiven Leistungsfähigkeit, lediglich einen signifikant geringeren mittleren Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug (time to collision). Die einfache Reaktionszeit der LKS Patienten bei einem standardisierten Computertest war nicht verlangsamt. Weitere Untersuchungen zur kognitiven oder psychomotorischen Leistungsfähigkeit der Betroffenen wurden nicht

durchgeführt. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Fahrkompetenz von LKS Patienten im Simulator nur leicht beeinträchtigt ist.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt die Simulatorstudie von DEVLIN, MCGILLIVRAY, CHARLTON, LOWNDES und ETIENNE (2012). Hier zeigten die Fahrer mit LKS ($n = 14$) an Kreuzungen mit Stoppzeichen und bei kritischen Lichtwechseln an einer Lichtsignalanlage tendenziell schlechteres Fahrverhalten als die gesunde Kontrollgruppe ($n = 14$). Diese Unterschiede wurden jedoch nicht signifikant. Aufgrund der sehr kleinen Stichprobe von lediglich 14 Patienten und der daraus resultierenden geringen statistischen Aussagekraft, bleibt unklar, inwiefern es sich bei den beobachteten Mängeln im Fahrverhalten vielleicht doch um ein systematisches Defizit handeln könnte. Bei der neuropsychologischen Testung zeigten sich auch in dieser Studie lediglich signifikante Unterschiede in der generellen kognitiven Leistungsfähigkeit, gemessen über den MMST ($p = .034$).

Ähnlich heterogen wie in den zitierten Simulatorstudien zeigt sich auch das beobachtbare Fahrverhalten von LKS Probanden im Realverkehr. So haben in der Studie von FUERMAIER et al. (2017) 33 % der Fahrer mit LKS ($n = 18$) eine durchgeführte Fahrverhaltensprobe nicht bestanden. Zu berücksichtigen ist, dass die Stichprobe mit lediglich 18 Patienten sehr klein war, wodurch eine Verzerrung der Ergebnisse begünstigt werden kann (DÖRING & BORTZ, 2016b). Im Rahmen dieser Studie zeigte sich die Gesamtleistung in einer Testbatterie zur Prüfung von Reaktionszeit, Gefahrenwahrnehmung, verkehrsrelevantem Wissen und der generellen kognitiven Leistungsfähigkeit als guter Prädiktor für die spätere Fahrkompetenz. Anhand der Analyse der ROC-Kurve zeigte sich eine signifikant bessere Vorhersage als bei einer Zufallsentscheidung ($AUC = 0.819$, $SE = 0.102$, $p = .031$). Entsprechend kann von einer Relevanz der genannten Leistungen für die Bewältigung der Fahraufgabe ausgegangen werden. Da der Fokus auf der Untersuchung auf der prädiktiven Validität verschiedener Testverfahren lag, wurden auch hier Zusammenhänge zwischen kognitiven Defiziten und konkreten Mängeln der Fahrkompetenz nicht näher beschrieben.

In der Studie von FIMM, BLANKENHEIM und POSCHADEL (2015) zeigten die Patienten mit LKS ($n = 46$) im Vergleich zur Kontrollgruppe ($n = 11$)

bezüglich ihres Fahrverhaltens in den Bereichen Fahrstreifenwechsel, vorausschauendes Fahren, Seitenposition und Automatismen eine signifikant schlechtere Leistung. Im Bezug auf die kognitive Leistungsfähigkeit zeigte sich lediglich bei dem im Rahmen einer Faktorenanalyse identifizierten Faktor „Aktives visuelles Feld“, der auf der Verarbeitung kurzzeitig dargebotener Stimuli basiert und entsprechend maßgeblich die visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit erfasst, eine signifikant schlechtere Leistung als in der Kontrollgruppe. Im Einklang mit den guten kognitiven Leistungen wurden bei FIMM und Kollegen lediglich 7 % der Probanden mit LKS eine unzureichende Fahrkompetenz zugesprochen. Aufgrund von „Wahrnehmungsschwächen und Schwierigkeiten beim Ausführen gleichzeitig ablaufender Aktionen“ (FIMM, BLANKENHEIM & POSCHADEL, 2015; S.53) wurden für zwei Probanden 10 und für einen Probanden fünf Fahrstunden empfohlen. Entsprechend schienen die an dieser Studie teilnehmenden Probanden bestehende Defizite angemessen kompensieren zu können.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch die Studie von WADLEY et al. (2009). Die Forscher untersuchten insgesamt 46 Probanden mit diagnostizierter LKS und verglichen deren Fahrkompetenz mit der von 59 gesunden Kontrollen. Alle Probanden bestanden die Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr und es kam zu keinen Situationen mit Eigen- oder Fremdgefährdung. Dennoch erhielten die Fahrer mit LKS auch nach statistischer Korrektur für Alter und Geschlecht eine signifikant schlechtere Bewertung beim Linksabbiegen, der Spurhaltung und im Gesamtrating der Fahrverhaltensbeobachtung. Ein Zusammenhang zwischen Fahrfehlern und kognitiven Beeinträchtigungen wurde auch in dieser Studie nicht geprüft.

Gegenteilige Beobachtungen werden in der Untersuchung von SNELLGROVE (2005) berichtet. Hier zeigten die Probanden mit LKS ($n = 23$) während einer standardisierten Fahrverhaltensprobe im Realverkehr deutliche Auffälligkeiten. Dazu zählten eine schlechte Spurhaltung, eine unzureichende Beobachtung der Umgebung und eine wenig vorausschauende Fahrt. Aufgrund dieser und weiterer Fahrfehler haben rund 50 % der LKS Patienten die Fahrverhaltensprobe nicht bestanden. Da im Rahmen der Studie keine gesunden Fahrer untersucht wurden, ist unklar ob sich die LKS Patienten signifikant von diesen unterschieden hätten.

Unfallrisiko

Ob sich die in der Mehrzahl der Studien beobachteten lediglich geringfügigen Beeinträchtigungen der Fahrkompetenz von Fahrern mit LKS in einem erhöhten Unfallrisiko widerspiegeln wurde bisher kaum untersucht. Im Rahmen einer Befragung bei WADLEY et al. (2009) gaben rund 21 % der 46 Probanden mit LKS an, in den zwei Jahren vor der Untersuchung an einem Unfall beteiligt gewesen zu sein, während dies in der Kontrollgruppe lediglich 12 % der 59 Probanden berichteten. Dieser Unterschied war jedoch nicht statistisch signifikant.

Abgesehen von dieser Publikation gibt es in der aktuellen Literatur keine dem Autoren bekannte Aussage zum Unfallrisiko von Menschen mit LKS.

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine eindeutige Aussage über das fahrkompetenz einschränkende Potenzial einer LKS und der gegebenenfalls dafür verantwortlichen kognitiven Leistungseinbußen aktuell nicht möglich ist. Einige der Probanden mit LKS zeigen Schwächen in ihrem Fahrverhalten. Verschiedene Studien konnten dabei im Vergleich zu gesunden Kontrollgruppen signifikante Unterschiede in der Spurrhaltung, beim Fahrstreifenwechsel, bei Automatismen, beim Linksabbiegen und im Hinblick auf einen vorausschauenden Fahrstil identifizieren. Hinzu kommen im Simulator beobachtbare Defizite in der Reaktionsgeschwindigkeit auf unerwartete Ereignisse und ein unzureichender mittlerer Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug. Entsprechend ließen sich bei Fahrern mit LKS hauptsächlich Mängel auf der operativen und taktischen Ebene der Fahraufgabe beobachten (vgl. Kapitel 2.2).

Inwiefern Beeinträchtigungen spezifischer kognitiver Leistungen diese Mängel bedingt haben könnten, lässt sich aufgrund der in den zitierten Studien nicht detailliert beschriebenen neuropsychologischen Testergebnisse kaum nachvollziehen. Die wenigen ausdifferenzierten Aussagen, die zur kognitiven Leistungsfähigkeit der Probanden getroffen wurden, deuten lediglich darauf hin, dass die meisten Betroffenen sich nur partiell von gesunden und gleichaltrigen Kontrollpersonen unterscheiden. Auffälligkeiten zeigten sich in der Gesamtbewertung des kognitiven Status sowie bei der visuellen Verarbeitungsgeschwindigkeit und Explorationsleistung.

Allerdings haben diese Leistungsdefizite in der Mehrheit der Studien die Fahrkompetenz nur in begrenztem Maße eingeschränkt. Es ergeben sich dennoch Hinweise, dass einzelne Fahrer mit LKS deutlichere Auffälligkeiten in ihrem Fahrverhalten aufweisen und in einer Befragung zeigte sich zumindest tendenziell ein erhöhtes Unfallrisiko der Betroffenen.

Neben Unterschieden in der verwendeten Methodik lassen sich die zum Teil widersprüchlichen Ergebnisse der einzelnen Studien möglicherweise auch durch unterschiedliche Krankheitsstadien der in den Studien einbezogenen Probanden erklären. Die LKS wird auf dem Kontinuum der kognitiven Leistungsfähigkeit als eine Art Zwischenstufe zwischen normalem Altern und Demenz verstanden, was zur Folge hat, dass es Übergangsbereiche gibt, die nicht eindeutig der LKS oder der Demenz zugeordnet werden können (PETERSEN, 2004; SNELLGROVE, 2005). Entsprechend könnten individuell sehr gute oder auch eher schlechte Leistungen aufgrund falscher Zuordnungen von eigentlich gesunden bzw. im umgekehrten Fall von im Anfangsstadium dementen Personen in die LKS Gruppe deutlich erhöht sein. Dies könnte insbesondere bei kleineren Stichproben, wie sie zum Teil in den hier angeführten Studien verwendet wurden, einen verzerrenden Einfluss auf die Ergebnisse haben.

Insgesamt scheint von einem Großteil der LKS Patienten, verglichen mit gleichaltrigen und gesunden Kontrollpersonen, wenn überhaupt nur eine leicht erhöhte Gefährdung für die Verkehrssicherheit auszugehen. Trotzdem kann eine Überprüfung der Fahrkompetenz in dieser Gruppe sinnvoll sein. Zunächst, weil die Patienten dazu neigen ihre eigene Leistung zu überschätzen (FIMM, BLANKENHEIM & POSCHADEL, 2015; SNELLGROVE, 2005). Zudem ergeben sich Hinweise, dass wichtige Kompensationsstrategien möglicherweise nicht angemessen eingesetzt werden (FRITTELLI et al., 2009). Gleichzeitig muss der in vielen Fällen progrediente Verlauf der Erkrankung berücksichtigt werden. So ist das Risiko von Menschen mit LKS im Verlauf eine Demenz zu entwickeln deutlich erhöht (BUSSE, BISCHKOPF, RIEDEL-HELLER & ANGERMEYER, 2003; LOPEZ et al., 2007; PRESTIA et al., 2013; SCHMIDTKE, 2018). Kommt es zu einem solchen Verlauf muss aufgrund der zunehmenden Symptome zwingend eine Neubewertung der Fahrkompetenz erfolgen (vgl. Kapitel 3.2).

3.2 Demenz

Bei einer Demenz oder einem demenziellen Syndrom kommt es zu beobachtbaren Leistungsbeeinträchtigung als Folge einer meist chronischen und progredienten Erkrankung des Gehirns (JAHN, 2004). Je nach Grunderkrankung können die Symptome der daraus resultierenden Demenzen variieren, charakteristisch sind aber in allen Fällen kognitive, affektive und motivationale Veränderungen, die zu einer zunehmenden Hilfsbedürftigkeit der Betroffenen führen (KÖHLER, 2011). Dabei muss zur Erfüllung des Demenzkriteriums neben Störungen des Gedächtnisses, mindestens ein weiterer neuropsychologischer Teilbereich (z. B. Aufmerksamkeit, Handlungsplanung, räumliche Orientierung) gestört sein sowie eine damit verbundene Einschränkung der Lebensführung einhergehen (SCHMIDTKE, 2018). Weiterhin müssen die Beeinträchtigungen seit mindestens sechs Monate bestehen. Die am häufigsten auftretenden Formen sind die Demenz vom Alzheimer Typ (AD) und die vaskulären Demenzen (JAHN, 2004). Darüber hinaus können auch im Rahmen anderer hirnganischer Prozesse Demenzen auftreten (z. B. in Form einer Parkinson-, Huntington- oder Creutzfeldt-Jakob-Demenz) (KÖHLER, 2011).

Prävalenz

Die Gesamtprävalenz der Demenz in der Bevölkerung ab 60 Jahre wird in wohlhabenden Ländern auf 5 – 8 % geschätzt (World Health Organisation, 2017). Dabei steigt die Rate von ursprünglich ca. 1 % in der Altersgruppe der 65- bis 69-Jährigen auf über 30 % bei den ≥ 90 -Jährigen an (BICKEL, 2014; BUSCH, 2011). Laut einer Schätzung der deutschen Alzheimer Gesellschaft litten im Jahr 2014 ca. 1,6 Millionen Menschen in Deutschland an einer Demenz (BICKEL, 2014). Die Anzahl Erkrankter soll sich je nach Prognose bis zum Jahr 2050 auf zwei bis drei Millionen erhöhen (BICKEL, 2014; Robert Koch Institut, 2015). Aufgrund ihres schleichenden Beginns ist u. a. die Diagnosestellung einer Demenz im Anfangsstadium schwierig (SHINAR, 2007). So wird sie zunächst häufig weder von den Betroffenen selbst noch von Angehörigen oder Behandelnden erkannt. Unzulänglichkeiten und Leistungseinbußen werden typischerweise bagatellisiert und auf den Alterungsprozess geschoben.

Anzahl aktiver Fahrer

Im Hinblick auf das Fahrverhalten der Betroffenen berichten gleich mehrere Studien, dass ein relevanter Anteil der Erkrankten, zumindest im Anfangsstadium der Demenz, weiterhin aktiv Auto fährt. Bei einer Befragung von insgesamt 1858 Patienten mit neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen berichteten 47 % der an Demenz erkrankten Befragten weiterhin selber Auto zu fahren (BRUNNAUER et al., 2008).

Im Gegensatz dazu konnte in einer Stichprobe von an Demenz Erkrankten in Kanada ($N = 883$) mit rund 28 % eine deutlich geringere Anzahl aktiver Fahrer identifiziert werden (HERRMANN et al., 2006). Die Autoren betonten jedoch, dass sich die in der Studie eingeschlossenen Probanden alle in fachärztlicher Behandlung befanden. Entsprechend könnten die Betroffenen infolge von Mobilitätsberatungen eher dazu geneigt haben, das Autofahren frühzeitig einzustellen als an Demenz Erkrankte in anderen Populationen.

In einer Studie von O'CONNOR, EDWARDS und BANNON (2013) unterschieden sich die im Anfangsstadium dementen Probanden ($n = 40$) im Hinblick auf ihren Fahrerstatus und die Fahrleistung nicht signifikant von der Kontrollgruppe ($n = 43$). So berichteten 75 % der Betroffenen an durchschnittlich rund vier Tagen die Woche weiterhin Auto zu fahren. Allerdings gaben sie an komplexe Situationen wie Fahren in unbekannter Umgebung, bei hohem Verkehrsaufkommen oder Linksabbiegen eher zu vermeiden als die Kontrollgruppe. Zudem muss berücksichtigt werden, dass es sich um eine vergleichsweise kleine Stichprobe handelt. Dennoch entsteht der Eindruck, dass die Anzahl der aktiven Fahrer unter den an Demenz erkrankten Personen abhängig von der Ausprägung und Dauer der Erkrankung stark schwankt.

Zusammenhang mit der Fahrkompetenz

Dass Menschen mit Demenz zunächst noch aktiv fahren, muss nicht zwingend mit einer erhöhten Verkehrsgefährdung einhergehen (FIMM, BLANKENHEIM & POSCHADEL, 2015; OTT et al., 2008; RIZZO, McGEHEE, DAWSON & ANDERSON, 2001). FIMM, BLANKENHEIM und POSCHADEL (2015) berichten, dass in ihrer Studie 67 % der an AD erkrankten Probanden ($n = 7$) eine praktische

Fahrverhaltensprobe im Realverkehr bestanden haben. Allerdings handelte es sich laut den Autoren um eine Gruppe von Fahrern mit AD im Anfangsstadium. Zudem war die Stichprobe sehr klein, was die Ergebnisse verzerrt haben könnte (DÖRING & BORTZ, 2016b). Trotz vieler insgesamt bestandener Fahrverhaltensproben zeigten sich im Fahrverhalten der AD Probanden deutliche Auffälligkeiten, wodurch die Gesamtbewertung der Fahrt signifikant schlechter ausfiel als die der gesunden Kontrollgruppe ($n = 11$). Unter anderem konnten Schwierigkeiten beim vorausschauenden Fahren, Linksabbiegen, Fahrstreifenwechsel, an komplexen Kreuzungen und bei der Einschätzung der Seitenposition beobachtet werden. Die anhand einer Faktorenanalyse identifizierten kognitiven Leistungsdimensionen „visuell-räumliche Aufmerksamkeitsleistung“ und „aktives visuelle Feld“ erlaubten dabei eine signifikante Vorhersage auf das Fahrverhalten. Zudem zeigte sich ein marginal signifikanter Zusammenhang mit der „fokussierten Aufmerksamkeit“ und der „geteilten Aufmerksamkeit“. Entsprechend lassen sich die hier beobachtbaren Mängel vermutlich auf visuell-räumliche und Aufmerksamkeitsdefizite zurückführen.

In einer anderen Studie zeigten die Betroffenen deutliche Auffälligkeiten beim Navigieren in unbekannter Umgebung. So bogen Patienten mit beginnender AD ($n = 32$) beim Befolgen einer vorgegebenen Route im Realverkehr signifikant häufiger falsch ab und begingen mehr Fahrfehler als die Probanden in der Kontrollgruppe ($n = 136$) (UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2004). Dabei ließen sich Fehler beim Abbiegen besonders gut durch Leistungseinbußen in den Bereichen verbale Gedächtnisleistung, visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie in der selektiven und geteilten Aufmerksamkeit vorhersagen. Sicherheitsrelevante Fahrfehler (z. B. Spur verlassen, Anhalten/Verlangsamung ohne ersichtlichen Grund, unsicheres Verhalten an Kreuzungen) ließen sich hingegen am besten durch Defizite im verbalen Gedächtnis, der Visuokonstruktion und einer reduzierten Sehleistung (contrast sensitivity) vorhersagen. Die basale Fahrzeugführung auf einer geraden Strecke (Lenkposition, Lenkbewegungen, Geschwindigkeitsvariabilität) variierte hingegen nicht zwischen den zwei Gruppen. Entsprechend schienen die Betroffenen erst mit steigenden Anforderungen und in unbekannter Umgebung von der Fahraufgabe überfordert.

Eine mit steigenden Anforderungen nachlassende Fahrkompetenz von AD Patienten ließ sich auch bei PAVLOU et al. (2015) im Simulator beobachten. So war bei einer Stadtfahrt mit hohem Verkehrsaufkommen die Spurhaltung der Betroffenen ($n = 14$) unzureichend und fiel signifikant schlechter aus als in der Kontrollgruppe ($n = 38$). Bei einer weniger fordernden Fahrt über Land und bei niedrigem Verkehrsaufkommen konnten die Defizite hingegen kompensiert werden. Über alle Bedingungen hinweg zeigten die Fahrer eine verlangsamte Reaktion auf unerwartete Ereignisse. Diese konnte durch einen signifikant größeren Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug und eine niedrigere Durchschnittsgeschwindigkeit als in der Kontrollgruppe weitestgehend kompensiert werden.

Während die AD Patienten im Frühstadium der Erkrankung also Beeinträchtigungen zum Teil noch kompensieren können (PAVLOU et al., 2015; PAVLOU et al., 2017), scheinen kognitive Defizite im Verlauf der Demenz die Fahrkompetenz zunehmend zu beeinträchtigen. So haben sich in einer Längsschnittuntersuchung die Leistungen in einer Fahrverhaltensbeobachtung nach 18 Monaten sowohl in der Gruppe der zunächst nur sehr leicht Betroffenen (Clinical Dementia Rating (CDR) = 0.5, $n = 52$), als auch in der Gruppe der zu Studienbeginn bereits stärker Betroffenen AD Patienten (CDR = 1, $n = 32$) signifikant verschlechtert (OTT et al., 2008). Einzelne Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und der beobachtbaren Fahrkompetenz wurden nicht berichtet. Allerdings konnten geringere Bildung und höheres Alter zum Studienbeginn als signifikante Prädiktoren für eine negative Beurteilung zum zweiten Messzeitpunkt und entsprechend als Risikofaktoren identifiziert werden. Dennoch gab es einzelne Fahrer, die ihre Defizite im Rahmen der Fahrverhaltensbeobachtung weiterhin kompensieren konnten.

Ein Nachlassen der Fahrkompetenz mit zunehmender Erkrankungsdauer konnte auch in weiteren Studien beobachtet werden (BRUNNAUER, BUSCHERT & LAUX, 2014; NIEMANN & HARTJE, 2013; OTT et al., 2008; PAVLOU et al., 2017).

Unfallrisiko

Eine ähnlich progrediente Dynamik ist bei dem in mehreren Studien untersuchten Unfallrisiko von an

Demenz erkrankten Fahrern beobachtbar. So berichten DRACHMAN und SWEARER (1993) von einem mit jedem Erkrankungsjahr weiter ansteigenden Unfallrisiko. Anhand einer Befragung von insgesamt 130 Angehörigen von aktiven Fahrern mit AD zeigte sich 5 Jahre nach der Diagnose Demenz ein durchschnittlich ca. doppelt so hohes Unfallrisiko wie in der gesunden Kontrollgruppe. Die Autoren betonen, dass zwar bereits in den ersten Jahren nach Diagnosestellung ein leicht erhöhtes Unfallrisiko beobachtbar war, dieses aber nach wie vor unter dem Unfallrisiko der am gefährdetsten Gruppe der jungen Fahrer lag.

Auch PAVLOU et al., 2017; TUOKKO, TALLMAN, BEATTIE, COOPER und WEIR (1995) konnten anhand einer Stichprobe von 165 an Demenz erkrankten Fahrern ein verglichen mit einer gesunden Kontrollgruppe ($n = 165$) signifikant erhöhtes Unfallrisiko identifizieren. Dazu wurden anhand offizieller Versicherungsdaten die Unfallhäufigkeiten der zwei Gruppen miteinander verglichen. Unfälle, die auf Alkohol- oder Drogenmissbrauch, beziehungsweise auf technisches Versagen zurückgeführt werden konnten, wurden ausgeschlossen. Insgesamt zeigte sich ein um das rund 2,5-fach erhöhtes Unfallrisiko in der Gruppe der dementen Fahrer.

Auch bei einer großangelegten Untersuchung zum Fahrverhalten älterer Fahrer in Frankreich zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen Demenz und dem Unfallrisiko (LAFONT, LAUMON, HELMER, DARTIGUES & FABRIGOULE, 2008). So wurde in dieser Studie ein signifikant erhöhtes Unfallrisiko von zukünftig dementen Fahrern, also solchen, die zur Erhebung der Baseline noch klinisch unauffällig, zwei Jahre später zum Follow up jedoch als dement diagnostiziert wurden, berichtet (OR 3.4, 95 % CI 1.0-11.4, $p < .05$). Die Autoren vermuten, dass die Betroffenen aufgrund einer beginnenden Demenz zwar klinisch unauffällig, dennoch aber bereits in ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkt waren. Aufgrund von unzureichender Awareness (bedingt durch die fehlende Diagnose) seien möglicherweise Kompensationsmechanismen noch nicht etabliert gewesen, was zu dem erhöhten Unfallrisiko geführt haben könnte.

Im Gegensatz dazu fanden CARR, DUCHEK und MORRIS (2000) kein erhöhtes Unfallrisiko bei leicht bis moderat an Demenz erkrankten Fahrern. Die Autoren hatten die Unfalldaten von 63 mit AD diagnostizierten Fahrern mit 58 gesunden Kontrollprobanden verglichen und keinen signifikanten Unter-

schied in der Anzahl der im Unfallregister erfassten Unfälle feststellen können. Allerdings zeigte sich eine Tendenz, dass die Probanden mit AD die Unfälle häufiger selber verschuldet hatten und die Unfälle häufiger zu Verletzungen führten als in der Kontrollgruppe.

Auch in einer aktuellen Längsschnittuntersuchung konnte kein erhöhtes Unfallrisiko von an Demenz erkrankten Fahrern festgestellt werden (FRAADE-BLANAR et al., 2018). Im Erhebungszeitraum von 1999 bis 2009 zeigte sich bei Probanden mit Demenz sogar ein relativ gesehen geringeres Risiko für offiziell erfasste Verkehrsunfälle. So zeigte sich nach der statistischen Kontrolle von demografischen Variablen und Komorbiditäten verglichen mit gesunden Fahrern ein relatives Risiko von 0.56 (95 %, CI 0.33-0.94, $p < .05$). Allerdings sollte kritisch angemerkt werden, dass keiner der Probanden im Rahmen der Studie untersucht wurde. Zur Erfassung der Daten wurde lediglich auf Patientenakten zurückgegriffen. Als dement wurden solche Probanden klassifiziert, die nach ICD 9 die Diagnose Demenz erhalten hatten oder die Patienten die spezifische Antidementiva verschrieben bekommen haben. In der Studie nicht berücksichtigt wurden Betroffene mit einer vaskulären Demenz, was nur schwer nachzuvollziehen ist, da es sich um eine der häufigsten Demenzformen handelt (JAHN, 2004). Die Ergebnisse sind zunächst also lediglich auf AD beschränkt. Weiterhin kritisch anzusehen ist, dass im Rahmen dieser Studie keine Daten zur Fahrleistung der Probanden erfasst wurden, also völlig unklar ist, in welchem Umfang die Betroffenen exponiert waren. Anhand der veröffentlichten Daten ebenfalls nur bedingt nachvollziehbar ist ob, und wenn ja wann, einzelne Fahrer das aktive Autofahren eingestellt haben. Berücksichtigt wurden hier lediglich die Fahrer, die ihren Führerschein nicht im gesetzlich vorgeschriebenen Intervall haben erneuern lassen, nicht aber diejenigen, die ohne Wissen der Behörden das aktive Fahren eingestellt oder möglicherweise auf ein Mindestmaß reduziert haben. Diese Fahrer könnten somit die Studienergebnisse deutlich verzerrt haben. Von einer solchen Verzerrung muss ausgegangen werden, da bekannt ist, dass ein relevanter Anteil der AD Patienten das Fahren vorzeitig einstellt (BRUNNAUER et al., 2008; O'CONNOR, EDWARDS & BANNON, 2013). Aufgrund von nicht näher erläuterten Restriktionen wurden zudem nur Personen bis zu einem Alter von 79 Jahren in die Studie eingeschlossen. Auch dies ist wenig nachvollziehbar, da die Demenz insbeson-

dere im höheren Alter auftritt und somit ein Großteil der eingeschlossenen Probanden vermutlich erst im Anfangsstadium erkrankt war. Informationen zur individuellen Schwere und zum Stadium der Erkrankung wurden nicht berichtet und nicht bei der Auswertung der Daten berücksichtigt. Aufgrund dieser Limitationen sind die Ergebnisse der Untersuchung nur bedingt geeignet, um das Unfallrisiko von Fahrern mit Demenz zu bewerten.

Abweichend von den Ergebnissen von FRAADE-BLANAR et al. (2018) konnte in Simulatorstudien ein höheres Unfallrisiko von Fahrern mit Demenz beobachtet werden. So verursachten in einer Studie von RIZZO, McGEHEE, DAWSON und ANDERSON (2001) 33 % der dementen Probanden ($n = 18$) in einer unerwarteten Situation an einer Kreuzung einen Unfall. Die Kontrollprobanden ($n = 12$) hingegen blieben alle unfallfrei. Dieser Unterschied erwies sich jedoch lediglich als marginal signifikant ($p = .057$), möglicherweise jedoch bedingt durch die geringe Stichprobengröße. In der wenig fordernden Fahrt vor der Kreuzungssituation ließen sich hingegen keine signifikanten Unterschiede im Fahrverhalten zwischen den zwei Gruppen feststellen.

In einer vorangegangenen Studie der Forschergruppe verursachten im Rahmen einer Simulatorfahrt 6 von 21 (29 %) der Fahrer mit AD einen Unfall, während alle 18 Kontrollprobanden unfallfrei blieben ($p = .022$) (RIZZO, REINACH, McGEHEE & DAWSON, 1997). In den zwei Studien konnte die Leistung in einzelnen kognitiven Tests, die auf Defizite in den Bereichen Visuokonstruktion (erfasst über Rey-Osterrieth Complex Figure, WAIS-R Block Design), Arbeitsgedächtnis, visuelle Exploration und mentale Flexibilität (TMT A und B), exekutive Funktionen (COWA) sowie das Ausmaß des generellen kognitiven Abbaus (ADSTAT), mithilfe einer logistischen Regression als signifikante Prädiktoren für das Auftreten eines Unfallereignisses identifiziert werden (RIZZO, McGEHEE, DAWSON & ANDERSON, 2001).

Um die beobachtete Häufung von Unfällen bei AD Patienten näher zu analysieren, führten VAUX, NI, RIZZO, UC und ANDERSEN (2010) ein Laborexperiment zur Kollisionsdetektion durch. Dabei sollten die Probanden angeben, welche der sich im Rahmen einer Simulation auf einer festgelegten Bahn rollenden Bälle im Verlauf der Zeit mit dem Ego-Fahrzeug kollidieren würden. Bei einer vorgeschalteten neuropsychologischen Untersuchung zeigten die AD Probanden ($n = 6$) verglichen mit der

Kontrollgruppe ($n = 18$) eine signifikant schlechtere visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit, geteilte und selektive Aufmerksamkeit, eine schlechtere Seheleistung sowie eine insgesamt größere kognitive Beeinträchtigung (Referenzwert aus mehreren kognitiven Leistungstests, COGSTAT). Dabei korrelierten die visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit, selektive und geteilte Aufmerksamkeit (Usefull Field of View Test (UFOV) Total, kleinere Werte bedeuten bessere Leistung) signifikant negativ mit der Kollisionsdetektion ($r = -.367$, $p = .042$). Die generalisierte kognitive Leistungsfähigkeit, gemessen über einen Indexwert (COGSTAT), hing positiv mit der Kollisionsdetektion zusammen ($r = .453$, $p = .009$). Auch wenn es sich bei der beschriebenen Untersuchung um ein Laborexperiment handelt, könnten die beobachteten Beeinträchtigungen bei der Identifikation von Kollisionen mit herannahenden Objekten ein Erklärungsansatz für das erhöhte Unfallrisiko der Probanden mit AD darstellen.

Ein weiterer relevanter Faktor für fahrkompetenzbezogene Mängel und eine erhöhte Unfallwahrscheinlichkeit könnte das häufig bei Demenz auftretende unzureichende Störungsbewusstsein (engl.: Unawareness) sein (COTRELL & WILD, 1999; RIZZO, McGEHEE, DAWSON & ANDERSON, 2001). Bei Unawareness besteht eine mangelnde Einsicht in vorhandene Defizite und Beeinträchtigungen (vgl. Kapitel 2.1). Bei älteren Fahrern (SHINAR, 2007; WONG, SMITH & SULLIVAN, 2012) und Fahrern mit anderen neurologischen Erkrankungen (MOLNAR et al., 2014; NIEMANN & HARTJE, 2013; SCHANKE & SUNDET, 2000) konnte ein Zusammenhang zwischen der Awareness und Kompensationsverhalten bereits beobachtet werden, während bei der Gruppe der an AD Erkrankten in diesem Bereich weiterhin Forschungsbedarf besteht (PAVLOU et al., 2017).

Frontotemporale Demenz

Für die Subgruppe der an frontotemporaler Demenz (FTD) Erkrankten hingegen ergeben sich deutliche Hinweise darauf, dass ihre unzureichende Awareness sich negativ auf die Fahrkompetenz ausübt (ERNST et al., 2010). Bei FTD kann es frühzeitig zu Wesensveränderungen, also pathologischen Veränderungen in Persönlichkeit und Verhalten, kommen. So zeigen viele Patienten ein auffällig sorgloses und teils läppisches Verhalten. Sie handeln unkonzentriert und unbedacht und sind vermindert kritikfähig. In einer Befragung von Angehörigen

wurde berichtet, dass die Mehrheit der Betroffenen keine angemessene Einsicht in ihre fahrerischen Defizite zeigt (ERNST et al., 2010). Lediglich 33 % der FTD ($n = 30$) Patienten, und damit signifikant weniger als in der Gruppe der AD Patienten ($n = 26$, $p = .023$), stellten das Autofahren freiwillig ein. In vielen Fällen kam es zu Diskussionen und Konflikten mit den Angehörigen. Das Fahrverhalten der FTD Patienten sei durch einen aggressiven, risikofreudigen und unaufmerksamen Fahrstils charakterisiert (ERNST et al., 2010). Laut der Befragungsdaten zeigten die FTD Patienten signifikant häufiger als die Kontrollgruppe mit AD Patienten inadäquates Verhalten im Straßenverkehr, zum Beispiel durch das Missachten von roten Lichtsignalanlagen, dem Öffnen der Autotür während der Fahrt oder Wendemanövern auf der Autobahn. In einer anderen Studie konnten bei Fahrern mit FTD gehäuft antisoziale Verhaltensweisen, wie z. B. Fahrerflucht, beobachtet werden (TURK & DUGAN, 2014).

Somit ergeben sich deutliche Hinweise, dass von Menschen mit FTD aufgrund ihres Verhaltens im Straßenverkehr sowie ihrer mangelnden Einsicht ein besonderes Gefahrenpotenzial ausgeht. Entsprechend sollte ihre Teilnahme am Straßenverkehr, auch im Vergleich zu anderen an Demenz Erkrankten, besonders kritisch hinterfragt werden. Allerdings existieren bislang nur wenige Studien, die diese Gruppe von Fahrern systematisch untersucht hat, weshalb die Ergebnisse zurückhaltend interpretiert werden sollten.

Zusammenfassung

Das Risiko an einer Demenz zu erkranken nimmt mit steigendem Alter deutlich zu. Insgesamt sind Demenzen die am häufigsten auftretende neurodegenerative Erkrankung. Ein relevanter Teil der Betroffenen gibt im Anfangsstadium der Erkrankung an, weiterhin aktiv Auto zu fahren. In vielen Fällen scheint die Fahrkompetenz zunächst noch ausreichend, um eine Eigen- oder Fremdgefährdung weitestgehend ausschließen zu können. Dies gilt insbesondere für Fahrten in bekannter Umgebung und bei niedrigen Anforderungen. Im Krankheitsverlauf äußern sich dann zunehmend Auffälligkeiten im Fahrverhalten. So wurden in den zitierten Studien eine wenig vorausschauende Fahrt, Fahrfehler beim Linksabbiegen, an komplexen Kreuzungen, beim Navigieren und Befolgen von Navigationshinweisen, bei Fahrstreifenwechsel, bei der Spurhal-

tung und Einschätzung der Seitenposition sowie in einer verzögerten Kollisionsdetektion beschrieben. Zudem fuhren die Betroffenen sehr langsam, hielten ohne Grund an und reagierten verlangsamt auf unerwartete Reize. Defizite waren entsprechen auf der operativen und auf der taktischen Ebene der Fahraufgabe zu beobachten.

Im Rahmen der Untersuchungen konnte ein Zusammenhang zwischen Mängeln der Fahrkompetenz und demenzassoziierten Leistungseinbußen in der visuellen Verarbeitungsgeschwindigkeit, der Visuokonstruktion sowie bei der selektiven und geteilten Aufmerksamkeit beobachtet werden. Aber auch komplexere kognitive Leistungen wie die verbale Gedächtnisleistung, exekutive Funktionen, das generelle Ausmaß der kognitiven Leistungsfähigkeit oder generell die visuell-räumlichen Leistungen im Sinne des Erkennens von sich bewegenden Objekten hingen mit der beobachtbaren Fahrkompetenz von Demenzkranken zusammen.

Eine längere Erkrankungsdauer, ein niedriges Bildungsniveau und ein höheres Alter stehen im negativen Zusammenhang zur Fahrkompetenz. Zudem ergeben sich Hinweise, dass die bei Demenz häufig auftretende unzureichende Awareness für die eigenen Defizite die Kompensationsfähigkeit im Kontext der Fahraufgabe herabsetzen könnte. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf um die möglichen Zusammenhänge zwischen Awareness und Fahrkompetenz besser erfassen und bewerten zu können.

Es ergeben sich darüber hinaus Hinweise, dass bei Patienten mit FTD die Einsicht in fahrkompetenzbezogene Defizite unzureichend ist. Des Weiteren wurden für diese Gruppe von Demenzerkrankten abweichende Auffälligkeiten im Fahrverhalten berichtet. So wurde ein risikofreudiger und aggressiver Fahrstil mit beobachtbaren Fahrfehlern beschrieben. Dazu zählt das Überfahren roter Lichtsignalanlagen, Wenden auf Autobahnen oder das Öffnen der Tür während der Fahrt. Dem Augenschein nach lassen sich diese Auffälligkeiten insbesondere mit den bei FTD häufig beobachtbaren Wesensveränderungen in Einklang bringen. Diese Annahme bedarf einer empirischen Überprüfung.

Es ergeben sich deutliche Hinweise auf ein erhöhtes Unfallrisiko von an Demenz erkrankten Fahrern. Dieses war in einer Studie verglichen mit gleichalten aber gesunden Fahrern um das bis zu 2,5-fache erhöht und zeigte sich zum Teil auch schon bei Fahrern, die erst zu einem späteren Zeitpunkt

die Diagnose Demenz gestellt bekommen haben. Auch im Simulator konnte ein erhöhtes Unfallrisiko beobachtet werden. In zwei Studien konnte hingegen kein erhöhtes Unfallrisiko bei Demenz festgestellt werden. Eine der Studien weist jedoch methodische Schwächen auf und hat folglich nur eine begrenzte Aussagekraft. Aufgrund der sich teils widersprechenden Ergebnisse ist in diesem Feld weitere Forschung notwendig. Ein abhängig von der Exposition erhöhtes Unfallrisiko bei Demenz im fortgeschrittenen Stadium erscheint aber bei aktuellem Kenntnisstand als sehr wahrscheinlich.

Entsprechend der beschriebenen Risiken erfordert die Diagnose Demenz von allen Beteiligten eine hohe Sensibilität bei der Abwägung zwischen dem Erhalt der persönlichen Automobilität und den möglicherweise daraus resultierenden Risiken. Ungeachtet dessen kann es im Anfangsstadium der Erkrankung für Betroffene weiterhin möglich sein, ein Fahrzeug sicher im Straßenverkehr zu führen.

3.3 Morbus Parkinson

Morbus Parkinson ist nach der Demenz vom Alzheimer Typ die zweithäufigste neurodegenerative Erkrankung (Deutsche Gesellschaft für Neurologie, 2016). Die Parkinson Erkrankung, oder auch das ideopathische Parkinson-Syndrom, ist primär durch den Untergang dopaminerger Neurone in den nigrostriatalen Bahnen des Gehirns charakterisiert (FERTL, 2011). Als Kardinalsymptome von Morbus Parkinson werden motorische Störungen beschrieben. Dazu zählen Bewegungsarmut (Akinese), Muskelsteifheit (Rigor), Muskelzittern im Ruhezustand (Tremor) sowie Haltungsinstabilität (FIMM, 2009; PAVLOU et al., 2017). Unabhängig davon kann es je nach Krankheitsverlauf auch zu einem organischen Psychosyndrom und in der Folge zu zunehmenden neuropsychologischen oder psychiatrischen Störungen kommen (BUHMANN, VESPER & OELSNER, 2018; FIMM, 2009; FRIES, WILKES & LÖSSL, 2008; NIEMANN & HARTJE, 2016). Diese können sich in Form von Aufmerksamkeitseinschränkungen, geistiger Verlangsamung, Demenz und Depression äußern.

Prävalenz

Die Prävalenz liegt nach GUSTAVSSON et al. (2011) für die Altersgruppe der 40- bis 69-Jährigen bei 0,1 %, während für die ab 70-Jährigen eine Prä-

valenz von 1,5 % angegeben wird. In Einklang mit GUSTAVSSON und Kollegen berichtet die Deutsche Gesellschaft für Neurologie (2016) bei den über 65-Jährigen eine Prävalenz von ca. 1 – 2 %. Die Erkrankung tritt dabei ca. 1,5 mal häufiger bei Männern als bei Frauen auf, was im Kontext der Verkehrssicherheit besondere Relevanz hat, da Männer (zurzeit) dazu tendieren, länger aktiv Auto zu fahren als Frauen (HAKAMIES-BLOMQVIST & SIREN, 2003; SIREN & HAUSTEIN, 2016).

Anzahl aktiver Fahrer

Durch den schleichenden Beginn und die zunächst nur gering ausgeprägte Symptomatik ist zu erwarten, dass ein Großteil der Betroffenen im Zeitraum unmittelbar nach der Diagnosestellung aktiv Auto fährt. Im Einklang mit dieser Annahme gaben im Rahmen einer Befragung von 150 Parkinsonpatienten 80 % der Betroffenen an, weiterhin aktiv Auto zu fahren (DUBINSKY et al., 1991). Dabei war mit dem Fortschreiten der Erkrankung, im Sinne von verstärkt auftretenden körperlichen Symptomen, eine Zunahme an Nichtfahrern zu beobachten.

In einer deutlich größeren Stichprobe von 6.620 Parkinsonpatienten in Deutschland gaben 60 % der Betroffenen an, weiterhin aktiv Auto zu fahren (MEINDORFNER et al., 2005). Von den aktiven Fahrern berichtete 37 % ihr Fahrverhalten entsprechend ihres aktuellen Gesundheitszustandes angepasst zu haben. Auch hier ergab sich ein Zusammenhang zwischen dem subjektiv wahrgenommenen Ausmaß der Erkrankung und der Bereitschaft, das aktive Autofahren einzustellen.

Zusammenhang mit der Fahrkompetenz

Um den Einfluss verschiedener Parkinson-Symptome auf die Fahrkompetenz besser objektivieren zu können, haben bereits mehrere Studien Betroffene im Rahmen von praktischen Fahrverhaltensproben untersucht. JACOBS, HART und ROOS (2017) berichten in ihrem Review, dass abhängig von der betrachteten Studie 12 – 54 % der an Parkinson erkrankten Fahrer eine Fahrverhaltensprobe im Realverkehr nicht bestanden haben.

