

Einfluss zunehmender Fahrzeugautomatisierung auf Fahrkompetenz und Fahrkompetenzerwerb

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 126

bast

Einfluss zunehmender Fahrzeugautomatisierung auf Fahrkompetenz und Fahrkompetenzerwerb

von

Thomas Weißgerber

TU München Lehrstuhl für Ergonomie

Heidi Grattenthaler
Heike Hoffmann

Bundesanstalt für Straßenwesen
Bergisch Gladbach

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 126

bast

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

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

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

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

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

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

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

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.0590/2013:
Einfluss zunehmender Fahrzeugautomatisierung auf Fahrkompetenz und Fahrkompetenzerwerb

Fachbetreuung
Heike Hoffmann

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

Redaktion
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag
Fachverlag NW in der
Carl 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 0943-9307
ISBN 978-3-95606-428-9

Bergisch Gladbach, Januar 2019

Kurzfassung – Abstract

Einfluss zunehmender Fahrzeugautomatisierung auf Fahrkompetenz und Fahrkompetenzerwerb

Bisher liegt der Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten im Bereich der automatisierten Fahrzeugführung auf generellen Automatisierungseffekten, die implizit einen fahrerfahrenen Fahrer annehmen. Welches Potenzial Fahrerassistenzsysteme und Fahrzeugautomatisierung für Fahrschüler und Fahranfänger während des Kompetenzerwerbs haben, ist bisher nicht ausreichend erforscht. Anhand einer Literaturrecherche und eines Expertenworkshops werden in diesem Bericht Forschungsfragen aus dem Bereich des Fahrkompetenzerwerbs im Kontext zunehmender Fahrzeugautomatisierung erarbeitet.

Im Rahmen der Literaturrecherche werden zunächst relevante Begrifflichkeiten aus der Expertise- und Kompetenzforschung definiert (z.B. Experte, Experteneigenschaften) sowie allgemeingültige Modelle zum Expertise- und Kompetenzerwerb aufgeführt. Mit Hilfe dieser Grundlagen wird anschließend der Kompetenzerwerb konkret auf das Autofahren übertragen und der Prozess des Fahrkompetenzerwerbs (z.B. Lernbedingungen während der Fahrausbildung und des darauffolgenden selbstständigen Fahrens, Unfallgeschehen der Fahranfänger) betrachtet.

Nach GASSER, SEECK und SMITH (2015) lassen sich Fahrerassistenzsysteme sowie die Stufen der Fahrzeugautomatisierung nach ihrer Wirkweise in drei grundlegende Funktionskategorien einteilen (Funktionen der Wirkweisen A, B und C). Heute verfügbare Systeme werden in diese drei grundlegenden Funktionskategorien eingeordnet.

Schließlich werden in diesem Bericht Fahrkompetenz und Wirkweisen zusammengeführt: Für jede Wirkweise werden die bestehenden Anforderungen an den Fahrer und damit verbundene Erkenntnisse zum Erwerb und der Entwicklung von Fahrkompetenz dargestellt. Es stehen als Nutzergruppen die Fahrschüler und die Fahranfänger im Fokus. Als weitere Nutzergruppe werden fahrerfahrene Fahrer berücksichtigt.

Der durchgeführte Expertenworkshop diente dazu, eine anwendungsbezogene Ergänzung zur Literaturanalyse zu schaffen. Mit Vertretern der Fahrlehr-

erverbände, der Forschung und fahrerfahrenen Fahrern wurden Fragen diskutiert, die sich für die Wirkweisen A, B und C im Zusammenhang mit dem Fahrkompetenzerwerb ergeben.

Die Befunde der Literaturrecherche werden zusammen mit den Ergebnissen des Expertenworkshops zur Ableitung des Forschungsbedarfs herangezogen. Der Forschungsbedarf wird – strukturiert nach den Wirkweisen – für jede Nutzergruppe dargestellt.

Für die Nutzergruppen allgemein (d.h. alle Fahrer) ergibt sich Forschungsbedarf bezüglich der Bestimmung des Trainingsbedarfs zum Erlernen des richtigen Umgangs mit Funktionen der Wirkweisen A bis C sowie der Entwicklung entsprechender Trainingskonzepte (Schwerpunkt: Wirkweise B). Die Entwicklung von Trainingskonzepten zur Deckung dieses Trainingsbedarfs sollte unter Berücksichtigung der Kompetenzen der einzelnen Nutzergruppen erfolgen. Weiterhin sollten in der Forschung zukünftig sowohl der Anforderungswandel an das Aufmerksamkeitsmanagement der Fahrer bei Nutzung von Funktionen der Wirkweise B als auch Veränderungen in der Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern im künftigen Mischverkehr Berücksichtigung finden.

Für die Nutzergruppe der Fahrschüler ergibt sich Forschungsbedarf bezüglich der kontinuierlichen Weiterentwicklung von Fahrausbildungs- und Fahrprüfungsinhalten für Funktionen der Wirkweisen A bis C. Für Funktionen der Wirkweisen A und B (Level 1) zeigt sich ein Potenzial zur Unterstützung des Kompetenzerwerbs beim Fahrenlernen, das zukünftig untersucht werden sollte. Von einem ausschließlichen Gebrauch von Funktionen der Wirkweise B während der Fahrschulausbildung sollte abgesehen werden, da potenziell ein Risiko des Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz besteht.

Für die Nutzergruppe der Fahranfänger zeigt sich ein Potenzial zur Unterstützung des nach dem Fahrerlaubnisenerwerb andauernden Kompetenzerwerbs für Funktionen der Wirkweisen A und B (Level 1), welches zukünftig in der Forschung berücksichtigt werden sollte. Ähnlich wie bei der Gruppe der Fahrschüler besteht auch für Fahranfänger das potenzielle Risiko eines Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichen Gebrauch von Funktionen der Wirkweise B.

Für die Nutzergruppe der fahrerfahrenen Fahrer ergibt sich zum einen Forschungsbedarf für die

Bestimmung des notwendigen Trainingsumfangs für Funktionen der Wirkweisen A und B. Zum anderen sollte zukünftig in der Forschung die Relevanz möglicher Verschlechterungen psychomotorischer Fertigkeiten bei überdauernder Nutzung von Funktionen der Wirkweise B (hauptsächlich Level 2 und 3) berücksichtigt werden.

Influence of increasing vehicle automation on driving skills and driving skills acquisition

So far in the field of automated vehicle guidance, the focus of research is on general automation effects that implicitly assume an experienced driver. The potential of driver assistance systems and vehicle automation for learner and novice drivers during skills acquisition has not been sufficiently researched. Based on a literature review and an expert workshop, research questions concerning driving skills acquisition in the context of increasing vehicle automation will be derived in this report.

The literature review provides an overview of relevant terminology from the research fields of expertise and skills acquisition (e.g. definition of the term expert, experts' properties) as well as general models of expertise and skills acquisition. Based on this fundamental knowledge, the acquisition of skills as it pertains to driving and the process of driving skills acquisition is considered (e.g. learning conditions during driver education and the subsequent phase of independent driving, accidents of novice drivers).

According to GASSER, SEECK and SMITH (2015), driver assistance systems and levels of vehicle automation can be distinguished in terms of their operation mode in three basic categories (functions of the operation modes A, B and C). Currently available systems are classified into these three basic categories.

Finally, driving skills acquisition and operation modes are brought together: For each operation mode, the existing demands on the driver and related findings for the acquisition and development of driving skills are presented. As user groups, learner and novice drivers are in the focus. As another user group, experienced drivers as well as all drivers (i.e. user groups in general) are considered.

Complementary to the literature analysis, a workshop with experts (representatives of driving instructor associations, scientific experts and

experienced drivers) took place. During the workshop, arising issues for the operation modes A, B and C in connection with driving skills acquisition were discussed.

The findings of the literature review together with the results of the expert workshop were used to define research needs. Research needs are presented – structured according to the respective operation mode – for each user group:

For the user groups in general (i.e. all drivers), there is a need for research to determine the training needs to learn the correct use of functions of the operation modes A to C as well as the development of corresponding training concepts (focus on operation mode B). When developing training concepts to meet these trainings needs, the different competence levels of user groups should be taken into account. Furthermore, future research should consider both the changing demands in drivers' attention allocation while using functions of the operation mode B and changes in communication between road users in future mixed traffic.

For the user group learner drivers, research should focus on the ongoing development of driver education and driving test contents concerning the functions of the operation modes A to C. Functions of operation modes A and B (Level 1) show a potential for promoting skills acquisition while learning to drive. The exclusive use of functions of the operation mode B during driver education should be avoided because this potentially bears a risk of not acquiring driving skills.