Die hohe Variabilität scheint, wie auch bereits bei anderen Krankheitsbildern dargestellt, maßgeblich vom Studiendesign und der ausgewählten Stichprobe abhängig zu sein. So bestanden beispielsweise in einer Studie mit 154 Parkinson Patienten, die

im Rahmen einer Fahreignungsüberprüfung untersucht wurden, 66 % eine Fahrverhaltensprobe im Realverkehr und konnten weiterhin Auto fahren (SINGH, PENTLAND, HUNTER & PROVAN, 2007). Differenzierte Mängel im Fahrverhalten sowie die Ergebnisse der durchgeführten kognitiven Leistungstests wurden nicht berichtet. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass in 54 % der Fälle als Bedingung für den Erhalt der Fahreignung der Wechsel auf ein Automatikgetriebe oder sonstige Umbauten am Fahrzeug vorgeschrieben wurden. Laut Einschätzung der Prüfer waren diese Maßnahmen notwendig, um den Betroffenen eine Kompensation der krankheitsbedingten Defizite bei der Steuerung eines Fahrzeugs zu ermöglichen.

Bei Morbus Parkinson beschränkt sich die motorische Symptomatik gerade im Anfangsstadium häufig lediglich auf eine Körperhälfte (vgl. Neurologienetz, 2017), wodurch sich viele motorische Defizite durch Training der „gesunden“ Seite oder durch technische Umbauten kompensieren lassen können (BUHMANN, VESPER & OELSNER, 2018; DEVOS et al., 2011; JACOBS, 2016; KÜST, 2011). Auch in anderen Untersuchungen waren motorische Defizite von Parkinson Patienten beim Führen eines Fahrzeuges bis zu einem gewissen Grad gut kompensierbar und wiesen in der Folge keine Korrelation mit der Fahrkompetenz auf (AMICK, GRACE & OTT, 2007; STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006). Kommt es hingegen zu schwerwiegenden körperlichen Symptomen, oder treten zusätzlich zu diesen auch kognitive Symptome auf, wird deren Kompensation im Rahmen der Fahraufgabe zunehmend schwieriger (PAVLOU et al., 2017).

So ließ sich in der von BADENES et al. (2017) untersuchten Stichprobe von 37 Parkinsonpatienten das Nichtbestehen einer an den spanischen Richtlinien orientierten Fahreignungsüberprüfung am besten durch Defizite in der Visuokonstruktion und im figuralen Gedächtnis vorhersagen. Auch wenn die Probanden zusätzlich in weiteren kognitiven und motorischen Bereichen Defizite aufwiesen, ermöglichten diese im Rahmen der durchgeführten logistischen Regression keine signifikante Vorhersage für das Bestehen der Fahreignungsüberprüfung. Insgesamt wiesen rund 20 % der Probanden so große Defizite auf, dass sie die in Spanien vorgeschriebene Fahreignungsüberprüfung nicht bestanden haben. Bei der Interpretation der Ergebnisse kritisch

zu berücksichtigen ist, dass die im Rahmen der spanischen Richtlinien festgelegte Prüfung der Fahreignung ausschließlich anhand computergestützter Testverfahren durchgeführt wird und keine praktische Fahrverhaltensbeobachtung beinhaltet. Inwiefern die im Rahmen psychometrischer Verfahren erfassten Leistungen der Probanden Rückschlüsse auf die tatsächliche Fahrkompetenz zulassen, wird insbesondere unter dem Aspekt der Kriteriumsvalidität kritisch diskutiert (POSCHADEL, FALKENSTEIN, PAPPACHAN, POLL & WILLMES VON HINCKELDEY, 2009).

Im Gegensatz zu der Studie von BADENES wurde in der Studie von UC et al. (2009) die Fahrkompetenz im Rahmen einer praktischen Fahrverhaltensbeobachtung überprüft. Dort zeigten die Probanden mit Parkinson ($n = 84$) im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe ($n = 182$) im Rahmen einer Fahrverhaltensbeobachtung ein signifikant schlechteres Fahrverhalten. Allerdings blieb nach Berücksichtigung von Alter, Geschlecht und Kenntnis der Umgebung als statistische Kontrollvariablen lediglich die Fehleranzahl in den Kategorien Spurhaltung und Verhalten an Stopp-Zeichen signifikant erhöht. Die Gesamtfehleranzahl in der Fahrverhaltensbeobachtung ließ sich durch Beeinträchtigungen der Sehschärfe und Defizite in den Bereichen visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit, selektive und geteilte Aufmerksamkeit, visuokonstruktive Fähigkeiten, figurales Gedächtnis sowie der generellen kognitiven Leistungsfähigkeit (erfasst über den MMST) vorhersagen. Die beste Vorhersage für das Auftreten von Fahrfehlern ermöglichten dabei Kurzsichtigkeit der Probanden sowie Beeinträchtigungen der visuellen Verarbeitungsgeschwindigkeit, der selektiven und der geteilten Aufmerksamkeit (UFOV Total). Motorische Beeinträchtigungen, erfasst über Gangsicherheit, Gleichgewicht und Feinmotorik, ermöglichten hingegen keine signifikante Vorhersage auf das Fahrverhalten.

WOOD, WORRINGHAM, KERR, MALLON und SILBURN (2005) beobachteten bei Probanden mit Morbus Parkinson ($n = 25$) bei einer Fahrt im Realverkehr signifikant mehr Fehler bei der Spurhaltung und beim Spurwechsel als in der Kontrollgruppe ($n = 21$). Weiterhin zeigten die Patienten unzureichendes Absicherungsverhalten durch mangelnde visuelle Kontrolle des toten Winkels und zu wenig Blicke in den Rückspiegel. An ihrer Leistung gemessen hätten 56 % der Patienten eine offizielle

Fahrverhaltensprobe nicht bestanden. Dabei ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Rating des Fahrlehrers und der Dauer der Erkrankung ($r = -.60$, $p < .001$), nicht aber zwischen dem Rating und der motorischen Einschränkung, gemessen über die Höhn und Yahr Skala ($r = -.06$, $p = .79$) oder der Höhe der angeordneten Levodopa Dosis ($r = -.36$, $p = .11$), einem Medikament zur Therapie von Bewegungsstörungen bei Parkinson. Damit ergibt sich ein deutlicher Hinweis, dass motorische Defizite bei Parkinson, wenn überhaupt, nur geringen Anteil an den auftretenden Mängeln der Fahrkompetenz haben. Der Einfluss kognitiver Beeinträchtigungen wurde im Rahmen dieser Studie nicht untersucht.

Bei CORDELL, LEE, GRANGER, VIEIRA und LEE (2008) zeigten Fahrer mit Parkinson ($n = 53$) im Rahmen einer Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr eine signifikant schlechtere Fahrkompetenz als die Fahrer in der gesunden Kontrollgruppe ($n = 129$). Fahrfehler bezogen sich insbesondere auf die unzureichende Nutzung von Seiten- und Rückspiegel (Absicherungsverhalten) sowie auf unentschlossenes Verhalten beim Abbiegevorgang an T-Kreuzungen. Letzteres könnte laut Autoren zum einem auf die bereits erwähnten visuellen Wahrnehmungsschwächen, gegebenenfalls aber auch auf Defizite in der Entscheidungsfindung und damit eher auf ein exekutives Problem zurückzuführen sein.

Hinweise, dass exekutive Defizite einen negativen Einfluss auf die Fahrkompetenz von Parkinson Patienten haben, finden sich auch bei AMICK, GRACE und OTT (2007). Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 25 Fahrer mit Parkinson neuropsychologisch und im Rahmen einer Fahrverhaltensbeobachtung untersucht. Anschließend wurden die Zusammenhänge zwischen der Gesamtbewertung der Fahrt, einzelnen Fahraufgaben und den kognitiven Leistungen analysiert. Um den Einfluss einzelner kognitiver Leistungsbereiche auf Fahrkompetenz abbilden zu können, wurden zunächst anhand der vorliegenden Ergebnisse einzelner Testverfahren Gesamtscores für die jeweiligen kognitiven Funktionen berechnet. Auf der operativen Ebene waren signifikante Zusammenhänge zwischen der Beschleunigung und der Sehleistung, der visuellen Explorationsleistung sowie dem neuropsychologischen Gesamtscore beobachtbar. Weiterhin zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Sig-

nalisieren eines Spurwechsels und der visuellen Explorationsleistung. Auf taktischer Ebene hing unzureichendes Absichern und Signalisieren beim Einfädeln in den Verkehr mit dem neuropsychologischen Gesamtscore zusammen.

Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen von STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK und BRADSHAW (2006), die im Rahmen einer Simulatorstudie bei Probanden mit Parkinson ($n = 18$) unter anderem signifikante Zusammenhänge zwischen exekutiven Defiziten, in Form von reduzierter Arbeitsgedächtnisleistung und unzureichender mentaler Flexibilität (erfasst über TMT B und Brixton Test), und sowohl taktischen als auch operativen Fahraufgaben beobachten konnten. Dabei wurden die Probanden mit Parkinson gleich in mehreren Skalen des Fahrverhaltens signifikant schlechter bewertet als die Probanden der gesunden Kontrollgruppe ($n = 18$). In der Gruppe der Patienten waren Zusammenhänge zwischen der kognitiven Leistungsfähigkeit und der Geschwindigkeitsanpassung, der Annäherungsgeschwindigkeit an Verkehrszeichen sowie schlechter Spurhaltung und unangepasster Geschwindigkeit in Kurven beobachtbar. Im Gegensatz dazu zeigten sich zwischen Testleistungen in einem von der Durchführung her sehr ähnlichen Test, der aber keine exekutiven Leistungen erfasst (TMT A), kaum signifikante Zusammenhänge mit dem Fahrverhalten. Hier war lediglich ein signifikanter Zusammenhang zwischen den anhand des Testverfahrens erfassten Defiziten der einfachen Informationsverarbeitung sowie der psychomotorischen Geschwindigkeit und dem verzögerten Anhalten an Lichtsignalanlagen beobachtbar. Darüber hinaus ließen sich in der Studie signifikante Zusammenhänge zwischen visuokonstruktiven Leistungen (erfasst über den Mosaik Test) und der Annäherungsgeschwindigkeit an Verkehrszeichen sowie einer unangepassten Geschwindigkeit in Kurven beobachten. Die Autoren betonen, dass insbesondere die Leistungen, die in Tests mit lediglich minimalen psychomotorischen Anforderungen erfasst werden, mit einer Vielzahl von Fahraufgaben zusammenhängen. Somit wird ersichtlich, dass insbesondere kognitive Aspekte bei der Bewältigung der Fahraufgabe von hoher Relevanz sind. In der Kontrollgruppe zeigten sich hingegen kaum Zusammenhänge zwischen den kognitiven Leistungen und der Fahrkompetenz. Die Autoren gehen davon aus, dass es aufgrund der insgesamt hohen kognitiven Leistungsfähigkeit der Kontrollgruppe zu ei-

nem Deckeneffekt gekommen ist, weshalb kaum Korrelationen beobachtbar waren. Weiterhin vermuten Sie, dass die durch Parkinson beeinträchtigten Fahrer zusätzliche kognitive Ressourcen benötigen, um die Fahraufgabe angemessen bewältigen zu können. Entsprechend deutlicher als in der Kontrollgruppe schlugen sich kognitive Beeinträchtigungen im Fahrverhalten nieder.

Auch BERATIS et al. (2017) erfassten in ihrer Simulatorstudie ein differenziertes Bild der Fahrkompetenz von Autofahrern mit Parkinson ($N = 12$). Anhand einer schrittweisen Regression wurde die Vorhersagekraft einzelner psychometrischer Subtests auf verschiedene Aspekte der Fahraufgabe untersucht. Dabei ließ sich die Leistung in eher operativ geprägten Fahraufgaben, wie der Durchschnittsgeschwindigkeit oder der Reaktionszeit, am besten durch die zuvor getestete visuelle Aufmerksamkeitsleistung und psychomotorische Geschwindigkeit vorhersagen. Komplexe und eher taktisch geprägte Fahraufgaben hingegen, ließen sich am besten durch Subtests zur Erfassung exekutiver Funktionen, in Form der Inhibitionsleistung und der Fähigkeit zum Aufgabenwechsel, vorhersagen. Limitiert wird die Aussagekraft der Ergebnisse durch die kleine Stichprobengröße von lediglich 12 erkrankten Fahrern, wodurch eine Übertragung auf andere Fahrer mit Parkinson nur bedingt möglich ist.

Auch DEVOS et al. (2013) konnten durch die Auswertung von Fahrverhaltensbeobachtungen im Realverkehr mit Parkinson Patienten ($N = 104$) differenzierte Aussagen zu den Anforderungen einzelner Fahraufgaben treffen. So fanden die Forscher einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Leistung beim Linksabbiegen und exekutiven Funktionen (getestet über eine Aufgabe zur Interferenzanfälligkeit), visuell-räumlichen Leistungen sowie der selektiven Aufmerksamkeit. Darüber hinaus zeigte sich für die situationsbedingte Anpassung von Geschwindigkeiten über 50 km/h ein signifikanter Zusammenhang mit der allgemeinen kognitiven Leistungsfähigkeit (CDR-Score) sowie der visuell-räumlichen Aufmerksamkeits- und Explorationsleistung. Die motorische Leistungsfähigkeit der Patienten wies lediglich mit der Spurhaltung unter 50 km/h signifikante Zusammenhänge auf. Trotz der zunächst nur wenig relevant erscheinenden motorischen Leistungsfähigkeit, beobachteten die Autoren für einzelne motorische Subtypen der Parkinsonerkrankung ein unterschiedlich hohes Risiko die in der Studie durchgeführte Fahrverhaltensprobe

insgesamt nicht zu bestehen. So fielen Betroffene mit einem akinetisch-rigidem Parkinson Typ, bei dem vor allem Bradykinese, Rigidität und Haltungsinstabilität im Vordergrund stehen, signifikant häufiger bei der Fahrverhaltensprobe durch (47 %), als die Parkinson Patienten mit tremordominanten Typ (7 %; post hoc Fishers exakter Test, $p < .0001$). Allerdings betonten die Autoren, dass der akinetisch-rigide Typ i. d. R. auch mit mehr kognitiven Leistungsbeeinträchtigungen einhergeht, welche den Einfluss der motorischen Symptome möglicherweise moderieren. Der verglichen mit anderen Studien deutlichere Einfluss der motorischen Symptome in dieser Studie könnte laut DEVOS und Kollegen (2013) stärker ausgeprägt gewesen sein, da es sich zum Beispiel bei der Spurhaltung im niedrigen Geschwindigkeitsbereich um eine sehr basale, kognitiv kaum fordernde, Fahraufgabe handele, weshalb motorische Defizite stärker ins Gewicht fallen würden als kognitive. Erst mit steigenden Anforderungen, vergleichbar mit der taktischen Ebene nach MICHON (1985), würden kognitive Beeinträchtigungen die Fahrkompetenz stärker beeinflussen. Insgesamt bestanden von den 104 Probanden mit Parkinson 68 (65 %) die Fahrverhaltensprobe.

Unfallrisiko

Inwiefern die in den hier zitierten Studien berichteten Mängel in der Fahrkompetenz von aktiven Fahrern mit Parkinson auch zu einem erhöhten Unfallrisiko führen, wurde unter anderem von PAVLOU, PAPADIMITRIOU, PAPANTONIOU, YANNIS und PAPAGEORGIOU (2017) untersucht. Im Rahmen ihrer Studie konnten sie für Fahrer mit Morbus Parkinson ($n = 20$) im Simulator beim Auftreten eines unerwarteten Ereignisses, verglichen mit einer gesunden Kontrollgruppe ($n = 34$) ein signifikant erhöhtes Unfallrisiko beobachten ($p = .042$). Allerdings trat dieses nur im innerstädtischen Bereich und bei hohem Verkehrsaufkommen, also wiederum unter sehr anspruchsvollen Bedingungen, auf. Bei weniger Verkehr ($p = .156$) und Fahrten in ländlichen Gebieten ($p = .521$) unterschied sich bei einem unerwarteten Ereignis hingegen das Unfallrisiko nicht signifikant von der gesunden Kontrollgruppe.

Inwiefern Fahrer mit Parkinson auch im Realverkehr ein erhöhtes Unfallrisiko haben, wurde unter anderem von ADLER, ROTTUNDA, BAUER und KUSKOWSKI (2000) untersucht. Im Rahmen einer Befragung von 89 Fahrern mit Parkinson über 60

Jahre gaben 36 %, und damit signifikant mehr als in der Kontrollgruppe ($n = 423$), an, in den letzten 5 Jahren einen Unfall gehabt zu haben. Anhand der Selbstauskünfte ergab sich ein signifikant erhöhtes Unfallrisiko für die Parkinson Patienten (OR 2.5, 95 % CI 1.4-4.4; $p = 0.003$).

Bei einer großangelegten Befragung in Deutschland gaben hingegen nur rund 15 % der befragten Parkinson-Patienten ($N = 6.620$) an innerhalb der letzten 5 Jahren in einen Unfall verwickelt gewesen zu sein (MEINDORFNER et al., 2005). Im Falle eines Unfalls, trugen die Betroffenen, die jünger als 70 Jahre alt waren, häufiger als in der Normpopulation dafür die Hauptschuld. Mit steigendem Alter gleicht sich die Gesamtzahl der Unfälle in der Gruppe der Kranken und der Normpopulation zunehmend aneinander an, wobei mit zunehmenden Alter der Anteil an Unfallverursachern auch unter den gesunden Fahrern ansteigt (SCHUBERT, GRÄCMANN & BARTMANN, 2018). Ob das beobachtete Unfallrisiko der Fahrer mit Parkinson insgesamt erhöht ist, wird in dieser Studie nicht berichtet. Die Autoren konnten aber kritische Faktoren wie Tagesschläfrigkeit, kognitive Defizite und subjektive Krankheitsschwere identifizieren, die signifikant mit dem Unfallrisiko der betroffenen Fahrer zusammenhängen. Sie empfehlen eine erneute Untersuchung unter Einbeziehung einer gesunden Kontrollgruppe.

In einer vorangegangenen Publikation, die sich auf dieselbe Stichprobe bezieht, wurde berichtet, dass insgesamt rund 43 % der befragten Fahrer mit Parkinson ($N = 6.620$) unter Schlafattacken leiden (KÖRNER et al., 2004). 10 % der Betroffenen berichteten im Vorlauf einer Schlafattacke keinerlei Müdigkeit zu empfinden, was beim Führen eines Fahrzeuges zu großen Risiken führen kann. Dies ließ sich in der Studie von MEINDORFNER et al. (2005) objektivieren. Dort erhöhte das berichtete Auftreten von Tagesschläfrigkeit und Schlafattacken am Steuer bei Fahrern mit Parkinson signifikant das Risiko in den letzten fünf Jahren einen Unfall verursacht zu haben (OR 3.54, 95 % CI 2.46-5.08, $p < .001$). Schlafattacken am Steuer ohne vorangegangene Müdigkeit wurden jedoch selten berichtet. Schläfrigkeit beim Autofahren trat insbesondere in wenig fordernden Situationen auf.

Eine mögliche Ursache für die beobachtbaren Schlafattacken könnte die eingenommene Medikation der Betroffenen sein. Zur Behandlung der motorischen Defizite bei Parkinson wird in aller Regel

Levodopa (L-Dopa), einer Vorstufe des körpereigenen Botenstoffs Dopamin, eingesetzt. Insbesondere in frühen Stadien lassen sich parkinsoninduzierte motorische Symptome gut mit auf L-Dopa basierenden Medikamenten behandeln (Parkinson Study Group, 2002). Allerdings können bei längerer Einnahme von L-Dopa Nebenwirkungen wie Schlafattacken und Tagesschläfrigkeit auftreten (KÖRNER et al., 2004; PAUS et al., 2003). Dieses Risiko kann durch bei Morbus Parkinson häufig auftretenden Schlafstörungen noch weiter potenziert werden.

Eine andere Untersuchung identifizierte ein mit zunehmender krankheitsbedingter Beeinträchtigung steigendes Unfallrisiko bei Fahrern mit Parkinson. DUBINSKY und Kollegen (1991) untersuchten eine Stichprobe von 150 erkrankten Probanden und erfassten über einen Fragebogen Unfallereignisse der vorangegangenen drei Jahre. Hier zeigte sich unter Berücksichtigung der jährlichen Fahrleistung verglichen mit leichter betroffenen Patienten (Hoehn und Yahr Stufe 1) und gesunden Kontrollprobanden bei schwer betroffenen Patienten (Hoehn und Yahr Stufe 3) ein signifikant erhöhtes Unfallrisiko. Weiterhin weisen Fahrer mit Parkinson, die unter kognitiven Defiziten leiden (gemessen über den MMST), ein signifikant höheres Unfallrisiko auf als kognitiv unauffällige Fahrer mit Parkinson.

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Morbus Parkinson mit steigendem Alter verglichen mit anderen neurologischen Erkrankungen häufig auftritt. Männer sind öfter betroffen als Frauen. Der überwiegende Anteil der Erkrankten fährt zunächst weiterhin aktiv Auto. Im Anfangsstadium und bei isoliert auftretender motorischer Symptomatik lassen sich Defizite, unter anderem durch Medikamenteneinnahme oder technische Umbauten am Fahrzeug, in der Regel noch gut von den Betroffenen kompensieren. Kommt es zu stärker ausgeprägten körperlichen Symptomen oder treten zusätzlich kognitive Defizite auf, kann die Fahrkompetenz beeinträchtigt werden. Hier zeigten sich in verschiedenen Untersuchungen signifikante Zusammenhänge zwischen der Fahrkompetenz und der selektiven und geteilten Aufmerksamkeit, der visuellen Explorationsleistung (aktive Suche/visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit), visuell-perzeptiven und visuo-konstruktiven Leistungen, der Informationsverarbeitung, dem figuralen Gedächtnis, der generel-

len kognitiven Leistungsfähigkeit und der psychomotorischen Geschwindigkeit. Weiterhin standen Mängel der Fahrkompetenz im Zusammenhang mit exekutiven Leistungen, insbesondere in Form einer reduzierten Arbeitsgedächtnisleistung, mangelnder mentaler Flexibilität und Interferenzanfälligkeit. Insofern erscheint die Berücksichtigung exekutiver Funktionen bei der Prädiktion der Fahrkompetenz von Parkinson Patienten von besonderer Relevanz. Zudem fanden mehrere Studien in dieser Patientengruppe signifikante Zusammenhänge zwischen Mängeln im Fahrverhalten und der Sehfähigkeit.

Die Einschränkung der kognitiven und visuellen Leistungsfähigkeit der Patienten veränderte dabei das Fahrverhalten in verkehrssicherheitsrelevanter Art und Weise: So hatten die Betroffenen Schwierigkeiten beim Anpassen der Geschwindigkeit über 50 km/h oder des Abstandes zu vorausfahrenden Fahrzeugen, beim Linksabbiegen, beim Navigieren, bei der Spurhaltung, beim Spurwechsel und Fehlverhalten an Stopp- und anderen Verkehrszeichen. Zusätzlich zeigten sie sich an T-Kreuzungen unentschlossen. Das Absicherungsverhalten war, aufgrund zu weniger Blicke in die Rück- oder Seitenspiegel oder durch das Auslassen des Schulterblickes, unzureichend. Somit zeigen sich Mängel auf der Ebene der taktischen Fahraufgaben besonders ausschlaggebend für die beeinträchtigte Fahrkompetenz, insbesondere bei schwerer betroffenen Patienten. Gleichzeitig ließen sich in einigen Studien aber auch Mängel in eher operativ geprägten Fahraufgaben beobachten. So zum Beispiel in Form einer verminderten Reaktionszeit, fehlendem Blinken oder schlechter Spurhaltung in Kurven.

Es ergeben sich Hinweise, dass die bei Fahrern mit Parkinson beobachtbaren Mängel im Fahrverhalten zu einem erhöhten Unfallrisiko führen können. Einige ältere Studien konnten im Vergleich zu gesunden Fahrern ein erhöhtes Unfallrisiko beobachten. Dieses war in einer Studie um das 2,5-fache erhöht. Allerdings existieren auch Studien, die einen solchen Zusammenhang nicht herstellen konnten. Es fehlt zudem an aktuellen Untersuchungen, die das Unfallrisiko dieser Patientengruppe systematisch untersucht haben. Eine aktuellere Studie konnte lediglich ein erhöhtes Unfallrisiko bei einem unerwarteten Ereignis im Simulator beobachten. Weitere Forschungsprojekte sollten daher das Unfallrisiko von Fahrern mit Parkinson adressieren. Es ergeben sich Hinweise, dass spezifische Faktoren die Wahrscheinlichkeit eines Verkehrsunfalls in dieser Grup-

pe zusätzlich erhöhen können. So scheinen Tages-schläfrigkeit oder Schlafattacken bei Parkinsonpatienten während der Fahrt gehäuft aufzutreten und weitere Risiken zu provozieren.

Für eine Einschätzung der Fahrkompetenz von Fahrern mit Parkinson scheint insofern die Erfassung der Tagesschläfrigkeit, der Sehleistung sowie kognitiver, hier insbesondere exekutiver, Funktionen, unabdinglich. Isolierte motorische Defizite erscheinen hingegen gut kompensierbar, sollten aber zur Abschätzung des Bedarfs für möglicherweise notwendige Umbaumaßnahmen ebenfalls erfasst werden. Diese könnten möglicherweise aufgrund der daraus resultierenden reduzierten Beweglichkeit zu einem unzureichenden Absicherungsverhalten führen.

Das Gesamtrisiko für die Verkehrssicherheit steigt dabei mit zunehmender Erkrankungsdauer an.

3.4 Kreislaufabhängige Störungen der Hirntätigkeit

Kreislaufabhängige Störungen der Hirntätigkeit sind die Folge einer pathologischen Minderversorgung mit Blut von einem oder mehreren Gehirnarealen. Darunter fallen nach Definition der Anlage 4 der FeV sowohl als Schlaganfall bezeichnete ischämische Insulte und Hirnblutungen sowie Transitorisch-ischämische Attacken (TIA). Die TIA ähnelt in ihrer Symptomatik stark einem Schlaganfall, allerdings bilden sich per Definition die Symptome innerhalb von 24 Stunden vollständig zurück. Insofern ist der potenzielle Einfluss einer TIA auf die Fahrkompetenz reversibel, weshalb das Störungsbild im Rahmen dieses Berichtes nicht weiter berücksichtigt werden soll. Ein Schlaganfall hingegen führt häufig zu überdauernden Beeinträchtigungen und ist insgesamt ein weit bedrohlicheres Ereignis. Von 250.802 behandelten Fällen verstarben im Jahr 2015 insgesamt 15.770 Menschen an den Folgen eines Schlaganfalls (Statistisches Bundesamt, 2016).

Prävalenz

Bei den Erwachsenen in Deutschland lag die 12-Monats-Prävalenz 2015/16 bei 1,6 % (BUSCH & KUHNERT, 2017). Mit zunehmendem Alter steigt das Risiko, einen Schlaganfall zu erleiden an. Liegt die Anzahl der Betroffenen bis zu einem Alter von

55 Jahren noch deutlich unter einem Prozent, so steigt sie bei den über 75-Jährigen auf 6,3 % an. Es handelt sich somit um eine der am häufigsten auftretenden Formen der zerebralen Schädigung in Deutschland (NIEMANN & HARTJE, 2016).

Aufgrund neuer Behandlungsmethoden und einer besseren medizinischen Versorgung hat sich die Überlebenschancen bei einem Schlaganfall in den letzten Jahren kontinuierlich erhöht (WOLFE & LEHOCKEY, 2016). Folglich gibt es aber auch immer mehr Menschen in der Mitte der Gesellschaft, die aufgrund eines Schlaganfalls an motorischen, sensorischen oder kognitiven Beeinträchtigungen leiden. So wiesen in einer Untersuchung von WARD, PAYNE, CARO, HEUSCHMANN und KOLOMINSKY-RABAS (2005) rund ein Viertel der Betroffenen, die überlebt hatten ($n = 383$), noch drei Monate nach dem Ereignis deutliche Beeinträchtigungen im Rahmen einer standardisierten Überprüfung der Alltagsfähigkeit (Activities of Daily Living, ADL) auf. Entsprechend ist davon auszugehen, dass auch die Anzahl derjenigen die wieder aktiv Autofahren (zunächst) reduziert ist.

Anzahl aktiver Fahrer

Eine ältere Studie berichtet, dass lediglich ein Drittel der Betroffenen nach dem Ereignis wieder aktiv Auto fahren (FISK, OWSLEY & PULLEY, 1997). Die durchschnittliche Dauer seit dem Schlaganfall zum Zeitpunkt der Befragung wird in der Studie mit 2,9 Jahren angegeben. Rund ein Drittel aller Befragten ($N = 290$) gab an, sechs bis sieben Tage pro Woche Auto zu fahren. Rund ein Viertel der wieder fahrenden Betroffenen gab an zwischen 100 – 200 Meilen pro Woche zu fahren, was laut Autoren als hohe Exposition zu bewerten ist. Kritisch zu sehen ist die stark voneinander abweichende Zeit seit dem Schlaganfall, die in der eingeschlossenen Stichprobe zwischen drei Monaten und sechs Jahren lag. Entsprechend heterogen war die Stichprobe, was die Übertragung der Ergebnisse auf andere Schlaganfallpatienten deutlich erschwert.

AUFMAN, BLAND, BARCO, CARR und LANG (2013) befragten sechs Monate nach dem Schlaganfall eine Population stationärer Rehapatienten ($N = 156$), von denen 31 % berichteten wieder aktiv Auto zu fahren.

Verlängert man den Zeitraum seit dem Ereignis auf ein Jahr, so steigt der Anteil der aktiven Fahrer nach

einem Schlagfall in aktuelleren Veröffentlichungen auf rund 51 % (83/162 Betroffenen) an (OZARK et al., 2014). Von diesen berichteten wiederum rund 59 % (49/83 der wieder fahrenden Betroffenen), bereits nach einem Monat wieder gefahren zu sein (OZARK et al., 2014). Diese in aktuelleren Publikationen höhere Zahl von aktiven Fahrern lässt sich möglicherweise anhand der verbesserten medizinischen Versorgung erklären (WOLFE & LEHOCKEY, 2016).

Zusammenhang mit der Fahrkompetenz

Für das Ausmaß der durch den Schlaganfall entstehenden Beeinträchtigungen sind die Größe und der Ort der Hirnschädigung, der Behandlungsbeginn und die Behandlungsart von elementarer Bedeutung. Als Folge dieser multifaktoriellen Beeinflussung variiert die Symptomlast und damit einhergehend auch die Beeinträchtigung der Fahrkompetenz. Da die Lokalisation der Schädigung in den meisten Studien nicht angegeben wird, lässt sich deren moderierender Einfluss jedoch kaum beschreiben. In fast allen Studien, die hemisphärenspezifische Einflüsse auf die Fahrkompetenz untersucht haben, fanden sich trotz teilweise beobachtbarer Unterschiede bei den neuropsychologischen Defiziten keine signifikanten Unterschiede in der Fahrkompetenz (KOTTERBA, WIDDIG, BRYLAK & ORTH, 2005; MAZER, KORNERBITENSKY & SOFER, 1998; McKENNA & BELL, 2007; NIEMANN & HARTJE, 2013). Eine Ausnahme bildet die Untersuchung von DEVOS, VERHEYDEN, VAN GILS, TANT und AKINWUNTAN (2015), in der jedoch nicht die Fahrkompetenz insgesamt, sondern lediglich die Bewältigung einzelner Fahraufgaben unterschiedlich stark von hemisphärenspezifischen Schlaganfällen beeinträchtigt waren.

Insgesamt ergeben sich deutliche Hinweise, dass bei einer relevanten Anzahl von Menschen nach einem Schlaganfall die Fahrkompetenz signifikant beeinträchtigt ist. In der Metaanalyse von DEVOS et al. (2011), in der ausschließlich Studien mit Schlaganfallpatienten berücksichtigt wurden, haben 46 % aller eingeschlossenen Probanden eine Fahrverhaltensprobe nicht bestanden. Die Autoren berichten weiterhin, dass weder das klinische Bild oder die motorische Beeinträchtigungen die Fahrkompetenz vorhersagen konnten, sondern ausschließlich die kognitiven Leistungen signifikante Vorhersagen ermöglichten (DEVOS et al., 2011).

Auffällig ist, dass der Anteil der Patienten, die eine Fahrverhaltensprobe bestanden haben, stark zwischen den in die Metaanalyse einbezogenen Studien schwankt. Dies deutet zum einen, wie bei den anderen Erkrankungen auch, auf unterschiedliche methodische Ansätze der Studien hin, ist aber auch ein deutliches Indiz dafür, dass die Folgen einzelner Schlaganfälle aufgrund ihrer anatomischen Einzigartigkeit nur schwer miteinander zu vergleichen sind. Um die Zusammenhänge von kognitiven Defiziten nach Schlaganfällen und der Fahrkompetenz besser beurteilen zu können, sollen daher im Folgenden einige zentrale Ergebnisse aus diesem Forschungsgebiet im Detail dargestellt werden.

Anhand einer Patientengruppe, die unter anderem 202 Schlaganfallpatienten beinhaltete, wollten McKENNA und BELL (2007) die prädiktive Validität einer neuropsychologischen Testbatterie (Rookwood Battery) im Hinblick auf die Fahrkompetenz untersuchen. Die Durchfallquote der Fahrer mit Schlaganfall bei der im Anschluss an die Testung durchgeführten Fahrverhaltensprobe im Realverkehr betrug 33 %. Mit einer Ausnahme korrelierten alle Untertests der Batterie signifikant mit dem Gesamtergebnis der Fahrverhaltensprobe (alle $p < .001$). Die Detailanalysen ergaben, dass Betroffene nach einem rechtshemisphärischen Schlaganfall in den kognitiven Tests eher Probleme mit visuell-räumlichen Aufgaben hatten, während linkshemisphärisch Betroffene eher in sprachlichen und exekutiven Leistungen auffällig waren. Die beiden Gruppen unterschieden sich jedoch nicht signifikant in ihrem Abschneiden bei der Fahrverhaltensprobe. Ebenso zeigte der Untertest zur Schätzung des prä-morbiden IQ keinen signifikanten Zusammenhang mit der Fahrkompetenz. Kritisch anzumerken ist, dass keine konkreten Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und einzelnen Aspekten der Fahraufgabe berichtet wurden. Die Autoren kommen jedoch zu dem Schluss, dass die beobachtbaren Mängel der Fahrkompetenz weniger auf motorischen und hauptsächlich auf kognitiven Defiziten beruhen.

Inwiefern die kognitive Leistungsfähigkeit von Schlaganfallpatienten auch eine Vorhersage auf das Fahrverhalten mehrere Jahre später erlaubt, wurde in einer anderen Studie untersucht. So befragten LUNDQVIST, ALINDER und RÖNNBERG (2008) in einer Längsschnittstudie 14 Schlaganfallpatienten 10 Jahre nach dem Ereignis bezüglich ihrer Fahrgewohnheiten. Anschließend wurde der Zusammenhang zwischen dem aktuellen Fahrverhal-

ten und der 10 Jahre vorher erhobenen kognitiven Leistungsfähigkeit, in den Bereichen exekutive Funktionen, selektive und geteilte Aufmerksamkeit und Reaktionszeit sowie einer damals durchgeführten Fahrverhaltensbeobachtung analysiert. Ein mittels logistischer Regression entwickeltes Modell konnte anhand der Testergebnisse der neuropsychologischen Testbatterie 90 % der Probanden 10 Jahre später korrekt als aktive oder inaktive Fahrer klassifizieren (Modell $\chi^2(1) = 21.7$; $p < .01$). So stieg die Wahrscheinlichkeit, dass die Probanden 10 Jahre nach dem Schlaganfall weiterhin Auto fahren bei einer initial guten kognitiven Leistungsfähigkeit signifikant an. Der sensitivste Test war dabei der TMT B, der exekutive Funktionen und die kognitive bzw. psychomotorische Verarbeitungsgeschwindigkeit misst. Eine gute Leistung in der eingangs durchgeführten Fahrverhaltensbeobachtung ließ hingegen keine Vorhersagen auf das Fahrverhalten 10 Jahre später zu. Die noch fahrenden Schlaganfallpatienten klagten signifikant häufiger als die noch fahrende Kontrollgruppe über Konzentrations-schwierigkeiten. Weiterhin berichtete die Gruppe über mehr Schwierigkeiten mit der visuellen Wahrnehmung. Trotz dieser Einschränkungen gab die Mehrheit der aktiven Fahrer mit Schlaganfall an, keine Probleme in alltäglichen Fahrsituationen zu haben. Diese subjektive Einschätzung ließ sich aufgrund des Studiendesigns jedoch nicht objektivieren. Ebenso wurden die Zusammenhänge zwischen einzelnen kognitiven Leistungsbereichen und spezifischen Fahraufgaben nicht näher untersucht. Kritisch zu sehen ist darüber hinaus die kleine Stichprobengröße, die die Aussagekraft der Ergebnisse deutlich einschränkt.

In einer vorangegangenen Studie mit Schlaganfallpatienten wurde hingegen sowohl deren kognitive Leistungsfähigkeit als auch ihre Fahrkompetenz im Simulator und während einer Fahrt im Realverkehr überprüft (LUNDQVIST, GERDLE & RÖNNBERG, 2000). Im Vergleich zur Kontrollgruppe ($n = 30$) zeigten die Fahrer mit Schlaganfall ($n = 30$) in allen Untertests der neuropsychologischen Testbatterie signifikant schlechtere Leistungen. Zur Komplexitätsreduktion wurden die Testergebnisse faktorenanalytisch untersucht, wobei insgesamt drei Faktoren identifiziert werden konnten. „Attentional processing“ (Faktor eins) beinhaltet die visuelle Explorationsleistung, geteilte Aufmerksamkeit und psychomotorische Geschwindigkeit. Der Faktor zwei „executive capacity“ bildet insbesondere die Fähigkeit zum Aufgabenwechsel und zur Inhibition von

Verhaltensimpulsen ab. Der Faktor drei „cognitive processing“ basiert laut Autoren auf komplexeren kognitiven Prozessen wie dem Arbeitsgedächtnis und der kognitiven Kontrolle. Diese werden üblicherweise auch den exekutiven Funktionen zugeschrieben (vgl. Kapitel 2.1). Verglichen mit der Kontrollgruppe zeigten die Patienten in den Bereichen der Faktoren eins und drei signifikant schlechtere Leistungen. Auch zeigten sie im Realverkehr signifikant mehr Auffälligkeiten im Fahrverhalten, wobei typische Fahrfehler wenig vorausschauendes Fahren, Unaufmerksamkeit gegenüber Verkehrsschildern, Lichtsignalanlagen oder Fahrradwegen oder eine unzureichende Absicherung waren. Weiterhin unterschieden sich die Gruppen signifikant in den Bereichen Geschwindigkeit (speed), Steuerung des Fahrzeuges (maneuvering) sowie Spurhaltung (lateral position). In einer schrittweisen logistischen Regression konnten die Leistungen auf dem Faktor drei „cognitive processing“ als signifikanter Prädiktor der Fahrkompetenz im Realverkehr identifiziert werden. Im Simulator hingegen zeigten beide Versuchsgruppen einen sehr konservativen übervorsichtigen Fahrstil und unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Eine Vorhersage der Fahrkompetenz aufgrund der Leistungen in den kognitiven Tests war nicht möglich. Die Autoren weisen allerdings darauf hin, dass im Simulator ein sehr basales Fahrzenario durchfahren wurde, welches ausschließlich Fahrten über Land bei wenig Verkehr beinhaltete. Entsprechend könnten die Anforderungen zu gering und nicht realitätsnah genug gewesen sein, wodurch Betroffene ihre Defizite gut kompensieren konnten.

In komplexeren und anspruchsvolleren Situationen im Simulator, die eine stärkere Anpassung des eigenen Fahrverhaltens an die umgebenden Verkehrsteilnehmer erfordern, sind Fahrer mit einem Schlaganfall hingegen teilweise überfordert. Dies ließ sich unter anderem in einer von HIRD et al. (2015) durchgeführten Studie beobachten. Die Wissenschaftler untersuchten im Simulator das Fahrverhalten von insgesamt 10 Schlaganfallpatienten unmittelbar (zwei bis sechs Tage) nach dem Ereignis und verglichen dieses mit dem einer gesunden Kontrollgruppe ($n = 10$). Dabei konnten simple Fahraufgaben wie Rechtsabbiegen und Linksabbiegen ohne Gegenverkehr gut von den Betroffenen bewältigt werden. Erst mit steigender Aufgabenschwierigkeit, wie beim Linksabbiegen mit Gegenverkehr oder dem Folgen eines Busses, zeigten sich signifikant mehr Fahrfehler und Unfallereignis-

se als in der Kontrollgruppe. Beobachtbare Fehler waren eine schlechte Spurhaltung, Geschwindigkeitsüberschreitungen und Kollisionen mit dem entgegenkommenden Verkehr. Bezüglich der kognitiven Leistungsfähigkeit zeigten sich zwischen den zwei Gruppen signifikante Unterschiede in der Bearbeitungsgeschwindigkeit des TMT B ($p = .035$), welche auf eine psychomotorische Verlangsamung der Patienten und Defizite in der mentalen Flexibilität hindeuten. Limitierend bleibt zu erwähnen, dass es sich um eine sehr kleine Stichprobe in der Zeit unmittelbar nach einem Schlaganfall handelt. Die neurologische Regeneration erstreckt sich aber über mehrere Monate bis Jahre (KOTTERBA, WIDDIG, BRYLAK & ORTH, 2005), weshalb die beobachtbaren Leistungen nicht zwingend überdauernd gewesen sein müssen.

Eine realitätsnähere Erfassung des Fahrverhaltens von Schlaganfallpatienten erhofften sich THOMPSON, READ, ANDERSON und RIZZO (2011) durch ihre Untersuchung mithilfe einer naturalistischen Fahrverhaltensbeobachtung. Hierbei wurde, durch im Auto installierte Kameras, über drei Monate das alltägliche Fahrverhalten von Fahrern nach einem Schlaganfall aufgezeichnet. Die Aufzeichnung von Videomaterial wurde dabei nach festen Zeitintervallen sowie bei abrupten Fahrmanövern, die über die Erfassung der Fliehkräfte identifiziert wurden, an und ausgeschaltet. Die Autoren berichten, dass teilweise massive Verkehrsverstöße, wie z. B. das Überfahren von roten Lichtsignalanlagen oder Stoppschildern, beobachtet werden konnten (THOMPSON, READ, ANDERSON & RIZZO, 2011). Solche extremen Verhaltensweisen konnten jedoch nur selten beobachtet werden, was aber auch durch den Aufzeichnungsmodus der Kameras bedingt gewesen sein könnte. Kritisch ist weiterhin anzumerken, dass die Stichprobe der Studie aus lediglich sechs Probanden bestand und es keine Kontrollgruppe gab, was die Aussagekraft der Ergebnisse deutlich einschränkt. Zusammenhänge zwischen kognitiven Beeinträchtigungen und Auffälligkeiten im Fahrverhalten wurden nicht berichtet. Nichtsdestotrotz könnte es sich um einen Ansatz halten, der bisherige Methoden zur Erfassung von kritischen Fahrverhaltensweisen sinnvoll ergänzen könnte.

Einen detaillierteren Einblick in krankheitsbedingte Fahrmängel von Schlaganfallpatienten ermöglicht die Studie von DEVOS, VERHEYDEN, VAN GILS, TANT und AKINWUNTAN (2015). Untersucht wurde das Fahrverhalten während einer praktischen Fahrverhaltensbeobachtung von insgesamt 73 Schlag-

anfallpatienten unter Berücksichtigung der zuvor erfassten kognitiven Leistungsfähigkeit und dem Ort der Läsion. Dabei korrelierten Läsionen im Bereich des Parietallappens signifikant negativ mit der Leistung in den Bereichen Kontrolle über fahrzeuginterne Steuerelemente (Lenkrad und Pedale; $r = -.24$; $p = .04$), Spurwechsel ($r = -.23$; $p = .047$) und Regulation der Geschwindigkeit ($r = -.23$; $p = .049$). Schlaganfälle im Bereich des linken Temporallappens korrelierten signifikant negativ mit der korrekten Ausführung operativer Fahraufgaben wie Spurhaltung und Kontrolle der fahrzeuginternen Steuerelemente ($r = -.35$; $p = .048$). Läsionen im Okzipital- und Frontallappen korrelierten signifikant negativ mit den kognitiven Leistungen im Bereich Sichtfeld ($r = -.30$; $p = .001$) und visuelle Aufmerksamkeitsleistung ($r = -.26$; $p = .02$), nicht jedoch mit Defiziten in spezifischen Fahrkompetenzen. Eine mögliche Erklärung für die fehlenden Zusammenhänge könnte das verhältnismäßig junge Durchschnittsalter der Probanden ($M = 56$, $SD = 11$) sein, die möglicherweise über noch bessere Kompensationsmöglichkeiten verfügen als ältere Schlaganfallpatienten in anderen Untersuchungen. Zudem geben die Autoren zu bedenken, dass es aufgrund der Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr zu wenigen anspruchsvollen Situationen gekommen sei. Da einfache Fahr Situationen von den Betroffenen gut bewältigt wurden, konnten auch nur wenige Zusammenhänge zwischen Auffälligkeiten im Fahrverhalten und einzelnen kognitiven Funktionen berichtet werden.

Insgesamt gibt es nur wenige Studien, die systematisch die Fahrkompetenz von Schlaganfallpatienten überprüft und Zusammenhänge mit kognitiven Defiziten untersucht haben (HIRD, VETIVELU, SAPOSIK & SCHWEIZER, 2014). Erkenntnisse in dem Bereich wären aber zwingend erforderlich, da es Hinweise gibt, dass manche Schlaganfallpatienten eine nur reduzierte Einsicht in ihre fahrrelevanten Defizite haben (KOTTERBA, WIDDIG, BRYLAK & ORTH, 2005; MCKAY, RAPPORT, COLEMAN BRYER & CASEY, 2011). Dies könnte sich negativ auf die Kompensationsfähigkeit der vorhandenen Defizite auswirken und möglicherweise zu einem erhöhten Unfallrisiko für die Betroffenen führen.

Unfallrisiko

Ob Fahrer nach einem Schlaganfall auch ein erhöhtes Unfallrisiko aufweisen, wurde bereits in mehreren Studien untersucht. DEVOS et al. (2011) kom-

men in ihrer Metaanalyse bezüglich des Unfallrisikos, welches von Schlaganfallpatienten ausgeht, zu keiner eindeutigen Aussage. So berichten lediglich drei der elf sich mit dem Unfallrisiko befassenden Studien signifikant höhere Unfallraten von Schlaganfallpatienten im Vergleich zu gesunden Kontrollgruppen. Folglich scheint ein Teil der untersuchten Schlaganfallpatienten keine Defizite zu haben, die vorhandenen Defizite gut zu kompensieren oder bei nicht kompensierbaren Defiziten nicht weiter Autofahren. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die bei DEVOS und Kollegen (2011) berichteten Unfallzahlen auf Stichproben beruhen, die sich einer Fahrereignisüberprüfung unterzogen haben. Eine Fahrsimulatorstudie konnte zeigen, dass Patienten nach einem Schlaganfall von fahrkompetenzbezogenem Feedback profitieren können (MCKAY, RAPPORT, COLEMAN BRYER & CASEY, 2011). Entsprechend könnten negative Fahrereignisbeurteilungen in den betroffenen Stichproben in einem freiwilligen Verzicht auf das Autofahren oder in verstärkten Kompensationsbemühungen münden und in der Folge zu geringeren Unfallzahlen geführt haben.

Auch bei einer Befragung von SCHANKE, RIKE, MØLMEN und ØSTEN (2008) berichtete eine Gruppe von Schlaganfallpatienten ($n = 65$) sechs bis neun Jahre nach dem Ereignis im Vergleich zur Normpopulation keine erhöhte Unfallrate (5,2 vs. 6,49 Unfälle pro Million gefahrene Kilometer; $p > .05$). Die Aussagen der in der Studie befragten Fahrer suggerieren dabei verstärkte Kompensationsbemühungen. So gaben diese an im Vergleich zu der Zeit vor dem Ereignis signifikant häufiger Autobahnen, Fahrten bei Nacht oder im Berufsverkehr zu vermeiden.

Im Gegensatz dazu, zeigten Probanden nach einem leichten Schlaganfall während einer Fahrt im Simulator ein signifikant höheres Risiko einen Unfall zu verursachen (KOTTERBA, WIDDIG, BRYLAK & ORTH, 2005). Dies galt allerdings nur für Patienten mit Schlaganfällen im Versorgungsgebiet der Arteria Cerebri Media (ACM) ($n = 24$), nicht aber für Patienten mit einem Schlaganfall in der Arteria Vertebralis (AV) ($n = 8$). Zusätzlich zeigten die ACM Probanden signifikant mehr Fahr- und Konzentrationsfehler, wie zum Beispiel nicht eingeschaltetes Abblendlicht bei Dunkelheit, Missachten von Lichtsignalanlagen oder Vorfahrtsregelungen sowie überhöhte Geschwindigkeit. Ein hemisphärenspezifischer Unterschied war nicht beobachtbar. Ebenso fand sich in dieser Studie keine Korrelation zwi-

schen der Fahrkompetenz im Simulator und der berichteten Unfallzahl im Realverkehr. Insbesondere letzteres könnte darauf hindeuten, dass Betroffene, wie in bereits oben zitierten Studien beobachtbar, im Realverkehr Defizite durch unterschiedliche Kompensationsstrategien besser ausgleichen können als im Simulator. Limitierend ist anzumerken, dass das Alter als Einflussvariable in dieser Studie nicht kontrolliert wurde. Weiterhin ist nicht ersichtlich, ob die erfassten Unfälle im Realverkehr sich nur auf die Zeit nach dem Schlaganfall oder auf Unfälle insgesamt beziehen. Im letzteren Fall wäre kein Zusammenhang mit dem aktuellen Fahrverhalten (im Simulator) zu erwarten. Die kognitive Leistungsfähigkeit wurde lediglich im Bereich Alertness erfasst. Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen kognitiven Beeinträchtigungen und beobachtbaren Mängeln im Fahrverhalten. Kritisch anzumerken ist, dass das Kriterium für kognitive Defizite im PC Test bei einem Prozentrang von 27 und damit sehr streng festgelegt wurde. Entsprechend ist eine nicht nachvollziehbare Anzahl von Fahrern, die nach dem üblichen Kriterium eines Prozentrangs von 16 (vgl. GRÄCMANN & ALBRECHT, 2018) kognitiv unauffällig gewesen wären, in diesem Fall als auffällig klassifiziert worden. Dies könnte zu einer Verzerrung der Ergebnisse geführt haben, da nach den in dieser Studie angesetzten Kriterien kognitiv beeinträchtigte Fahrer gute Fahrkompetenzen gezeigt haben.

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Schlaganfälle verhältnismäßig häufige Ereignisse sind. Als Folge eines Schlaganfalls auftretende kognitive Defizite können die Fahrkompetenz signifikant und teilweise überdauernd einschränken. Das Ausmaß der Beeinträchtigungen scheint interindividuell sehr stark zu variieren. Können Defizite nicht mehr angemessen kompensiert werden, scheinen, verglichen mit anderen Erkrankungen, verhältnismäßig viele der Betroffenen freiwillig auf das Fahren zu verzichten. Möglicherweise sind Patienten durch das plötzliche Auftreten der Symptomatik und die teils starke körperliche Begleitsymptomatik eher dazu bereit, das aktive Fahren (zeitweise) einzustellen. Diese Annahme soll in Kapitel 5.1 eingehender diskutiert werden.

Auftretende Defizite sind abhängig von der Lokalisation des Schlaganfalls theoretisch in allen kognitiven, motorischen und sensorischen Funktionen

möglich. Im Hinblick auf die Fahrkompetenz fanden die hier einbezogenen Studien jedoch ausschließlich signifikante Zusammenhänge mit der geteilten und selektiven Aufmerksamkeit, der mentalen Flexibilität, kognitiver und visueller Verarbeitungsgeschwindigkeit, der visuellen Explorationsleistung und der psychomotorischen Leistungsfähigkeit.

Diese hingen mit Mängeln in unterschiedlichen Bereichen des Fahrverhaltens zusammen. So wurde berichtet, dass Betroffene wenig vorausschauend fahren, unaufmerksam gegenüber Verkehrsschildern, Lichtsignalanlagen oder Fahrradwegen sind, zu wenig absichern und die Geschwindigkeit nur unzureichend anpassen. Dabei handelt es sich nach MICHON (1985) am ehesten um taktische Aspekte der Fahraufgabe. Mängel bei eher operativ geprägten Fahraufgaben, wie die Kontrolle über Steuerelemente, die Steuerung des Fahrzeuges oder das Halten der Spur, wurden insbesondere unter anspruchsvollen Bedingungen während komplexer Simulatorszenarien beobachtet.

Insgesamt ergeben sich Hinweise, dass Patienten nach einem Schlaganfall eher in komplexen Verkehrssituationen überfordert sind, was im Rahmen von Simulatorfahrten zu einem signifikant erhöhten Unfallrisiko führen kann. Ob bei dieser Gruppe von beeinträchtigten Fahrern das Unfallrisiko insgesamt erhöht ist, kann nach Sichtung der Literatur nicht abschließend beantwortet werden. Mehrere Studien konnten bei Menschen nach einem Schlaganfall außerhalb des Simulators kein erhöhtes Unfallrisiko nachweisen. Eine mögliche Erklärung für das nicht erhöhte Unfallrisiko bei alltäglichen Fahrten könnte der hohe Anteil von Betroffenen sein, die das aktive Autofahren (zeitweise) einstellen. Alternativ könnten adäquate Kompensationsbemühungen Risiken effektiv minimieren. Auch dieser Aspekt soll in Kapitel 5.1 eingehender beleuchtet werden.

Ein im Rahmen dieses Berichtes nicht berücksichtigtes Risiko ist das des plötzlichen Kontrollverlustes bei erneutem Auftreten eines Schlaganfallereignisses im Fahrzeug. Dieses ist von einer Vielzahl von Faktoren, wie zum Beispiel dem Alter, Vorerkrankungen und der Pkw-Nutzung abhängig (MARX, 2018). Entsprechend sind verallgemeinernde Aussagen diesbezüglich unzulässig und das Risiko muss im Einzelfall beschrieben werden. Zu diesem Zweck einsetzbare Modelle der Risikokumulation finden sich unter anderem bei MARX (2018).

3.5 Schädel-Hirn-Traumata

Eine Schädel-Hirn-Verletzungen oder auch Schädel-Hirn-Traumata (SHT) entsteht bei traumatischer Einwirkung auf den Kopf, zum Beispiel bei einem Sturz oder (Verkehrs-)Unfall. Bei jüngeren Erwachsenen sind Verkehrsunfälle Hauptursache für ein SHT (BROUWER & WITHAAR, 1997; SCHANKE, RIKE, MØLMEN & ØSTEN, 2008). Dabei kann es je nach Art des Ereignisses zu unterschiedlich starken Substanzschädigungen des Gehirns kommen. Die Folge können ausgeprägte neurologische und neuropsychologische Ausfallerscheinungen und Beeinträchtigungen sein. Leichte SHT, im Sinne eines *Comotio cerebri* (ugs. Gehirnerschütterung), führen in der Regel nur kurzfristig zu Beeinträchtigung der Betroffenen und sind per Definition reversibel. Entsprechend sind sie im Hinblick auf längerfristige Beeinträchtigungen der Fahrkompetenz von geringerer Bedeutung. Die verkehrssicherheitsbezogenen Aussagen des folgenden Kapitels sollen sich entsprechend ausschließlich auf mittlere und schwere SHT beziehen.

Inzidenz

In einer großangelegten Untersuchung im Raum Hannover und Münster erfassten RICKELS, WILD und WENZLAFF (2011) alle wegen eines SHT im Krankenhaus behandelten oder untersuchten Patienten. Dabei zeigte sich, dass rund 91 % ein leichtes, rund 4 % ein mittelschweres und rund 5 % ein schweres SHT erlitten hatten. Die Inzidenz beträgt laut Autoren 332/100.000, woraus sich auf Gesamtdeutschland übertragen 273.000 Betroffene pro Jahr ergeben (RICKELS, WILD & WENZLAFF, 2011). Nach einem Jahr gaben rund 36 % der Befragten an, sich weiterhin in (ambulanter) Behandlung zu befinden. Beachtenswert ist dabei, dass ein Großteil dieser Patienten lediglich ein leichtes SHT erlitten hatte, welches nicht zwingend eine stationäre Aufnahme in der Klinik erforderlich gemacht hatte. Rund 21 % der Befragten klagten zudem auch nach einem Jahr über Probleme in der Schule oder im Beruf. Nicht erfragt wurde hingegen, wie viele der Betroffenen nach dem Ereignis weiterhin Autofahren beziehungsweise, aufgrund ihres jungen Alters zum Ereigniszeitpunkt, noch planen, das Autofahren zu erlernen.

Anzahl aktiver Autofahrer

Dies wurde bei PONSFORD et al. (2013) erfasst, die in einer Längsschnittstudie Patienten mit mittelschwerem bis schwerem SHT nach zwei, fünf und 10 Jahren zu den erlebten Beeinträchtigungen als Folge des Ereignisses befragt haben. Von den 141 Probanden, die an allen Follow-up Befragungen teilgenommen haben, gaben nach zwei Jahren rund 50 % an, wieder aktiv Auto zu fahren. Nach fünf beziehungsweise 10 Jahren stieg die Anzahl der aktiven Fahrer auf rund 70 % an. Zu berücksichtigen ist, dass es sich ausschließlich um Patienten handelte, die im Rahmen einer rehabilitativen Maßnahme täglich drei bis fünf Stunden multidisziplinäre Therapie erhalten hatten, was zu einem besseren Outcome geführt haben könnte.

In der Studie von BIVONA et al. (2012) mit 60 Probanden mit schwerem SHT gaben 50 % an wieder aktiv Auto zu fahren, beziehungsweise nach dem Ereignis das Autofahren erlernt zu haben.

Zusammenhang mit der Fahrkompetenz

Die am häufigsten genannten Beschwerden nach einem mittelschwerem bis schwerem SHT liegen in den Bereichen kognitive Leistungsfähigkeit, Kommunikation und Emotion (PONSFORD et al., 2013). Inwiefern diese und weitere Folgen eines SHT einen Einfluss auf die Verkehrssicherheit ausüben, wurde bereits in mehreren Studien untersucht. In der Studie von RADFORD, LINCOLN und MURRAY-LESLIE (2004) zeigten 73 % der untersuchten 52 Patienten nach einem SHT in einer Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr ein weitestgehend unauffälliges Fahrverhalten. Die Probanden mit guter und nicht mehr ausreichender Fahrkompetenz ließen sich dabei insbesondere anhand ihrer Leistungen in Tests zur Prüfung von selektiver Aufmerksamkeit und Konzentration (*concentration*), verkehrsrelevanten Wissen (Verkehrszeichen korrekten Situationen zuordnen), exekutiver Funktionen (logisches Denken und Inhibitionsleistung), Visuokonstruktion und Informationsverarbeitung (*information processing*) differenzieren.

In einer weiteren Studie haben rund 82 % der Patienten mit nicht näher beschriebenen SHT eine Fahrverhaltensprobe bestanden (McKENNA & BELL, 2007). Allerdings betonten die Autoren, dass die Gruppe von SHT-Patienten aus vielen sehr leistungsstarken und einigen sehr leistungsschwachen Probanden bestanden hat, wodurch ein Decken-

effekt entstanden sein könnte. Die schwachen Fahrer in der Gruppe zeigten Defizite in den Bereichen exekutive Funktionen, Praxie (Gesten erkennen und imitieren) und im Sprachverständnis (Token Test). Auch in dieser Studie wurden keine konkreten Angaben zu den durch die Patienten begangenen Fahrfehlern gemacht und lediglich zwischen den zwei Ausprägungen Fahrprobe bestanden und nicht bestanden unterschieden.

Im Gegensatz dazu wurde bei verschiedenen Studien mit Fahrverhaltensbeobachtung im Simulator detaillierte Angaben zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten von Probanden mit mittlerem bis schwerem SHT berichtet. So zeigten in der Studie von LEW et al. (2005) rund 55 % der Betroffenen ($n = 11$) eine nicht mehr ausreichende Fahrkompetenz. Die Gruppe der SHT Probanden hatte verglichen mit der Kontrollgruppe ($n = 16$) Schwierigkeiten bei der Geschwindigkeitsregulation, beim Steuern des Fahrzeuges, begingen insgesamt fast fünfmal so viele Verkehrsregelverstöße und verursachten signifikant mehr Unfälle während der Simulatorfahrt. Da es sich um eine Studie zur Prüfung der prädiktiven Validität von Simulatorfahrten handelt, wurden keine kognitiven Leistungsparameter der Betroffenen erhoben. Die durch den Simulator erfasste Fahrkompetenz korrelierte signifikant mit dem über Angehörige erfassten Fahrverhalten 10 Monate später ($r = .66$; $p = .01$). Gleichzeitig zeigte sich bei schlechter Fahrkompetenz im Simulator eine Tendenz zu mehr Unfällen 10 Monate später, dieser Zusammenhang wurde aber nur marginal signifikant ($r = -.47$; $p = .07$). Auffällig ist, dass es zum ersten Messzeitpunkt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Fahrkompetenz im Simulator und der Fahrkompetenz in einer Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr gab. Dies könnte durch die nur sehr kleine Stichprobe von lediglich elf Probanden bedingt gewesen sein. Die Ergebnisse der Studie von LEW und Kollegen sollten entsprechend mit Vorsicht interpretiert werden.

Ebenfalls im Simulator untersuchten CYR et al. (2009) die beobachtbare Unfallhäufigkeit von SHT-Patienten ($n = 17$) während der Bearbeitung einer Zweitaufgabe zur Prüfung der geteilten Aufmerksamkeit. Davon hatten zwei Probanden ein mittleres SHT (Glasgow-Coma-Scale von 9 – 12) und insgesamt 15 Probanden ein schweres SHT (Glasgow-Coma-Scale < 9) erlitten. Verglichen mit der Kontrollgruppe ($n = 16$) kam es bei den Probanden mit SHT zu signifikant mehr Unfällen in Hochrisikosituationen. Die Reaktionszeit in der Zweitaufgabe kor-

relierte dabei signifikant mit dem Unfallrisiko in der Patientengruppe ($r = .58$, $p = .01$), nicht aber in der Kontrollgruppe ($r = .15$, $p = .58$).

Unfallrisiko

Ein erhöhtes Unfallrisiko von Fahrern nach einem SHT im Realverkehr wurde auch in mehreren Studien beschrieben. In der von BIVONA et al. (2012) an einer Rehaklinik durchgeführten Studie wurden ausschließlich Patienten mit schwerem SHT ($N = 60$) einbezogen. Die Betroffenen hatten mindestens 24 Stunden im Koma gelegen und einen Punktwert ≤ 8 auf der Glasgow-Coma-Scale erhalten. Insgesamt 30 (50 %) der in die Studie eingeschlossenen Patienten fuhren nach dem Ereignis weiterhin Auto oder machten ihren Führerschein (z. B. im Falle von Minderjährigkeit zum Ereigniszeitpunkt). Dabei zeigten sich im Rahmen einer Befragung der Angehörigen deutliche Auffälligkeiten im Fahrverhalten. So berichteten die Angehörigen von 63 % der wieder fahrenden Patienten, diese seien seit dem SHT in einen Unfall verwickelt gewesen, einige davon mehrfach. Dabei lag bei 26 von 36 (72 %) der Unfälle die Hauptschuld beim Patienten. Verglichen mit dem ebenfalls in dieser Studie erfassten Unfallrisiko vor dem SHT ist das relative Risiko an einem Unfall beteiligt zu sein nach einem SHT dreimal so hoch (RR 3.07, 95 % CI 1.76–5.37, $p < .05$) und das Risiko einen Unfall zu verursachen mehr als doppelt so hoch (RR 2.11, 95 % CI 1.00–4.49, $p < .05$). Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass der erfasste Zeitraum für das Unfallgeschehen nach dem SHT nicht berichtet wurde. Auch gab es keine Kontrollgruppe, wodurch die Interpretation der Ergebnisse erschwert wird.

FORMISANO et al. (2005) befragten mittels Telefoninterviews die Angehörigen von insgesamt 90 Patienten mit schwerem SHT. Von den 29 noch fahrenden Patienten waren seit dem Ereignis 11 (28 %) an einem oder mehreren Verkehrsunfällen beteiligt gewesen. Verglichen mit der Normpopulation in Italien hatten sie ein 2,3-fach erhöhtes relatives Risiko für einen Verkehrsunfall ($p < .01$). Kritisch anzumerken ist, dass sich die Anzahl der Verkehrsunfälle in der Normpopulation nur auf Unfälle mit Personenschaden (Krankenhauseinweisungen) bezieht, während die Angehörigen der SHT-Patienten nach allen Unfällen, also auch solchen mit reinem Sachschaden befragt wurden. Die Vergleichbarkeit der Daten ist entsprechend anzuzweifeln.

Auch SCHANKE, RIKE, MØLMEN und ØSTEN (2008) haben in einer Längsschnittstudie Probanden, die sich wegen eines mittleren oder schweren SHT ($n = 26$) – oder eines Schlaganfalls in rehabilitativer Behandlung befanden ($n = 65$) nach sechs bis neun Jahren zu ihrem aktuellen Fahrverhalten und zu ihrer Beteiligung an Verkehrsunfällen vor und nach dem Ereignis befragt. Dabei zeigte sich verglichen mit der Normpopulation für die Fahrer mit SHT ein signifikant erhöhtes Unfallrisiko (15,0 vs. 6,25 pro Millionen Kilometer, $p < .05$). Auch bei den nicht offiziell bei einer Behörde (Polizei/Versicherung) gemeldeten Unfällen war das berichtete Unfallrisiko der SHT-Patienten dreimal höher als das der Schlaganfallpatienten. Dies könnte unter anderem durch die unzureichenden Kompensationsbemühungen der SHT-Gruppe bedingt sein. So berichteten die Schlaganfallpatienten in dieser Studie nach dem Ereignis ihr Fahrverhalten den neuen Bedingungen angepasst zu haben, berichteten die SHT-Patienten keinerlei Änderung ihres Fahrverhaltens in der Folge ihrer Hirnverletzung (SCHANKE, RIKE, MØLMEN & ØSTEN, 2008). Entsprechend führen die Autoren die hohe berichtete Unfallrate der SHT-Patienten auf deren mangelnde Kompensationsbemühungen zurück.

Im Gegensatz zu den bisher zitierten Studien konnten SCHULTHEIS, MATHEIS, NEAD und DELUCA (2002) bei insgesamt 47 Patienten mit nicht näher bezeichnetem SHT kein signifikant erhöhtes Unfallrisiko beobachten. Dabei wurden die Betroffenen und 22 gesunde Kontrollprobanden nach sowohl offiziell erfassten als auch nicht erfassten Unfallereignissen befragt. Dabei zeigte sich weder für polizeilich erfasste ($p = 1.00$) noch für kleinere, nicht offiziell erfasste, Unfälle ($p = .59$) ein signifikanter Unterschied zwischen den zwei Gruppen. Bei der Interpretation der Daten muss jedoch berücksichtigt werden, dass nur solche SHT-Patienten eingeschlossen wurden, die nach ihrem SHT im Rahmen einer Fahrverhaltensbeobachtung als fahrgeeignet klassifiziert wurden. Entsprechend verfügten sie über eine ausreichende Fahrkompetenz und sind nicht repräsentativ für die Gesamtgruppe der SHT-Patienten. Weiterhin ist nicht ersichtlich welchen Schweregrad die SHT hatten. Unklar bleibt auch, ob die Fahrer kognitive oder fahrerische Defizite aufgewiesen haben und welche Leistungsdimensionen betroffen waren. Es ist entsprechend möglich, dass lediglich leicht betroffene Fahrer in die Studie eingeschlossen wurden, was die Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Studienergebnisse reduzieren würde.

Exkurs: Wesensveränderung nach SHT

ORTOLEVA, BRUGGER, VAN DER LINDEN und WALDER (2012) identifizierten hingen in ihrem Review bei der Analyse von insgesamt sieben einbezogenen Studien die selektive und geteilte Aufmerksamkeit, kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit, visuelle Wahrnehmung und exekutive Defizite (Verhaltensinhibition, Aufgabenwechsel und Planungsfähigkeit) als beste Prädiktorvariablen für die Fahrkompetenz nach einem SHT.

Infolge der exekutiven Defizite nach einem SHT können Aggressivität, Impulsivität, leichtere Irritierbarkeit, erhöhte Reizbarkeit sowie ein unzureichendes Störungsbewusstsein auftreten (CIURLI et al., 2010; GREVE et al., 2001; NIEMANN & HARTJE, 2016). Diese Symptomkonstellation bezeichnet man auch als dysexekutives Syndrom. McKENNA und Kollegen (2007) stellten anhand ihrer Beobachtungen die Hypothese auf, dass die bei einem dysexekutiven Syndrom beobachtbaren Verhaltensauffälligkeiten, während einer zeitlich und situativ begrenzten Fahrverhaltensbeobachtung möglicherweise nicht oder nur bei sehr ausgeprägter Symptomatik auftreten. So ließe sich die Diskrepanz zwischen den erhöhten Unfallzahlen der SHT-Patienten im Alltag und ihrem verhältnismäßig guten Abschneiden bei Fahrverhaltensbeobachtungen im Realverkehr erklären. Auch die bei LEW et al. (2005) beobachtbaren Unterschiede zwischen Fahrverhaltensbeobachtungen im Realverkehr und im Simulator könnten sich möglicherweise durch die nach einem SHT charakteristische dysexekutive Symptomatik erklären lassen. Eine Hypothese könnte lauten, dass Betroffenen aufgrund ihrer Verhaltensauffälligkeiten in einer vermeintlich sicheren Simulatorumgebung eher zu Risikoverhaltensweisen als im Realverkehr neigen und daher dort schlechter abschneiden. Ein Effekt, der bei gesunden älteren Probanden nicht oder nur in geringem Maße zu beobachten ist (CASUTT, MARTIN, KELLER & JÄNCKE, 2014). Aufgrund der Unklarheiten erscheint es zielführend, durch weitere Studien die Validität von Fahrverhaltensbeobachtungen im Simulator und Realverkehr bei Fahrern mit SHT zu prüfen.

Zusammenfassung

Abschließend lässt sich festhalten, dass SHT häufig auftreten und verhältnismäßig viele junge Menschen treffen. Eine Studie berichtet, dass nach zwei Jahren die Hälfte und nach fünf Jahren sogar zwei

Drittel der Probanden mit mittleren oder schweren SHT wieder aktiv Auto gefahren ist (PONSFORD et al., 2013). Der Anteil aktiver Fahrer nach einem SHT könnte somit, zumindest mittelfristig, relativ hoch sein. Im Rahmen von Fahrverhaltensbeobachtungen im Realverkehr zeigten Fahrer nach einem SHT verhältnismäßig gute Leistungen. Im Simulator hingegen ließen sich im Vergleich zu gesunden Kontrollen deutlichere Auffälligkeiten bei der Geschwindigkeitsregulation, Geschwindigkeitsvariabilität, dem Beschleunigungsverhalten, bei der Steuerung des Fahrzeuges im Sinne einer schlechten Spurhaltung und plötzlicher Lenkbewegungen, Regelverstöße und ein erhöhtes Risiko zu verunfallen beobachten. Entsprechend waren in dieser Gruppe vor allem Fahrfehler auf der operativen und taktischen Ebene zu beobachten.

Fahrfehler infolge eines SHT standen dabei im Zusammenhang mit Leistungsdefiziten in der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit, der selektiven und geteilten Aufmerksamkeit, der visuellen Wahrnehmung und visuokonstruktiven Leistungen, Sprachverständnis (Auffassungsgabe), dem verkehrsrelevanten Wissen, Praxis und dem Bereich exekutive Funktionen. Weiterhin berichtet eine Studie Zusammenhänge zwischen der Fahrkompetenz und den recht unspezifischen Begriffen Konzentration (*concentration*) und Informationsverarbeitung (*information processing*), die nicht näher erläutert wurden. Die Verwendung unspezifischer Begrifflichkeiten wird in Kapitel 5.2 eingehender diskutiert.

Insbesondere Beeinträchtigungen der exekutiven Funktionen könnten nach einem SHT aufgrund unzureichender Einsicht in die eigenen Fähigkeiten und Mängel zu reduzierten Kompensationsbemühungen und in der Folge beim Fahren im Alltag zu einem erhöhten Unfallrisiko führen. Weiterhin könnte es aufgrund exekutiver Defizite zu einer pathologischen Persönlichkeitsakzentuierung und in der Folge zu impulsiven und riskanten Fahrverhaltensweisen und Kommunikationsmustern im Straßenverkehr kommen. Für jüngere und gesunde Fahrer konnte bereits ein Zusammenhang zwischen der Ausprägung exekutiver Leistungen und riskanten Fahrverhaltensweisen beobachtet werden (HAYASHI, FOREMAN, FRIEDEL & WIRTH, 2018).

Fahrer nach einem mittleren bis schweren SHT hatten im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe in mehreren Simulatorstudien ein signifikant erhöhtes Risiko zu verunfallen. Auch im Rahmen von Befragungen zum Fahrverhalten berichten Angehörige

von Betroffenen eine signifikant erhöhte Unfallrate. Im Kontrast dazu stehen die vergleichsweise guten Ergebnisse von SHT-Patienten bei Fahrverhaltensbeobachtungen im Realverkehr. Es entsteht der Eindruck, dass die Betroffenen ihre Defizite über eine kürzere Zeitspanne bei vergleichsweise wenig fordernden Fahrten im Realverkehr kompensieren können. Kommt es aber auf längeren Fahrten im Alltag oder bei gesteigerten Anforderungen im Simulator zu kritischen Ereignissen, scheinen diese häufiger als bei gesunden Fahrern nicht mehr von den Betroffenen bewältigt werden zu können. Somit ergeben sich Hinweise, dass eine einmalige Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr nicht sensitiv genug ist, relevante Verhaltensauffälligkeiten bei SHT-Patienten valide zu erfassen. Zu einem ähnlichen Schluss kommt eine aktuelle Studie, in der das Fahrverhalten von insgesamt 72 Probanden mit leichtem, mittlerem oder schwerem SHT untersucht wurde (McKERRAL, MORENO, DELHOMME & GELINAS, 2019). Hier zeigten die Probanden in den zwei Jahren nach dem Ereignis anhand von im staatlichen Punkteregister erfassten Strafpunkten signifikant mehr Verkehrsauffälligkeiten und Regelverstöße als die Probanden in der Kontrollgruppe ($n = 90$). Dies galt auch für die SHT-Patienten, die zuvor im Rahmen einer Fahreignungsuntersuchung als fahrgerecht klassifiziert wurden. Auch im Vergleich zu den zwei Jahren vor dem Ereignis war die Anzahl an Verkehrsauffälligkeiten und Regelverstößen bei den SHT Probanden signifikant erhöht, nicht jedoch bei der Kontrollgruppe. Entsprechend deuten die Ergebnisse auf ein erhöhtes Risiko für riskante Fahrverhaltensweisen nach einem SHT hin, selbst wenn die Betroffenen zuvor eine Fahreignungsuntersuchung bestanden haben. Eine signifikant erhöhte Unfallrate konnte in dieser Studie hingegen nicht beobachtet werden. Möglicherweise auch deshalb, da die Probanden teilweise nur leichte SHT aufgewiesen haben und insgesamt die deutliche Mehrheit der SHT-Gruppe (48 vs. 24) zuvor als fahrgerecht klassifiziert wurde und entsprechend das erforderliche Mindestmaß an Fahrkompetenz aufgewiesen hat.

Limitierend sollte erwähnt werden, dass die hier berichteten Studien ausnahmslos über kleine Stichproben verfügen. Zukünftige Untersuchungen sollten versuchen, durch größere Stichproben eine bessere Generalisierbarkeit der Aussagen zu ermöglichen. Weiterhin fällt auf, dass es, auch im Gegensatz zu anderen Erkrankungen, kaum Studien gibt, die direkte Zusammenhänge zwischen beob-

achtbaren kognitiven Defiziten und konkreten Fahrverhaltensweisen herstellen. Entsprechend sind viele Detailfragen bezüglich des fahrkompetenz einschränkenden Potenzials von mittleren und schweren SHT noch nicht ausreichend untersucht worden. Unabhängig davon ist jedoch schon jetzt ersichtlich, dass aufgrund der Epidemiologie, des häufig jungen Alters der Betroffenen und den beobachtbaren Auffälligkeiten, eine Relevanz von zumindest mittleren und schweren SHT für die Verkehrssicherheitsarbeit besteht.

3.6 Hepatische Enzephalopathie

Die hepatische Enzephalopathie (HE) ist eine häufig bei akuten oder chronischen Lebererkrankungen auftretende Komplikation (ZHAN & STREMMEL, 2011). Im Rahmen der Erkrankung werden aufgrund einer krankheitsbedingt gestörten Leberfunktion potenziell giftige Stoffwechselprodukte nicht mehr in ausreichendem Maße aus dem Blut herausgefiltert und gelangen durch den Blutkreislauf in erhöhter Konzentration ins Gehirn. Dort können sie zu potenziell reversiblen Beeinträchtigungen der Hirnleistung führen, die sich häufig in Form von neuropsychologischen und neurologischen Defiziten äußern (FERENCI et al., 2002). Defizite treten insbesondere in den Bereichen Aufmerksamkeit, visuell-räumliche Wahrnehmung, kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit, Kurzzeitgedächtnis und Feinmotorik auf (ZHAN & STREMMEL, 2011). Darüber hinaus können in späteren Stadien Persönlichkeitsveränderungen und Beeinträchtigungen exekutiver Funktionen im Sinne einer reduzierten Selbstkontrolle, unzureichenden affektiven Belastbarkeit sowie einer mangelnden Eigenkritikfähigkeit auftreten (FERENCI et al., 2002). Im Anfangsstadium der Erkrankung sind die auftretenden kognitiven Defizite lediglich über neuropsychologische Tests zu erfassen, was die Diagnose einer HE häufig erschwert. Dieses subklinische Stadium bezeichnet man als minimale hepatische Enzephalopathie (mHE). Spätere Formen mit deutlicheren Beeinträchtigungen werden in die Grade eins bis vier unterteilt und unterscheiden sich insbesondere in ihrer Ausprägung neurologischer und neuropsychologischer Leistungseinbußen.

Prävalenz

Die Prävalenz der Leberzirrhose, eine der Hauptursachen für die HE, wird für industrialisierte Länder

mit 0,2 % angegeben (SCHWARZER, 2012). In Deutschland sind nach Schätzungen 400.000 an Leberzirrhose erkrankt, wobei von einer hohen Dunkelziffer ausgegangen wird. Von diesen Patienten leiden je nach Studie und angewendeten Diagnosekriterien 22 – 74 % an einer mHE und 30 – 45 % an einer ausgeprägten HE (DHIMAN et al., 2010). Auf alle Patienten mit Leberzirrhose in Deutschland übertragen, ergäbe sich daraus eine geschätzte Prävalenz von 0,1 – 0,4 % für die mHE und 0,15 – 0,22 % für die HE. Bezieht man weitere chronische Lebererkrankungen als mögliche Ursachen für eine HE in die Schätzung mit ein, so ist von einer weit höheren Prävalenz der HE auszugehen (KNOCHE, 2008).

Anzahl aktiver Fahrer

Aufgrund der zunächst nur subklinischen Ausprägung sind die Betroffenen im Anfangsstadium der Erkrankung in ihrem Alltag kaum bis gar nicht eingeschränkt. Folglich wenig überraschend gaben alle 42 bei BAJAJ, HAFEEZULLAH, HOFFMANN und SAEIAN (2007) befragten Probanden mit mHE an, weiterhin aktiv Auto zu fahren.

Auch in einer Stichprobe mit unterschiedlich stark betroffenen HE Patienten gaben rund 85 % an, weiterhin aktiv Auto zu fahren (KNOCHE, 2008). Es ergeben sich also Hinweise, dass der Anteil von aktiven Fahrern, zumindest in den subklinischen Stadien, sehr hoch ist. Um diese Anzahl noch genauer bestimmen zu können, sollten jedoch zukünftig weitere Untersuchungen mit größeren Stichproben initiiert werden.

Zusammenhang mit der Fahrkompetenz

Inwiefern sich Symptome und Beeinträchtigungen der Erkrankungen auf das Fahrverhalten der Betroffenen auswirken, wurde bereits in mehreren Studien untersucht. So verglichen KOCH et al. (2005) das Fahrverhalten von Patienten mit mHE ($n = 14$) und Kontrollprobanden ($n = 34$) im Rahmen einer Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr. Dabei unterschied sich die Bewertung des Fahrlehrers zwischen den Gruppen signifikant in den Bereichen Beachtung von Verkehrszeichen, Beachtung von Fußgängern und Regeln, Absichern, Spurhaltung sowie Blinken beim Richtungswechsel. Zudem musste der Fahrlehrer signifikant häufiger bei den mHE Probanden eingreifen um einen Unfall zu vermeiden. Kritisch zu berücksichtigen ist, dass das in

dieser Studie angewandte Diagnosekriterium für eine mHE mit Prozenträngen von ≤ 3 beziehungsweise ≤ 7 in den kognitiven Tests als sehr weitreichend angesehen werden muss (vgl. Empfehlung in GRÄCMANN & ALBRECHT, 2018). Entsprechend deutlich waren die kognitiven Beeinträchtigungen der Betroffenen und es ist fraglich, ob es sich beim Stadium der Erkrankung tatsächlich noch, wie von den Autoren postuliert, um eine mHE oder schon um eine ausgeprägte HE gehandelt hat. Des Weiteren wurden im Rahmen der Veröffentlichung keine detaillierten Ergebnisse der kognitiven Testungen genannt, was die Interpretation der Ergebnisse zusätzlich erschwert.

Eine differenziertere Betrachtung findet sich bei KIRCHEIS et al. (2009). Wie in Kapitel 3.5 beschrieben, besteht der Verdacht, dass insbesondere krankheitsbedingte Akzentuierungen der Persönlichkeit und deren Auswirkungen auf die Fahrkompetenz sich nur unzureichend im Rahmen von Fahrverhaltensbeobachtungen im Realverkehr überprüfen lassen. Um diesem Umstand gerecht zu werden haben KIRCHEIS et al. (2009) mit insgesamt 51 Patienten in unterschiedlichen Stadien der HE eine standardisierte Fahrverhaltensbeobachtung auf einem abgesperrten Übungsplatz durchgeführt. Während der Fahrt mussten vorgegebene (Fahr-)Aufgaben bewältigt werden. Dabei zeigten die Fahrer mit HE in mehreren Bereichen deutliche Auffälligkeiten. Die Fahrer mit HE fuhren während der Ausführung einer Zweitaufgabe signifikant langsamer und zeigten eine schlechtere Spurhaltung als die Kontrollgruppe. Weiterhin reagierten sie langsamer und unentschlossener (verminderte Bremskraft) auf ein unerwartetes Ereignis in Form eines auf die Fahrbahn rollenden Balles. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass bereits die Patienten im subklinischen Stadium Auffälligkeiten im Fahrverhalten aufweisen. Weiterhin waren bei den betroffenen Fahrern deutliche Beeinträchtigungen des Störungsbewusstseins beobachtbar. So bewerteten trotz der objektivierbaren Defizite auf der Teststrecke alle mHE und HE Probanden ihre Fahrkompetenz verglichen mit gleichaltrigen Fahrern als gut oder sehr gut.

Auch im Simulator lassen sich deutliche Auffälligkeiten im Fahrverhalten von HE Patienten beobachten. So konnten BAJAJ et al. (2008) bei insgesamt 42 untersuchten mHE Patienten Navigationschwierigkeiten und in der Folge signifikant mehr Abbiegefehler als in der Kontrollgruppe ($n = 48$) beobachten. Weiterhin kam es bei den Probanden mit

mHE zu signifikant mehr Unfällen als in der Kontrollgruppe. Fahrfehler und Unfälle korrelierten signifikant mit den Leistungen in den kognitiven Tests zur Erfassung visuokonstruktiver Leistungen, Aufmerksamkeit, kognitiver und visueller Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie exekutiven Leistungen in Form von Impulskontrolle. Die größte Korrelation fand sich dabei zwischen Auffälligkeiten im Fahrverhalten und den exekutiven Leistungen ($r = .60$; $p < .001$).