For the user group novice drivers, findings show a potential for promoting the continuing skills acquisition after receiving the driving license for functions of the operation modes A and B (Level 1). This should be considered in future research. Similar to the group of learner drivers, novice drivers potentially risk not acquiring driving skills if functions of the operation mode B are exclusively used.

For the user group experienced drivers, research to determine the necessary scope of training for functions of the operation modes A and B is needed. Future research should consider the relevance of possible deteriorations of psychomotor skills when functions of operation mode B (mainly level 2 and 3) are constantly used.

Summary

Influence of increasing vehicle automation on driving skills and driving skills acquisition

1. Task

So far in the field of automated vehicle guidance, the focus of research is on general automation effects that implicitly assume an experienced driver. The potential of driver assistance systems and vehicle automation for learner and novice drivers during skills acquisition has not been sufficiently researched. Based on a literature review and an expert workshop, research questions concerning driving skills acquisition in the context of increasing vehicle automation will be derived in this report.

2. Approach

The literature review provides an overview of relevant terminology from the research fields of expertise and skills acquisition (e.g. definition of the term expert, experts' properties) as well as general models of expertise and skills acquisition. Based on this fundamental knowledge, the acquisition of skills as it pertains to driving and the process of driving skills acquisition is considered (e.g. learning conditions during driver education and the subsequent phase of independent driving, accidents of novice drivers).

According to GASSER, SEECK and SMITH (2015), driver assistance systems and levels of vehicle automation can be distinguished in terms of their operation mode in three basic categories (functions of the operation modes A, B and C): Functions of operation mode A inform or warn the driver. Continuously automating functions are assigned to the operation mode B. This operation mode is divided in different levels of automation: Driver Assistance (Level 1), Partial Automation (Level 2), High Automation (Level 3), Full Automation (Level 4) and Autonomous / Driverless Vehicles (Level 5). This report focuses on levels 1 to 3. Operation mode C includes intervening emergency functions in near-accident situations. Currently available systems are classified into these three basic categories.

Finally, driving skills acquisition and operation modes are brought together: For each operation

mode, the existing demands on the driver and related findings for the acquisition and development of driving skills are presented. As user groups, learner drivers and novice drivers are in the focus. As another user group, experienced drivers as well as all drivers (i.e. user groups in general) are considered.

Complementary to the literature analysis, a workshop with experts (representatives of driving instructor associations, scientific experts and experienced drivers) took place. During the workshop, arising issues for the operation modes A, B and C in connection with the driving skills acquisition were discussed.

The findings of the literature review together with the results of the expert workshop were used to define research needs. Research needs are presented – structured according to the respective operation mode – for each user group.

3. Results

For the user groups in general (i.e. all drivers), there is a need for research to determine the training needs to learn the correct use of functions of the operation modes A to C. Currently available systems differ in operating functions, functional scope, complexity, system responses and system limits. This results in different training needs for the operation modes A to C:

- In operation mode A, knowledge about the in-vehicle operating functions should be delivered to drivers. The training of ADAS should contain at least a theoretical and, depending on a system's complexity, also a practical unit.
- In operation mode B, the driver also needs operating knowledge, particularly on system limits and takeover scenarios. The focus of the learning content shifts greatly to practical training needs and will increase from level 1 to level 3.
- In operation mode C, knowledge delivery, demonstration or practical experience of the system function will be sufficient.

When developing training concepts to meet these trainings needs, the different competence levels of user groups and different training environments (driving school, public places or training ground) should be taken into account. The scope of training should be determined in accordance with the operation modes A to C.

Furthermore, future research should consider the changing demands in drivers' attention allocation while using functions of the operation mode B. Drivers' strategies for comparing system information with information from the real environment and the resulting shift towards increasing in-vehicle information perception should be investigated in detail. Proper handling of trust in systems should be taught and learned particularly with increasing system reliability of functions of the operation mode B.

In the future, communication will change between traffic participants because of differences in their motorisation and automation. For this purpose, studies on issues of communication between road users (e.g. vulnerable road users' development of trust towards automated vehicles) are required.