Ähnliche Ergebnisse berichten BAJAJ, HAFEEZULLAH et al. (2009) in einer weiteren Simulatorstudie mit einer größeren Stichprobe, die sowohl Fahrer mit mHE ($n = 51$) als auch mit HE ($n = 22$) und zwei Kontrollgruppen ($\sum n = 94$) beinhaltete. Die zwei HE Gruppen zeigten Auffälligkeiten in der Spurhaltung und im Rahmen der Simulatorfahrt eine signifikant erhöhte Anzahl an Unfällen. Die Fahrkompetenz korrelierte dabei signifikant mit den Leistungen in psychometrischen Tests zur Erfassung der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit ($r = -.44$; $p = .01$), der Aufmerksamkeit ($r = .34$; $p = .01$) und exekutiven Funktionen in Form der Inhibitions- und Arbeitsgedächtnisleistungen ($r = .32$; $p = .03$). Darüber hinaus beobachteten BAJAJ und Kollegen im Verlauf der Untersuchung einen deutlichen Leistungsabfall bei den mHE Patienten. Verglichen mit der ersten Hälfte der Untersuchung verließen die Betroffenen in der zweiten Hälfte signifikant mehr die Spur, fuhren zu schnell und verursachten signifikant mehr Kollisionen. Die Autoren vermuten, dass dafür die häufig bei HE auftretende Fatigue, ein Zustand mentaler und körperlicher Erschöpfung, verantwortlich sein könnte. Mit dieser Hypothese übereinstimmend, gaben im Rahmen der in der Studie durchgeführten Befragung signifikant mehr HE Patienten als Kontrollen an sich nach dem Autofahren müde zu fühlen.

Unfallrisiko

In einer weiteren Studie verglichen BAJAJ und SAEIAN et al. (2009) die Unfallraten zwischen mHE Patienten, die über ein Defizit in der inhibitorischen Kontrolle, also einer exekutiven Funktion, diagnostiziert wurden ($n = 97$), mit den Betroffenen, deren kognitive Beeinträchtigungen schwerpunktmäßig in den Bereichen Visuokonstruktion, kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit und Aufmerksamkeit, nicht aber im Bereich Exekutive lagen ($n = 91$). Beide Gruppen erfüllten die Kriterien für eine mHE. Allerdings wiesen nur diejenigen mit einer Diagnose auf-

grund von exekutiven Defiziten ein signifikant erhöhtes Unfallrisiko auf. Das Risiko dieser Patientengruppe im Vorjahr der Erhebung als Autofahrer einen behördlich erfassten Unfall erlebt zu haben war um das 5,72-fache erhöht (95 % CI 1.22-26.76; $p < .01$). Auch anhand der Selbstauskünfte war das Unfallrisiko der Erkrankten mit exekutiven Defiziten signifikant erhöht ($p < .01$). Da lediglich Unfallereignisse in der Gruppe der exekutiv beeinträchtigten Fahrer berichtet wurden, konnte in diesem Fall kein relatives Risiko berechnet werden. Zum Follow-up Messzeitpunkt zeigte sich für den Zeitraum ein Jahr nach Studienbeginn zwischen den zwei Gruppen kein statistisch signifikanter Unterschied im Risiko, einen Unfall verursacht oder ein verkehrsbezogenes Bußgeld erhalten zu haben. Im Rahmen einer logistischen Regression konnten allerdings die Diagnose mHE über exekutive Defizite (OR = 4.51; 95 % CI 1.12-19.39) und ein vorangegangener durch eine Behörde erfasster Unfall (OR = 2.96; 95 % CI 1.12-7.82) als Prädiktoren für ein erneutes Ereignis identifiziert werden. Trotz des deutlich erhöhten relativen Risikos sollte berücksichtigt werden, dass lediglich 16 % der mHE Patienten tatsächlich in einen Unfall verwickelt waren. Entsprechend ist eine differenzierte Erfassung und Beurteilung der Fahrkompetenz im Individualfall von großer Relevanz.

Im Gegensatz zu den bisher zitierten Studien beobachteten SUBASINGHE et al. (2016) in einer Stichprobe von 55 mHE Patienten in Sri Lanka im Vergleich zur Kontrollgruppe ($n = 55$) kein erhöhtes Unfallrisiko. Allerdings weist die Studie methodische Schwächen auf, weshalb ihre Ergebnisse nur mit Vorsicht interpretiert werden sollten. So wurden die Probanden nur nach Unfällen im Monat vor dem Studienbeginn befragt. Da Unfälle vergleichsweise selten sind (BAJAJ, SAEIAN et al., 2009), ist das Eintreten eines Unfallereignisses innerhalb eines Monats sehr unwahrscheinlich. Entsprechend erscheint der in der Studie verwendete Zeitraum zu kurz gewählt um eine repräsentative Erfassung von Unfallereignissen zu ermöglichen. Des Weiteren wurden die Unfälle nur über Selbstberichte erfasst und könnten somit aufgrund von Reaktanz oder sozial erwünschtem Antwortverhalten Verzerrungen unterliegen (DÖRING & BORTZ, 2016a). Zudem wird der Einsatz von Selbstberichten bei Fahrern mit reduzierten Störungsbewusstseins, wie in der mHE Population häufig der Fall, als kritisch angesehen (FORMISANO et al., 2005).

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die HE eine häufig auftretende Komplikationsform bei chronischen Lebererkrankungen darstellt. Der überwiegende Anteil der Betroffenen fährt zunächst weiterhin aktiv Auto. Es ergeben sich Hinweise, dass auch in späteren Krankheitsstadien eine relevante Anzahl der Betroffenen aktiv fährt. Allerdings sollte aufgrund der unbefriedigenden Datengrundlage die Anzahl der aktiven Fahrer zukünftig in größeren und repräsentativen Stichproben erneut untersucht werden um diese besser beziffern zu können.

Bereits in den klinisch noch unauffälligen Stadien lassen sich Defizite im Fahrverhalten beobachten, die im Vergleich zu gesunden Kontrollen zu einem signifikant schlechteren Fahrverhalten führen. Diese korrelieren mit den im Verlauf der Erkrankung progredienten kognitiven Defiziten. So konnten Zusammenhänge zwischen dem Fahrverhalten und den erfassten Leistungen in den Bereichen Visuo-konstruktion, Aufmerksamkeit, kognitive und visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit und Exekutive Funktionen beobachtet werden. Zusätzlich war in einer Studie ein deutlicher Leistungsabfall über die Zeit beobachtet worden, der auf eine reduzierte (kognitive) Belastbarkeit der Betroffenen hindeuten könnte. Dies wurde aber nicht systematisch untersucht.

MHE Patienten mit Defiziten im Bereich der exekutiven Funktionen zeigten im Straßenverkehr mehr Auffälligkeiten und eine schlechtere Fahrkompetenz als mHE-Patienten mit Defiziten in anderen kognitiven Bereichen. Insgesamt zeigten die Betroffenen im Rahmen verschiedener Studien eine schlechtere Spurhaltung, reagierten langsamer und weniger entschlossen auf unerwartete Ereignisse, sicherten zu wenig ab, beachteten Fußgänger und Verkehrsschilder nur unzureichend und navigierten schlechter. Zudem begangen die Betroffenen häufiger Regelverstöße und zeigten weniger Absicherungsverhalten. Beeinträchtigt sind also hauptsächlich taktische und im geringeren Ausmaß operative Aspekte der Fahraufgabe.

Zudem ergeben sich Hinweise auf ein erhöhtes Unfallrisiko der Betroffenen. Dieses Risiko zeigt sich sowohl im Simulator, bei den behördlich erfassten Unfalldaten und bei Selbstauskünften. Ähnlich wie bei SHT-Patienten (vgl. Kapitel 3.5) ist beim Vorliegen einer dysexekutiven Symptomatik von einem erhöhten Gefährdungspotenzial auszugehen. So

waren im Rahmen einer Studie die exekutiven Leistungen Impulskontrolle und inhibitorische Kontrolle von besonderem prognostischen Wert im Bezug auf das Unfallrisiko von HE-Patienten. Gleichzeitig berichtet eine Studie neben den kognitiven Defiziten und den Auffälligkeiten im Fahrverhalten auch von einer reduzierten Awareness für die eigene Fahrkompetenz. So verfügen die Betroffenen über eine reduzierte Einsicht in die beobachtbaren Mängel, was zu zusätzlichen Risiken für die Verkehrssicherheit führen könnte.

Kritisch berücksichtigt werden sollte, dass ähnlich wie bei der LKS (vgl. Kapitel 3.1) aktuell nicht eindeutig definierte diagnostische Kriterien, zumindest für die subklinischen Stadien der HE, festgelegt worden sind. Entsprechend ist unklar, inwiefern die einzelnen Studien miteinander vergleichbar sind. Insgesamt existieren, verglichen mit anderen neurologischen oder neurodegenerativen Erkrankungen, nur wenige Studien, die diese Patientengruppe im Hinblick auf ihre Fahrkompetenz untersucht haben. Hier wären weitere Studien in den kommenden Jahren wünschenswert, um von der Erkrankung ausgehende Risiken für die Verkehrssicherheit empirisch besser absichern zu können. Erschwerend kommt hinzu, dass in den wenigen Studien kaum direkte Zusammenhänge zwischen kognitiven Defiziten und der Fahrkompetenz berichtet werden. Viele der Studien beziehen sich lediglich auf Zusammenhänge zwischen Testleistungen und dem Fahrverhalten, versäumen es aber, die gemessenen Testergebnisse eindeutig auf die zugrundeliegenden kognitiven Leistungsdimensionen zurückzuführen. Auf diese Problematik soll in Kapitel 5.2 noch näher eingegangen werden.

4 Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und der Fahrkompetenz

Die Mehrheit der zum Thema Fahrkompetenz im Krankheitsfall publizierten wissenschaftlichen Studien verfolgt einen krankheitsorientierten Ansatz. Das heißt, Einflüsse auf die Fahrkompetenz werden anhand einzelner Krankheiten untersucht, analysiert und bewertet. Dieser Ansatz birgt sowohl Vor- als auch Nachteile. Zunächst ermöglicht er die Erstellung krankheitsbezogener Risikoprofile von denen beispielsweise Interventionen auf Gruppenebene abgeleitet werden können. Das erscheint zu-

nächst ökonomisch und praktikabel. Auf der anderen Seite werden bei diesem Ansatz individuelle Krankheitsverläufe, Symptomkonstellationen und Kompensationsmechanismen nur unzureichend berücksichtigt. Allgemeine Aussagen über die Fahrkompetenz aufgrund einer Grunderkrankung oder Diagnose sind somit unzulässig, weshalb Entscheidungen hinsichtlich der Fahrkompetenz stets eine individuelle Untersuchung des Betroffenen erfordern (PIERSMA et al., 2018).

Zur Prüfung der Fahrkompetenz im Krankheitsfall werden in der Praxis mehr oder weniger standardisierte Verfahren verwendet, um für die Fahraufgabe als relevant erachtete Leistungsdimensionen zu erfassen. Welche Leistungen konkret zu prüfen sind und welche Verfahren dabei zum Einsatz kommen sollten, ist umstritten (POSCHADEL, FALKENSTEIN, PAPPACHAN, POLL & WILLMES VON HINCKELDEY, 2009). Um diese zu identifizieren, haben einige Forschergruppen von einer krankheitsorientierten Untersuchung der Fahrkompetenz Abstand genommen und sind zu einem symptomorientierten Ansatz übergegangen (z. B. AKSAN, ANDERSON, DAWSON, UC & RIZZO, 2015; ANDERSON et al., 2012; McKENNA & BELL, 2007; NIEMANN & HARTJE, 2016). Hierbei soll unabhängig von der Grunderkrankung anhand quantifizierbarer (kognitiver) Leistungsparameter eine Vorhersage auf die Fahrkompetenz der Betroffenen erfolgen. Für die Konzeption geeigneter Testbatterien ist die Kenntnis der grundlegend zur Bewältigung der Fahraufgabe notwendigen kognitiven Leistungsdimensionen von zentraler Bedeutung. Die komplexen Zusammenhänge zwischen dem Führen eines Fahrzeuges und den dafür erforderlichen Leistungen sind aber noch unzureichend verstanden (VANLAAR et al., 2014).

Auch dieser Bericht kann sich der Beantwortung dieser Frage nur annähern. Die Anzahl hier eingeschlossener Studien, die konkrete Zusammenhänge zwischen der Fahrkompetenz und spezifischen (kognitiven) Leistungsdimensionen untersucht haben, ist überschaubar. Dabei muss zunächst zwischen solchen Studien unterschieden werden, die einen Zusammenhang zwischen kognitiven Leistungen und der Fahrkompetenz insgesamt beobachten konnten und solchen, die im Rahmen von Detailanalysen Zusammenhänge zwischen einzelnen kognitiven Funktionen und spezifischen Fahraufgaben beschrieben haben. Erstere ermöglichen eine Übersicht über relevante Funktionen, während letztere neue Erkenntnisse im Hinblick auf Kompen-

sationsmechanismen und zielführende Strategien zum Erhalt der Mobilität einzelner Individuen liefern können.

Aufgrund des explorativen Ansatzes des vorliegenden Berichtes sollen zunächst alle Ergebnisse rein deskriptiv dargestellt werden. Als Orientierungshilfe dienen dabei die von MICHON (1985) postulierten drei Ebenen der Fahraufgabe, die operative, taktische und strategische Ebene. Dabei werden die in den jeweiligen Publikationen verwendeten und teils ungenauen Begrifflichkeiten für einzelne kognitive Leistungen zunächst weitestgehend unkommentiert übernommen. Eine vertiefende und kritische Auseinandersetzung mit den berichteten Ergebnissen erfolgt in Kapitel 5 im Rahmen der Diskussion.

4.1 Exekutive Funktionen

Beschreibt man zunächst die Zusammenhänge der in den hier berücksichtigten Studien erfassten kognitiven Leistungen und der Fahrkompetenz, so entsteht der Eindruck, dass exekutiven Funktionen beim Führen von Fahrzeugen eine besondere Relevanz zukommt. Beeinträchtigungen dieser Art standen bei fünf von sechs Krankheiten in Zusammenhang mit der Fahrkompetenz der Betroffenen. Darüber hinaus ließen sich in mehreren Studien zwischen exekutiven Defiziten und der Fahrkompetenz stärkere Zusammenhänge beobachten als zu anderen erfassten Leistungsdimensionen (BAJAJ et al., 2008; BAJAJ, SAEIAN et al., 2009; LUNDQVIST, GERDLE & RÖNNBERG, 2000; McKENNA & BELL, 2007; ORTOLEVA, BRUGGER, VAN DER LINDEN & WALDER, 2012). In einer Studie war die Diagnosestellung der Erkrankung (mHE, vgl. Kapitel 3.6) anhand exekutiver Defizite ausschlaggebend für ein signifikant erhöhtes Unfallrisiko (BAJAJ, SAEIAN et al., 2009). Dabei ergeben sich Hinweise, dass exekutive Leistungen insbesondere in komplexen Fahrsituationen erforderlich sind, um ein Fahrzeug sicher führen zu können. Beeinträchtigungen in den zu den exekutiven Funktionen gezählten Leistungen Planungsfähigkeit, Inhibitionsfähigkeit, Impulskontrolle, Arbeitsgedächtnis oder mentale Flexibilität (vgl. Kapitel 2.1) führen primär zu Auffälligkeiten bei taktisch geprägten Fahraufgaben. So waren im Rahmen der hier eingeschlossenen Studien Zusammenhänge zwischen exekutiven Defiziten und einer unangemessenen Annäherungsgeschwindigkeit an Verkehrszeichen (STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRAD-

SHAW, 2006), unzureichender Anpassung von Abstand, Spurhaltung und Geschwindigkeit (BERTIS et al., 2017; DEVOS et al., 2013) und Fehler beim Linksabbiegen (DEVOS et al., 2013) beobachtbar. Es fanden sich aber auch Zusammenhänge mit eher operativ geprägten Fahraufgaben wie der Spurhaltung in Kurven (STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006) und der Spurhaltung unter 50 km/h (DEVOS et al., 2013). Darüber hinaus wurde in mehreren Studien ein Zusammenhang zwischen exekutiven Defiziten und der Fahrkompetenz insgesamt (AMICK, GRACE & OTT, 2007; McKENNA & BELL, 2007; ORTOLEVA, BRUGGER, VAN DER LINDEN & WALDER, 2012; RADFORD, LINCOLN & MURRAY-LESLIE, 2004; SNELLGROVE, 2005) sowie dem Unfallrisiko der Betroffenen (RIZZO, McGEHEE, DAWSON & ANDERSON, 2001) berichtet.

4.2 Aufmerksamkeitsleistungen

Als besonders relevant für das Führen eines Fahrzeuges werden die Aufmerksamkeitsfunktionen angesehen (JACOBS, 2016; POSCHADEL, FALKENSTEIN, PAPPACHAN, POLL & WILLMES VON HINCKELDEY, 2009). Dabei wird in aktuell etablierten Modellen zwischen den zwei Dimensionen Intensität (Alertness, Vigilanz, Daueraufmerksamkeit) und Selektivität (selektive Aufmerksamkeit, geteilte Aufmerksamkeit und Aufmerksamkeitswechsel) unterschieden (RÜSSELER, 2010).

Eine Studie fand einen Zusammenhang zwischen der selektiven Aufmerksamkeit und einer eher taktisch geprägten Fahraufgabe, nämlich dem Linksabbiegen (DEVOS et al., 2013). Insgesamt scheint die Leistungsfähigkeit im Bereich selektive Aufmerksamkeit für das Führen eines Fahrzeuges relevant, da mehrere Studien einen Zusammenhang mit der Fahrkompetenz insgesamt beobachten konnten (AMICK, GRACE & OTT, 2007; ORTOLEVA, BRUGGER, VAN DER LINDEN & WALDER, 2012; RADFORD, LINCOLN & MURRAY-LESLIE, 2004).

Der von FIMM, BLANKENHEIM und POSCHADEL (2015) faktorenanalytisch entwickelte Faktor geteilte Aufmerksamkeit wies signifikante Zusammenhänge mit den eher taktisch geprägten Fahraufgaben Fahrstreifenwechsel, vorausschauendes Fahren und Verhalten an komplexen Kreuzungen auf. Zudem beschrieben die Autoren einen signifikanten Zusammenhang mit der operativ geprägten Fahr-

aufgabe „Einhalten der Seitenposition“. Einen generellen Zusammenhang zwischen geteilter Aufmerksamkeit und Fahrkompetenz haben zudem McKENNA und BELL (2007) sowie ORTOLEVA, BRUGGER, VAN DER LINDEN und WALDER (2012) beschrieben.

Allerdings muss berücksichtigt werden, dass eine voneinander unabhängige Betrachtung der beiden Aufmerksamkeitsleistungen kaum möglich ist, da in der Mehrheit der einbezogenen Studien beide Leistungen gemeinsam im Rahmen eines Testes erhoben worden sind. Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Leistungen ist in diesem Fall nicht möglich. Ausgehend von den Ergebnissen in diesem Testverfahren ließen sich Zusammenhänge mit dem Befolgen von Navigationshinweisen (UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2004), bei der Geschwindigkeitsanpassung über 50 km/h (DEVOS et al., 2013), mit der Kollisionsdetektion (VAUX, NI, RIZZO, UC & ANDERSEN, 2010) sowie der allgemeinen Fahrkompetenz (UC et al., 2009) beobachten.

Drei weitere Studien beziehen sich zudem auf das recht unspezifische Konstrukt Aufmerksamkeit (attention), welches mit der Fahrkompetenz insgesamt (BAJAJ et al., 2008; RADFORD, LINCOLN & MURRAY-LESLIE, 2004; SNELLGROVE, 2005) und Unfallereignissen (BAJAJ, HAFEEZULLAH et al., 2009) zusammenhängt.

In keiner der im Rahmen dieses Berichtes einbezogenen Studien wurde der Zusammenhang zwischen Daueraufmerksamkeit beziehungsweise Vigilanz und Fahrkompetenz untersucht.

Ein weiteres Konstrukt auf das häufig im Kontext der Fahrkompetenz Bezug genommen wird ist die Informationsverarbeitung. Hier wird im Rahmen der einbezogenen Studien zwischen der (kognitiven) Informationsverarbeitung und der visuellen Informationsverarbeitung unterschieden.

Zwei Studien beziehen sich auf den allgemeinen Begriff Informationsverarbeitung (information processing). Hier zeigte sich ein Zusammenhang zur Spurhaltung in Kurven und dem verzögerten Halt an Lichtsignalanlagen (STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006), also zwei eher operativ geprägten Aspekten der Fahraufgabe. Weiterhin war ein Zusammenhang mit der Fahrkompetenz insgesamt beobachtbar (RADFORD, LINCOLN & MURRAY-LESLIE, 2004).

Im Gegensatz zur einfachen Informationsverarbeitung wird in dem Konstrukt kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit (mental processing speed) zusätzlich die Geschwindigkeit der Verarbeitungsprozesse berücksichtigt. Dieses Konstrukt wird zwar häufiger verwendet, dennoch werden lediglich recht unspezifische Zusammenhänge mit der Fahrkompetenz insgesamt (BAJAJ et al., 2008; ORTOLEVA, BRUGGER, VAN DER LINDEN & WALDER, 2012) und dem Unfallrisiko (BAJAJ, HAFEEZULLAH et al., 2009) berichtet.

Mit Fokus auf die Wahrnehmung visueller Reize wird davon abweichend häufig von der visuellen Verarbeitungsgeschwindigkeit (visual processing speed) gesprochen. Hier wurden Zusammenhänge mit dem Befolgen von Navigationshinweisen (UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2004), Geschwindigkeitsanpassungen über 50 km/h (DEVOS et al., 2013), einer schlechten Kollisionsdetektion (VAUX, NI, RIZZO, UC & ANDERSEN, 2010) sowie der Fahrkompetenz insgesamt (ORTOLEVA, BRUGGER, VAN DER LINDEN & WALDER, 2012; UC et al., 2009) beschrieben. Entsprechend sind mit der visuellen Verarbeitungsgeschwindigkeit zusammenhängende Fahraufgaben eher taktisch geprägt.

Ein weiteres in den Studien verwendetes Konstrukt mit Geschwindigkeitskomponente ist die psychomotorische Geschwindigkeit. Diese korreliert mit der gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeit und Reaktionszeit (BERATIS et al., 2017), der Spurhaltung unter 50 km/h (DEVOS et al., 2013) sowie dem Haltepunkt an Lichtsignalanlagen (STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006), also eher operativen geprägten Fahraufgaben.

4.3 Visuell-räumliche Leistungen

Eine weitere im Kontext von Erkrankungen häufig beeinträchtigte Gruppe von kognitiven Leistungen sind die visuell-räumlichen Leistungen. Dazu zählen üblicherweise räumlich-perzeptive, räumlich-kognitive, räumlich-topografische und visuokonstruktive Leistungen (vgl. Kapitel 2.1). Diese Begrifflichkeiten finden aber in der Praxis der Fahrkompetenzforschung kaum Verwendung. Einzig die Visuo-konstruktion wird häufig als alleinstehendes Konstrukt erfasst und hinsichtlich ihres Einflusses auf Fahrkompetenz untersucht. Hier wurden Zusammenhänge zwischen den erfassten Leistungen in

visuokonstruktiven Aufgaben und der Fahrkompetenz insgesamt (AMICK, GRACE & OTT, 2007; BAJAJ et al., 2008; RADFORD, LINCOLN & MURRAY-LESLIE, 2004; SNELGROVE, 2005; UC et al., 2009; UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2004) sowie dem Unfallrisiko (RIZZO, McGEHEE, DAWSON & ANDERSON, 2001) beschrieben. Konkretere Zusammenhänge werden lediglich bei STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK und BRADSHAW (2006) berichtet. Hier wurde ein Zusammenhang zwischen visuokonstruktiven Leistungen und der Annäherungsgeschwindigkeit an Lichtsignalanlagen und der Geschwindigkeit in Kurven berichtet. Diese entsprechen am ehesten taktischen Fahraufgaben.

Visuell-perzeptive Leistungen hingen mit dem Bremszeitpunkt vor Lichtsignalanlagen (eher taktisch) und dem Haltepunkt an Lichtsignalanlagen (eher operativ) zusammen (STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006).

Darüber hinaus wurde lediglich der Begriff visuell-räumliche Leistungen von DEVOS et al. (2013) aufgegriffen und zur Beschreibung eines durch zwei Testverfahren gemessenen Konstrukts verwendet. Eines der Verfahren stand dabei im Zusammenhang mit Geschwindigkeitsanpassungen über 50 km/h, dem Linksabbiegen und der Spurhaltung unter 50 km/h (DEVOS et al., 2013). Visuell-räumliche Leistungen scheinen entsprechend sowohl an der Bewältigung operativer als auch taktischer Fahraufgaben beteiligt.

Ein weiteres untersuchtes Konstrukt ist das der visuellen Aufmerksamkeit (visual attention). Diese steht in Zusammenhang mit der gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeit und Reaktionszeit (BERATIS et al., 2017) sowie mit der Fahrkompetenz insgesamt (McKENNA & BELL, 2007).

4.4 Sonstige Leistungen

Weiterhin zeigten sich Zusammenhänge zwischen der verbalen Gedächtnisleistung und dem Befolgen von Navigationshinweisen und individuellen Fahrfehlern, hauptsächlich im Bereich Spurhaltung (UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2004), sowie dem figuralen Gedächtnis und der Fahrkompetenz insgesamt (UC et al., 2009).

Darüber hinaus zeigten sich in einer Vielzahl von Studien Zusammenhänge zwischen dem generel-

len kognitiven Leistungsniveau, häufig erfasst über Screeningverfahren wie dem MMST, und der Fahrkompetenz insgesamt (DEVLIN, MCGILLIVRAY, CHARLTON, LOWNDES & ETIENNE, 2012; DEVOS et al., 2013; FRITTELLI et al., 2009; FUERMAIER et al., 2017; UC et al., 2009; WADLEY et al., 2009) sowie dem Unfallrisiko (RIZZO, McGEHEE, DAWSON & ANDERSON, 2001). Darüber hinaus berichten DEVOS et al. (2013) einen Zusammenhang mit der Geschwindigkeitsanpassung über 50 km/h und FRITTELLI et al. (2009) mit dem eingehaltenen Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug.

Mit der Fahrkompetenz insgesamt konnten weiterhin Zusammenhänge mit den Testergebnissen ausgewählter Sehleistungen (ORTOLEVA, BRUGGER, VAN DER LINDEN & WALDER, 2012; UC et al., 2009; UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2004), Praxis und Sprachverständnis (erfasst über Token Test)(McKENNA & BELL, 2007), Verkehrswissen (FUERMAIER et al., 2017; RADFORD, LINCOLN & MURRAY-LESLIE, 2004), logischem Denken (RADFORD, LINCOLN & MURRAY-LESLIE, 2004), der Auffassungsgabe (McKENNA & BELL, 2007), Gefahrenwahrnehmung (FUERMAIER et al., 2017) und der Konzentration (concentration; RADFORD, LINCOLN & MURRAY-LESLIE, 2004) beobachtet werden.

4.5 Beobachtbare Zusammenhänge bei gesunden Fahrern

Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und der Fahrkompetenz wurden auch bereits bei gesunden Fahrern untersucht. Gesund bedeutet hierbei laut Autoren, dass keine die Fahrkompetenz einschränkende Erkrankung bekannt gewesen ist und die Probanden in den im Rahmen der Studien verwendeten Screening-Tests die altersentsprechenden Normen erfüllt haben. Auch hier beschreibt eine Studie mit älteren Fahrern ($N = 55$, $M = 76,49$ Jahre) Zusammenhänge zwischen spezifischen Fahraufgaben und unterschiedlichen (kognitiven) Leistungen (CUENEN, JONGEN, BRIJS, BRIJS, LUTIN et al., 2016). Anhand einer Regressionsanalyse konnten die Autoren der Studie signifikante Prädiktoren für einzelne Fahraufgaben identifizieren. So ließ sich die Durchschnittsgeschwindigkeit und der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug unter anderem anhand motorischer Leistungen (Balance halten) vorhersagen. Die Aufmerksam-

keitsleistung war hingegen signifikanter Prädiktor für das Anhalten an Stoppzeichen und die Reaktion auf ein unerwartetes Ereignis. Die Gedächtnisleistung ermöglichte keine Vorhersage des Fahrverhaltens. Kritisch anzumerken ist, dass lediglich eine sehr kleine Anzahl von Leistungen geprüft wurde. So fanden beispielsweise die in diesem Bericht als relevant identifizierten exekutiven Funktionen bei CUENEN und Kollegen (2016) keine Berücksichtigung.

Auch AKSAN, ANDERSON, DAWSON, UC und RIZZO (2015) identifizierten mithilfe einer Regressionsanalyse signifikante Prädiktoren für spezifische Fahrverhaltensweisen bei gesunden (ohne diagnostizierte neurologische/neurodegenerative Erkrankung; $n = 71$) und kranken (mit diagnostizierter Alzheimer- oder Parkinsonerkrankung; $n = 77$) Fahrern. Dabei wurden die Ergebnisse der eingesetzten Testverfahren zur Erfassung der kognitiven Leistungsfähigkeit in die Faktoren Verarbeitungsgeschwindigkeit (speed of processing), Visuokonstruktion (visuospatial construction), Gedächtnis (memory) und Aufmerksamkeitswechsel (attentional set shifting) zusammengefasst. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass einzelne Faktoren für unterschiedliche Fahraufgaben relevant sind. So ermöglichte die visuokonstruktive Leistung eine Vorhersage der Fahrfehler bei Fahrten in wenig komplexen Fahrumgebungen, die Verarbeitungsgeschwindigkeit auf die Fahrfehler pro Meile sowie Gedächtnisleistung und mentale Flexibilität auf die Bewältigung einer Navigationsaufgabe. Im Gegensatz dazu konnte in dieser Studie weder das Alter noch der Gesundheitsstatus eine signifikante Vorhersage hinsichtlich der Fahrkompetenz leisten.

4.6 Zusammenfassung

Zur besseren Darstellung sollen die hier identifizierten Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und spezifischen Fahraufgaben auf das Fahrmodell von MICHON (1985) übertragen werden. Dabei wird zwischen operativen, taktischen und strategisch geprägten Fahraufgaben unterschieden (vgl. Kapitel 2.2).

Operative Fahraufgaben beziehen sich insbesondere auf die Steuerung und Stabilisierung des Fahrzeuges und beinhalten unter anderem Lenkbewegungen oder Bremsmanöver als Reaktion auf Ereignisse oder Stimuli (MICHON, 1985). Operativ geprägte Fahraufgaben hingen in den ein-

bezogenen Studien signifikant mit exekutiven Funktionen (DEVOS et al., 2013; STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006), der Informationsverarbeitung (STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006), visueller Aufmerksamkeit (BERATIS et al., 2017), psychomotorischer Geschwindigkeit (BERATIS et al., 2017; DEVOS et al., 2013; STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006), visuell-perzeptiven Leistungen (STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006), visuell-räumlichen Leistungen (DEVOS et al., 2013) und dem verbalen Gedächtnis (UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2004) zusammen.

Taktische Fahraufgaben hingegen beinhalten Verhaltensweisen und Entscheidungen, die die Fahrweise festlegen und sich auf konkrete Fahrmanöver beziehen (MICHON, 1985). Hier wären beispielsweise die Anpassung der Geschwindigkeit oder das Initiieren von Überholvorgängen zu nennen. Eher taktisch geprägte Fahraufgaben hingen in den einbezogenen Studien signifikant mit exekutiven Leistungen (BERATIS et al., 2017; DEVOS et al., 2013; STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006), selektiver und geteilter Aufmerksamkeit (DEVOS et al., 2013; UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2004; VAUX, NI, RIZZO, UC & ANDERSEN, 2010), visueller Verarbeitungsgeschwindigkeit (DEVOS et al., 2013; UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2004; VAUX, NI, RIZZO, UC & ANDERSEN, 2010), visuokonstruktiven Leistungen (STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006), visuell-perzeptiven Leistungen (STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK & BRADSHAW, 2006) und visuell-räumlichen Leistungen (DEVOS et al., 2013) zusammen.

Die strategische Ebene der Fahraufgabe bezieht sich auf Überlegungen zur Gestaltung der Fahrt, zum Beispiel zur Routenplanung, dem Zeitpunkt der Fahrt oder dem verwendeten Verkehrsmittel. Verschiedene Studien konnten zwar bei beeinträchtigten Fahrern (angemessene) Entscheidungen auf dieser Ebene beobachten (DEVLIN & MCGILLIVRAY, 2016; JOHNSON, FRANK, POND & STOCKS, 2013; LUNDQVIST, ALINDER & RÖNNBERG, 2008; SINGH, PENTLAND, HUNTER & PROVAN, 2007), allerdings wurde in keiner der hier berücksichtigten Studien der Zusammenhang zwischen kognitiven Leistungen und strategischen Aspekten der Fahraufgabe systematisch untersucht.

Entsprechend können auf dieser Ebene keine Zusammenhänge berichtet werden.

Welche kognitiven Leistungen während der Fahrt relevant sind, scheint dabei nicht nur mit der Art der Fahraufgabe sondern auch mit deren Komplexität zusammenzuhängen. Zunächst lassen sich bei sehr einfachen Fahraufgaben, wie dem Geradeausfahren ohne Nebenaufgabe, in gleich mehreren Studien keine Zusammenhänge mit kognitiven Leistungen beobachten (DEVOS et al., 2013; HIRD et al., 2015; RIZZO, McGEHEE, DAWSON & ANDERSON, 2001; UC, RIZZO, ANDERSON, SHI & DAWSON, 2004). Mit steigenden Anforderungen der Fahraufgabe werden dann auch verstärkt kognitive Leistungen erforderlich, um diese zu bewältigen. So konnte DREWITZ (2018) zeigen, dass abhängig von der Komplexität einer konkreten Fahraufgabe ein unterschiedlich hoher kognitiver Workload beobachtbar ist. Auch eine Studie zur Hirnaktivität bei unterschiedlich anspruchsvollen Fahraufgaben konnte zeigen, dass abhängig von der Komplexität der zu bewältigenden Fahraufgabe spezifische Hirnareale aktiviert werden, die mit unterschiedlichen kognitiven Leistungen assoziiert sind (SCHWEIZER et al., 2013). Weniger anspruchsvolle Fahraufgaben, wie zum Beispiel Rechtsabbiegen, werden häufig automatisiert ausgeführt und korrelierten in der Studie von Schweizer und Kollegen (2013) mit moderater parietaler und okzipitaler Hirnaktivität. Fahren unter anspruchsvollen Bedingungen, wie Linksabbiegen bei hohem Verkehrsaufkommen oder Fahren während der Bewältigung einer Zweitaufgabe, führt hingegen zu einer signifikanten Zunahme und einer Verlagerung der Hirnaktivität von eher posterioren zu anterioren Netzwerken, insbesondere unter Einbezug des Präfrontalkortex. Dieses Hirnareal ist im Allgemeinen mit den exekutiven Funktionen assoziiert (MÜLLER & MÜNTE, 2009). Diese Ergebnisse deuten somit auf eine von der Komplexität der Fahraufgabe abhängige und unterschiedlich stark ausgeprägte Einbeziehung einzelner kognitiver Funktionen beim Autofahren hin.

Dabei wird die Schwierigkeit der aktuellen Fahraufgabe vermutlich nicht nur durch deren Komplexität bestimmt, sondern scheint auch durch Umweltfaktoren, wie den Bekanntheitsgrad der Umgebung, moderiert zu werden (UC et al., 2009). Dieser Annahme folgend, berichten mehrere Studien, dass ältere und beeinträchtigte Fahrer unbekanntere Umgebungen (und damit höhere Anforderungen) eher vermeiden (O'CONNOR, EDWARDS & BANNON, 2013; SIREN & MENG, 2013).

In Bild 3 sind die im Rahmen des vorliegenden Berichtes gewonnen Erkenntnisse bezüglich mit dem Fahrverhalten zusammenhängenden kognitiven Faktoren schematisch dargestellt. Aus der Grafik wird zunächst ersichtlich, dass einzelne kognitive Leistungen eher mit operativen bzw. taktischen Fahraufgaben zusammenzuhängen scheinen. Gleichzeitig wird deutlich, dass auch die Komplexität der Situation (z. B. Verkehrsaufkommen) und die die Bekanntheit der Umgebung maßgeblichen Einfluss auf die kognitiven und psychomotorischen Anforderungen der Fahraufgabe zu haben. Bei hohen Anforderungen, z. B. bei hohem Verkehrsaufkommen in einer unbekannteren Umgebung, ist ein vergleichsweise hohes Ausmaß an kognitiver und psychomotorischer Leistungsfähigkeit erforderlich. Im Gegensatz dazu sind bei niedrigen Anforderungen, z. B. dem Folgen des Straßenverlaufs in bekannter Umgebung, die Anforderungen sehr gering, wodurch Defizite gut kompensiert werden können. Aufgrund der fehlenden Erkenntnisse im Bezug auf Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und strategischen Fahraufgaben können für diesen Bereich aktuell nur Vermutungen angestellt werden. Da strategische Fahraufgaben aber in der Regel theoretischer Natur (z. B. Routenplanung) und ohne komplexe motorische Beteiligung erfolgen, ist insgesamt von deutlich höheren kognitiven als psychomotorischen Anforderungen auszugehen. Gleichzeitig fallen die (kognitiven) Anforderungen aufgrund des geringeren Zeitdrucks vermutlich etwas geringer aus, als bei der Bewältigung komplexer taktischer Fahraufgaben.

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass eine gute Awareness (vgl. Kapitel 2.1) für bestehende Defizite ein angemessenes Kompensationsverhalten der Betroffenen begünstigt (ANSTEY, WOOD, LORD & WALKER, 2005; MENG & SIREN, 2012). So meiden Fahrer mit guter Awareness fordernde Situationen, wie Fahrten zu Stoßzeiten oder bei Nacht, oder fordernde Fahrmanöver, wie das Überholen mit hohen Geschwindigkeiten. Eine derartige Kompensation senkt also zunächst die Anforderungen beim Autofahren insgesamt, da anspruchsvolle taktische Fahrmanöver vermieden werden. Gleichzeitig werden aber auch Anforderungen einzelner und bei der Zielerreichung unvermeidbarer Fahraufgaben gesenkt, da z. B. lediglich während Tageszeiten mit geringem Verkehrsaufkommen gefahren wird. Den Schlussfolgerungen des vorangegangenen Absatzes folgend, ist bei geringem Verkehrsaufkommen die Bewältigung der Fahraufgabe

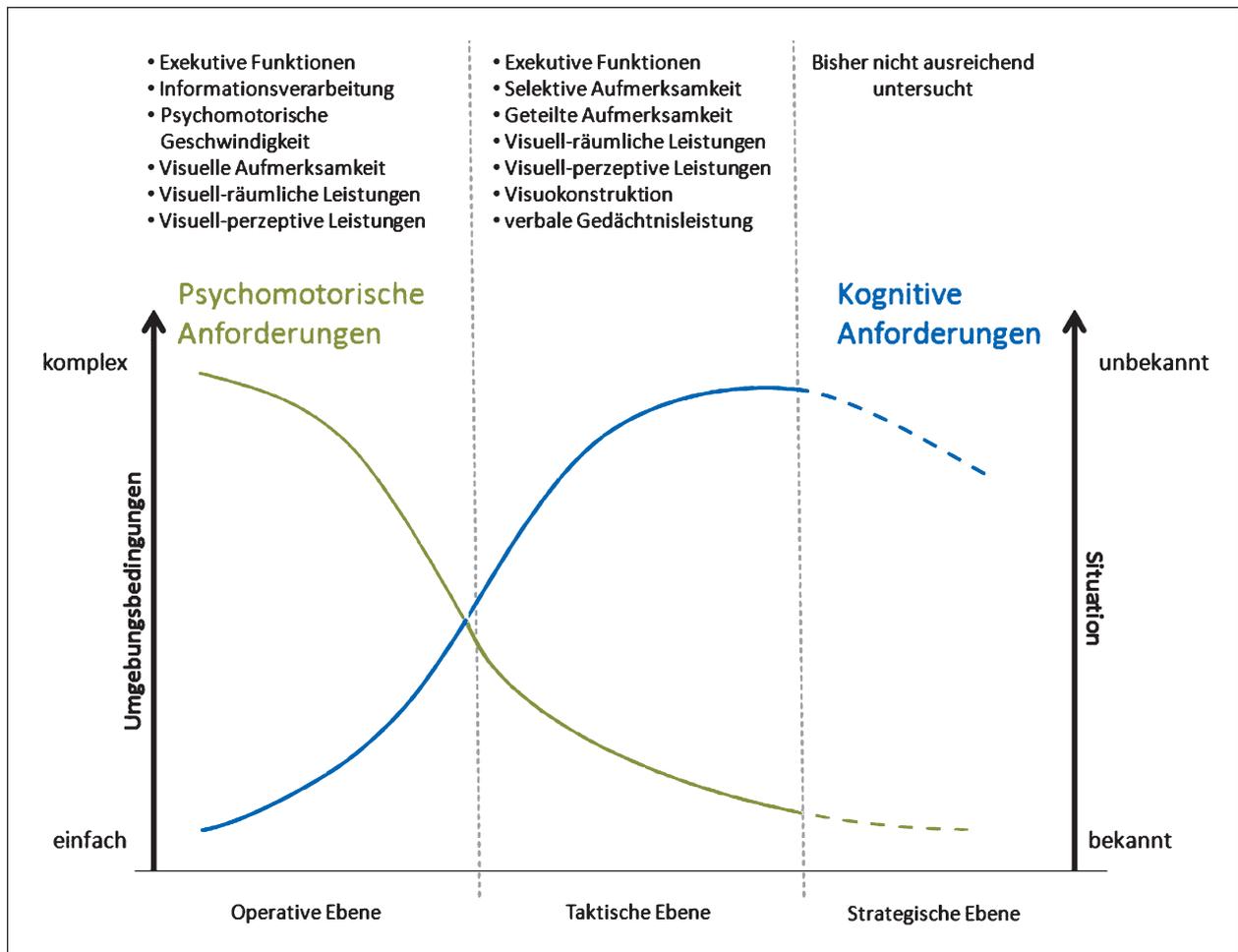


Bild 3: Schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen verschiedenen komplexen Fahraufgaben und kognitiven Leistungen

ein moderates Maß an kognitiver und psychomotorischer Leistungsfähigkeit ausreichend. Möglicherweise bestehende Defizite können also angemessen kompensiert werden.