For the user group learner drivers, research should focus on the ongoing development of driver education and driving test contents concerning the functions of the operation modes A to C. Further, it is currently unclear to what extent the delivery of knowledge and skills regarding functions of the operation mode B (Level 2 and 3) may be considered in driver education depending on the level of competence of learners, as learners are often mentally overloaded by the additional demands which come along with the use of a system. This question is especially relevant in time-limited takeover processes which require strong psychomotor skills and procedural knowledge by the driver.

Functions of operation modes A and B (Level 1) show a potential for promoting skills acquisition while learning to drive. This potential should be examined in the future. Functions of operation mode A (e.g. Traffic Sign Recognition, Lane Departure Warning) could support learner drivers with safety-relevant information. Functions of operation mode B Level 1 (e.g. Parking-Assist, Lane Keep Assist (via steering intervention) or Adaptive Cruise Control) could reduce the learner driver's overload in the early phases of learning through a gradual learning of the driving task.

The empirical description of the driving skills acquisition and corresponding model concepts are currently incomplete. After the learning process is sufficiently clarified, the appropriate timing for the optimal introduction of systems in driver education could be defined.

The exclusive use of functions of the operation mode B during driver education should be avoided because this potentially bears a risk of not acquiring driving skills. A reasonable proportion of utilization time should be determined in order to avoid delays in the learning process of the learner driver.

A continuous development and update of contents, specifications and criteria in the driving test is required for functions of operation modes A to C in accordance with the technical progress of driver assistance systems and automation.

For the user group novice drivers, findings show a potential for promoting the continuing skills acquisition after receiving the driving license for functions of the operation modes A and B (Level 1). It is necessary to clarify whether appropriate systems promote normative driving behaviour and allow a better assessment of personal driving behaviour.

Literature findings show a potential for promoting the continuing skills acquisition after receiving the driving license for functions of operation mode A. Novice drivers could benefit from system information and system warnings for rapid and accurate assessment of traffic situations. Furthermore, functions of operation mode B (Level 1) show a corresponding potential to promote hazard recognition and hazard prevention. A reduction in the skill-related beginners' risks is considered as more promising than a reduction in the age-related youth risk.

The empirical description of the driving skills acquisition is incomplete for learner drivers and for novice drivers. Such a description should be developed as well as model concepts that enable a determination of the level of driving competence and a comparison of user groups.

For the user group "experienced drivers", research to determine the necessary scope of training for functions of the operation modes A and B is needed. For functions of operation mode B, takeover situations and system limits are considered to be an important learning content. So far, a suitable training environment for experienced drivers is missing.

Future research should consider the relevance of possible deteriorations of psychomotor skills when functions of operation mode B (mainly level 2 and 3) are constantly used. Most likely, deterioration of psychomotor skills while using various systems will occur in different periods of time and in different intensities. It is currently not clear how reversible this deterioration process is.

Inhalt

1	Einleitung	9	4.2.3	Lernbedingungen im Kompetenzerwerbsprozess.....	21
2	Zielsetzung	9	4.2.4	Fazit	22
3	Expertise- und Kompetenzforschung	10	4.3	Das Unfallgeschehen von Fahranfängern	22
3.1	Begriffsdefinitionen	10	4.3.1	Jugendlichkeitsrisiko.....	23
3.2	Experteneigenschaften.....	11	4.3.2	Anfängerrisiko	23
3.3	Expertiseerwerb.....	11	4.3.3	Fazit	24
3.3.1	Chunk-Theorie (MILLER).....	12	5	Fahrerassistenzsysteme und Automatisierung	25
3.3.2	Skilled-Memory-Theorie (CHASE & ERICSSON)	12	5.1	Heute verfügbare Fahrerassistenzsysteme	25
3.3.3	Theorie zum Fertigkeitserwerb (ANDERSON).....	12	5.2	Strukturierung nach Wirkweise	27
3.3.4	Informationsverarbeitungsmodell (ATKINSON & SHIFFRIN).....	13	5.2.1	Wirkweise A	27
3.3.5	Deliberate Practice-Theorie (ERICSSON et al.).....	13	5.2.2	Wirkweise B	28
3.3.6	Fünf-Stufen-Modell des Fertigkeitserwerbs (DREYFUS & DREYFUS).....	14	5.2.3	Wirkweise C	29
3.3.7	Cognitive-Flexibility-Theorie (SPIRO, COULSON, FELTOVICH & ANDERSON)	14	5.3	Wirkweisen (A bis C) und Nutzergruppen	30
3.4	Fazit	15	6	Wirkweisen und Fahrkompetenz	30
4	Expertise in der Domäne Autofahren und Fahrkompetenz	15	6.1	Fahrkompetenz bei Wirkweise A.....	32
4.1	Übertragung relevanter Begrifflichkeiten aus der Expertise- und Kompetenzforschung auf das Autofahren	15	6.1.1	Anforderungen an den Fahrer.....	32
4.1.1	Autofahren als schlecht definierte und komplexe Domäne	15	6.1.2	Erwerb und Entwicklung von Fahrkompetenz.....	32
4.1.2	Definition des fahrerfahrenen Fahrers in der Domäne Autofahren	16	6.2	Fahrkompetenz bei Wirkweise B	33
4.1.3	Erlangung von Expertise in der Domäne Autofahren durch Erfahrung und Übung.....	16	6.2.1	Anforderungen an den Fahrer.....	33
4.1.4	Fazit	17	6.2.2	Erwerb und Entwicklung von Fahrkompetenz.....	34
4.2	Von Modellen des Fahrverhaltens zu Fahrkompetenzmodellen.....	17	6.3	Fahrkompetenz bei Wirkweise C	35
4.2.1	Modelle des Fahrverhaltens	17	6.3.1	Anforderungen an den Fahrer.....	35
4.2.2	Fahrkompetenzmodelle	19	6.3.2	Erwerb und Entwicklung von Fahrkompetenz.....	36
			7	Expertenworkshop	36
			7.1	Nutzergruppen allgemein	37
			7.2	Fahrschüler	38
			7.3	Fahranfänger	39

7.4	Fahrerfahrene Fahrer	39	Literatur	51
8	Zukünftiger Forschungsbedarf	39	Anhang	56
8.1	Nutzergruppen allgemein	39	Bilder	57
8.1.1	Bestimmung des Trainingsbedarfs zum Erlernen des richtigen Umgangs mit Funktionen der Wirkweisen A bis C	39	Tabellen	57
8.1.2	Entwicklung von Trainingskonzepten – Schwerpunkt: Wirkweise B.....	40		
8.1.3	Berücksichtigung des Anforderungswandels an das Aufmerksamkeitsmanagement der Fahrer für Funktionen der Wirkweise B.....	41		
8.1.4	Berücksichtigung weiterer Nutzergruppen – Schwerpunkte: Wirkweisen A und B	41		
8.1.5	Berücksichtigung der Veränderungen in der Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern im künftigen Mischverkehr	42		
8.2	Fahrschüler	42		
8.2.1	Fahrausbildung	42		
8.2.2	Fahrerlaubnisprüfungen	45		
8.3	Fahranfänger	46		
8.3.1	Untersuchung des Potenzials zur Unterstützung des nach dem Fahrerlaubniswerb andauernden Kompetenzerwerbs – Schwerpunkte: Wirkweisen A und B (Level 1)	46		
8.3.2	Empirische Beschreibung des Fahrkompetenzerwerbs.....	47		
8.3.3	Verhinderung des Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichem Gebrauch von Funktionen der Wirkweise B	47		
8.4	Fahrerfahrene Fahrer	47		
8.4.1	Bestimmung des Trainingsumfangs für Funktionen der Wirkweisen A und B	47		
8.4.2	Untersuchung der Relevanz möglicher Verschlechterungen psychomotorischer Fertigkeiten bei überdauernder Nutzung von Funktionen der Wirkweise B	48		
9	Schlussbemerkungen und Einordnung Forschungsfragen	49		

1 Einleitung

Eine stetige Verbesserung der technischen Rahmenbedingungen steigert das Potenzial von aktiven Sicherheitskomponenten und Komfortsystemen im Straßenverkehr. Durch eine leistungsfähige Automation soll die Auftretenswahrscheinlichkeit menschlicher Fehler reduziert werden. Dabei verschiebt sich die Unfallcharakteristik hin zu automationsbedingten Unfallursachen (GASSER et al., 2012). Um das Sicherheitspotenzial aktiver Systeme effizient nutzen zu können, gilt es verstärkt auf das Zusammenspiel von Fahrer und Automation einzugehen - besonders im Hinblick auf den Einfluss und den Erwerb von Fahrkompetenz. Hinsichtlich der Fahrkompetenz liegt der Fokus im Projekt auf den Gruppen Fahrschüler, Fahranfänger und fahrerfahrene Fahrer.