Besteht eine Unawareness für vorliegende Defizite, zum Beispiel im Rahmen einer frontotemporalen Demenz (vgl. Kapitel 3.2) oder nach einem SHT (vgl. Kapitel 3.5), besteht das Risiko, dass auf strategischer Ebene keine adäquaten Entscheidungen getroffen werden können. In einem solchen Fall ist zu befürchten, dass der Fahrer sich überfordernden Fahraufgaben oder Situationen aussetzt. Dies wiederum könnte ein erhöhtes Unfallrisiko zur Folge haben (siehe Kapitel 5.1).

Weiterhin wird anhand von Bild 3 deutlich warum sich (psycho-)motorische Defizite in der Regel gut kompensieren lassen. Diese sind insbesondere bei anspruchsvollen und operativ geprägten Fahraufgaben von hoher Relevanz. Ein Beispiel wäre hier die Brems- und Ausweichreaktion auf einen plötzlich auf die Fahrbahn tretenden Fußgänger. Solche

extremen Situationen sind verhältnismäßig selten und können durch eine vorausschauende Fahrweise in vielen Fällen vermieden werden (PARKIN, CLARK, CLAYTON, RICCI, & PARKHURST, 2016). Entsprechend gut sind Mängel der psychomotorischen Leistungsfähigkeit bei alltäglichen Fahrten, also solchen ohne fordernde Fahrsituationen, zu kompensieren. Auffälligkeiten bei weniger fordernden operativen Fahraufgaben, wie der Spurhaltung, sind zwar im Rahmen von Fahrverhaltensbeobachtungen bei psychomotorisch eingeschränkten Probanden beobachtbar (DEVOS et al., 2013), müssen aber nicht zwingend zu einer erhöhten Unfallgefahr führen. Auch hier könnten angemessene Kompensationsstrategien, zum Beispiel das Vermeiden von Fahrbahnverengungen und ein ausreichender Abstand beim Überholen, dazu führen, dass Risiken wirksam reduziert werden. Voraussetzung ist in beiden Fällen ein ausreichendes Maß an kognitiver Leistungsfähigkeit und Einsicht, um einen vorausschauenden und leistungsangepassten Fahrstil realisieren zu können.

Aus den vorangegangenen Ausführungen wird die Vielfalt der im Kontext der Fahrkompetenzforschung verwendeten Konstrukte zur Beschreibung der kognitiven Leistungsfähigkeit ersichtlich. Diese spiegelt zunächst die Komplexität der Zusammenhänge zwischen dem Fahrverhalten und den zugrundeliegenden kognitiven Leistungen wider. Nichts desto trotz ergeben sich aus der Analyse der Ergebnisse Hinweise, dass ausgewählte kognitive Leistungen für bestimmte Fahraufgaben relevanter sein könnten als andere. Mögliche Rückschlüsse und limitierende Faktoren sollen im folgenden Kapitel diskutiert werden.

5 Zusammenfassung und Diskussion

Ziel des vorliegenden Berichtes ist es, den Einfluss ausgewählter neurologischer und neurodegenerativer Erkrankungen auf die Verkehrssicherheit und in der Folge deren Relevanz für die Verkehrssicherheitsarbeit darzustellen. Zur Bewertung dieser Relevanz wurden verfügbare Daten von Parametern, die einen direkten oder indirekten Einfluss auf die Verkehrssicherheit haben können, analysiert. Dazu zählen epidemiologische Daten, die Anzahl aktiv fahrender Erkrankter, im Rahmen der Erkrankung auftretende (kognitive) Störungen, deren Einfluss auf die Fahrkompetenz sowie das in wissenschaftlichen Untersuchungen beschriebene Unfallrisiko der jeweiligen Gruppe von Erkrankten. Aus der Anzahl beobachtbarer kritischer Parameter wurde ein theoretisches Gesamtrisiko für jede Erkrankung abgeleitet, welches sich jedoch ausdrücklich nicht dazu eignet, klinische oder fahreignungsbezogene Entscheidungen im Individualfall zu treffen. Das beschriebene Risiko berücksichtigt nicht die Ausprägung von Symptomen oder die Kompensationsbemühungen auf individueller Ebene, weshalb sich aus den folgenden Ausführungen das Risiko für Einzelpersonen nicht ableiten lässt.

Auf der Ebene des Individuums sind im Hinblick auf die Beeinträchtigung der Fahrkompetenz nicht generelle Risikofaktoren, sondern die Art und Ausprägung der bestehenden Defizite sowie die Kompensationsfähigkeit des einzelnen Fahrers entscheidend. Daher sollen im Anschluss die gewonnenen Erkenntnisse zu Zusammenhängen zwischen einzelnen kognitiven Beeinträchtigungen und der Fahrkompetenz zusammengefasst und diskutiert werden.

Vor dem Hintergrund der bestehenden Limitationen in dem Forschungsgebiet soll ein Ausblick über neue und nicht ausreichend untersuchte Forschungsfragen erfolgen. Zusätzlich werden mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der individuellen Fahrkompetenz und der Verkehrssicherheit insgesamt dargestellt.

5.1 Relevanz ausgewählter Erkrankungen für die Verkehrssicherheitsarbeit

Moderne Verkehrssicherheitsarbeit hat das Ziel, Mobilität sicher zu gestalten und bestehende Risiken und Gefahren weitestgehend zu minimieren. Entsprechend sind Erkrankungen mit Einfluss auf die Fahrkompetenz der Betroffenen für die Verkehrssicherheitsarbeit von hoher Relevanz und in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus von Forschung und Politik geraten.

Im Rahmen des vorliegenden Berichtes zeigte sich bei der Analyse der für die Verkehrssicherheit kritischen Parameter, dass einzelne Erkrankungen insgesamt ein breiteres Risikoprofil aufweisen zu scheinen als andere. Unter Berücksichtigung der in diesem Bericht eingeschlossenen Publikationen weisen zunächst die Demenz(en), Morbus Parkinson, die hepatische Enzephalopathie und mittlere sowie schwere Schädel-Hirn-Traumata ein ausgeprägtes Risikoprofil auf, weshalb bei diesen Erkrankungen insgesamt und relativ zu den anderen beschriebenen Erkrankungen von einer größeren Relevanz für die Verkehrssicherheitsarbeit ausgegangen werden muss.

Demenz und Morbus Parkinson sind im höheren Alter häufig und aufgrund des demografischen Wandels werden in den kommenden Jahren zunehmend mehr Menschen daran erkranken (BICKEL, 2014; Deutsche Gesellschaft für Neurologie, 2016). Beide Erkrankungen beginnen schleichend und zunächst fährt ein großer Teil der Erkrankten weiter aktiv Auto (BRUNNAUER et al., 2008; MEINDORFNER et al., 2005). Durch den progredienten Verlauf von Parkinson und Demenz kommt es mit längerer Krankheitsdauer zu einer zunehmenden Beeinträchtigung der Fahrkompetenz (z. B. NIEMANN & HARTJE, 2013), die sich, zumindest bei Erkrankten im fortgeschrittenen Stadium, auch in einem signifikant erhöhten Unfallrisiko widerspiegelt (ADLER, ROTTUNDA, BAUER & KUSKOWSKI, 2000; RIZZO, McGEHEE,

DAWSON & ANDERSON, 2001; TUOKKO, TALLMAN, BEATTIE, COOPER & WEIR, 1995; VAUX, NI, RIZZO, UC & ANDERSEN, 2010).

Eine neuere Studie konnte hingegen bei Fahrern mit Demenz über alle Stadien hinweg kein erhöhtes Unfallrisiko beobachten (FRAADE-BLANAR et al., 2018). Die Studie weist allerdings methodische Schwächen auf, weshalb das Unfallrisiko von Fahrern mit Demenz in zukünftigen Studien erneut und möglichst durch die Analyse objektiver Unfalldaten und über längere Zeiträume untersucht werden sollte. Im Rahmen dieses Berichts wurde ersichtlich, dass unterschiedliche Demenzformen zu unterschiedlichen Mängeln im Fahrverhalten führen können (ERNST et al., 2010; PIERSMA et al., 2018). Auch dies sollte bei zukünftigen Untersuchungen berücksichtigt werden. Zudem ergeben sich Hinweise, dass bei Demenz die häufig auftretenden Mängel im Störungsbewusstsein, also einer unzureichenden Einsicht in eigene Defizite, zu einer Potenzierung bestehender Risiken führen können (COTRELL & WILD, 1999; ERNST et al., 2010). Auch dieser Umstand ist bisher noch nicht ausreichend untersucht worden. Nach Berücksichtigung der vorliegenden Datenbasis ist davon auszugehen, dass die Demenzen insgesamt eine hohe Relevanz für die Verkehrssicherheitsarbeit haben.

Bei Morbus Parkinson können neben den kognitiven auch motorische und medikamentenbedingte Beeinträchtigungen die Fahrkompetenz negativ beeinflussen (DEVOS et al., 2013; KÖRNER et al., 2004). Zudem kommt es bei Morbus Parkinson gehäuft zu Tagesschläfrigkeit, welche als Risikofaktor für Verkehrsunfälle identifiziert werden konnte (MEINDORFNER et al., 2005). Diese beiden Aspekte wurden bisher nur in einzelnen Studien systematisch untersucht. Es ergeben sich Hinweise, dass medikamentenbedingte Beeinträchtigungen und Tagesschläfrigkeit auch bei anderen Erkrankungen von Relevanz sein könnten (PERES, STILES, SIOW & SILBERSTEIN, 2005; VINGILIS & WILK, 2012). Es fehlt bisher an aktuellen Untersuchungen, die das Unfallrisiko von Fahrern mit Morbus Parkinson systematisch untersucht haben. Zwei Studien, die ein erhöhtes Unfallrisiko bei Fahrern mit Parkinson im Realverkehr beobachten konnten, sind bereits älteren Datums (ADLER et al., 2000; DUBINSKY et al., 1991). Ob die dort berichteten Ergebnisse, insbesondere aufgrund neuer Entwicklungen im Bereich der Therapie, ohne weiteres auf die heutige Zeit übertragbar sind, sollte kritisch hinterfragt werden. Eine aktuellere Studie

konnte ein erhöhtes Risiko für Unfälle im Rahmen einer Fahrt im Simulator beobachten (PAVLOU et al., 2017). Zukünftige Forschungsprojekte sollten das Unfallrisiko von Fahrern mit Parkinson im Realverkehr adressieren, um dieses anhand aktueller Forschungsergebnisse umfassend bewerten zu können. Insgesamt ist insbesondere aufgrund der Multidimensionalität der Defizite, der hohen Prävalenz und der hohen Anzahl aktiver Fahrer sowie den, zumindest bei Parkinson im fortgeschrittenen Stadium, teils deutlichen Defiziten im Fahrverhalten von einer hohen Relevanz der Erkrankung für die Verkehrssicherheitsarbeit auszugehen.

Auch die hepatische Enzephalopathie ist unter Berücksichtigung der hier berichteten Ergebnisse für die Verkehrssicherheitsarbeit von hoher Relevanz. Sie tritt in Deutschland vermutlich sehr häufig auf, die dabei auftretenden kognitiven Störungen sind aber im Gegensatz zu denen bei einer Demenz oder Morbus Parkinson bis zu einem gewissen Stadium potenziell reversibel (DHIMAN et al., 2010). Bei Nichtbehandlung oder chronischem Fortschreiten der Grunderkrankung ist ein stufenförmiger Verlauf beobachtbar, der mit zunehmenden neurologischen und neuropsychologischen Leistungseinbußen einhergeht (FERENCI et al., 2002). Diese führen im Verlauf zu einer zunehmenden Beeinträchtigung der Fahrkompetenz und einem signifikant erhöhten Unfallrisiko im Simulator und im Realverkehr, erhoben über Selbstauskünfte und offizielle Unfallregister (BAJAJ et al., 2008; BAJAJ, SAEIAN et al., 2009; KIRCHEIS et al., 2009; KOCH et al., 2005).

Ähnlich wie bei den Demenzen zeigen sich bei der HE bereits im Anfangsstadium Auffälligkeiten im Fahrverhalten (FIMM, BLANKENHEIM & POSCHADEL, 2015; KNOCH, 2008), welche jedoch interindividuell so stark variieren können, dass eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr nicht zwingend ausgeschlossen sein muss. Limitierend sollte erwähnt werden, dass bisher nur wenige Studien, mit häufig nur kleinen Stichproben, den Einfluss der HE auf die Fahrkompetenz und das daraus resultierende Unfallrisiko untersucht haben. Entsprechend sollten die anhand der Ergebnisse abgeleiteten Annahmen zunächst nur zurückhaltend interpretiert werden. Hier sollten zukünftig weitere Projekte angestoßen werden, um die vorhandene Datenbasis weiter auszubauen und die bisherigen Erkenntnisse empirisch weiter abzusichern.

Eine weitere Erkrankung, die im Rahmen der Verkehrssicherheitsarbeit besondere Aufmerksamkeit

erfordert, ist das Schädel-Hirn-Trauma (SHT). Mittlere und schwere SHT sind Akutereignisse, welche zu jahrelangen Beeinträchtigungen der Betroffenen führen können (RICKELS, WILD & WENZLAFF, 2011). SHT treten vergleichsweise häufig auf und betreffen viele junge, noch berufstätige und damit häufig auf das Auto angewiesene Menschen (RICKELS, WILD & WENZLAFF, 2011; SCHANKE, RIKE, MØLMEN & ØSTEN, 2008). In einer Studie gab die Mehrheit der Betroffenen fünf Jahre nach dem Ereignis an, wieder zu fahren (PONSFORD et al., 2013). Trotz beobachtbarer Auffälligkeiten im Fahrverhalten berichten zwei Studien, dass die überwiegende Mehrheit der Betroffenen eine Fahrverhaltensprobe im Realverkehr bestanden hat (McKENNA & BELL, 2007; RADFORD, LINCOLN & MURRAY-LESLIE, 2004). Im Simulator zeigten sich hingegen deutlichere Auffälligkeiten im Fahrverhalten und sowohl in der Eigen- als auch Fremdauskunft durch Angehörige und anhand offiziell erfasseter Unfalldaten, wurde nach mittleren und schweren SHT ein signifikant erhöhtes Unfallrisiko berichtet (BIVONA et al., 2012; CYR et al., 2009; LEW et al., 2005; SCHANKE, RIKE, MØLMEN & ØSTEN, 2008). Somit ergeben sich Hinweise, dass Fahrverhaltensbeobachtungen im Realverkehr zur Erfassung der Fahrkompetenz von SHT-Patienten nur bedingt geeignet sein könnten. Hier stellt sich die Frage, inwiefern zukünftig neue Wege zur Erfassung der praktischen Fahrkompetenz eingeführt oder die bestehenden Möglichkeiten weiterentwickelt werden müssen. Dies gilt sowohl für Menschen, die ein SHT erlitten haben, als auch für andere Erkrankungen und Störungsbilder.

Kritisch zu betrachten ist, dass alle einbezogenen Studien zum Einfluss von SHT auf die Fahrkompetenz über lediglich sehr kleine Fallzahlen verfügen, was zu einer Verzerrung der Ergebnisse geführt haben könnte. So betonen McKENNA und BELL (2007) beispielsweise, dass in der von ihnen ausgewählten Stichprobe ausschließlich fahrerisch sehr starke und sehr schwache SHT-Patienten enthalten waren. Dies sollte durch eine angemessene Stichprobengröße und -ziehung möglichst verhindert werden.

Weiterhin relevant für die Verkehrssicherheitsarbeit, aber mit einem anhand der vorhandenen Daten als moderat zu bezeichnendem Risikoprofil, erweisen sich die kreislaufabhängigen Störungen der Hirntätigkeit (Schlaganfall). Sie kommen vergleichsweise häufig vor, wobei die Wahrscheinlichkeit, einen Schlaganfall zu erleiden mit steigendem Alter zu-

nimmt (BUSCH & KUHNERT, 2017). Im Gegensatz zu den bisher erwähnten Erkrankungen ergeben sich jedoch Hinweise, dass annähernd die Hälfte, je nach Studie sogar die Mehrheit, der Betroffenen das aktive Autofahren einstellt (AUFMAN, BLAND, BARCO, CARR & LANG, 2013; FISK, OWSLEY & PULLEY, 1997; OZARK et al., 2014). Entsprechend reduziert sich das von der Erkrankung ausgehende Gesamtrisiko für die Verkehrssicherheit. Die Gründe für die vorzeitige Aufgabe sind bisher nur unzureichend untersucht. Es empfiehlt sich eine systematische Untersuchung dieses Aspektes, um mithilfe neuer Erkenntnisse Interventionen entwickeln zu können, um Betroffenen den Erhalt der eigenständigen Mobilität durch andere Mobilitätsformen zu erleichtern. Gleichzeitig ließen sich so möglicherweise Strategien ableiten, wie wenig einsichtige, aber nicht mehr geeignete Fahrer davon überzeugt werden könnten, das Autofahren einzustellen.

Nach einem Schlaganfall aktive Fahrer zeigen Auffälligkeiten in ihrem Fahrverhalten (DEVOS et al., 2011). Ob dadurch das beobachtbare Unfallrisiko dieser Patientengruppe steigt, konnte jedoch nicht eindeutig geklärt werden. Auch wenn die Mehrheit der Studien kein erhöhtes Unfallrisiko beobachten konnte (DEVOS et al., 2011; SCHANKE, RIKE, MØLMEN & ØSTEN, 2008), wurde in einzelnen Studien ein erhöhtes Risiko beobachtet, im Rahmen einer Simulatorfahrt zu verunfallen (z. B. KOTTERBA, WIDDIG, BRYLAK & ORTH, 2005).

Insgesamt ergeben sich Hinweise, dass als Folge eines Schlaganfalls auftretende Defizite bei einem Teil der Fahrer ausreichend kompensiert werden können, während ein anderer Teil der Betroffenen infolge der Defizite das aktive Autofahren einstellt. Dies würde sich entsprechend in einem nicht erhöhten Unfallrisiko der Gesamtgruppe widerspiegeln. Darauf könnten bestimmte Faktoren begünstigend einwirken: Zunächst kommt es abhängig von Läsionsort und -größe zu einem unterschiedlichen Ausmaß an motorischen, sensorischen und kognitiven Beeinträchtigungen. Diese können das Führen eines Kraftfahrzeugs von vornherein durch ihre Multimodalität und Intensität ausschließen. So ist beispielsweise bei einer vollständigen Hemiparese mit gleichzeitig auftretenden schweren Aufmerksamkeitsstörungen, wie sie häufig nach einem Infarkt der rechten Arteria Cerebri Media auftreten können, das Ausmaß der Beeinträchtigung so groß, dass das Steuern eines Fahrzeuges zunächst unmöglich ist. Häufig sind derart schwer betroffene Patienten

schon mit dem Einsteigen in ein Fahrzeug überfordert. Sie können folglich nicht fahren und auch keine Unfälle verursachen.

Zudem handelt es sich bei einem Schlaganfall um ein Akutereignis, das heißt die Beeinträchtigungen treten plötzlich und unvermittelt auf und stellen für den Betroffenen einen elementaren Einschnitt in seiner Biografie dar. Dies könnte zu einem besseren Bewusstsein für auftretende Defizite und in der Folge zu einer besseren Kompensation oder aber zu einer höheren Bereitschaft zum Verzicht auf das Autofahren führen. Diese Annahme wird dadurch relativiert, dass es bei Teilgruppen der Patienten, insbesondere nach rechtshirnigen Schlaganfällen, häufig zu Beeinträchtigungen des Störungs bewusstseins kommt (MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2012).

Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass ein Schlaganfall fast ausnahmslos zu einer stationären Aufnahme der Betroffenen führt (SCHULER & OSTER, 2004). Hier besteht möglicherweise eine höhere Wahrscheinlichkeit als bei anderen Erkrankungen, dass eine Mobilitätsberatung und Aufklärung über fahreignungseinschränkende Beeinträchtigungen erfolgt. Dies könnte dazu führen, dass Betroffene eher bereit sind, das aktive Autofahren einzustellen. Dagegen sprechen die im Rahmen einer Studie beobachteten nur sehr geringen Aufklärungsraten bei Schlaganfallpatienten (OZARK et al., 2014). Insgesamt ist aktuell noch weitestgehend unklar, inwiefern Betroffene über ihre krankheitsbedingten Defizite und deren fahrkompetenzeinschränkendes Potenzial aufgeklärt werden. Hier setzt ein aktuell laufendes Forschungsprojekt der BAST an (FE 82.0620/2014), in dem unter anderem die Qualität und Quantität ärztlicher Verkehrssicherheitsberatungen erfasst werden sollen. Neue Erkenntnisse im Hinblick auf die Anzahl aktiver Fahrer und die Gründe für einen Verzicht auf das aktive Fahren in dieser Population sollten im Rahmen zukünftiger Studien gesammelt werden. Aufgrund der Vielfalt der möglichen Störungen als Folge eines Schlaganfalls können die Symptome der Erkrankungen zwischen Individuen stark variieren. Entsprechend sollte trotz eines anhand der hier gesichteten Literatur insgesamt eher als moderat identifizierten Risikoprofils der Erkrankung bei bestehenden Auffälligkeiten immer eine Prüfung der Fahrkompetenz vorgenommen werden. Eine individuelle Betrachtung schlaganfallbedingter Beeinträchtigungen ist weiterhin erforderlich, da bisher nur eine begrenzte Anzahl von Studi-

en zur Verfügung steht, die die Zusammenhänge zwischen Schlaganfällen und Auffälligkeiten im Fahrverhalten detailliert untersucht haben. Entsprechend besteht die Möglichkeit, dass anhand der Ergebnisse zukünftiger Arbeiten das schlaganfallbedingte Risiko für die Verkehrssicherheit neu bewertet werden muss. Auch neuropsychologische Störungsbilder, die typischerweise nach einem Schlaganfall auftreten können, wie zum Beispiel ein Neglect oder Apraxie (MARSHALL, 2008), könnten sich aufgrund ihrer Symptomatik auf die Fahrkompetenz auswirken, sind aber bisher diesbezüglich kaum untersucht worden. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Betroffenen aufgrund der Schwere der Symptomatik prinzipiell nicht in der Lage sind, ein Fahrzeug zu führen. Für diese Annahme spricht, dass derart Betroffene in einzelnen Studien von der Teilnahme an Fahrverhaltensbeobachtungen ausgeschlossen wurden (HIRD et al., 2015; LUNDQVIST, GERDLE & RÖNNBERG, 2000).

Ein im Rahmen des vorliegenden Berichtes nicht berücksichtigter Aspekt ist das individuelle Rezidivrisiko für einen Schlaganfall. Ein hohes Rezidivrisiko birgt ein höheres Risiko durch einen erneuten und plötzlich auftretenden Schlaganfall während der Fahrt die Kontrolle über das Fahrzeug zu verlieren (MARX, 2018). Da das Rezidivrisiko aber individuell stark variiert, hat es keinen Einfluss auf das Gesamtrisikoprofil der Erkrankung.

Auch die leichte kognitive Störung (LKS) tritt häufig auf (BUSSE, BISCHKOPF, RIEDEL-HELLER & ANGERMEYER, 2003). Unter den Betroffenen ist vermutlich ein sehr hoher Anteil an aktiven Fahrern (KOWALSKI et al., 2012). Allerdings scheint der Einfluss der Erkrankung auf die Fahrkompetenz der Betroffenen begrenzt (z. B. FIMM, BLANKENHEIM & POSCHADEL, 2015). Hier zeigt sich die Studienlage recht inkonsistent, was unter anderem wohl auf das wenig standardisierte Vorgehen bei der Diagnostik der LKS zurückzuführen ist. So werden abhängig von der Studie unterschiedliche Diagnosekriterien angewandt, die zu unterschiedlichen Studienergebnissen geführt haben könnten (SNELLGROVE, 2005).

Insgesamt weichen die Betroffenen lediglich in Teilbereichen ihrer kognitiven Leistungsfähigkeit von gesunden Probanden ab. Dennoch ließen sich Auffälligkeiten im Fahrverhalten beobachten. Diese führen aber nicht zu einem statistisch nachweisbar erhöhten Unfallrisiko (WADLEY et al., 2009).

Entsprechend ist anhand der aktuellen Studienergebnisse von einer geringen bis maximal moderaten Relevanz für die Verkehrssicherheitsarbeit auszugehen. Allerdings sollte betont werden, dass bisher kaum Studien zum beobachtbaren Unfallrisiko bei LKS publiziert wurden. Entsprechend zurückhaltend sollten die hier berichteten Erkenntnisse interpretiert werden. Auch bei der LKS kann es im Individualfall zu deutlichen Beeinträchtigungen der Fahrkompetenz kommen (SNELLGROVE, 2005), weshalb bei beobachtbaren oder berichteten Auffälligkeiten eine Untersuchung der Fahrkompetenz vorgenommen werden sollte. Insbesondere vor dem Hintergrund der zum Teil progredienten Dynamik einer LKS, die in einem demenziellen Syndrom münden kann, sollte zudem der Krankheitsverlauf sowohl aus klinischer als auch aus verkehrspsychologischer Sicht zwingend beobachtet werden.

Auf Ebene der einzelnen Erkrankungen lässt sich somit zunächst festhalten, dass unterschiedlich stark ausgeprägte Risikoprofile der einzelnen Er-

krankungen wahrscheinlich sind. In Tabelle 1 ist die Ausprägung einzelner relevanter Parameter für jede der in diesem Bericht berücksichtigten Erkrankungen dargestellt.

Dabei muss jedoch zwingend berücksichtigt werden, dass es sich bei der hier vorgeschlagenen Bewertung einzelner Erkrankungen hinsichtlich ihrer Relevanz für die Verkehrssicherheitsarbeit um eine stark vereinfachte Orientierungshilfe zur Darstellung hochkomplexer Zusammenhänge handelt. Das beschriebene theoretische Risiko lässt dabei lediglich Rückschlüsse auf Gruppenebene zu und ist entsprechend insbesondere im Hinblick auf strategische Interventionen wie die Präventionsarbeit und auf zukünftige Forschungsaktivitäten von hoher Relevanz. Ableitungen auf das individuelle Risiko eines erkrankten Fahrers sind hingegen unzulässig. Die Gründe dafür sind vielschichtig. Zum einen basieren sie auf den Limitationen der vorliegenden Arbeiten, die in Kapitel 5.4 diskutiert werden sollen. Zum anderen ist zu berücksichtigen, dass die ein-

	Jahresprävalenz/ Inzidenz	Anzahl aktiver Fahrer *	Einfluss Fahr- kompetenz	Unfallrisiko lt. Befundlage	Relevanz für Verkehrssicher- heitsarbeit
Leichte kognitive Störung (LKS)	Ab 65 Jahren 10 – 20 %; Risiko im Alter steigend	60 – 100 %	Ja	• Unklar	Eher gering
Demenz	Ab 60 Jahren 5 – 8 %; Risiko im Alter steigend	28 – 75 %, abhängig vom Stadium der Erkrankung	Ja	• Realverkehr: unklare Studienlage, eher er- höht • Simulator: erhöht	Hoch
Morbus Parkinson	Ab 65 Jahre 1 – 2 %; Risiko im Alter steigend	60 – 80 %	Ja	• Realverkehr: unklare Studienlage • Simulator: möglicher- weise erhöht* ³	Moderat bis hoch
Schlaganfall	1,6 %; Risiko im Alter steigend	31 – 51 %	Ja	• Realverkehr: unklare Studienlage, eher nicht erhöht • Simulator: möglicher- weise erhöht* ³	Moderat
Mittlere und schwere Schädel- Hirn-Traumata (SHT)	Inzidenz aller SHT: 332 pro 100.000 Ein- wohner	50 – 70 %* ²	Ja	• Realverkehr: erhöht • Simulator: erhöht	Hoch
Hepatische Enzephalopathie (HE)	0,1 – 0,4 %	85 – 100 %* ²	Ja	• Realverkehr: unklare Studienlage, eher er- höht • Simulator: erhöht	Hoch

* Die Anzahl der aktiven Fahrer wurde bisher kaum systematisch untersucht. Die hier aufgeführten Zahlen basieren auf den Stichproben der eingeschlossenen Untersuchungen.

*² Basiert lediglich auf zwei Studien mit geringer Fallzahl

*³ Aussage basiert auf lediglich einer Studie und muss mit Vorsicht interpretiert werden

Tab. 1: Häufigkeit, Anzahl der aktiven Fahrer, Einfluss auf die Fahrkompetenz und beobachtetes Unfallrisiko nach Grunderkrankungen. Details und Quellenangaben befinden sich in den jeweiligen Kapiteln (vgl. Kapitel 3.1 bis Kapitel 3.7)

zelen Grunderkrankungen in verschiedenen Subformen und Ausprägungen auftreten können, die sich zum Teil unterschiedlich stark und in unterschiedlicher Art und Weise auf die Fahrkompetenz auswirken können. Beispielhaft zu nennen seien hier verschiedene Demenz- (PIERSMA et al., 2018) oder Parkinsonformen (DEVOS et al., 2013). Diese Dynamik ist durch die sowohl im Individualfall als auch bei einzelnen Subtypen einer Erkrankung variierenden Art, Ausprägung und Kombination von Beeinträchtigungen bedingt. In der Folge kommt es zur Ausbildung individueller Risikoprofile.

Ein weiterer moderierender Faktor für das individuelle Risiko ist das Alter des Betroffenen. Eine Vielzahl von Studien konnte zeigen, dass die krankheitsbedingte Beeinträchtigung der Fahrkompetenz durch das Alter des Betroffenen beeinflusst wird (MARX, 2018; McKENNA & BELL, 2007; OTT et al., 2008; SCHANKE, RIKE, MØLMEN & ØSTEN, 2008; UC et al., 2009). Entsprechend sollten auch bei Patienten, die an Erkrankungen leiden, die sich für die Verkehrssicherheitsarbeit insgesamt als weniger relevant erwiesen haben, abhängig von der vorhandenen Symptomkonstellation immer kritisch geprüft werden, ob die Fahrkompetenz der betroffenen Person untersucht werden sollte.

Neben der Betrachtung des Risikos auf Ebene einzelner Grunderkrankungen, lassen sich anhand der Ergebnisse auch krankheitsübergreifend Schlüsse in Bezug auf die Verkehrssicherheit ziehen. In mehreren Studien, die für die vorliegende Arbeit berücksichtigt wurden, konnte ein zunehmender Einfluss auf die Fahrkompetenz bei längerer Krankheitsdauer beobachtet werden (DEVOS et al., 2007; DEVOS et al., 2013; NIEMANN & HARTJE, 2013; WOOD, WORRINGHAM, KERR, MALLON & SILBURN, 2005). Entsprechend erscheint es zielführend bei den in diesem Bericht berücksichtigten chronisch progredienten Erkrankungen wiederkehrende Untersuchungen der Fahrkompetenz durchzuführen. In zukünftigen Studien sollte daher gezielt untersucht werden, welche zeitlichen Abstände zwischen den Untersuchungen bei welchen Erkrankungen empfehlenswert sind und ob diese Maßnahme zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit führt.

Nicht nur bei langsam fortschreitenden Erkrankungen stellt sich dabei die Frage, unter welchen Bedingungen technische Umbauten am Fahrzeug und/oder Assistenzsysteme dabei helfen können, bestehende Beeinträchtigungen zu kompensieren.

Dabei sollten insbesondere neuere technische Lösungen, wie zum Beispiel Sprachsteuerung oder (hoch-)automatisierte Fahrfunktionen, auf ihre Nutzerfreundlichkeit für beeinträchtigte Fahrer untersucht werden. Welche Assistenzsysteme ältere Fahrer bei der Bewältigung der Fahraufgabe unterstützen können, wurde bereits in einer Reihe von Studien untersucht (für einen Überblick siehe SCHUBERT, GRÄCMANN & BARTMANN, 2018). Es besteht die Möglichkeit, dass auch krankheitsbedingt beeinträchtigte Fahrer von den dort aufgeführten Systemen, wie zum Beispiel Abstandhalter, Notbremsassistenzsysteme oder Einparkhilfen, überproportional profitieren könnten. Um der Komplexität verschiedener Schweregrade der auftretenden Störungen gerecht zu werden, erscheint es angezeigt den Wirkungsgrad ausgewählter Systeme auch im Kontext erkrankungsbedingter Beeinträchtigungen zu überprüfen.

Gleiches gilt für die aktuell in Entwicklung befindlichen hochautomatisierten Fahrfunktionen. Nach GASSER et al. (2012) handelt es sich bei hochautomatisiert fahrenden Autos um Fahrzeuge, die über einen bestimmten Zeitraum oder in spezifischen Situationen die Quer- und Längsführung des Fahrzeugs übernehmen können. Der Fahrer muss die Fahrt in diesen Phasen nicht dauerhaft überwachen, sondern nur nach einer Übernahmeaufforderung durch das System die Steuerung in einem vorgegebenen Zeitrahmen wieder übernehmen können (für einen detaillierten Überblick über die verschiedenen Automationsstufen siehe GASSER et al., 2012). Ob und inwiefern krankheitsbedingt beeinträchtigte Fahrer von hochautomatisierten Fahrfunktionen profitieren können, ist bisher noch nicht empirisch untersucht worden. Ebenfalls noch nicht im Detail untersucht ist, welche Leistungsdefizite die Nutzung entsprechender Systeme beeinflussen oder unmöglich machen könnten. Kommt es zu einer Übernahmeaufforderung durch das Fahrzeug, ist aufgrund der krankheitsbedingt häufig auftretenden Verlangsamung oder Aufmerksamkeitsdefizite von einer quantitativ und qualitativ deutlich schlechteren Übernahme als bei gesunden Fahrern auszugehen. Diese Annahme müsste empirisch geprüft werden.

Ebenfalls erst in Ansätzen untersucht ist die Anzahl aktiver Fahrer in den jeweiligen Populationen der Erkrankten. Aktuell existieren nur vereinzelt Veröffentlichungen, die diesen Aspekt anhand größerer Stichproben untersucht haben und entsprechend eine empirisch fundierte Aussage treffen können

(z. B. HERRMANN et al., 2006). Um dennoch eine Aussage über den Anteil der aktiven Fahrer treffen zu können, wurde in der vorliegenden Studie auch auf kleineren Stichproben basierende Daten zurückgegriffen (z. B. KIRCHEIS et al., 2009; OZARK et al., 2014). Durch kleine Stichproben erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass es zu systematischen Verzerrungen kommt und die Ergebnisse sich dadurch nicht auf die Gesamtpopulation (der Erkrankten) übertragen lassen. Entsprechend kritisch müssen die hier berichteten Annahmen über die Anzahl aktiver Fahrer betrachtet werden. Unbestritten ist jedoch, dass dieser aus Sicht der Verkehrssicherheitsarbeit wichtige Aspekt zukünftig für alle Krankheiten systematisch untersucht werden sollte.

Weiterer Forschungs- und Optimierungsbedarf besteht ebenso im Hinblick auf das aktuell in vielen Publikationen angewandte Vorgehen zur Operationalisierung von Verkehrssicherheit. Eine Vielzahl von Studien nutzt das Unfallrisiko zur Bewertung der von einer Krankheit ausgehenden Gefahr für die Verkehrssicherheit. Die Messung des Unfallrisikos erfolgt jedoch bislang nicht einheitlich und unterscheidet sich entsprechend zwischen den einzelnen Publikationen. So weichen die einzelnen Autoren bei der Festlegung ihres Unfallkriteriums teilweise erheblich voneinander ab. Gilt schon das Touchieren eines anderen Autos beim Parkvorgang als Unfall? Muss die Polizei hinzugezogen worden sein? Muss eine Person verletzt worden sein? Welcher vorangegangene Zeitraum sollte betrachtet werden? Viele der Autoren erläutern das in ihrer Studie angewandte Unfallkriterium nicht oder nur unzureichend, weshalb eine Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Studien kaum gegeben ist. In einer Untersuchung blieb beispielsweise unklar, ob die Befragten überhaupt Fahrer des Unfallfahrzeugs waren (VINGILIS & WILK, 2012). Hier gilt es zukünftig einen im Rahmen von Publikationen zu verwendenden Standard festzulegen, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleisten zu können.

Auch die Erhebung der Unfalldaten erfolgt bisher uneinheitlich. Abhängig von der Studie werden hierzu Selbstauskünfte, Auskünfte von Angehörigen, offizielle Unfallregister oder Unfälle im Rahmen von Simulatorfahrten herangezogen. Fraglich ist bisher weitestgehend, mit welcher Methode unter welchen Bedingungen größtmögliche Validität zu erwarten ist. Auch hier wäre eine wissenschaftlich fundierte Empfehlung wünschenswert, um zukünftig die methodische Qualität der Studien zu verbessern. Ein

möglicher Ansatz zur Verbesserung der methodischen Qualität zukünftiger Studien wird in Kapitel 5.4.2 diskutiert.

Entscheidend für die Bewertung der individuellen Fahrkompetenz ist stets das individuelle Ausmaß fahrrelevanter Beeinträchtigungen und inwiefern diese kompensiert werden können (FASTENMEIER, GSTALTER, ROMPE & RISSER, 2015). Fraglich ist, wie das Fahrverhalten ausreichend valide erfasst und bewertet werden kann. Bisher galt als anzuwendender Goldstandard stets die praktische Fahrverhaltensbeobachtung (FASTENMEIER, GSTALTER, ROMPE & RISSER, 2015; JACOBS, HART & ROOS, 2017; MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2012; MATHIAS & LUCAS, 2009; PAVLOU et al., 2017). Aus den im Rahmen dieses Berichtes berücksichtigten Studien ergeben sich aber Hinweise, dass eine praktische Fahrverhaltensbeobachtung nicht für alle Erkrankungen und im Kontext aller relevanten Beeinträchtigungen das Mittel der Wahl sein könnte (DEVOS, VERHEYDEN, VAN GILS, TANT & AKINWUNTAN, 2015; ORTOLEVA, BRUGGER, VAN DER LINDEN & WALDER, 2012). So schneiden SHT-Patienten in Studien mit praktischen Fahrverhaltensbeobachtungen tendenziell eher gut ab, weisen aber ein signifikant erhöhtes Unfallrisiko im Alltag und deutliche Auffälligkeiten während komplexer Simulatorfahrten auf (vgl. Kapitel 3.5). Möglicherweise ist eine praktische Fahrverhaltensbeobachtung nicht sensitiv genug, um die im Rahmen dieser Erkrankung auftretenden Beeinträchtigungen zu erfassen. Unter anderem wohl auch, da nie alle relevanten Verkehrssituationen beobachtet werden können. Weiterhin kann trotz standardisierter Erhebungsmethoden bei der Fahrverhaltensbeobachtung eine Verzerrung durch das subjektive Raterurteil nicht sicher ausgeschlossen werden (McKENNA & BELL, 2007). Trotz dieser kritischen Überlegungen wird die praktische Fahrverhaltensbeobachtung auch weiterhin eine zentrale Rolle bei der Erfassung und Bewertung krankheitsbedingter Mängel im Fahrverhalten spielen. Dennoch gilt es, auch neue Methoden zu entwickeln und zu evaluieren, die eine valide und ökonomische Erfassung der Fahrkompetenz in Forschung und Klinik ermöglichen.

Dazu könnten beispielsweise naturalistische Fahrverhaltensbeobachtungen über einen längeren Zeitraum mithilfe von fest installierten Kameras im Fahrerraum realisiert werden. Erste positive Erfahrungen mit einem solchen System werden bei THOMPSON, READ, ANDERSON und RIZZO

(2011) beschrieben. Allerdings sind weitere Studien notwendig, um die Validität dieser Methode empirisch abzusichern. Mittlerweile verfügbare Techniken könnten beispielsweise durch eine lückenlose Aufzeichnung und eine auf Algorithmen basierende Auswertung die Anwendung dieser Methode vereinfachen und den Output signifikant verbessern. Ebenfalls sollte geprüft werden, ob das Schwierigkeitsniveau standardisierter Realfahrten angepasst werden muss, um deren Sensitivität, zum Beispiel für nur situativ ausgelöste Leistungsdefizite, zu erhöhen. Eine weitere Möglichkeit zur validen Erfassung der Fahrkompetenz könnte die Entwicklung neuer standardisierter (psychometrischer) Testverfahren sein. Hier sollte berücksichtigt werden, dass – vergleichbar mit der Fahraufgabe – Leistungsdefizite im Rahmen der Testung bis zu einem gewissen Grad kompensierbar sein müssen. Gleichzeitig sollten die Verfahren berücksichtigen, dass geübten Fahrern die Ausführung einer Vielzahl von Fahrmanövern unbewusst gelingt. Handlungs- und Bewegungsabläufe erfolgen hierbei aus dem impliziten Gedächtnis. Die Fahraufgabe ist entsprechend gut verinnerlicht und läuft mit Ausnahme unvorhergesehener Ereignisse oder in unbekanntem Umgebungen weitestgehend unbewusst ab (DICKERSON, REISTETTER & TRUJILLO, 2010). Entsprechend sollten auch die neu zu entwickelnden Verfahren auf alltäglichen und unbewusst auszuführenden Verhaltensweisen mit einem ähnlichen (kognitiven) Anforderungsprofil wie beim Führen eines Fahrzeuges basieren. Dies reduziert den Prüfungscharakter der Testsituation und könnte aufgrund einer der Fahraufgabe ähnlicheren Aufgabenschwierigkeit eine validere Erfassung der Fahrkompetenz ermöglichen.

Grundlage für ein solches zu entwickelndes Verfahren ist die Kenntnis über relevante Leistungen zur Vorhersage der Fahrkompetenz. Einzelne Funktionen scheinen einen stärkeren Einfluss zu haben als andere. Die dazu im Rahmen dieses Berichtes gewonnenen Erkenntnisse sollen im folgenden Absatz diskutiert werden.

5.2 Zusammenhang zwischen kognitiven Leistungen und spezifischen Fahraufgaben

Anhand der einbezogenen Studien konnte eine Vielzahl von Leistungen identifiziert werden, die im Zusammenhang mit der Fahrkompetenz bereits un-

tersucht wurden. Diese wurden strukturiert und, soweit anhand der vorhandenen Daten möglich, einzelnen Fahraufgaben zugeordnet.

Anhand der einbezogenen Studien und deren Ergebnisse entstand der Eindruck, dass sowohl die Art der Fahraufgabe selber (operative, taktische oder strategische Fahraufgabe), als auch deren Komplexität (z. B. Verkehrsdichte) sowie die Bekanntheit der Situation (z. B. Fahren in einer unbekanntem Stadt), maßgeblichen Einfluss auf Art und Intensität der Leistungsanforderungen an den Fahrer haben. Operative Fahraufgaben weisen dabei stärker (psycho-)motorische Leistungsanforderungen auf, z. B. bei der Reaktion auf unvorhersehbare Ereignisse, die z. B. eine schnelle Informationsverarbeitung und (motorische) Reaktion erfordern. Bei der Bewältigung von taktischen Fahraufgaben hingegen scheinen eher höhere kognitive Leistungen, wie die Exekutiven Funktionen, von besonderer Bedeutung, z. B. um während der Fahrt aufgrund einsetzenden Starkregens Anpassungen am Fahrstil vorzunehmen.

Strategische Aspekte der Fahraufgabe wurden nicht ausreichend untersucht, um Hinweise auf spezifische Zusammenhänge zu kognitiven Leistungsdimensionen zu erhalten. Sie beziehen sich häufig, zum Beispiel im Fall der Routenplanung, auf die Bewältigung von Anforderungen vor Antritt der eigentlichen Fahrt (MICHON, 1985). Da viele der Studien jedoch gezielt die Fahreignung und das Fahrverhalten der Betroffenen untersucht haben, wurden strategische Aspekte bisher nicht oder nicht ausreichend im Studiendesign berücksichtigt. Ungeachtet dessen ist davon auszugehen, dass kognitive Leistungsdimensionen maßgeblich bei der Bewältigung strategischer Aspekte der Fahraufgabe beteiligt sind. Insbesondere exekutive Funktionen, die zentral an Planungsprozessen und bei der flexiblen Anpassung von Verhaltensweisen an neue Bedingungen beteiligt sind (HOMMEL, 2008), sollten deutlich mit strategischen Aspekten der Fahraufgabe zusammenhängen. Insgesamt ist vermutlich auf der strategischen Ebene von niedrigeren kognitiven Leistungsanforderungen als auf der taktischen Ebene der Fahraufgabe auszugehen. Diese Vermutung ist naheliegend, da strategische Aspekte der Fahraufgabe in der Regel wenig zeitkritisch sind und Defizite, zum Beispiel in der Verarbeitungsgeschwindigkeit, somit besser kompensiert werden können. Ob diese Annahme zutreffend ist müssen zukünftige Studien zeigen.

Die im Rahmen dieses Berichtes ausgeführten Annahmen sind bisher noch weitestgehend hypothetisch. Um belastbare Aussagen ableiten zu können, ist eine größere Datenbasis erforderlich. Dies hat mehrere Gründe: Zunächst weichen die Zielsetzungen der einzelnen Studien, auf denen die Daten beruhen, voneinander ab und hatten nur in seltenen Fällen das Ziel, konkrete Zusammenhänge zwischen einzelnen Fahraufgaben und kognitiven Leistungen näher zu untersuchen. Vielmehr lag der Fokus der Mehrheit der Untersuchungen darauf, Aussagen über die prädiktive Validität einzelner Messinstrumente im Hinblick auf die Fahrkompetenz abzuleiten. Die Verwendung der so entstandenen Daten ist insofern problematisch, da der Fokus der Autoren auf der Vorhersagekraft von Tests oder Testbatterien im Bezug auf die Fahreignung lag. Die Erfassung und Beschreibung der zugrundeliegenden kognitiven Konstrukte war in diesen Fällen hingegen nebensächlich. Entsprechend wurden in den Publikationen die durch die verwendeten Testverfahren erfassten Konstrukte zum Teil nur unzureichend beschrieben. Aufgrund des deskriptiven Ansatzes des vorliegenden Berichtes wurden die von den Autoren verwendeten Bezeichnungen übersetzt und zur Veranschaulichung des bisherigen Kenntnisstandes zunächst unkommentiert übernommen.

Dabei wurde ersichtlich, dass verschiedene Autoren bei gleichen Testverfahren unterschiedliche kognitive Konstrukte zugrundelegen. So bezeichnen STOLWYK, CHARLTON, TRIGGS, IANSEK und BRADSHAW (2006) den Trail Making Test B (TMT B) als einen Test zur Erfassung von höherer Informationsverarbeitung (high-level information processing) und dem Arbeitsgedächtnis (working memory). BADENES et al. (2017) hingegen sehen im TMT B unter anderem einen Test zur Erfassung der mentalen Flexibilität (mental flexibility), während BERATIS et al. (2017) die Testergebnisse als Indikator für räumliche Leistungen (spatial skills) beschreiben. Ähnliche Unstimmigkeiten sind beim sogenannten Zahlen Symbol Test zu beobachten. Während der Test bei BAJAJ und HAFEEZULLAH et al. (2009) vornehmlich die Verarbeitungsgeschwindigkeit (processing speed) und die Arbeitsgedächtnisleistung misst, interpretieren KOCH et al. (2005) die Testleistung vornehmlich als Nachweis für die „allgemeine psychomotorische Geschwindigkeit“. Dabei beziehen sich beide Publikation ausdrücklich auf einen Untertest des Wechsler Intelligenztests, weshalb die durch den Test erfassten Konstrukte identisch sein sollten.

Weiterhin berichten einzelne Autoren gar keine zugrunde liegenden kognitiven Leistungsdimensionen sondern analysieren lediglich die Zusammenhänge zwischen der beobachtbaren Fahrkompetenz und einzelnen Testverfahren (z. B. DEVOS et al., 2013). Um auch diese Ergebnisse für die Analyse von Zusammenhängen nutzen zu können, wurde die Zuweisung von Konstrukten zu einem Test aus dem Testmanual übernommen.

Aus den genannten Beispielen wird auch ersichtlich, dass die Bezeichnung der mit der Fahrkompetenz in Zusammenhang gebrachten (kognitiven) Leistungen oft nicht theoretisch fundiert ist. So ist beispielsweise unklar, worin genau der Unterschied zwischen den postulierten Konstrukten Verarbeitungsgeschwindigkeit (processing Speed; BAJAJ, HAFEEZULLAH et al., 2009), kognitiver Verarbeitungsgeschwindigkeit (mental processing Speed; BAJAJ, HAFEEZULLAH et al., 2009) und visueller Verarbeitungsgeschwindigkeit (speed of visual processing, VAUX, NI, RIZZO, UC & ANDERSEN, 2010) liegt. Ebenso beziehen sich einige der Studien auf unscharfe Begrifflichkeiten wie Aufmerksamkeit (attention, z. B. BAJAJ, HAFEEZULLAH et al., 2009), Konzentration (concentration, z. B. RADFORD et al., 2004) oder visuelle Aufmerksamkeit (visual attention, BERATIS et al., 2017). Auch hier bleibt unklar, wie die genannten Konstrukte operationalisiert werden können, ob sie theoretisch hergeleitet sind und inwiefern sie sich mit anderen Konstrukten überschneiden oder sogar mit diesen übereinstimmen.

Zukünftig ist es zwingend erforderlich, sich auf etablierte Theorien und einen einheitlichen Sprachgebrauch zu verständigen, um krankheitsbedingte Einflüsse auf die Fahrkompetenz besser miteinander vergleichen zu können. Dabei sollten sich die kognitiven Leistungsdimensionen an aktuellen wissenschaftlichen Theorien kognitiver Leistungsfähigkeit (z. B. Aufmerksamkeitstheorien) orientieren, klar definiert und voneinander abgrenzbar sein. Gleichzeitig sollte festgelegt werden, welche Testverfahren geeignet sind, diese zu erfassen. Sofern keine geeigneten Verfahren verfügbar sind, gilt es neue Erhebungsmethoden zu entwickeln und zu validieren. Nur so können zukünftig valide und replizierbare Zusammenhänge zwischen einzelnen Erkrankungen, Leistungsbeeinträchtigungen und verschiedenen Aspekten der Fahraufgabe erfasst und bewertet werden. Eine ähnliche Forderung findet sich bereits bei POSCHADEL, FALKENSTEIN, PAPPACHAN, POLL und WILLMES VON HIN-

CKELDEY (2009), wurde bisher aber nicht in angemessenem Maße umgesetzt.

Weiterhin ist kritisch anzumerken, dass die Anzahl und Art der erhobenen kognitiven Leistungen stark zwischen den einzelnen Untersuchungen variiert. Auch hier wirkt die Auswahl der verwendeten Tests zum Teil an vorhandenen Ressourcen und weniger am wissenschaftlichen Kenntnisstand orientiert. So haben mehrere Studien den MMST zur Bewertung der kognitiven Leistungsfähigkeit verwendet (z. B. PAVLOU et al., 2015; UC et al., 2009), obwohl der Mehrwert dieses und anderer kognitiver Screenings im Zusammenhang mit Aussagen über die Fahrkompetenz angezweifelt wird (vgl. WOLFE & LEHOCKEY, 2016). Zudem wurden als relevant erachtete Konstrukte, wie beispielsweise die exekutiven Funktionen, in einigen Studien nicht erfasst oder die Ergebnisse der Tests wurden nicht berichtet (z. B. FRITTELLI et al., 2009; DEVLIN, MCGILLIVRAY, CHARLTON, LOWNDES & ETIENNE, 2012; WADLEY et al., 2009). Auch hier scheint eine Vereinheitlichung des Vorgehens erforderlich, denn die prädiktive Validität einzelner kognitiver Leistungen für die Fahrkompetenz kann nur abgebildet werden, wenn diese auch erfasst und analysiert werden. Zudem kann ein ganzheitliches Bild der Zusammenhänge zwischen einzelnen kognitiven Leistungen und der Fahrkompetenz nur dann entstehen, wenn die Untersuchungen durch ein einheitliches Vorgehen besser miteinander vergleichbar sind.

Bisher kaum berücksichtigte Faktoren sollten zukünftig in die Untersuchungen mit einbezogen werden. Auf Seiten der kognitiven Leistungen sollte dabei zwingend die Konstrukte Daueraufmerksamkeit und Vigilanz berücksichtigt werden. Einzelne Studien konnten einen Leistungsabfall über die Zeit beobachten (BAJAJ, HAFEEZULLAH et al., 2009), allerdings wurden diese Aspekte der Aufmerksamkeitsleistung bisher kaum systematisch untersucht. Dies wäre aber insbesondere für Fahrer, die anstreben trotz Erkrankung längere Strecken zu fahren, von hoher Relevanz. Vorstellbar wäre beispielsweise, dass Betroffene zwar im Rahmen einer klassischen Fahrverhaltensbeobachtung unauffällig, bei längeren Fahrten oder bei Fahrten während der Nacht aber aufgrund einer unzureichenden Vigilanz oder Daueraufmerksamkeit überfordert sein könnten. Ob eine solche Dynamik bei spezifischen Erkrankungen beobachtbar ist, sollte zunächst im Rahmen standardisierter Simulatorfahrten systematisch untersucht werden. Zukünftig ist davon auszugehen, dass im Rahmen der Automatisierung

von Fahrfunktionen die Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit zunehmend an Bedeutung gewinnen wird (MÜLLER, REIMANN & WAGNER, 2018; VOGELPOHL, VOLLRATH & KÜHN, 2017). Entsprechend ist ein besseres Verständnis von Vigilanz und Daueraufmerksamkeit im Kontext verschiedener Fahraufgaben und Krankheiten von zentralem Interesse.

Ebenso konnten erste Studien einen Zusammenhang zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und der Fahrkompetenz im Krankheitsfall beobachten (SOMMER et al., 2010). Auch hier besteht weiterer Forschungsbedarf, um Zusammenhänge und Interaktionen zwischen einzelnen Faktoren besser zu erfassen und zielgerichtete Maßnahmen ableiten zu können.

Auch gilt es, in den kommenden Jahren mehr Forschungsaktivitäten im Bereich der kognitiven Grundlagen zur Bewältigung einzelner Fahraufgaben zu implementieren. Dazu zählt auch, konkrete Fahraufgaben, wie z. B. links Abbiegen oder das Fahren auf gerader Strecke, hinsichtlich der dort entstehenden kognitiven Belastungen zu untersuchen. Eine erste Studie konnte erfolgreich den kognitiven Aufwand während der einzelnen Phasen eines Abbiegevorgangs differenzieren und beschreiben (DREWITZ, 2018). Weitere Fahrmanöver müssten zukünftig im Detail untersucht werden. Aus der so entstehenden Datenbasis ließen sich dann zum Beispiel spezifische Straßenkarten entwickeln, anhand derer (beeinträchtigte) Fahrer besonders fordernde Fahraufgaben identifizieren und diese bei Bedarf umgehen könnten.

Hierbei sollten auch zwingend moderne Erhebungsmethoden und insbesondere bildgebende Verfahren zum Einsatz kommen. Diese ermöglichen es, anhand der neurophysiologischen Korrelate einzelner kognitiver Leistungen vertiefende Einblicke in bestehende Zusammenhänge zu erhalten und diese beispielweise zur Erstellung spezifischer Trainings zu nutzen.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die hier beschriebenen Zusammenhänge zwischen einzelnen kognitiven Leistungen und spezifischen Aspekten der Fahraufgabe zunächst noch zurückhaltend interpretiert werden sollten. Eine Vorhersage der Fahrkompetenz anhand von kognitiven Leistungen ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht in zufriedenstellender Art möglich. Dies gilt sowohl für ältere (FASTENMEIER, GSTALTER, ROMPE & RISSER,

2015), als auch krankheitsbedingt beeinträchtigte Fahrer (NIEMANN & HARTJE, 2013). Die im Rahmen der Studien erklärten Varianzanteile durch Testergebnisse waren in der Regel gering. Die prädiktive Validität der Tests und Testbatterien war nicht zufriedenstellend. Weiterhin sind die gewonnenen Erkenntnisse aufgrund bestehender Limitationen nur bedingt verallgemeinerbar. In Kapitel 5.4 werden die Limitationen einzelner Studien als auch des vorliegenden Berichtes noch einmal im Detail diskutiert.

5.3 Maßnahmenempfehlungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit

Beeinträchtigte Fahrer können, aufgrund ihrer unzureichenden Fahrkompetenz, sich selbst und andere Verkehrsteilnehmer gefährden. Spezifische Maßnahmen können dabei helfen, mögliche Risiken effektiv zu reduzieren. Einige der Interventionen wurden bereits hinsichtlich ihrer Wirksamkeit im Rahmen wissenschaftlicher Studien evaluiert. Dabei handelt es sich insbesondere um an den Defiziten der Betroffenen orientierte Maßnahmen, zum Beispiel individualisierte Trainings, die in Kapitel 5.3.1 dargestellt werden.

Darüber hinaus sollen anhand der im Rahmen dieses Berichtes gewonnenen Erkenntnisse weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit abgeleitet und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit diskutiert werden. Diese beziehen sich vor allem auf eine verbesserte (Risiko-)Kommunikation und die konsequentere Anwendung bestehender Regularien und Möglichkeiten zum Erhalt der Fahrkompetenz der Betroffenen.

Eine detaillierte Auflistung von zielführenden Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit älterer Verkehrsteilnehmer findet sich bei SCHUBERT, GRÄCMANN und BARTMANN (2018). Es ist davon auszugehen, dass der Großteil der in dieser Publikation beschriebenen Interventionen auch bei Fahrern mit krankheitsbedingten Beeinträchtigungen sinnvoll eingesetzt werden kann. Insbesondere solche Maßnahmen, die auf die Anpassung und Verbesserung von fahrzeugtechnischen und infrastrukturbezogenen Voraussetzungen abzielen. Im Hinblick auf den begrenzten Umfang des vorliegenden Berichtes wird für eine detaillierte Darstellung dieser beiden Aspekte auf den Bericht von SCHU-

BERT, GRÄCMANN und BARTMANN (2018) verwiesen. Auf weitere, vor allem im Kontext der kognitiven Leistungsfähigkeit relevante Maßnahmen, soll im Folgenden detailliert eingegangen werden.

5.3.1 Training zur Verbesserung der individuellen Fahrkompetenz

Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Fahrkompetenz beeinträchtigter Fahrer ist die Durchführung kognitiver oder fahrpraktischer Trainings. Aufgrund der besonderen Relevanz für diesen Bericht sollen die Einflüsse kognitiver Trainings im Folgenden ausführlicher dargestellt werden. Der Großteil der Forschung in diesem Bereich bezieht sich dabei auf ältere aber gesunde Fahrer. Da sich die Art der Beeinträchtigungen, z. B. Aufmerksamkeitsstörungen oder reduzierte Belastbarkeit, zwischen älteren und erkrankten Fahrergruppen ähneln, werden zentrale Ergebnisse aus diesen Studien im Folgenden ebenfalls berichtet.

Kognitives Training

In den letzten Jahren wurde eine Reihe von kognitiven Trainingsmaßnahmen im Hinblick auf ihren Einfluss auf die Fahrkompetenz untersucht. Die angewandten Trainings unterschieden sich dabei in ihrer Ausgestaltung und Dauer und sind daher nur bedingt miteinander zu vergleichen.

ROENKER, CISELL, BALL, WADLEY und EDWARDS (2003) untersuchten den Einfluss eines „speed-of-processing“ Trainings bei älteren Fahrern. Bei diesem mussten in einer standardisierten Trainingsaufgabe zuvor definierte Zielkriterien erreicht werden. Das Training dauerte durchschnittlich 4,5 Stunden. Die trainierten Senioren zeigten nach Abschluss des Trainings verglichen mit einer aktiven (Simulatortraining) und einer passiven Kontrollgruppe eine signifikant verbesserte Reaktionszeit und weniger gefährliche Fahrmanöver im Realverkehr. Dieser Effekt ließ sich auch noch 18 Monate nach Beendigung des Trainings beobachten.

Auch SEIDLER et al. (2010) konnten zeigen, dass ein fünfwöchiges kognitives Training bei jüngeren und älteren gesunden Fahrern zur Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit im Sinne einer besseren Arbeitsgedächtnisleistung führt. Im Hinblick auf die Fahrkompetenz konnte bei den älteren Fahrern ein Trend zur Verbesserung der Fahrkompetenz im Simulator festgestellt werden. Dieser

Effekt wurde jedoch nicht signifikant, was laut der Autoren an der hohen Drop-out Rate wegen der schlechten Verträglichkeit der Simulatorfahrt und der daraus resultierenden geringen statistischen Power lag. Bei jüngeren Fahrern zeigten sich hingegen keine Transfereffekte auf die Fahrkompetenz.

Bei ROSS et al. (2016) wurden kognitive Leistungen in den Bereichen Verarbeitungsgeschwindigkeit, geteilte Aufmerksamkeit und Inhibition trainiert. Das sechs Wochen dauernde Training wirkte sich positiver als eine aktive (Gedächtnistraining) und eine passive Kontrollbedingung auf das selbstberichtete Mobilitätsverhalten älterer Fahrer (Häufigkeit, Fahrverhalten, Fahren an unbekanntem Orten) aus. Dabei konnten Fahrer, die vor Trainingsbeginn deutlichere kognitive Auffälligkeiten aufwiesen, besonders stark profitieren.

Auch CASSAVAUGH und KRAMER (2009) trainierten mehrere kognitive Funktionen bei gesunden älteren Fahrern und prüften mögliche Transfereffekte anhand der Fahrkompetenz während einer Simulatorfahrt. Trainiert wurden das Arbeitsgedächtnis, die selektive Aufmerksamkeit sowie die manuelle Kontrolle. Die manuelle Kontrolle wurde dabei anhand einer durch die Probanden zu bedienenden Steuervorrichtung (vergleichbar mit einem Lenkrad) erfasst. Dabei ließen sich positive Effekte aller angewendeten Trainings auf spezifische Fahraufgaben im Simulator beobachten. Die Varianzaufklärung durch die Trainingseffekte war zwar gering, fiel aber signifikant aus. Die Autoren schlussfolgerten entsprechend, dass eine begrenzte Übertragung der Trainingseffekte auf das Fahrverhalten stattgefunden hat.

Eine ähnliche Schlussfolgerung ergibt sich aus einer Studie, bei der ältere Fahrer systematisch das Arbeitsgedächtnis trainieren sollten (CUENEN, JONGEN, BRIJS, BRIJS, HOUBEN et al., 2016). Das Training führte dabei zu einer marginal signifikanten Verbesserung in zwei von vier gemessenen Fahrverhaltensweisen im Simulator. Entsprechend schlussfolgern die Autoren, dass ein Effekt von kognitivem Training auf die Fahrkompetenz wahrscheinlich ist, weitere Studien zur Untersuchung der Langzeiteffekte und Übertragung auf das Fahrverhalten im Realverkehr aber erforderlich sind.

Den Einfluss von Training verschiedener kognitiver Leistungen auf die Fahrkompetenz bei älteren Fahrern wurde bei BALL, EDWARDS, ROSS und MCGWIN (2010) untersucht. Hier konnte ein positiver

Effekt von Interventionen zum Training exekutiver Funktionen (Schlussfolgerndes Denken und Problemlösen) sowie der Verarbeitungsgeschwindigkeit beobachtet werden. In diesen Bereichen trainierte Probanden wiesen ein rund 50 % reduziertes Risiko auf, in den fünf Jahren nach dem Training einen Verkehrsunfall zu verursachen.

MAZER et al. (2003) haben anhand von 97 Schlaganfallpatienten den Effekt eines Trainings mit dem Useful Field of View (UFOV) Test mit dem eines unspezifischen kognitiven PC-Trainings verglichen. Dabei haben die Probanden in der UFOV-Gruppe die visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit, sowie die geteilte und selektive Aufmerksamkeit trainiert, während der Kontrollgruppe mithilfe kommerzieller Programme (z. B. Tetris) kognitive und perzeptive Leistungen, allerdings mit keiner bzw. deutlich geringerer Geschwindigkeitskomponente trainiert hatten. Nach Abschluss des Trainings zeigte sich in der Experimentalgruppe eine signifikante Verbesserung der Leistungen im UFOV-Test. Die im Rahmen einer praktischen Fahrverhaltensbeobachtung erfasste Fahrkompetenz unterschied sich hingegen nicht zwischen den zwei Gruppen. Dabei zeigte sich, dass Patienten mit rechtshirniger Schädigung tendenziell besser vom UFOV-Training profitieren konnten als solche mit linkshirniger Schädigung. Dieser Unterschied wurde jedoch nicht statistisch signifikant.

Auch CROTTY und GEORGE (2009) untersuchten eine Stichprobe von insgesamt 26 Schlaganfallpatienten hinsichtlich ihrer Fahrkompetenz. Zuvor sollten die 13 Probanden in der Experimentalgruppe über sechs Wochen fahrrelevante Leistungen wie das visuelle Absuchen, die Reaktionsgeschwindigkeit und die Kombination von visueller und motorischer Verarbeitung trainieren. Weitere 13 Probanden kamen in eine Wartegruppe. Im Anschluss an das Training zeigte sich eine signifikante Verbesserung in den Bereichen visuelle Verarbeitung und Reaktion. Zwar bestanden auch mehr Probanden in der Experimentalgruppe eine Fahrverhaltensbeobachtung ($n = 10$, 76.9 %) als in der Kontrollgruppe ($n = 6$, 46.2 %), dieser Unterschied erwies sich aber nicht als statistisch signifikant. Zu berücksichtigen ist die aufgrund der geringen Stichprobengröße nur geringe statistische Power, die das Auffinden eines signifikanten Effektes deutlich erschwert haben dürfte.

Zusammenfassung kognitive Trainings

Zusammenfassend scheinen kognitive Trainings einen positiven Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit zu haben. Weiterhin ergeben sich Hinweise, dass es nach kognitivem Training zu Transferwirkungen auf das Fahrverhalten kommen kann. Dabei scheinen insbesondere Trainings zur Verbesserung des Arbeitsgedächtnis, exekutiver Funktionen, der selektiven Aufmerksamkeit und der Verarbeitungsgeschwindigkeit besonders effektiv. Gedächtnistraining hingegen scheint keinen Effekt auf die Fahrkompetenz zu haben. Auch das beobachtbare Unfallrisiko scheint durch kognitives Training positiv beeinflusst werden zu können. Insgesamt waren die beobachtbaren Effekte jedoch häufig sehr klein und der beobachtbare Zusammenhang mit der Fahrkompetenz nur marginal signifikant. Weiterhin ist die Anzahl der veröffentlichten Studien nur gering und die vorhandenen Studien weisen teilweise methodische Mängel, wie beispielweise sehr kleine Stichproben, auf.

Auch für erkrankte Fahrer zeigt sich ein positiver Effekt. Transfereffekte des kognitiven Trainings auf die Fahrkompetenz deuten sich zwar an, sind in den berücksichtigten Studien jedoch nicht statistisch nachgewiesen worden. Zu einem ähnlichen Fazit kommt auch die Überblicksarbeit von UNSWORTH und BAKER (2014).

Fahrpraktische Trainings

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Fahrkompetenz ist die Durchführung von praktischen Fahrtrainings. Aktuell existieren unterschiedliche Trainingskonzepte, die sowohl im Simulator als auch im Realverkehr umgesetzt werden können. Einen gelungenen Überblick über die bisherige Forschung mit älteren Fahrern in diesem Bereich findet sich bei SCHUBERT, GRÄCMANN und BARTMANN (2018). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass insbesondere kombinierte Interventionen aus Schulung und Fahrertraining mit Rückmeldung zum aktuellen Fahrverhalten einen positiven und zum Teil langfristigen Effekt auf die Fahrkompetenz haben können (SCHUBERT, GRÄCMANN & BARTMANN, 2018). Auch bei einer von der BAST in Auftrag gegebenen Studie zeigte sich nach der Durchführung eines modular aufgebauten Trainingsprogramm mit theoretischen Sitzungen und praktischen Fahrtrainings ein positiver Effekt auf die Fahrkompetenz älterer Fahrer (SCHOCH,

JULIER, KENNTNER-MABIALA & NEUKUM, 2018).

Auch bei krankheitsbedingt beeinträchtigten Fahrern scheinen Fahrtrainings einen positiven Effekt zu haben. Im Rahmen ihrer Überblicksarbeit kommen UNSWORTH und BAKER (2014) zu dem Schluss, dass auch für erkrankte Fahrer kombinierte Interventionen aus Schulungsprogrammen und Fahrertrainings zu Verbesserungen in der Fahrkompetenz führen können. Auch ergeben sich Hinweise, dass sie bei erkrankten Fahrern gegenüber reinen Trainings zur Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit überlegen sind. Allerdings kritisieren die Autoren die methodischen Schwächen der einbezogenen Studien und das nicht einheitliche Vorgehen, weshalb die Erkenntnisse zurückhaltend interpretiert werden sollten. Dennoch werden rehabilitative Interventionen zur Wiederherstellung der Fahrkompetenz als sinnvoll erachtet, wenn auch empfohlen wird die Thematik mit methodisch ausgereifteren Studien zukünftig weiter zu untersuchen.

5.3.2 Zielgruppenspezifische Maßnahmenempfehlungen zu Verbesserung der Verkehrssicherheit

Neben den Maßnahmen, die auf die Kompensation und Verringerung individueller Defizite abzielen, lassen sich aus den Erkenntnissen dieses Berichtes auch auf Gruppenebene Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit ableiten. Im Zentrum steht dabei die Nutzung und Optimierung bereits bestehender Strukturen und Regularien. Zielgruppe können dabei sowohl die Erkrankten selber, als auch Behandelnde oder Akteure der Verkehrssicherheit sein. Da einige der hier dargestellten Maßnahmen bisher kaum oder gar nicht evaluiert wurden, handelt es sich teilweise um Interventionsansätze, deren Effektivität zukünftig im Rahmen empirischer Untersuchungen noch geprüft werden muss.

Sensibilisierung für relevante Erkrankungen

Anhand der im Rahmen dieses Berichtes einbezogenen Quellen ergeben sich Hinweise auf unterschiedlich ausgeprägte Risikoprofile einzelner Erkrankungen. Dieser Erkenntnis sollte zukünftig verstärkt Rechnung getragen werden. So gilt es insbesondere solche Erkrankungen, die aufgrund der krankheitsbedingten Auffälligkeiten im Fahrverhal-

ten und ihrer Häufigkeit als besonders relevant identifiziert wurden, verstärkt bei der Verkehrssicherheitsarbeit zu berücksichtigen. Ziel zukünftiger Interventionen sollte es sein, Behandelnde, Betroffene, Angehörige und Akteure der Verkehrssicherheit für mögliche Risiken zu sensibilisieren und zielführende Maßnahmen zur Reduktion der Unfallgefahr zu implementieren. Hier könnten beispielsweise spezifisch für einzelne Erkrankungen neue Strategien im Bereich Risikokommunikation entwickelt und umgesetzt werden. Vergleichbare Maßnahmen haben sich bereits im Kontext anderer verkehrssicherheitsrelevanter Bereiche, zum Beispiel beim Fahren unter Alkoholeinfluss, als hilfreich erwiesen (PHILLIPS, ULLEBERG & VAA, 2011). Dabei sollten insbesondere Krankheiten, die bisher im Hinblick auf ihr fahrkompetenzeinschränkendes Potenzial kaum im öffentlichen Bewusstsein verankert sind, wie zum Beispiel die Hepatische Enzephalopathie (vgl. Kapitel 3.6), berücksichtigt werden.

Insgesamt sollte durch zukünftige Maßnahmen eine intensiviertere Auseinandersetzung mit der Thematik Krankheit und Mobilität begünstigt werden. Um die negativen Konsequenzen des Verlustes der individuellen Mobilität zu vermeiden (vgl. Kapitel 1), sollte deren Erhalt zentraler Bestandteil der Maßnahmen sein. Das heißt, im Falle einer nicht mehr ausreichenden Fahrkompetenz sollten wenn möglich Maßnahmen zur Verbesserung dieser eingeleitet werden (vgl. Kapitel 5.3.1) oder aktive Unterstützung bei der Suche nach alternativen Mobilitätsmöglichkeiten angeboten werden.

Mobilitätsberatung für die Betroffenen

Dies setzt jedoch zunächst voraus, dass die betroffenen Fahrer identifiziert werden. Mehrere Veröffentlichungen berichten übereinstimmend, dass die Aufklärung über fahrkompetenzeinschränkende Defizite im Krankheitsfall unzureichend ist (FISK, OWSLEY & PULLEY, 1997; FRITH, WARREN-FORWARD, HUBBARD & JAMES, 2017; MARSHALL & GILBERT, 1999; OZARK et al., 2014). Eine Vielzahl betroffener Personen werde über die verkehrsbezogenen Risiken ihrer Erkrankung nicht, oder nicht ausreichend informiert, beziehungsweise aufgeklärt. Von den Betroffenen, die angemessen informiert und aufgeklärt wurden, wurde nur ein sehr geringer Anteil anhand eines standardisierten Vorgehens im Hinblick auf ihre Fahrkompetenz untersucht. Vorschläge zur Verbesserung des aktuellen Vorgehens finden sich unter anderem bei SCHMIDT-

KE (2018) und LEVE, ILSE, UFERT, WILM und PENTZEK (2017). Die Autoren empfehlen vorhandene (kognitive) Defizite und deren Auswirkungen auf die Fahrkompetenz im Rahmen ärztlicher Kontakte offen und leicht verständlich anzusprechen und zu erläutern. Hier können falls notwendig auch Angehörige mit einbezogen werden. Des Weiteren sollten nach Möglichkeit gemeinsam mit dem Betroffenen Mobilitätsalternativen entwickelt werden (KÜST, 2011).

Nach wie erfolgt in Deutschland eine umfassende Mobilitätsberatung vermutlich zu selten: In einer Umfrage im Auftrag des Deutschen Verkehrssicherheitsrats (DVR) gaben lediglich 2 % der befragten Senioren an (≥ 65 Jahre; $N = 1.003$), aktiv durch einen Arzt auf ihre „Fahrfitness“ angesprochen worden zu sein (Deutscher Verkehrssicherheitsrat, 2014). 15 % der Befragten gaben an, sie hätten ihre Fahrkompetenz von sich aus beim Arzt prüfen lassen. Insgesamt 88 % der Befragten gaben an, sie würden sich gerne hinsichtlich des Themas „Fahrtüchtigkeit im Alter“ von einem Arzt beraten lassen.

Ob und wie häufig Mobilitätsberatungen in Deutschland bei erkrankten Fahrern durchgeführt werden, ist noch weitestgehend unbekannt. Hier setzt ein aktuell laufendes Forschungsprojekt der BAST (FE 82.0620/2014) an, in dem unter anderem die Qualität und Quantität ärztlicher Verkehrssicherheitsberatungen erfasst werden sollen.

Kompensation durch fahrzeugtechnische Umbauten

Wurden krankheitsbedingte Beeinträchtigungen der Fahrkompetenz identifiziert, müssen in der Folge geeignete Maßnahmen eingeleitet werden. Dies muss nicht zwingend mit dem Verlust der Fahreignung einhergehen. Die Ergebnisse dieses Berichts weisen darauf hin, dass sich alters- und oder krankheitsbedingte motorische oder sensorische Defizite bis zu einem gewissen Grad gut durch Persönlichkeitsmerkmale, die Einstellung und Krankheits-einsicht, medizinische Hilfsmittel und technische Umbauten am Fahrzeug kompensieren lassen (DEVOS et al., 2011; JACOBS, 2016; KÜST, 2011; MADEA, MUßHOFF & BERGHAUS, 2012; MARX, 2018).

Bei einem technischen Umbau des Fahrzeuges ist zunächst ein fachärztliches Gutachten und das Gutachten eines amtlich anerkannten Sachverständigen erforderlich, in dem die notwendigen Maßnah-

men und Auflagen festgeschrieben werden (KÜST, 2016). Anschließend muss der Fahrer nachweisen, dass er den Umgang mit dem umgerüsteten Fahrzeug beherrscht und die Umbauten müssen durch einen Sachverständigen abgenommen werden. Entsprechend aufwändig ist das Verfahren, was dazu führen könnte, dass insbesondere eher leicht betroffene Fahrer vor einer solchen Maßnahme zurückschrecken. Möglicherweise könnten aber auch beeinträchtigte Fahrer, bei denen ein technischer Umbau nicht zwingend erforderlich ist, von einer (kleineren) Umrüstung ihres Fahrzeuges profitieren. Beispielhaft sei hier die Anbringung eines Lenkraddrehknopfs oder eines Multifunktionsdrehknopfs bei einer (pathologischen) Kraftminderung in den Händen zu nennen. Eine offizielle Statistik zur Anzahl umgebauter Fahrzeuge in Deutschland liegt, soweit dem Autor bekannt, nicht vor. Prinzipiell erscheint es jedoch zielführend, entsprechende Möglichkeiten zu fördern, bestehende Hürden abzubauen und Betroffene und Behandelnde für geeignete Fahrzeugumbauten zu sensibilisieren. Diese können in der Folge die Anforderungen während der Fahrt senken, Defizite kompensieren und somit potenzielle Risiken reduzieren. Ob ein vermehrter Einsatz von Fahrzeugumbauten indiziert ist und ob diese tatsächlich zu einer Reduktion krankheitsbedingter Verkehrsrisiken führen könnten, sollte im Rahmen zukünftiger Forschungsarbeiten empirisch untersucht werden.

Kompensation durch Anwendung von Beschränkungen und Auflagen nach § 46 der FeV

Beim Vorliegen kombinierter körperlicher und kognitiver oder auch nur kognitiver Beeinträchtigungen, sind technische Umbauten am Fahrzeug häufig nicht ausreichend, um bestehende Mängel kompensieren zu können (vgl. Kapitel 3). Dies muss aber nicht zwingend bedeuten, dass die Fahrkompetenz der Betroffenen für die Teilnahme am Straßenverkehr nicht mehr ausreichend ist. Vielmehr wurde aus den im Rahmen dieses Berichtes berücksichtigten Quellen ersichtlich, dass viele Betroffene, unabhängig von ihrer Grunderkrankung, einfache Fahrmanöver weiterhin sicher ausführen können. Zudem können wenig fordernde Fahrumgebungen, zum Beispiel das Fahren in bekannten Gebieten oder bei wenig Umgebungsverkehr, die Anforderungen auf ein für den betroffenen Fahrer zu bewältigendes Niveau absenken. Entsprechend kann es im Einzelfall zielführend sein, die Fahrkom-

petenz nicht prinzipiell in Frage zu stellen, sondern abhängig von den bestehenden Ressourcen des Fahrers lediglich Beschränkungen auszusprechen. Beschränkungen und Auflagen werden nach § 46 der FeV durch die Fahrerlaubnisbehörde festgelegt. Diese können zum Beispiel in Form von Umkreisbeschränkungen oder Geschwindigkeitsbeschränkungen erfolgen. Eine Zusammenstellung aller anwendbaren Beschränkungen und Auflagen finden sich in Anlage 9 der FeV.

Ob und in welchem Ausmaß entsprechende Restriktionen aktuell bei kognitiven Beeinträchtigungen zur Anwendung kommen, ist weitestgehend unklar. Weiterhin ist nicht hinreichend untersucht, ob ein solches Vorgehen tatsächlich zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit führt, beispielweise durch die Reduktion des relativen Unfallrisikos der Betroffenen. Hier wird empfohlen, zukünftig das Potenzial von Beschränkungen und Auflagen bei erkrankungsbedingten Beeinträchtigungen der Fahrkompetenz zur Verbesserung der Verkehrssicherheit zu untersuchen.

Vereinheitlichung und Standardisierung der Forschungsaktivitäten

Ausgehend vom bisher uneinheitlichen und wenig standardisierten Vorgehen bei der Erforschung von krankheitsbedingten Beeinträchtigungen der Fahrkompetenz (vgl. Kapitel 5.2), wird zur Vereinheitlichung der Forschungsaktivitäten in diesem Bereich die Entwicklung eines theoretisch und/oder empirisch fundierten Kriterienkatalogs oder Leitfadens zur Optimierung des methodischen Vorgehens empfohlen. Mithilfe dieses Leitfadens sollen qualitativ hochwertige und miteinander vergleichbare Publikationen in dem Forschungsgebiet realisiert werden können. So soll gewährleistet werden, dass über verschiedene Grunderkrankungen hinweg, aber auch bei Multimorbidität oder Studien zum Einfluss spezifischer Medikamente, vergleichbare Daten erhoben und analysiert werden. Dies würde wiederum die Ableitung von Handlungsempfehlungen und die Entwicklung zielführender Interventionen erleichtern und beschleunigen.

In dem Leitfaden sollten unter anderem die im Rahmen der Studien zu berücksichtigenden kognitiven Leistungen theoretisch hergeleitet und detailliert beschrieben werden. Weiterhin sollten Empfehlungen zu deren Erfassung und der Interpretation der durch Tests generierten Ergebnisse dargestellt wer-

den. Dabei sollten die zentralen Begriffen sowohl in Deutsch als auch in Englisch systematisiert und beschrieben werden. Zudem sind zwingend Kriterien festzulegen, ab wann eine Testleistung als pathologisch zu bewerten ist. Aktuell wird eine Bewertung anhand von (altersunabhängigen) Prozenträngen empfohlen (GRÄCMANN & ALBRECHT, 2018). Hier gilt es zu prüfen, ob ein anderes Vorgehen die erforderlichen Mindestleistungen besser erfassen und beschreiben kann und ob zukünftig für verschiedene Teilleistungen, abhängig von deren Relevanz, unterschiedlich strenge Kriterien angelegt werden müssen (MÜLLER, REIMANN & WAGNER, 2018; POSCHADEL, FALKENSTEIN, PAPACHAN, POLL & WILLMES VON HINCKELDEY, 2009).

Der Leitfaden sollte darüber hinaus theoretisch oder empirisch fundierte Empfehlungen zur Operationalisierung weiterer relevanter Konstrukte, wie z. B. des Unfallrisikos oder der (jährlichen) Fahrleistung, aussprechen. Im Hinblick auf die Erfassung der Fahrkompetenz im Simulator sollten geeignete Simulatorszenarien beschrieben werden. Hier sollte der Fokus neben der validen Erfassung der Fahrkompetenz, auch auf der Reduktion von dem als Simulatorkrankheit bezeichneten Unwohlsein infolge von Simulatorfahrten liegen, um den übermäßigen Ausfall von Probanden zu verhindern. Die zielgruppenspezifische Gestaltung von Simulatorstudien hat sich bei älteren Fahrern bereits als hilfreich erwiesen (SCHUMACHER & SCHUBERT, 2018). Hier sollte geprüft werden, ob auch bei krankheitsbedingt beeinträchtigten Fahrern eine zielgruppenspezifische Gestaltung von Simulatorstudien erforderlich beziehungsweise zielführend sein könnte.

Zudem sollten bereits gewonnene Erkenntnisse im Hinblick auf relevante Moderatorvariablen, wie z. B. Alter oder Tagesschläfrigkeit, in dem Leitfaden beschrieben und in einer Liste zu berücksichtigender Kontrollvariablen dargestellt werden.

Weitere relevante Faktoren, die in dem Leitfaden berücksichtigt werden sollten, könnten zukünftig im interdisziplinären Austausch, beispielweise in Form von Expertendiskussionen, festgelegt und inhaltlich ausgearbeitet werden.

5.4 Limitationen

Die Ergebnisse dieses Berichtes basieren auf einem explorativen Ansatz. Entsprechend haben die Schlussfolgerungen und abgeleiteten Maßnahmen nur eine begrenzte Anwendbarkeit. Dies ist unter anderem durch die methodische Limitationen der einbezogenen Studien und deren teilweise nur geringe Anzahl bedingt. Weitere publizierte oder auch nicht publizierte Studien könnten die hier dargestellten Ergebnisse abschwächen oder zu neuen Interpretationen führen.

5.4.1 Limitationen der aktuellen Forschung

Klinische Forschung ist u. a. durch hohe Kosten und Schwierigkeiten bei der Probandenrekrutierung charakterisiert (SUNG et al., 2003). Dies spiegelt sich teilweise auch in den Studien zu Zusammenhängen zwischen Erkrankungen und der Fahrkompetenz wider.

So weisen mehrere Studien lediglich sehr kleine Stichproben auf, insbesondere bei der Untersuchung von SHT (vgl. Kapitel 3.5) und HE (vgl. Kapitel 3.6). Zudem wurden fast ausschließlich angefallene Stichproben untersucht, weshalb nicht von Repräsentativität im Hinblick auf die Gruppe der jeweiligen Erkrankten ausgegangen werden kann (DÖRING & BORTZ, 2016b).