Zur Bearbeitung dieser Themenstellung können Erkenntnisse und Befunde aus zwei großen Forschungsrichtungen herangezogen werden: Die erste Forschungsrichtung hat ein fundiertes Bild des Kompetenzbegriffs (WEINERT, 2001) und des Kompetenzerwerbs in der Fahrzeugführung (BURGARD, 2005; MALONE, 2012). Sie berücksichtigt Modelle des Fahrkompetenzerwerbs im Fahrschulunterricht (z.B. GRATTENTHALER, KRÜGER & SCHOCH, 2009) und ist in der Lage Fahrkompetenz zu bewerten (ENGIN, KOCHERSCHIED, FELDMANN & RUDINGER, 2010). Erkenntnisse und Befunde aus dieser Forschungsrichtung betreffen den Fahrkompetenzerwerb – bisher ohne Berücksichtigung von Fahrerassistenzsystemen und Fahrzeugautomatisierung.

Die zweite Forschungsrichtung hat Kenntnis über Automationseffekte in der Fahrzeugführung (z.B. DAMBÖCK, 2013) und der Luftfahrt (z.B. ENDSLEY, 1995). Gewonnene Erkenntnisse und Befunde aus dieser Forschungsrichtung basieren auf Datensätzen von professionellen Nutzern, wie Piloten oder Berufskraftfahrern, und von privaten Nutzern mit unterschiedlicher Kilometerleistung. Die Nutzergruppe der Fahrschüler wird von dieser Forschungsrichtung bisher nicht berücksichtigt.

Eine Betrachtung des Fahrkompetenzerwerbs in automatisierter Fahrumgebung erfordert die Sichtung und Zusammenführung wesentlicher Erkenntnisse und Befunde beider Forschungsrichtungen. Die Ergebnisse dieser Sichtung und Zusammenführung sind im vorliegenden Bericht dargestellt.

2 Zielsetzung

Ziel des Projektes war die Ableitung von Forschungsfragen für den Themenbereich der zunehmenden Fahrzeugautomatisierung unter Berücksichtigung der Fahrkompetenz und des Fahrkompetenzerwerbs. Die Herleitung der Forschungsfragen erfolgte anhand einer Literaturstudie und eines Expertenworkshops.

Der Kompetenzerwerb wird zunächst aus lerntheoretischer Sicht (Kapitel 3) und anschließend in der Domäne Autofahren (Kapitel 4) als Fahrkompetenzerwerb beschrieben. Im Fokus dieses Kapitels steht der Kompetenzerwerb für das Autofahren bei Fahrschülern und Fahranfängern. In Kapitel 5 folgen Funktionsbeschreibungen von Fahrerassistenzsystemen, die in den Automatisierungskontext eingeordnet werden. Hierzu wird die Kategorisierung der Funktionen von Fahrerassistenzsystemen nach ihrer Wirkweise (A, B und C) von GASSER et al. (2015) herangezogen. Diese erlaubt für die nachfolgenden Berichtskapitel eine Strukturierung der Erkenntnisse.

In Kapitel 6 werden Wirkweisen und Fahrkompetenz zusammengeführt: Pro Wirkweise werden die bestehenden Anforderungen an den Fahrer und damit verbundene Erkenntnisse zum Erwerb und der Entwicklung von Fahrkompetenz dargestellt. Es wird herausgearbeitet wie sich das Verständnis von Fahrkompetenz durch die sich zukünftig ändernden Anforderungen an Fahrschüler, Fahranfänger und fahrerfahrene Fahrer wandeln wird und welches Unterstützungspotenzial Fahrerassistenzsysteme auf den Fahrkompetenzerwerb haben können.

Am Ende des Projektes fand in Ergänzung zur Literaturanalyse ein Expertenworkshop statt. Die Experten aus der Forschung, den Fahrlehrerverbänden und Senioren als Vertreter der fahrerfahrenen Nutzergruppe diskutierten den Wandel des Fahrkompetenzerwerbs bei zunehmender Fahrzeugautomatisierung. Eine Zusammenfassung der Kernaussagen befindet sich in Kapitel 7.