Eine weitere Limitation einiger in diesem Bericht berücksichtigter Studien ist die fehlende Kontrollgruppe (z. B. BIVONA et al., 2012; THOMPSON, READ, ANDERSON & RIZZO, 2011), wodurch die Aussagekraft der Studienergebnisse reduziert wird. Zudem wurden relevante Moderatorvariablen, wie zum Beispiel das Alter der Probanden und die jährliche Fahrleistung, nicht in allen Fällen ausreichend kontrolliert (KOTTERBA, WIDDIG, BRYLAK & ORTH, 2005), was zu einer systematischen Verzerrung der Ergebnisse geführt haben könnte. Um dem entgegen zu wirken, sollten zukünftige Forschungsprojekte versuchen methodisch ausgereifere Settings zu verwenden, mit dem Ziel eine größtmögliche Repräsentativität der Ergebnisse und somit deren Übertragbarkeit auf andere Erkrankte zu ermöglichen. Hier ist es von zentraler Bedeutung, relevante Einflussfaktoren wie das Alter oder den Ort der Erhebung zukünftig entweder stabil zu halten oder im Rahmen der statistischen Analysen systematisch zu kontrollieren. Nur so können beobachtbare Auffälligkeiten im Fahrverhalten si-

cher auf die untersuchte Grunderkrankung zurückgeführt werden.

Weiterhin bleibt im Hinblick auf die einbezogenen Untersuchungen kritisch anzumerken, dass viele Aussagen auf Selbstauskünften der Probanden beruhen. Ein solches Vorgehen kann insbesondere bei normverletzenden oder unerwünschten Verhaltensweisen, wie zum Beispiel der Frage nach der Anzahl verursachter Verkehrsunfälle, zu sozial erwünschten Antworttendenzen und damit zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen (DÖRING & BORTZ, 2016a). Unabhängig davon ergeben sich Hinweise, dass die Erhebung der Unfallhäufigkeit über Selbstauskünfte valide ist (BAJAJ, HAFEEZULLAH et al., 2009). Nichts desto trotz sollten zukünftige Studien versuchen das Ausmaß an Selbstauskünften, soweit möglich, zu reduzieren und insbesondere bei der Analyse von Unfallhäufigkeiten auf offiziell erfasste Ereignisse zurückgreifen.

Darüber hinaus wurden häufig nicht alle Subtypen einer Erkrankung untersucht. Vor dem Hintergrund, dass die Symptomatik aber maßgeblich vom Subtyp der Erkrankung abhängen kann, können die Ergebnisse nicht auf andere Subtypen einer Erkrankung (z. B. verschiedene Demenz- und Parkinsonformen) übertragen werden. Inwiefern es zukünftig sinnvoll sein kann, die zu untersuchenden Erkrankungen weiter auszudifferenzieren ist indes fraglich. Während bei einzelnen Erkrankungen der Subtyp weniger relevant erscheint (vgl. Kapitel 3.1 und Kapitel 3.6) ergeben sich bei anderen Erkrankungen Hinweise, dass die beobachtbaren Mängel im Fahrverhalten zwischen einzelnen Subtypen variieren können (vgl. Kapitel 3.2 bis Kapitel 3.4). Weiterhin ist bei einer Vielzahl von relevanten Erkrankungen und einer noch größeren Anzahl von Subtypen eine gewissenhafte Untersuchung aller klinischen Erscheinungsformen praktisch kaum umsetzbar. Die Konsequenzen dieser Annahme sollen im Ausblick dieses Berichts diskutiert werden.

Aufgrund des explorativen Ansatzes wurden trotz zum Teil bestehender Limitationen alle verfügbaren Studien im Rahmen einer qualitativen Analyse mit in die Auswertung einbezogen. Um den Limitationen der Einzelpublikationen gerecht zu werden, wurden diese hervorgehoben und die reduzierte Aussagekraft der jeweiligen Untersuchung bei der Gesamtanalyse berücksichtigt. Aufgrund der nur begrenzten Anzahl von Studien, insbesondere bei wenig erforschten Krankheitsbildern, erscheint dieses Vorgehen zulässig und wurde auch im Rahmen

anderer Überblicksarbeiten so praktiziert (HOLTE, 2018; ORTOLEVA, BRUGGER, VAN DER LINDEN & WALDER, 2012; PAVLOU et al., 2017; UC & RIZZO, 2008; UNSWORTH & BAKER, 2014; WOLFE & LEHOCKEY, 2016).

5.4.2 Limitationen des vorliegenden Berichtes

Auch der vorliegende Bericht selbst weist einige Limitationen auf. So erfolgte die Auswahl der Erkrankungen abhängig von deren vermuteter Relevanz für die Verkehrssicherheit. Diese wurde vorab anhand der Prävalenz der Erkrankung, der Anzahl aktiver Fahrer in der Gruppe der Erkrankten und des Unfallrisikos abgeleitet. Verhältnismäßig seltene neurologische oder neurodegenerative Erkrankungen oder solche, die mit einem nicht sicher nachgewiesenen erhöhten Unfallrisiko einhergehen, wie zum Beispiel Multiple Sklerose oder Chorea Huntington, wurden dieser Logik folgend in diesem Bericht nicht berücksichtigt. Nichts desto trotz kann auch die Untersuchung dieser Erkrankungen wichtige Erkenntnisse über Zusammenhänge zwischen krankheitsbedingten Beeinträchtigungen und Mängeln der Fahrkompetenz ermöglichen. Daher sollten in zukünftigen Überblicksarbeiten mit größerem Umfang diese und weitere Krankheiten zwingend berücksichtigt werden. Der Einfluss der genannten Erkrankungen auf die Fahrkompetenz ist zum Teil gut untersucht und ist beispielsweise bei AKINWUNTAN et al. (2012), SCHULTHEIS et al. (2010), DEVOS et al. (2014) oder JACOBS, HART und ROOS (2017) dargestellt.

Auch die Kombination mehrerer Erkrankungen, die sogenannte Multimorbidität, und die daraus resultierenden Einflüsse auf die Fahrkompetenz wurden im vorliegenden Bericht nicht berücksichtigt. In ihrem Review kommen MARSHALL und MAN-SONHING (2011) zu dem Schluss, dass insbesondere multimorbide Patienten ein Risiko für den Straßenverkehr darstellen können. Ob das Vorliegen mehrerer Erkrankungen auch zu einem erhöhten Unfallrisiko führt, wurde von den Autoren jedoch nicht analysiert. Eine andere Studie beobachtete in einer Stichprobe multimorbider Senioren (≥ 60 Jahre) ein 2,6-fach erhöhtes Unfallrisiko, verglichen mit einer Gruppe Senioren, die maximal an einer Erkrankung leiden (HOLTE & ALBRECHT, 2004). Inwiefern sich Multimorbidität auch bei jüngeren Fahrern negativ auf die Verkehrssicherheit auswirkt, sollte in zukünftigen Forschungsprojekten vertiefend untersucht werden.

Da in einigen Teilbereichen des hier untersuchten Forschungsgebietes nur wenige Publikationen veröffentlicht wurden, dominieren einzelne Autoren und Forschergruppen den wissenschaftlichen Diskurs in diesen Bereichen. Entsprechend finden sich deren Studien und Argumentationen auch gehäuft in dem vorliegenden Bericht wieder. Dies könnte insbesondere bei im Zusammenhang mit der Fahrkompetenz wenig erforschten Krankheiten die aktuelle Ergebnislage beeinflussen.

Ebenfalls kritisch anzumerken ist, dass einzelne Ergebnisse im Rahmen dieser Arbeit zur Analyse von Zusammenhängen herangezogen wurden, für die sie im Rahmen der ursprünglichen Studien eigentlich nicht vorgesehen waren. So berichten viele der Publikationen lediglich die Ergebnisse der eingesetzten Testverfahren zur Erfassung kognitiver Leistungen, definieren aber die zugrundegelegten kognitiven Leistungen nicht oder nur unzureichend. Entsprechend mussten die Ergebnisse zunächst anhand der gegebenen Informationen „transformiert“ werden, um im Sinne der in dem vorliegenden Bericht relevanten Fragestellungen interpretiert werden zu können. Dieses Vorgehen sollte bei angemessener Dokumentation und Beschreibung verwendeter Testverfahren unproblematisch sein, stellte sich aber in der Praxis, vor allem aufgrund nicht einheitlicher Verwendung von Begrifflichkeiten (vgl. Kapitel 5.2), als nur bedingt durchführbar dar. Um diesem Umstand gerecht zu werden wurden im Rahmen eines zunächst rein deskriptiven Vorgehens die verwendeten Begrifflichkeiten wertungsfrei übernommen und anschließend in Kapitel 5.2 kritisch diskutiert. Zukünftige Implikationen wurden in Kapitel 5.3 diskutiert.

Aufgrund des begrenzten Umfangs wurde im Rahmen dieses Berichtes auf eine detaillierte Beschreibung krankheitsbedingter motorischer und sensorischer Beeinträchtigungen der Fahrkompetenz verzichtet. Dennoch bestehen auch in diesem Bereich noch Erkenntnislücken, die zukünftige Arbeiten berücksichtigen und nach Möglichkeit beantworten sollten.

6 Fazit und Ausblick

Primäres Ziel dieses Berichtes war es, anhand der Ergebnisse zentraler wissenschaftlicher Publikationen den Einfluss ausgewählter neurologischer und neurodegenerativer Erkrankungen auf die Ver-

kehrssicherheit zu analysieren und die daraus folgende Relevanz für die Verkehrssicherheitsarbeit darzustellen. Darüber hinaus sollte anhand der einbezogenen Studien der Zusammenhang zwischen einzelnen kognitiven Leistungen und der Fahrkompetenz beschrieben werden. Abschließend sollte eine Ableitung von Maßnahmen und Implikationen für zukünftige Forschungsvorhaben und zur Verbesserung der Verkehrssicherheitsarbeit erfolgen.

Auf Basis der Literaturlauswertung zeigt sich, dass die hier berücksichtigten Erkrankungen eine unterschiedlich hohe Relevanz für die Verkehrssicherheitsarbeit haben. Hier ergibt sich für die Demenzen, mittlere und schwere Schädel-Hirn-Traumata und die hepatische Enzephalopathie eine am ehesten hohe Relevanz. Etwas geringer, aber weiterhin als hoch zu bewerten, stellt sich die Relevanz von Morbus Parkinson für die Verkehrssicherheitsarbeit dar. Die Relevanz von Schlaganfällen für die Verkehrssicherheitsarbeit ist anhand der einbezogenen Studien am ehesten als moderat zu bezeichnen. Die leichte kognitive Störung (LKS) hat, von den vorliegenden Daten ausgehend, am ehesten eine geringe Relevanz für die Verkehrssicherheitsarbeit.

Auch zwischen kognitiven Leistungsdimensionen und dem Fahrverhalten sind unterschiedlich starke Zusammenhänge und somit auch unterschiedliche Einflüsse auf die Verkehrssicherheit beobachtbar. Insgesamt ist von einer hohen Relevanz der kognitiven Funktionen für eine angemessene Bewältigung der Fahraufgabe auszugehen. Entsprechend dringlich sind weitere Forschungsaktivitäten in diesem Gebiet, um mittelfristig ein besseres Verständnis der konkreten Wirkmechanismen zu erlangen.

Anhand der vorliegenden Literatur erweisen sich Trainings zur Steigerung der kognitiven Leistungsfähigkeit als bedingt geeignet, die Fahrkompetenz nachhaltig zu verbessern. Vielversprechender erscheinen hier praktische Fahrtrainings. Um den Nutzen individueller Trainingsmaßnahmen für erkrankte Fahrer besser beurteilen zu können, sollten zukünftig gezielt Effekte verschiedener Trainings bei Fahrern mit unterschiedlichen Erkrankungen untersucht werden.

Anhand der im Bericht analysierten Studienergebnisse ergeben sich zudem Hinweise, dass insbesondere der Einsatz von Mobilitätsberatungen ein vielversprechender Ansatz sein könnte, um Risiken durch eine unangepasste Teilnahme am Straßen-

verkehr zu reduzieren. Ziel einer solchen Mobilitätsberatung ist es, zunächst das aktuelle individuelle Leistungsniveau zu erfassen und transparent zu kommunizieren. Sind sicherheitsrelevante Defizite beobachtbar, können für diese gemeinsam zielführende Kompensationsstrategien erarbeitet werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit im Rahmen einer Mobilitätsberatung neben dem Auto weitere sichere und praktikable Mobilitätsformen zu identifizieren und den Betroffenen mögliche Alternativen zu ihrem bisherigen Mobilitätsverhalten aufzuzeigen. Ziel ist es, die Mobilität unter Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse und Stärken zu erhalten. Gleichzeitig werden die Betroffenen für (krankheitsbedingte) Defizite sensibilisiert, wodurch Risiken nachhaltig reduziert werden können.

Darüber hinaus könnte der vermehrte Einsatz von fahrzeugtechnischen Umbauten oder die Anordnung von Beschränkungen und Auflagen nach § 46 der FeV zu einer Erhöhung der Verkehrssicherheit beitragen. Die konkreten Auswirkungen dieser Maßnahmen sollten jedoch zunächst wissenschaftlich untersucht werden, um eine empirisch fundierte Aussage über deren Effektivität treffen zu können.

Weiterhin sollten zukünftige Forschungsprojekte u. a. folgende Inhalte und Fragestellungen berücksichtigen:

- Untersuchung der Anzahl aktiver Fahrer in der Population der Erkrankten und der Einfluss ausgewählter kognitiver Leistungen (insbesondere Exekutive Funktionen, Vigilanz und Daueraufmerksamkeit) auf die Fahrkompetenz
- Untersuchung der Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und einzelnen Fahraufgaben sowie das dort auftretende Ausmaß an kognitiver Beanspruchung (auch unter Verwendung bildgebender und anderer neurophysiologischer Verfahren)
- Evaluation des bisherigen Vorgehens (z. B. Einsatz und Gestaltung von Fahrverhaltensbeobachtungen/Fahrverhaltensproben) im Hinblick auf die Anwendung bei verschiedenen Grunderkrankungen

Anhand der hier vorgelegten Literaturübersicht wurde deutlich, dass die Standardisierung und Optimierung des methodischen Vorgehens in zukünftigen Studien von hoher Relevanz ist. Um dem gerecht zu werden, sollte künftig ein theoretisch und/oder empirisch fundierter Methodik-Leitfaden für die Er-

stellung und Umsetzung von Fahrkompetenzstudien entwickelt werden. Hierbei sollte v. a. auf folgende Fragen eingegangen werden:

- Welche kognitiven Leistungen können theoretisch und empirisch hergeleitet werden, und wie können sie valide erfasst werden?
- Welche dieser kognitiven Leistungen erlauben eine Vorhersage auf die Fahrkompetenz, und welche Leistungsminderung ist als kritisch zu betrachten?
- Wie können relevante Indikatoren für die Verkehrssicherheit (z. B. das Unfallrisiko) operationalisiert werden?
- Welche Kontrollvariablen müssen im Rahmen der Erhebungen berücksichtigt werden?
- Was sind die methodischen Mindeststandards, die zur Wahrung einer hohen Qualität der Forschungsarbeiten zwingend umzusetzen sind?

In diesem Kontext gewonnenes Grundlagenwissen könnte dabei nicht nur im Bereich erkrankte Fahrer, sondern auch in den Themenkomplexen „Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten“, „demografischer Wandel“ oder „Einführung hochautomatisierter Fahrfunktionen“ zur Beantwortung von Fragestellungen herangezogen werden. Zunächst könnten klar definierte methodische Standards und Empfehlungen auch in diesen Forschungsbereichen zu einer besseren Vergleichbarkeit von Studienergebnissen führen. Darüber hinaus ließen sich auch neue Forschungsfragen aus den Erkenntnissen ableiten: Beispielsweise könnte ein besseres Verständnis der kognitiven Leistungsanforderungen der Fahraufgabe eine Neubewertung fahrfremder Tätigkeiten ermöglichen. Dazu sollte anhand der entwickelten Standards untersucht werden, welche kognitiven Ressourcen einzelne fahrfremde Tätigkeiten beanspruchen und wie relevant diese für die parallel auszuführende Fahraufgabe sind. Im Hinblick auf das automatisierte Fahren könnten anhand der neu entwickelten theoretischen Grundlage die kognitiven Anforderungen an spezifische Übernahmesituation in einem hochautomatisierten Fahrzeug untersucht werden. Hier sind beispielsweise umgebungs- und kontextabhängige Anforderungsprofile der Übernahmesituation vorstellbar.

Unabhängig davon sollten Betroffene, Behandelnde und Akteure der Verkehrssicherheit weiterhin für im Kontext der Fahrkompetenz besonders relevante

Erkrankungen und kognitive Störungen sensibilisiert werden. Hierzu könnten beispielsweise infolge von ausgewählten Erkrankungen entstehende Risiken und effektive Kompensationsmöglichkeiten im Rahmen von breit angelegten Informations- und Aufklärungsmaßnahmen thematisiert werden. Weiterhin bedarf es zusätzlicher individualisierter Angebote. Hier erscheinen beispielsweise Mobilitätsberatungen oder zielgruppenspezifische Informationsbroschüren in Krankenhäusern oder Arztpraxen sinnvoll. Die Beratungskompetenz behandelnder Ärzte sollte in Bezug auf Erkrankungen und deren Einfluss auf die Verkehrssicherheit weiter gestärkt werden.

Literatur

- ADLER, G.; ROTTUNDA, S.; BAUER, M. & KUSKOWSKI, M. (2000): The Older Driver with Parkinson's Disease. In: *Journal of Gerontological Social Work*, 34 (2), 39–49. https://doi.org/10.1300/J083v34n02_05
- AKINWUNTAN, A. E.; O'CONNOR, C.; MCGONEGAL, E.; TURCHI, K.; SMITH, S. & WILLIAMS, M., et al. (2012): Prediction of driving ability in people with relapsing-remitting multiple sclerosis using the stroke driver screening assessment. In: *International journal of MS care*, 14 (2), 65–70
- AKSAN, N.; ANDERSON, S. W.; DAWSON, J.; UC, E. & RIZZO, M. (2015): Cognitive functioning differentially predicts different dimensions of older drivers' on-road safety. In: *Accident Analysis & Prevention*, 75, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.12.007>
- AMICK, M. M.; GRACE, J. & OTT, B. R. (2007): Visual and cognitive predictors of driving safety in Parkinson's disease patients. In: *Archives of clinical neuropsychology : the official journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 22 (8), 957–967. <https://doi.org/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. In: *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 34 (9), 895–905
- ANSTEY, K. J.; WOOD, J.; LORD, S. & WALKER, J. G. (2005): Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults. In: *Clinical psychology review*, 25 (1), 45–65
- AUFMAN, E.; BLAND, M.; BARCO, P.; CARR, D. & LANG, C. (2013): Predictors of Return to Driving After Stroke. In: *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 92 (7), 627–634. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e318282bc0d>
- BADENES, D.; GAROLERA, M.; CASAS, L.; CEJUDO-BOLIVAR, J. C.; ZARAGOZA, S. & CALZADO, N., et al. (2017): Relationship between neuropsychological tests and driver's license renewal tests in Parkinson's disease. In: *Traffic Injury Prevention*, 19 (2), 125–132. <https://doi.org/10.1080/15389588.2017.1360491>
- BAJAJ, J. S.; HAFEEZULLAH, M.; HOFFMANN, R. G. & SAEIAN, K. (2007): Minimal Hepatic Encephalopathy: A Vehicle for Accidents and Traffic Violations. In: *Am J Gastroenterol*, 102 (9), 1903–1909
- BAJAJ, J. S.; HAFEEZULLAH, M.; HOFFMANN, R. G.; VARMA, R. R.; FRANCO, J. & BINION, D. G., et al. (2008): Navigation skill impairment: Another dimension of the driving difficulties in minimal hepatic encephalopathy. In: *Hepatology*, 47 (2), 596–604. <https://doi.org/10.1002/hep.22032>
- BAJAJ, J. S.; HAFEEZULLAH, M.; ZADVORNOVA, Y.; MARTIN, E.; SCHUBERT, C. M. & GIBSON, D. P., et al. (2009): The Effect of Fatigue on Driving Skills in Patients With Hepatic Encephalopathy. In: *The American Journal Of Gastroenterology*, 104, 898–905
- BAJAJ, J. S.; SAEIAN, K.; SCHUBERT, C. M.; HAFEEZULLAH, M.; FRANCO, J. & VARMA, R. R., et al. (2009): Minimal hepatic encephalopathy is associated with motor vehicle crashes: The reality beyond the driving test. In: *Hepatology*, 50 (4), 1175–1183. <https://doi.org/10.1002/hep.23128>
- BALL, K.; EDWARDS, J. D.; ROSS, L. A. & MCGWIN, G. (2010): Cognitive Training Decreases Motor Vehicle Collision Involvement of Older Drivers. In: *Journal of the American Geriatrics Society*, 58 (11), 2107–2113. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.03138.x>

- BERATIS, I. N.; ANDRONAS, N.; FRAGKIADAKI, S.; KONTAXOPOULOU, D.; PAVLOU, D. & PAPANTONIOU, P., et al. (2017): Exploring the association of the Comprehensive Trail Making Test with driving indexes in patients with Parkinson's disease. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.10.007>
- BICKEL, H. (Deutsche Alzheimer Gesellschaft, Hrsg.) (2014): Die Häufigkeit von Demenzerkrankungen. Zugriff am 06.09.2017. Verfügbar unter https://www.deutsche-alzheimer.de/fileadmin/alz/pdf/factsheets/infoblatt1_haeufigkeit_demenzerkrankungen_dalzg.pdf
- BIVONA, U.; D'IPPOLITO, M.; GIUSTINI, M.; VIGNALLY, P.; LONGO, E. & TAGGI, F., et al. (2012): Return to driving after severe traumatic brain injury: increased risk of traffic accidents and personal responsibility. In: *The Journal of head trauma rehabilitation*, 27 (3), 210–215. <https://doi.org/10.1097/HTR.0b013e31822178a9>
- BOON, H. A.; OXLEY, J.; WON, S. C. & SHAUN, W. H. L. (2019): Factors and challenges of driving reduction and cessation. A systematic review and meta-synthesis of qualitative studies on self-regulation. In: *Journal of Safety Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.03.007>
- BROUWER, W. H. & WITHAAR, F. K. (1997): Fitness to drive after traumatic brain injury. In: *Neuropsychological rehabilitation*, 7 (3), 177–193
- BRUNNAUER, A.; BUSCHERT, V. & LAUX, G. (2014): Demenz und Autofahren. In: *Der Nervenarzt*, 85 (7), 811–815
- BRUNNAUER, A.; LAUX, G.; ZWICK, S.; DAVID, I.; SCHMAUSS, M. & MESSER, T. et al. (2008): Mobilitätsverhalten psychiatrischer Patienten. In: *Nervenheilkunde*, 27 (Suppl 1), 120–121
- BUCHNER, A. & BRANDT, M. (2008): Gedächtniskonzeptionen und Wissensrepräsentationen. In: J. MÜSSELER (Hrsg.): *Allgemeine Psychologie* (2. Aufl., S. 429–466). Berlin: Springer
- BUHMANN, C.; VESPER, J. & OELSNER, H. (2018): Fahreignung bei Morbus Parkinson. In: *Fortschr Neurol Psychiatr*, 86 (01), 43–48. <https://doi.org/10.1055/s-0043-110051>
- BUSCH, M. (2011): Epidemiologie und Bedeutung vaskulärer Risikofaktoren. In: *CardioVasc*, 11 (5), 32–38. <https://doi.org/10.1007/BF03359059>
- BUSCH, M. A. & KUHNERT, R. (2017): 12-Monats-Prävalenz von Schlaganfall oder chronischen Beschwerden infolge eines Schlaganfalls in Deutschland. In: *Journal of Health Monitoring*, 2 (1). <https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2017-010>
- BUSSE, A.; BISCHKOPF, J.; RIEDEL-HELLER, S. G. & ANGERMEYER, M. C. (2003): Mild cognitive impairment: prevalence and incidence according to different diagnostic criteria. Results of the Leipzig Longitudinal Study of the Aged (LEILA75+). In: *The British journal of psychiatry: the journal of mental science*, 182, 449–454
- CARR, D. B.; DUCHEK, J. & MORRIS, J. C. (2000): Characteristics of Motor Vehicle Crashes of Drivers with Dementia of the Alzheimer Type. In: *Journal of the American Geriatrics Society*, 48 (1), 18–22. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2000.tb03023.x>
- CASSAVAUGH, N. D. & KRAMER, A. F. (2009): Transfer of computer-based training to simulated driving in older adults. In: *Applied Ergonomics*, 40 (5), 943–952. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.02.001>
- CASUTT, G.; MARTIN, M.; KELLER, M. & JÄNCKE, L. (2014): The relation between performance in on-road driving, cognitive screening and driving simulator in older healthy drivers. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 22, 232–244. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2013.12.007>
- CIURLI, P.; BIVONA, U.; BARBA, C.; ONDER, G.; SILVESTRO, D. & AZICNUDA, E. V., et al. (2010): Metacognitive unawareness correlates with executive function impairment after severe traumatic brain injury. In: *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16 (2), 360–368. <https://doi.org/10.1017/S135561770999141X>
- CORDELL, R.; LEE, H. C.; GRANGER, A.; VIEIRA, B. & LEE, A. H. (2008): Driving assessment in Parkinson's disease—A novel predictor of performance? In: *Movement Disorders*, 23 (9), 1217–1222. <https://doi.org/10.1002/mds.21762>

- COTRELL, V. & WILD, K. (1999): Longitudinal study of self-imposed driving restrictions and deficit awareness in patients with Alzheimer disease. In: *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 13 (3), 151–156
- CROTTY, M. & GEORGE, S. (2009): Retraining Visual Processing Skills To Improve Driving Ability After Stroke. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90 (12), 2096–2102. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.08.143>
- CUENEN, A.; JONGEN, E. M.; BRIJS, T.; BRIJS, K.; HOUBEN, K. & WETS, G. (2016): Effect of a working memory training on aspects of cognitive ability and driving ability of older drivers: Merits of an adaptive training over a non-adaptive training. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 42, 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.06.012>
- CUENEN, A.; JONGEN, E. M.; BRIJS, T.; BRIJS, K.; LUTIN, M. & VAN VLIERDEN, K., et al. (2016): The relations between specific measures of simulated driving ability and functional ability: New insights for assessment and training programs of older drivers. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 39, 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.05.007>
- CYR, A.-A.; STINCHCOMBE, A.; GAGNON, S.; MARSHALL, S.; HING, M. M.-S. & FINESTONE, H. (2009): Driving difficulties of brain-injured drivers in reaction to high-crash-risk simulated road events: A question of impaired divided attention? In: *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 31 (4), 472–482. <https://doi.org/10.1080/13803390802255627>
- Deutsche Diabetes Gesellschaft (DDG, Hrsg.) (2017): S2e-Leitlinie Diabetes und Straßenverkehr. Verfügbar unter https://www.deutsche-diabetes-gesellschaft.de/fileadmin/Redakteur/Leitlinien/Evidenzbasierte_Leitlinien/2017/Leitlinie_S2e_Diabetes_und_Stra%C3%9Fenverkehr_Endfassung.pdf
- Deutsche Gesellschaft für Neurologie (2016): Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. Idiopathisches Parkinson-Syndrom (DGN, Hrsg.). DGN. Zugriff am 26.09.2017. Verfügbar unter http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinie/030-010I_S3_Parkinson_Syndrome_Idiopathisch_2016-06.pdf
- Deutscher Verkehrssicherheitsrat (Deutscher Verkehrssicherheitsrat, Hrsg.) (2014): Ältere Autofahrer wünschen sich Mobilitätsberatung durch Ärzte. Zugriff am 29.03.2018. Verfügbar unter <https://www.dvr.de/presse/informationen/4032.html>
- DEVLIN, A. & MCGILLIVRAY, J. (2016): Self-regulatory driving behaviours amongst older drivers according to cognitive status. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 39, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.02.001>
- 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. In: *PTW + Cognitive impairment and Driving Safety*, 49 (Supplement C), 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.02.022>
- DEVOS, H.; AKINWUNTAN, A. E.; NIEUWBOER, A.; TRUIJEN, S.; TANT, M. & WEERDT, W. de (2011): Screening for fitness to drive after stroke: A systematic review and meta-analysis. In: *Neurology*, 76 (8), 747–756. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31820d6300>
- DEVOS, H.; VANDENBERGHE, W.; NIEUWBOER, A.; TANT, M.; BATEN, G. & WEERDT, W. de (2007): Predictors of fitness to drive in people with Parkinson disease. In: *Neurology*, 69 (14), 1434–1441. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000277640.58685.fc>
- DEVOS, H.; NIEUWBOER, A.; VANDENBERGHE, W.; TANT, M.; WEERDT, W. de & UC, E. Y. (2014): On-road driving impairments in Huntington disease. In: *Neurology*, 82 (11), 956–962. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000000220>
- DEVOS, H.; VANDENBERGHE, W.; TANT, M.; AKINWUNTAN, A. E.; WEERDT, W. de & NIEUWBOER, A. et al. (2013): Driving and off-road impairments underlying failure on road testing in Parkinson's disease. In: *Movement Disorders*, 28 (14), 1949–1956. <https://doi.org/10.1002/mds.25701>
- DEVOS, H.; VERHEYDEN, G.; VAN GILS, A.; TANT, M. & AKINWUNTAN, A. E. (2015):

- Association between site of lesion and driving performance after ischemic stroke. In: *Topics in Stroke Rehabilitation*, 22 (4), 246–252. <https://doi.org/10.1179/1074935714Z.0000000018>
- DHIMAN, R. K.; SARASWAT, V. A.; SHARMA, B. K.; SARIN, S. K.; CHAWLA, Y. K. & BUTTERWORTH, R., et al. (2010): Minimal hepatic encephalopathy: Consensus statement of a working party of the Indian National Association for Study of the Liver. In: *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 25 (6), 1029–1041. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1746.2010.06318.x>
- DICKERSON, A.; REISTETTER, T. & TRUJILLO, L. (2010): Using an IADL assessment to identify older adults who need a behind-the-wheel driving evaluation. In: *Journal of applied gerontology*, 29 (4), 494–506
- DÖRING, N. & BORTZ, J. (2016a): Datenerhebung. In: N. DÖRING & J. BORTZ (Hrsg.): *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin: Springer
- DÖRING, N. & BORTZ, J. (2016b): Stichprobenziehung. In: N. DÖRING & J. BORTZ (Hrsg.): *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 291–319). Berlin: Springer
- DRACHMAN, D. A. & SWEARER, J. M. (1993): Driving and Alzheimer's disease: The risk of crashes. In: *Neurology*, 43 (12), 2448. <https://doi.org/10.1212/WNL.43.12.2448>
- DREWITZ, U. (2018): SADT: A secondary task for the assessment of driver's spatial mental workload when building representations of the current traffic situation. Humanist Conference, Den Haag. Zugriff am 15.08.2018. Verfügbar unter <http://www.humanist-vce.eu/major-activities/conference/the-hague-2018/>
- DUBINSKY, R. M.; GRAY, C.; HUSTED, D.; BUSENBARK, K.; VETERE-OVERFIELD, B. & WILTFONG, D., et al. (1991): Driving in Parkinson's disease. In: *Neurology*, 41 (4), 517. <https://doi.org/10.1212/WNL.41.4.517>
- ERNST, J.; KRAPP, S.; SCHUSTER, T.; FÖRSTL, H.; KURZ, A. & DIEHL-SCHMID, J. (2010): Fahrtauglichkeit bei Patienten mit frontotemporaler und Alzheimer-Demenz. In: *Der Nervenarzt*, 81 (1), 79–85. <https://doi.org/10.1007/s00115-009-2847-5>
- ESCHWEILER, G. W.; LEYHE, T.; KLÖPPEL, S. & HÜLL, M. (2010): Neue Entwicklungen in der Demenzdiagnostik. In: *Dtsch Arztebl Int*, 107 (39), 677–683
- FASTENMEIER, W.; GSTALTER, H.; ROMPE, K. & RISSER, R. (2015): Selektion oder Befähigung: Wie kann die Mobilität älterer Fahrer aufrechterhalten werden? Stellungnahme namens des Vorstandes der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie e. V. (DGVP). In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 61 (1), 33–42
- FERENCI, P.; LOCKWOOD, A.; MULLEN, K.; TARTER, R.; WEISSENBORN, K. & BLEI, A. T. (2002): Hepatic encephalopathy—Definition, nomenclature, diagnosis, and quantification: Final report of the Working Party at the 11th World Congresses of Gastroenterology, Vienna, 1998. In: *Hepatology*, 35 (3), 716–721. <https://doi.org/10.1053/jhep.2002.31250>
- FERTL, E. (2011): Neurologische und psychiatrische Pharmakotherapie. In: J. LEHRNER, G. PUSSWALD, E. FERTL, W. STRUBREITHER & I. KRYSPIN-EXNER (Hrsg.): *Klinische Neuropsychologie* (2. Aufl., S. 131–147). Wien: Springer
- FIMM, B. (2009): Neuropsychologische Beeinträchtigungen bei extrapyramidalen Erkrankungen. In: W. STURM, M. HERRMANN & T. MÜNTE (Hrsg.): *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie. Grundlagen, Methoden, Diagnostik, Therapie* (2. Aufl., S. 651–671). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- FIMM, B.; BLANKENHEIM, A. & POSCHADEL, S. (2015): Demenz und Verkehrssicherheit (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Mensch und Sicherheit, M 255). Bremen: Fachverlag NW
- FISK, G. D.; OWSLEY, C. & PULLEY, L. V. (1997): Driving after stroke: Driving exposure, advice, and evaluations. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78 (12), 1338–1345. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(97\)90307-5](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(97)90307-5)
- FORMISANO, R.; BIVONA, U.; BRUNELLI, S.; GIUSTINI, M.; LONGO, E. & TAGGI, F. (2005): A preliminary investigation of road traffic accident rate after severe brain injury. In: *Brain*

- Injury, 19 (3), 159–163. <https://doi.org/10.1080/02699050400017163>
- FRAADE-BLANAR, L. A.; HANSEN, R. N.; CHAN, K. C. G.; SEARS, J. M.; THOMPSON, H. J. & CRANE, P. K. et al. (2018): Diagnosed dementia and the risk of motor vehicle crash among older drivers. In: *Accident Analysis & Prevention*, 113, 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.12.021>
- FRIES, W.; WILKES, F. & LÖSSL, H. (2008): *Fahreignung bei Krankheit, Verletzung, Alter, Medikamenten, Alkohol und Drogen: ein Leitfaden für Betroffene, Ärzte, Psychologen, Rechtsanwälte, Behörden*. München: C.H. Beck
- FRITH, J.; WARREN-FORWARD, H.; HUBBARD, I. & JAMES, C. (2017): Shifting gears: An inpatient medical record audit and post-discharge survey of return-to-driving following stroke/transient ischaemic attack. In: *Australian Occupational Therapy Journal*, 64 (3), 264–272. <https://doi.org/10.1111/1440-1630.12359>
- FRITTELLI, C.; BORGHETTI, D.; IUDICE, G.; BONANNI, E.; MAESTRI, M. & TOGNONI, G. et al. (2009): Effects of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment on driving ability: a controlled clinical study by simulated driving test. In: *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 24 (3), 232–238. <https://doi.org/10.1002/gps.2095>
- FUERMAIER, A. B. M.; PIERSMA, D.; WAARD, D.; DAVIDSE, R. J.; GROOT, J. & DOUMEN, M. J. A., et al. (2017): Assessing fitness to drive—A validation study on patients with mild cognitive impairment. In: *Traffic Injury Prevention*, 18 (2), 145–149. <https://doi.org/10.1080/15389588.2016.1232809>
- GASSER, T. M.; ARZT, C.; AYOUBI, M.; BARTELS, A.; BÜRKLE, L. & EIER, J., et al. (2012): *Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Fahrzeugtechnik, Bd. 83)*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- GRÄCMANN, N. & ALBRECHT, M. (2018): *Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung. Mensch und Sicherheit, Bundesanstalt für Straßenwesen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Mensch und Sicherheit: M 115*. Zugriff am 21.09.2018. Verfügbar unter https://www.bast.de/BAST_2017/DE/Verkehrssicherheit/Fachthemen/BLL/Begutachtungsleitlinien.pdf?__blob=publicationFile&v=17
- GREVE, K. W.; SHERWIN, E.; STANFORD, M. S.; MATHIAS, C.; LOVE, J. & RAMZINSKI, P. (2001): Personality and neurocognitive correlates of impulsive aggression in long-term survivors of severe traumatic brain injury. In: *Brain Injury*, 15 (3), 255–262. <https://doi.org/10.1080/026990501300005695>
- GROH-BORDIN, C. & KERKHOFF, G. (2009): Störungen der Visuellen Raumwahrnehmung und Raumkognition. In: W. STURM, M. HERRMANN & T. MÜNTE (Hrsg.): *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie. Grundlagen, Methoden, Diagnostik, Therapie* (2. Aufl., S. 500–512). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- GUSTAVSSON, A.; SVENSSON, M.; JACOBI, F.; ALLGULANDER, C.; ALONSO, J. & BEGHI, E., et al. (2011): Cost of disorders of the brain in Europe 2010. In: *European neuropsychopharmacology : the journal of the European College of Neuropsychopharmacology*, 21 (10), 718–779. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2011.08.008>
- HAKAMIES-BLOMQVIST, L. & SIREN, A. (2003): Deconstructing a gender difference: Driving cessation and personal driving history of older women. In: *Senior Transportation Safety and Mobility*, 34 (4), 383–388. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2003.09.008>
- HARTIG, J. & KLIEME, E. (2007): *Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik: Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*. Zugriff am 19.09.2018. Verfügbar unter https://www.bmbf.de/pub/Bildungsforschung_Band_20.pdf
- HAY, M.; ADAM, N.; BOCCA, M.-L. & GABAUDE, C. (2016): Effectiveness of two cognitive training programs on the performance of older drivers with a cognitive self-assessment bias. In: *European Transport Research Review*, 8 (3), 20. <https://doi.org/10.1007/s12544-016-0207-7>
- HAYASHI, Y.; FOREMAN, A. M.; FRIEDEL, J. E. & WIRTH, O. (2018): Executive function and dangerous driving behaviors in young drivers.

- In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 52, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.11.007>
- HERRMANN, N.; RAPOPORT, M. J.; SAMBROOK, R.; HÉBERT, R.; McCRACKEN, P. & ROBILLARD, A., et al. (2006): Predictors of driving cessation in mild-to-moderate dementia. In: *Canadian Medical Association Journal*, 175 (6), 591–595. <https://doi.org/10.1503/cmaj.051707>
- HIRD, M. A.; VETIVELU, A.; SAPOSNIK, G. & SCHWEIZER, T. A. (2014): Cognitive, On-road, and Simulator-based Driving Assessment after Stroke. In: *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 23 (10), 2654–2670. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2014.06.010>
- HIRD, M. A.; VESELY, K. A.; CHRISTIE, L. E.; ALVES, M. A.; PONGMORAGOT, J. & SAPOSNIK, G., et al. (2015): Is it safe to drive after acute mild stroke? A preliminary report. In: *Journal of the Neurological Sciences*, 354 (1), 46–50. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2015.04.043>
- HOLTE, H. (2018): Seniorinnen und Senioren im Straßenverkehr – Bedarfsanalysen im Kontext von Lebenslagen, Lebensstilen und verkehrssicherheitsrelevanten Erwartungen. (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Mensch und Sicherheit, M 285). Bremen: Wirtschaftsverlag NW
- HOLTE, H. & ALBRECHT, M. (2004): Verkehrsteilnahme und-erleben im Straßenverkehr bei Krankheit und Medikamenteneinnahme (M 162). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Mensch und Sicherheit. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- HOMMEL, B. (2008): Planung und exekutive Kontrolle von Handlungen. In: J. MÜSSELER (Hrsg.): *Allgemeine Psychologie* (2. Aufl., S. 708–726). Berlin: Springer
- JACOBS, M.; HART, E. P. & ROOS, R. A. C. (2017): Driving with a neurodegenerative disorder: an overview of the current literature. In: *Journal of Neurology*, 264 (8), 1678–1696. <https://doi.org/10.1007/s00415-017-8489-9>
- JACOBS, U. (2016): Fahreignung nach neurologischen Erkrankungen. Eine Analyse des Fahrverhaltens und eine Evaluation von praktischem Fahrtraining. Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
- JAHN, T. (2004): Neuropsychologie der Demenz. In: S. LAUTENBACHER & S. GAUGGEL (Hrsg.): *Neuropsychologie psychischer Störungen* (S. 301–338). Berlin: Springer
- JOHNSON, D.; FRANK, O.; POND, D. & STOCKS, N. (2013): Older people with mild cognitive impairment Their views about assessing driving safety. In: *Australian Family Physician*, 42, 317–320
- KIRCHEIS, G.; KNOCHE, A.; HILGER, N.; MANHART, F.; SCHNITZLER, A. & SCHULZE, H., et al. (2009): Hepatic encephalopathy and fitness to drive. In: *Gastroenterology*, 137 (5), 1706–1715. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.08.003>
- KNOCHE, A. (2008): Fahreignung neurologischer Patienten-Untersuchung am Beispiel der hepatischen Enzephalopathie (M 198). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Mensch und Sicherheit. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- KOCH, H.; KEDING, B.; OEHLER, G.; WEIN, C.; POPP, B. & FUCHSER, U., et al. (2005): Fahrverhalten von Patienten mit Leberzirrhose im Straßenverkehr. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 51 (3), 139–143
- KÖHLER, T. (2011): Psychopharmakologische Grundlagen. In: H.-U. WITTCHEN & J. HOYER (Hrsg.): *Klinische Psychologie & Psychotherapie* (S. 223–258). Heidelberg: Springer
- KÖRNER, Y.; MEINDORFNER, C.; MÖLLER, J. C.; STIASNY-KOLSTER, K.; HAJA, D. & CASSEL, W. et al. (2004): Predictors of sudden onset of sleep in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 19 (11), 1298–1305. <https://doi.org/10.1002/mds.20163>
- KOTTERBA, S.; WIDDIG, W.; BRYLAK, S. & ORTH, M. (2005): Driving after cerebral ischemia – a driving simulator investigation. In: *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 155 (15), 348–353. <https://doi.org/10.1007/s10354-005-0191-3>
- KOWALSKI, K.; LOVE, J.; TUOKKO, H.; MACDONALD, S.; HULTSCH, D. & STRAUSS, E. (2012): The influence of cognitive impairment

- with no dementia on driving restriction and cessation in older adults. In: *PTW + Cognitive impairment and Driving Safety*, 49 (Supplement C), 308–315. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.11.011>
- KÜST, J. (2011): Ratgeber zur Fahreignung nach neurologischen Erkrankungen (2. Aufl.). Idstein: Schulz-Kirchner-Verlag
- KÜST, J. (2016): Fahreignung bei neurologischen Erkrankungen. In: *neuroreha*, 8 (01), 20–27
- 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. In: *J Geriatr Psychiatry Neurol*, 21 (3), 171–182. <https://doi.org/10.1177/0891988708316861>
- LEVE, V.; ILSE, K.; UFERT, M.; WILM, S. & PENTZEK, M. (2017): Autofahren und Demenz. In: *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 50 (2), 55–62
- LEW, H. L.; POOLE, J. H.; LEE, E. H.; JAFFE, D. L.; HUANG, H.-C. & BRODD, E. (2005): Predictive validity of driving-simulator assessments following traumatic brain injury: a preliminary study. In: *Brain Injury*, 19 (3), 177–188. <https://doi.org/10.1080/02699050400017171>
- LOGAN, P. A.; DYAS, J. & GLADMAN, J. R. F. (2004): Using an interview study of transport use by people who have had a stroke to inform rehabilitation. In: *Clinical Rehabilitation*, 18 (6), 703–708
- LOPEZ, O. L.; KULLER, L. H.; BECKER, J. T.; DULBERG, C.; SWEET, R. A. & GACH, H. M. et al. (2007): Incidence of dementia in mild cognitive impairment in the cardiovascular health study cognition study. In: *Archives of neurology*, 64 (3), 416–420. <https://doi.org/10.1001/archneur.64.3.416>
- LUCK, T.; RIEDEL-HELLER, S. G.; KADUSZKIEWICZ, H.; BICKEL, H.; JESSEN, F. & PENTZEK, M. et al. (2007): Mild cognitive impairment in general practice: age-specific prevalence and correlate results from the German study on ageing, cognition and dementia in primary care patients (AgeCoDe). In: *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 24 (4), 307–316
- LUNDQVIST, A.; ALINDER, J.; MODIG-ARDING, I. & SAMUELSSON, K. (2011): Driving after brain injury: a clinical model based on a quality improvement project. In: *Psychology*, 2 (6), 615–623
- LUNDQVIST, A.; ALINDER, J. & RÖNNBERG, J. (2008): Factors influencing driving 10 years after brain injury. In: *Brain Injury*, 22 (4), 295–304
- LUNDQVIST, A.; GERDLE, B. & RÖNNBERG, J. (2000): Neuropsychological Aspects of Driving After a Stroke – in the Simulator and on the Road. In: *Applied Cognitive Psychology*, 14, 135–150
- MADEA, B.; MUßHOFF, F. & BERGHAUS, G. (Hrsg.) (2012): *Verkehrsmedizin. Fahreignung, Fahrsicherheit, Unfallrekonstruktion*. Köln: Deutscher Ärzte Verlag
- MARSHALL, S. C. & GILBERT, N. (1999): Saskatchewan physicians' attitudes and knowledge regarding assessment of medical fitness to drive. In: *Canadian Medical Association Journal*, 160 (12), 1701–1704. Verfügbar unter <http://www.cmaj.ca/content/cmaj/160/12/1701.full.pdf>
- MARSHALL, S. C. (2008): The Role of Reduced Fitness to Drive Due to Medical Impairments in Explaining Crashes Involving Older Drivers. In: *Traffic Injury Prevention*, 9 (4), 291–298. <https://doi.org/10.1080/15389580801895244>
- MARSHALL, S. C. & MAN-SON-HING, M. (2011): Multiple Chronic Medical Conditions and Associated Driving Risk: A Systematic Review. In: *Traffic Injury Prevention*, 12 (2), 142–148. <https://doi.org/10.1080/15389588.2010.551225>
- MARX, P. (2014): Fahreignungsbeurteilung bei Hirndurchblutungsstörungen. In: *Der Nervenarzt*, 85 (7), 835–840
- MARX, P. (2018): Krafftahreignung nach Schlaganfall. In: *Fortschr Neurol Psychiatr*, 86 (01), 20–27. <https://doi.org/10.1055/s-0043-122393>
- MATHIAS, J. L. & LUCAS, L. K. (2009): Cognitive predictors of unsafe driving in older drivers: a

- meta-analysis. In: *International Psychogeriatrics*, 21 (4), 637–653. <https://doi.org/10.1017/S1041610209009119>
- MAZER, B. L.; KORNER-BITENSKY, N. A. & SOFER, S. (1998): Predicting ability to drive after stroke. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79 (7), 743–750. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(98\)90350-1](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(98)90350-1)
- MAZER, B. L.; SOFER, S.; KORNER-BITENSKY, N.; GELINAS, I.; HANLEY, J. & WOOD-DAUPHINEE, S. (2003): Effectiveness of a visual attention retraining program on the driving performance of clients with stroke. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84 (4), 541–550. <https://doi.org/10.1053/apmr.2003.50085>
- McKAY, C.; RAPPORT, L. J.; COLEMAN BRYER, R. & CASEY, J. (2011): Self-evaluation of driving simulator performance after stroke. In: *Topics in Stroke Rehabilitation*, 18 (5), 549–561
- McKENNA, P. & BELL, V. (2007): Fitness to drive following cerebral pathology: The Rookwood Driving Battery as a tool for predicting on-road driving performance. In: *Journal of neuropsychology*, 1 (1), 85–100
- McKERRAL, M.; MORENO, A.; DELHOMME, P. & GELINAS, I. (2019): Driving behaviors 2-3 years after traumatic brain injury rehabilitation: a multicenter case-control study. In: *Frontiers in neurology*, 10, e144-e144. Verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.3389/fneur.2019.00144>
- 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. In: *Movement Disorders*, 20 (7), 832–842. <https://doi.org/10.1002/mds.20412>
- MENG, A. & SIREN, A. (2012): Cognitive problems, self-rated changes in driving skills, driving-related discomfort and self-regulation of driving in old drivers. In: *PTW + Cognitive impairment and Driving Safety*, 49, 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.01.023>
- MICHON, J. A. (1985): A Critical View of Driver Behavior Models: What Do We Know, What Should We Do? In: L. EVANS & R. C. SCHWING (Hrsg.): *Human Behavior and Traffic Safety* (S. 485–524). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2173-6_19
- MOLNAR, L. J.; CHARLTON, J. L.; EBY, D. W.; LANGFORD, J.; KOPPEL, S. & KOLENIC, G. E. et al. (2014): Factors Affecting Self-Regulatory Driving Practices Among Older Adults. In: *Traffic Injury Prevention*, 15 (3), 262–272. <https://doi.org/10.1080/15389588.2013.808742>
- MÜLLER, J. & KRUMMENACHER, J. (2008): Aufmerksamkeit. In: J. MÜSSELER (Hrsg.): *Allgemeine Psychologie* (2. Aufl., S. 104–144). Berlin: Springer
- MÜLLER, K.; REIMANN, C. & WAGNER, T. (2018): Automatisiertes Fahren – Neue Anforderungen an die Kraftfahrerlaubnis? In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 64 (3), 228–238
- MÜLLER, S. V. (2013): *Störungen der Exekutivfunktionen*. Göttingen: Hogrefe Verlag
- MÜLLER, S. V. & MÜNTE, T. (2009): *Störungen der Exekutivfunktionen*. In: W. STURM, M. HERRMANN & T. MÜNTE (Hrsg.): *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie. Grundlagen, Methoden, Diagnostik, Therapie* (2. Aufl., S. 480–499). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- Neurologenetz (Neurologenetz, Hrsg.) (2017): *Stadieneinteilung Morbus Parkinson nach Hoehn & Yahr (modifizierte Version)*. Zugriff am 29.11.2017. Verfügbar unter <http://www.neurologienetz.de/fachliches/skalen-scores/hoehn-yahr/>
- NIEMANN, H. & HARTJE, W. (2013): Beurteilung der Fahreignung hirngeschädigter Patienten in der neurologischen Rehabilitation. In: *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 24 (2), 69–87. <https://doi.org/10.1024/1016-264X/a000092>
- NIEMANN, H. & HARTJE, W. (2016): *Fahreignung bei neurologischen Erkrankungen*. Göttingen: Hogrefe Verlag
- NIEUWENHUYNS, R.; VOOGD, J. & VAN HUIJZEN, C. (2008): *The human central nervous system: a synopsis and atlas*. Berlin: Springer
- O'CONNOR, M. L.; EDWARDS, J. D. & BANNON, Y. (2013): Self-rated driving habits among older adults with clinically-defined mild cognitive

- impairment, clinically-defined dementia, and normal cognition. In: *The Candrive/Ozcandrive Prospective Older Driver Study: Methodology and Early Study Findings*, 61 (Supplement C), 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.05.010>
- ORFEI, M. D.; ROBINSON, R. G.; PRIGATANO, G. P.; STARKSTEIN, S.; RÜSCH, N. & BRIA, P. et al. (2007): Anosognosia for hemiplegia after stroke is a multifaceted phenomenon: a systematic review of the literature. In: *Brain*, 130 (12), 3075–3090. <https://doi.org/10.1093/brain/awm106>
- ORTOLEVA, C.; BRUGGER, C.; VAN DER LINDEN, M. & WALDER, B. (2012): Prediction of driving capacity after traumatic brain injury: a systematic review. In: *The Journal of head trauma rehabilitation*, 27 (4), 302–313. <https://doi.org/10.1097/HTR.0b013e3182236299>
- OTT, B. R.; HEINDEL, W. C.; PAPANDONATOS, G. D.; FESTA, E. K.; DAVIS, J. D. & DAIELLO, L. A. et al. (2008): A longitudinal study of drivers with Alzheimer disease. In: *Neurology*, 70 (14), 1171–1178. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.000.0294469.27156.30>
- OZARK, S.; BOAN, A.; TURAN, T.; ELLIS, C.; LACKLAND, D. & BACHMAN, D. (2014): Return to Driving Following Stroke. In: *Neurology*, 82 (10 Supplement)
- PALMER, K.; BÄCKMAN, L.; WINBLAD, B. & FRATIGLIONI, L. (2008): Mild Cognitive Impairment in the General Population: Occurrence and Progression to Alzheimer Disease. In: *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 16 (7), 603–611. <https://doi.org/10.1097/JGP.0b013e3181753a64>
- PARKIN, J.; CLARK, B.; CLAYTON, W.; RICCI, M. and PARKHURST, G. (2016): Understanding interactions between autonomous vehicles and other road users. A literature review. University of the West of England, Bristol. Zugriff am 16.05.2018. Verfügbar unter <http://eprints.uwe.ac.uk/29153>
- Parkinson Study Group (2002): Dopamine transporter brain imaging to assess the effects of pramipexole vs levodopa on parkinson disease progression. In: *JAMA*, 287 (13), 1653–1661. <https://doi.org/10.1001/jama.287.13.1653>
- PAUS, S.; BRECHT, H. M.; KÖSTER, J.; SEEGER, G.; KLOCKGETHER, T. & WÜLLNER, U. (2003): Sleep attacks, daytime sleepiness, and dopamine agonists in Parkinson's disease. In: *Movement Disorders*, 18 (6), 659–667. <https://doi.org/10.1002/mds.10417>
- PAVLOU, D.; PAPADIMITRIOU, E.; ANTONIOU, C.; PAPANTONIOU, P.; YANNIS, G. & GOLIAS, J. et al. (2015): Driving behaviour of drivers with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: a driving simulator study. In: *Proceedings of the 94th Annual meeting of the Transportation Research Board*, Washington. Zugriff am 2015
- PAVLOU, D.; PAPADIMITRIOU, E.; PAPANTONIOU, P.; YANNIS, G. & PAPAGEORGIOU, S. G. (2017): The impact of cognitive impairments on accident risk. In *7th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“*. Bremen. Bundesanstalt für Straßenwesen
- PAVLOU, D.; BERATIS, I.; FRAGKIADAKI, S.; KONTAXOPOULOU, D.; YANNIS, G. & ECONOMOU, A. et al. (2017): Which are the critical parameters assessing the driving performance of drivers with cerebral diseases? A literature review. In: *World Conference on Transport Research – WCTR 2016 Shanghai*. 10-15 July 2016, 25, 4338–4354. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.300>
- PERES, M. F. P.; STILES, M. A.; SIOW, H. C. & SILBERSTEIN, S. D. (2005): Excessive daytime sleepiness in migraine patients. In: *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 76 (10), 1467. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2005.062497>
- PETERSEN, R. C. (2004): Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. In: *Journal of Internal Medicine*, 256 (3), 183–194. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2004.01388.x>
- PHILLIPS, R. O.; ULLEBERG, P. & VAA, T. (2011): Meta-analysis of the effect of road safety campaigns on accidents. In: *Accident Analysis & Prevention*, 43 (3), 1204–1218. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.01.002>
- PIENDL, T. A. (2015): Auswirkungen von depressiven Störungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit und die Fahrkompetenz. Dissertation. Uni-

- versität Regensburg, Regensburg. Zugriff am 25.05.2018. Verfügbar unter <https://epub.uni-regensburg.de/34051/>
- PIERSMA, D.; FUERMAIER, A. B.; WAARD, D. de, DAVIDSE, R. J.; GROOT, J. de & DOUMEN, M. J. et al. (2018): Assessing Fitness to Drive in Patients With Different Types of Dementia. In: *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 32 (1), 70–75. <https://doi.org/10.1097/WAD.0000000000000221>
- PONSFORD, J. L.; DOWNING, M. G.; OLVER, J.; PONSFORD, M.; ACHER, R. & CARTY, M. et al. (2013): Longitudinal Follow-Up of Patients with Traumatic Brain Injury: Outcome at Two, Five, and Ten Years Post-Injury. In: *Journal of Neurotrauma*, 31 (1), 64–77. <https://doi.org/10.1089/neu.2013.2997>
- POSCHADEL, S.; FALKENSTEIN, M.; PAPPACHAN, P.; POLL, E. & WILLMES VON HINCKELDEY, K. (2009): Testverfahren zur psychometrischen Leistungsprüfung der Fahreignung (M 203). *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Mensch und Sicherheit*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- POTTGIESSER, S.; KLEINEMAS, U.; DOHMES, K.; SPIEGEL, L.; SCHÄDLICH, M. & RUDINGER, G. (2012): Profile von Senioren mit Autounfällen (PROSA) (M 228). *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Mensch und Sicherheit*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW
- PRESTIA, A.; CAROLI, A.; VAN DER FLIER, WIESJE M.; OSSENKOPPELE, R.; VAN BERCKEL, B. & BARKHOF, F. et al. (2013): Prediction of dementia in MCI patients based on core diagnostic markers for Alzheimer disease. In: *Neurology*, 80 (11), 1048–1056. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182872830>
- PRINZ, W. & MÜSSELER, J. (2008): Psychologie als Wissenschaft. In: J. MÜSSELER (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (2. Aufl., S. 1–10). Berlin: Springer
- RADFORD, K. A.; LINCOLN, N. B. & MURRAY-LESLIE, C. (2004): Validation of the stroke drivers screening assessment for people with traumatic brain injury. In: *Brain Injury*, 18 (8), 775–786. <https://doi.org/10.1080/0269905031001657394>
- REGER, M. A.; WELSH, R. K.; WATSON, G.; CHOLERTON, B.; BAKER, L. D. & CRAFT, S. (2004): The relationship between neuropsychological functioning and driving ability in dementia: a meta-analysis. In: *Neuropsychology*, 18 (1), 85
- RICKELS, E.; WILD, K. von & WENZLAFF, P. (2011): Versorgung Schädel-Hirn-Verletzter in Deutschland. In: *Der Unfallchirurg*, 114 (5), 417–423. <https://doi.org/10.1007/s00113-010-1872-y>
- RIZZO, M.; REINACH, S.; McGEHEE, D. & DAWSON, J. (1997): Simulated car crashes and crash predictors in drivers with alzheimer disease. In: *Archives of neurology*, 54 (5), 545–551. <https://doi.org/10.1001/archneur.1997.00550170027011>
- RIZZO, M.; McGEHEE, D. V.; DAWSON, J. D. & ANDERSON, S. N. (2001): Simulated Car Crashes at Intersections in Drivers With Alzheimer Disease. In: *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 15 (1), 10–20. Verfügbar unter http://journals.lww.com/alzheimerjournal/Fulltext/2001/01000/Simulated_Car_Crashes_at_Intersections_in_Drivers.2.aspx
- Robert Koch-Institut (2015): *Gesundheit in Deutschland* (Bundesministerium für Gesundheit, Hrsg.). Berlin. Verfügbar unter http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GesInDtld/gesundheit_in_deutschland_2015.pdf?__blob=publicationFile
- ROENKER, D. L.; CISELL, G. M.; BALL, K. K.; WADLEY, V. G. & EDWARDS, J. D. (2003): Speed-of-Processing and Driving Simulator Training Result in Improved Driving Performance. In: *Human Factors*, 45 (2), 218–233. <https://doi.org/10.1518/hfes.45.2.218.27241>
- ROSS, L. A.; EDWARDS, J. D.; O'CONNOR, M. L.; BALL, K. K.; WADLEY, V. G. & VANCE, D. E. (2016): The Transfer of Cognitive Speed of Processing Training to Older Adults' Driving Mobility Across 5 Years. In: *The Journals of Gerontology: Series B*, 71 (1), 87–97. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbv022>
- RÜSSELER, J. (2010): Der „kognitive Kern“ der Neuropsychologie. In: S. LAUTENBACHER & S. GAUGGEL (Hrsg.): *Neuropsychologie*

- psychischer Störungen (2. Aufl.). Berlin: Springer
- SALMON, P.; YOUNG, K.; LENNÉ, M.; WILLIAMSON, A. & TOMASEVIC, N. (2011): The nature of errors made by drivers (Austroads Ltd, Hrsg.) (Austroads research report AP-R378/11). Austroads Ltd
- SATTLER, W. (2011): Funktionen frontaler Strukturen – Exekutivfunktionen. In: J. LEHRNER, G. PUSSWALD, E. FERL, W. STRUBREITHER & I. KRYSPIN-EXNER (Hrsg.): *Klinische Neuropsychologie* (2. Aufl.). Wien: Springer
- SCHANKE, A.-K.; RIKE, P.-O.; MØLMEN, A. & ØSTEN, P. E. (2008): Driving Behaviour After Brain Injury: A Follow-up of Accident Rate and Driving Patterns 6-9 Years Post-Injury. In: *Journal of Rehabilitation Medicine*, 40 (9), 733–736. <https://doi.org/10.2340/16501977-0256>
- SCHANKE, A.-K. & SUNDET, K. (2000): Comprehensive Driving Assessment: Neuropsychological Testing and On-road Evaluation of Brain Injured Patients. In: *Scandinavian Journal of Psychology*, 41 (2), 113–121. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00179>
- SCHNEIDER, J. (2006): Auswirkungen des demografischen Wandels auf den Verkehr. In: P. GANS & A. SCHMITZ-VELTIN (Hrsg.): *Demografische Trends in Deutschland: Folgen für Städte und Regionen* (S. 131–153). Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Verfügbar unter https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/33883/ssoar-2006-schneider-Auswirkungen_des_demografischen_Wandels_auf.pdf?sequence=1
- SCHMIDBAUER, M. (2011): Funktionelle Neuroanatomie. In: J. LEHRNER, G. PUSSWALD, E. FERL, W. STRUBREITHER & I. KRYSPIN-EXNER (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie* (2. Aufl., S. 105–114). Wien: Springer
- SCHMIDTKE, K. (2018): Fahrtauglichkeit bei Leichter Kognitiver Störung und Demenz. In: *Fortschr Neurol Psychiatr*, 86 (01), 37–42. <https://doi.org/10.1055/s-0043-119988>
- SCHOCH, S.; JULIER, R.; KENNTNER-MABIALA, R. & NEUKUM, A. (2018): Entwicklung und Evaluation effizienter Trainingsmaßnahmen für ältere Verkehrsteilnehmer zur Förderung ihrer Fahrkompetenz. Zwischenbericht 4 (FE 82.06 50/2016)
- SCHUBERT, K.; GRÄCMANN, N. & BARTMANN, A. (2018): Demografischer Wandel – Kenntnisstand und Maßnahmenempfehlungen zur Sicherung der Mobilität älterer Verkehrsteilnehmer (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Mensch und Sicherheit M 283). Zugriff am 08.10.2018. Verfügbar unter http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2018/2049/pdf/M283_barrierefreies_Internet_PDF.pdf
- SCHULER, M. & OSTER, P. (Wido, Hrsg.) (2004): Versorgung von Patienten mit und nach akutem Schlaganfall aus geriatrischer Sicht, Wido. Zugriff am 18.04.2018. Verfügbar unter https://www.wido.de/fileadmin/wido/downloads/pdf_ggw/GGW_3-04_23-31.pdf
- SCHULTHEIS, M. T.; MATHEIS, R. J.; NEAD, R. & DELUCA, J. (2002): Driving Behaviors Following Brain Injury: Self-Report and Motor Vehicle Records. In: *The Journal of head trauma rehabilitation*, 17 (1), 38–47. Verfügbar unter https://journals.lww.com/headtraumarehab/Fulltext/2002/02000/Driving_Behaviors_Following_Brain_Injury_6.aspx
- SCHULTHEIS, M. T.; WEISSER, V.; ANG, J.; ELOVIC, E.; NEAD, R. & SESTITO, N. et al. (2010): Examining the Relationship Between Cognition and Driving Performance in Multiple Sclerosis. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91 (3), 465–473. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.09.026>
- SCHUMACHER, M. & SCHUBERT, K. (2018): Fahrverhaltensbeobachtung mit Senioren im Fahrsimulator der BAST. Machbarkeitsstudie (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Mensch und Sicherheit M 282). Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen
- SCHWARZER, L. (2012): Leberzirrhose und ihre Komplikationen: Einfluss verschiedener Therapiemaßnahmen auf den Progress von Ösophagusvarizen. Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
- SCHWEIZER, T. A.; KAN, K.; HUNG, Y.; TAM, F.; NAGLIE, G. & GRAHAM, S. J. (2013): Brain

- activity during driving with distraction: an immersive fMRI study. In: *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 53. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00053>
- SEIDLER, R. D.; BERNARD, J. A.; BUSCHKUEHL, M.; JAEGGI, S.; JONIDES, J. & HUMFLEET, J. (2010): Cognitive training as an intervention to improve driving ability in the older adult (Final Report M-CASTL 2010-01). Verfügbar unter <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/18008>
- SHERER, M.; HART, T.; NICK, T. G.; WHYTE, J.; THOMPSON, R. N. & YABLON, S. A. (2003): Early impaired self-awareness after traumatic brain injury. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84 (2), 168–176. <https://doi.org/10.1053/apmr.2003.50045>
- SHINAR, D. (2007): *Traffic safety and human behavior*. Oxford: Elsevier
- SINGH, R.; PENTLAND, B.; HUNTER, J. & PROVAN, F. (2007): Parkinson's disease and driving ability. In: *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 78 (4), 363–366. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2006.103440>
- SIREN, A. & HAUSTEIN, S. (2016): Driving Cessation Anno 2010. In: *Journal of applied gerontology*, 35 (1), 18–38. <https://doi.org/10.1177/0733464814521690>
- SIREN, A.; HAUSTEIN, S.; MENG, A.; BELL, D.; POKRIEFKE, E. & LANG, B. et al. (2010): Driver licensing legislation (European Commission, Hrsg.) (Concerns & Solutions: Road Safety in the Ageing Societies). Verfügbar unter http://www.consolproject.eu/attachments/article/16/CONSOL%20Report_WP5.1_final.pdf
- SIREN, A. & MENG, A. (2013): Older drivers' self-assessed driving skills, driving-related stress and self-regulation in traffic. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 17, 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.10.004>
- SNELLGROVE, C. A. (2005): Cognitive screening for the safe driving competence of older people with mild cognitive impairment or early dementia: Australian Transport Safety Bureau
- SOMMER, M.; HEIDINGER, C.; ARENDASY, M.; SCHAUER, S.; SCHMITZ-GIELSDORF, J. & HÄUSLER, J. (2010): Cognitive and Personality Determinants of Post-injury Driving Fitness. In: *Archives of Clinical Neuropsychology*, 25 (2), 99–117. <https://doi.org/10.1093/arclin/acp109>
- Statistisches Bundesamt (2016): *Gesundheit. Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern (einschl. Sterbe- und Stundenfälle)* (Statistisches Bundesamt, Hrsg.). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt
- Statistisches Bundesamt (2018a): *Fahrzeugbestand*. Zugriff am 17.09.2018. Verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/UnternehmenInfrastrukturFahrzeugbestand/Tabellen/Fahrzeugbestand.html>
- Statistisches Bundesamt (2018b): *Verkehr. Verkehrsunfälle*. Zugriff am 15.10.2018. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleJ2080700177004.pdf?__blob=publicationFile
- STOLWYK, R. J.; CHARLTON, J. L.; TRIGGS, T. J.; IANSEK, R. & BRADSHAW, J. L. (2006): Neuropsychological Function and Driving Ability in People with Parkinson's Disease. In: *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 28 (6), 898–913. <https://doi.org/10.1080/13803390591000909>
- STURM, W. (2009): *Aufmerksamkeitsstörungen*. In: W. STURM, M. HERRMANN & T. MÜNTE (Hrsg.), *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie. Grundlagen, Methoden, Diagnostik, Therapie* (2. Aufl., S. 421–443). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- SUBASINGHE, S.; NANDAMUNI, Y.; RANASINGHE, S.; NIRIELLA, M. A.; MITHTHINDA, J. K. N. D. & DASSANAYAKE, A. et al. (2016): Association between road accidents and low-grade hepatic encephalopathy among Sri Lankan drivers with cirrhosis: a prospective case control study. In: *BMC Research Notes*, 9 (1), 303. <https://doi.org/10.1186/s13104-016-2106-3>
- SUN, Q.; XIA, J.; FOSTER, J.; FALKMER, T. & LEE, H. (2018): Driving manoeuvre during lane maintenance in older adults: Associations with neuropsychological scores. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 53, 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.12.016>

- SUNG, N. S.; CROWLEY, W. F.; GENEL, M.; SALBER, P.; SANDY, L. & SHERWOOD, L. et al. (2003): Central challenges facing the national clinical research enterprise. In: *JAMA*, 289 (10), 1278–1287. <https://doi.org/10.1001/jama.289.10.1278>
- THOMPSON, K.; READ, K.; ANDERSON, S. & RIZZO, M. (2011): Systematic analysis of real-world driving behavior following focal brain lesions. In: *Proceedings of the International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design*, 2011, 576–582
- TREAT, J. R. (1980): A study of precrash factors involved in traffic accidents. In: *HSRI Research Review*, 10 (6), 1–35
- TSCHABITSCHER, M. (2011): Neuroanatomie. In: J. LEHRNER, G. PUSSWALD, E. FERTL, W. STRUBREITHER & I. KRYSPIN-EXNER (Hrsg.): *Klinische Neuropsychologie* (2. Aufl., S. 85–104). Wien: Springer
- TUOKKO, H.; TALLMAN, K.; BEATTIE, B. L.; COOPER, P. & WEIR, J. (1995): An Examination of Driving Records in a Dementia Clinic. In: *The Journals of Gerontology: Series B*, 50 (3), 173–181. <https://doi.org/10.1093/geronb/50B.3.S173>
- TURK, K. & DUGAN, E. (2014): A Literature Review of Frontotemporal Dementia and Driving. In: *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, 29 (5), 404–408. <https://doi.org/10.1177/1533317513518656>
- UC, E. Y.; RIZZO, M.; JOHNSON, A. M.; DASTRUP, E.; ANDERSON, S. W. & DAWSON, J. D. (2009): Road safety in drivers with Parkinson disease. In: *Neurology*, 73 (24), 2112–2119. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181c67b77>
- UC, E. Y. & RIZZO, M. (2008): Driving and neurodegenerative diseases. In: *Current neurology and neuroscience reports*, 8 (5), 377
- UC, E. Y.; RIZZO, M.; ANDERSON, S. W.; SHI, Q. & DAWSON, J. D. (2004): Driver route-following and safety errors in early Alzheimer disease. In: *Neurology*, 63 (5), 832–837. Verfügbar unter <http://dx.doi.org/>
- UNSWORTH, C. A. & BAKER, A. (2014): Driver rehabilitation: A systematic review of the types and effectiveness of interventions used by occupational therapists to improve on-road fitness-to-drive. In: *Accident Analysis & Prevention*, 71, 106–114
- VANLAAR, W.; McKIERNAN, A.; MCATEER, H.; ROBERTSON, R.; MAYHEW, D. & CARR, D. et al. (2014): A Meta-Analysis of Cognitive Screening Tools for Drivers Aged 80 and Over (TIRF, Hrsg.). Traffic injury research foundation. Zugriff am 04.05.2018. Verfügbar unter http://tirf.ca/wp-content/uploads/2017/01/MTO_cognitive_meta_6.pdf
- VAUGHAN, L.; HOGAN, P. E.; RAPP, S. R.; DUGAN, E.; MAROTTOLI, R. A. & SNIVELY, B. M. et al. (2015): Driving with mild cognitive impairment or dementia: Cognitive test performance and proxy report of daily life function in older women. In: *Journal of the American Geriatrics Society*, 63 (9), 1774–1782
- VAUX, L. M.; NI, R.; RIZZO, M.; UC, E. Y. & ANDERSEN, G. J. (2010): Detection of imminent collisions by drivers with Alzheimer's disease and Parkinson's disease: A preliminary study. In: *Assessing Safety with Driving Simulators*, 42 (3), 852–858. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.07.009>
- VERSTER, J. C. & ROTH, T. (2011): Predicting psychopharmacological drug effects on actual driving (SDLP) from psychometric tests measuring driving-related skills. In: *Psychopharmacology*, 220. <https://doi.org/10.1007/s00213-011-2484-0>
- VINGILIS, E. & WILK, P. (2012): Medical Conditions, Medication Use, and Their Relationship With Subsequent Motor Vehicle Injuries: Examination of the Canadian National Population Health Survey. In: *Traffic Injury Prevention*, 13 (3), 327–336. <https://doi.org/10.1080/15389588.2012.654411>
- VOGELPOHL, T.; VOLLRATH, M. & KÜHN, M. (2017): Übergabe von hochautomatisiertem Fahren zu manueller Steuerung. Teil 2: Müdigkeit und lange Fahrtdauer als Einflussfaktoren auf die Sicherheit nach einer Übernahmeaufforderung (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Unfallforschung der

Versicherer, Hrsg.) (Forschungsbericht Nr. 47). Berlin: GDV

109 (10), 180–187. <https://doi.org/10.3238/arztbl.2012.0180>

WADLEY, V. G.; OKONKWO, O.; CROWE, M.; VANCE, D. E.; ELGIN, J. M. & BALL, K. K. et al. (2009): Mild Cognitive Impairment and Everyday Function: An Investigation of Driving Performance. In: *Journal of geriatric psychiatry and neurology*, 22 (2), 87–94. <https://doi.org/10.1177/0891988708328215>

WARD, A.; PAYNE, K. A.; CARO, J. J.; HEUSCHMANN, P. U. & KOLOMINSKY-RABAS, P. L. (2005): Care needs and economic consequences after acute ischemic stroke: the Erlangen Stroke Project. In: *European journal of neurology*, 12 (4), 264–267

WILLSTRAND, T. D.; HENRIKSSON, P.; SVENSSON, H. & LEVIN, L. (2018): Evaluation of free public transport for older people in Sweden. Humanist Conference, Den Haag. Verfügbar unter <http://www.humanist-vce.eu/fileadmin/contributeurs/humanist/TheHague2018/42-willstrand.pdf>

WOLFE, P. L. & LEHOCKEY, K. A. (2016): Neuropsychological Assessment of Driving Capacity. In: *Archives of Clinical Neuropsychology*, 31 (6), 517–529. <https://doi.org/10.1093/arclin/acw050>

WONG, I. Y.; SMITH, S. S. & SULLIVAN, K. A. (2012): The relationship between cognitive ability, insight and self-regulatory behaviors: Findings from the older driver population. In: *PTW + Cognitive impairment and Driving Safety*, 49, 316–321. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.05.031>

WOOD, J. M.; WORRINGHAM, C.; KERR, G.; MALLON, K. & SILBURN, P. (2005): Quantitative assessment of driving performance in Parkinson's disease. In: *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 76 (2), 176. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.047118>

World Health Organisation (WHO, Hrsg.) (2017): Dementia. Fact Sheet, WHO. Zugriff am 21.09.2017. Verfügbar unter <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs362/en/>

ZHAN, T. & STREMMEL, W. (2011): The Diagnosis and Treatment of Minimal Hepatic Encephalopathy. In: *Deutsches Ärzteblatt International*,

Bilder

Bild 1: Teilaspekte der sicheren Fahrzeugführung nach JACOBS (2016)

Bild 2: Schematische Darstellung der einzelnen Ebenen der Fahraufgabe (VERSTER & ROTH, 2011)

Bild 3: Schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen verschiedenen komplexen Fahraufgaben und kognitiven Leistungen

Tabellen

Tab. 1: Häufigkeit, Anzahl der aktiven Fahrer, Einfluss auf die Fahrkompetenz und beobachtetes Unfallrisiko nach Grunderkrankungen. Details und Quellenangaben befinden sich in den jeweiligen Unterkapiteln

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

2015

M 253: Simulatorstudien zur Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten

Schömig, 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

M 256: Verkehrsbezogene Eckdaten und verkehrssicherheitsrelevante Gesundheitsdaten älterer Verkehrsteilnehmer

Rudinger, Haverkamp, Mehlis, Falkenstein, Hahn, Willemssen € 20,00

M 257: Projektgruppe MPU-Reform

Albrecht, Evers, Klipp, Schulze € 14,00

M 258: Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen

Follmer, Geis, Gruschwitz, Hölscher, Raudszus, Zlocki € 14,00

M 259: Alkoholkonsum und Verkehrsunfallgefahren bei Jugendlichen

Hoppe, Tekaat € 16,50

M 260: Leistungen des Rettungsdienstes 2012/13

Schmiedel, Behrendt € 16,50

M 261: Stand der Radfahrausbildung an Schulen und motorische Voraussetzungen bei Kindern

Günther, Kraft € 18,50

M 262: Qualität in Fahreignungsberatung und fahreignungsfördernden Maßnahmen

Klipp, Bischof, Born, DeVol, Dreyer, Ehlert, Hofstätter, Kalwitzki, Schattschneider, Veltgens € 13,50

M 263: Nachweis alkoholbedingter Leistungsveränderungen mit einer Fahrverhaltensprobe im Fahrsimulator der BAST

Schumacher
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2016

M 264: Verkehrssicherheit von Radfahrern – Analyse sicherheitsrelevanter Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen

von Below € 17,50

M 265: Legalbewährung verkehrsauffälliger Kraftfahrer nach Neuerteilung der Fahrerlaubnis

Kühne, Hundertmark € 15,00

M 266: Die Wirkung von Verkehrssicherheitsbotschaften im Fahrsimulator – eine Machbarkeitsstudie

Wandtner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 267: Wahrnehmungspsychologische Analyse der Radfahraufgabe

Platho, Paulenz, Kolrep € 16,50

M 268: Revision zur optimierten Praktischen Fahrerlaubnisprüfung

Sturzbecher, Luniak, Mörl € 20,50

M 269: Ansätze zur Optimierung der Fahrschulausbildung in Deutschland

Sturzbecher, Luniak, Mörl € 21,50

M 270: Alternative Antriebstechnologien – Marktdurchdringung und Konsequenzen

Schleh, Bierbach, Piasecki, Pöppel-Decker, Ulitzsch
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2017

M 271: Evaluation der Kampagnenfortsetzung 2013/2014 „Runter vom Gas!“

Klimmt, Geber, Maurer, Oschatz, Sülflow € 14,50

M 272: Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen 2015

Gruschwitz, Hölscher, Raudszus, Zlocki € 15,00

M 273: Verkehrswahrnehmung und Gefahrenvermeidung – Grundlagen und Umsetzungsmöglichkeiten in der Fahranfängervorbereitung

TÜV | DEKRA arge tp 21 € 22,00

M 273b: Traffic perception and hazard avoidance – Foundations and possibilities for implementation in novice driver preparation

Bredow, Brünken, Dressler, Friedel, Genschow, Kaufmann, Malone, Mörl, Rüdell, Schubert, Sturzbecher, Teichert, Wagner, Weißer

Dieser Bericht ist die englische Fassung von M 273 und liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 274: Fahrschulüberwachung in Deutschland – Gutachten im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen

Sturzbecher, Bredow
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 275: Reform der Fahrlehrerausbildung

Teil 1: Weiterentwicklung der Fahrlehrerausbildung in Deutschland

Teil 2: Kompetenzorientierte Neugestaltung der Qualifizierung von Inhabern/verantwortlichen Leitern von Ausbildungsfahrschulen und Ausbildungsfahrlehrern

Brünken, Leutner, Sturzbecher
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 276: Zeitreihenmodelle mit meteorologischen Variablen zur Prognose von Unfallzahlen

Martensen, Diependaele € 14,50

2018

M 277: Unfallgeschehen schwerer Güterkraftfahrzeuge

Panwinkler € 18,50

M 278: Alternative Antriebstechnologien: Marktdurchdringung und Konsequenzen für die Straßenverkehrssicherheit

Schleh, Bierbach, Piasecki, Pöppel-Decker, Schönebeck
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 279: Psychologische Aspekte des Einsatzes von Lang-Lkw – Zweite Erhebungsphase

Glaser, Glaser, Schmid, Waschulewski
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 280: Entwicklung der Fahr- und Verkehrskompetenz mit zunehmender Fahrerfahrung

Jürgensohn, Böhm, Gardas, Stephani € 19,50

M 281: Rad-Schulwegpläne in Baden-Württemberg – Begleit-evaluation zu deren Erstellung mithilfe des WebGIS-Tools

Neumann-Opitz € 16,50

M 282: Fahrverhaltensbeobachtung mit Senioren im Fahrsimulator der BAST Machbarkeitsstudie

Schumacher, Schubert € 15,50

M 283: Demografischer Wandel – Kenntnisstand und Maßnahmenempfehlungen zur Sicherung der Mobilität älterer Verkehrsteilnehmer

Schubert, Gräcmann, Bartmann € 18,50

M 284: Fahrenfängerbefragung 2014: 17-jährige Teilnehmer und 18-jährige Nichtteilnehmer am Begleiteten Fahren – Ansatzpunkte zur Optimierung des Maßnahmenansatzes „Begleitetes Fahren ab 17“

Funk, Schrauth € 15,50

M 285: Seniorinnen und Senioren im Straßenverkehr – Bedarfsanalysen im Kontext von Lebenslagen, Lebensstilen und verkehrssicherheitsrelevanten Erwartungen

Holte € 20,50

M 286: Evaluation des Modellversuchs AM 15**Teil 1: Verkehrsbewährungsstudie**

Kühne, Dombrowski

Teil 2: Befragungsstudie

Funk, Schrauth, Roßnagel € 29,00

M 287: Konzept für eine regelmäßige Erhebung der Nutzungshäufigkeit von Smartphones bei Pkw-Fahrern

Kathmann, Scotti, Huemer, Mennecke, Vollrath
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 288: Anforderungen an die Evaluation der Kurse zur Wiederherstellung der Kraftfahreignung gemäß § 70 FeV

Klipp, Brieler, Frenzel, Kühne, Hundertmark, Kollbach, Labitzke, Uhle, Albrecht, Buchardt € 14,50

2019**M 289: Entwicklung und Überprüfung eines Instruments zur kontinuierlichen Erfassung des Verkehrsklimas**

Schade, Rößger, Schlag, Follmer, Eggs
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 290: Leistungen des Rettungsdienstes 2016/17 – Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2016 und 2017

Schmiedel, Behrendt € 18,50

M 291: Versorgung psychischer Unfallfolgen

Auerbach, Surges € 15,50

M 292: Einfluss gleichaltriger Bezugspersonen (Peers) auf das Mobilitäts- und Fahrverhalten junger Fahrerinnen und Fahrer

Baumann, Geber, Klimmt, Czerwinski € 18,00

M 293: Fahrenfänger – Weiterführende Maßnahmen nach dem Fahrerlaubniserwerb – Abschlussbericht

Projektgruppe „Hochrisikophase Fahrenfänger“ € 17,50

2020**M 294: Förderung eigenständiger Mobilität von Erwachsenen mit geistiger Behinderung**

Markowetz, Wolf, Schwaferts, Luginger, Mayer, Rosin, Buchberger
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 295: Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen in Pkw 2017

Gruschwitz, Hölscher, Raudszus, Schulz € 14,50

M 296: Leichte Sprache in der theoretischen Fahrerlaubnisprüfung

Schrauth, Zielinski, Mederer
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 297: Häufigkeit von Ablenkung beim Autofahren

Kreußlein, Schleinitz, Krems € 17,50

M 298: Zahlungsbereitschaft für Verkehrssicherheit

Obermeyer, Hirte, Korneli, Schade, Friebel € 18,00

M 299: Systematische Untersuchung sicherheitsrelevanten Fußgängerverhaltens

Schüller, Niestegge, Roßmerkel, Schade, Rößger, Rehberg, Maier € 24,50

M 300: Nutzungshäufigkeit von Smartphones durch Pkw-Fahrer Erhebung 2019

Kathmann, Johannsen, von Heel, Hermes, Vollrath, Huemer € 18,00

M 301: Motorräder – Mobilitätsstrukturen und Expositionsgrößen

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer € 16,00

M 302: Zielgruppengerechte Ansprache in der Verkehrssicherheitskommunikation über Influencer in den sozialen Medien

Duckwitz, Funk, Schliebs, Hermanns € 22,00

M 303: Kognitive Störungen und Verkehrssicherheit Surges

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

AKTUALISIERTE NEUAUFLAGE VON:**M 115: Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung – gültig ab 31.12.2019**

Gräcmann, Albrecht € 17,50

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-48

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

www.schuenemann-verlag.de

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.