Basierend auf den Ergebnissen der Literaturanalyse und des Expertenworkshops wird in Kapitel 8 der zukünftige Forschungsbedarf aufgezeigt. Zunächst wird der Forschungsbedarf formuliert, der unabhängig von der Nutzergruppe Allgemeingültigkeit hat („Nutzergruppen allgemein“). Die anschließende Strukturierung erfolgt nach den Nutzergruppen:

- Fahrschüler,
- Fahranfänger und
- fahrerfahrene Fahrer.

Die Forschungsfragen beziehen sich innerhalb der Nutzergruppe entweder auf ganze Kategorien von Wirkweisen oder auf einzelne Fahrerassistenzsysteme.

In Kapitel 9 werden die Hauptergebnisse zum Fahrkompetenzerwerb und zur zunehmenden Fahrzeugautomatisierung zusammengefasst und übergeordnete Forschungsfragen in Kontext gebracht.

3 Expertise- und Kompetenzforschung

In diesem Kapitel werden zunächst relevante Begrifflichkeiten aus der Expertise- und Kompetenzforschung definiert (Kapitel 3.1), anschließend der Experte in seinen Eigenschaften beschrieben (Kapitel 3.2) und schließlich allgemeingültige Modelle zum Expertise- und Kompetenzerwerb aufgeführt (Kapitel 3.3). Mit Hilfe dieser Grundlagen wird in Kapitel 4 der Kompetenzerwerb konkret auf das Autofahren übertragen.

Die Inhalte in Kapitel 3 lehnen sich größtenteils an die Ausführungen von BURGARD (2005) und MALONE (2012) an.

3.1 Begriffsdefinitionen

POSNER (1988) formuliert eine allgemeine Definition des Begriffes Experte. Diese Definition beinhaltet, dass ein Experte in seinem - im Allgemeinen begrenzten und speziellen - Fachgebiet (Domäne) sehr hohe Leistungen erzielt, die unabhängig vom zeitlichen Betrachtungsrahmen erfolgen. Gebräuchlicher für den Alltag ist die Expertendefinition, die einer Person, die sich durch ein sehr großes Wissen auf einem bestimmten Fachgebiet auszeichnet und der Vertrauen entgegengebracht wird, da sie Probleme, die diese Domäne betreffen, effektiv löst (GRUBER, 1994).

Laut KREMS (1994) können Experten anhand der folgenden drei Merkmale aus alltagspsychologischer Sicht von Novizen abgegrenzt werden - Effizienz, bereichsspezifisches Wissen und Können, sowie Erfahrung:

- Experten schaffen es, innerhalb einer definierten Zeitspanne überdurchschnittlich viele Aufgaben mit unterdurchschnittlichem Aufwand zu erledigen.
- Zur Lösung stehen den Experten neben einem umfangreichen und differenzierten Fachwissen auch Methoden und Strategien zur Bewältigung der speziellen Aufgabenstellung zur Verfügung.
- Beides bedarf langjähriger, intensiver Auseinandersetzung mit der Domäne, um Experten-niveau zu erreichen.

GRUBER (1994, S.10) fasste diese Definition folgendermaßen zusammen: „Ein Experte ist eine Person, die auf einem bestimmten Gebiet dauerhaft (nicht zufällig oder singulär) herausragende Leistungen erbringt“. Im Umkehrschluss seien also Fähigkeiten, in denen ein Novize einen Experten übertrifft, für eine spezielle Domäne nicht relevant.

Im Allgemeinen werden in der Expertiseforschung Personen individuell untersucht, die ausschließlich in ihrer Domäne überdurchschnittliche bis exzellente Leistungen erzielen, sowie nach dem Grund geforscht, wie die Personen dieses Niveau erreicht haben und wie sie dieses halten (GRUBER, 1994).

Wird die menschliche Leistungsfähigkeit aus der anwendungsbezogenen Perspektive betrachtet, so findet überwiegend der Begriff der Kompetenz Verwendung: Oft stellt er eine Einschätzung her zwischen dem individuellen Können einer Person und den speziellen kontextbezogenen Anforderungen, die gestellt werden, und inwiefern sich diese beiden Größen decken (KLIEME, MAAG-MERKI & HARTIG, 2007).

Der Aufbau von Wissen und Können bedeutet also die Entwicklung einer Kompetenz, die zudem auch die Fähigkeit zur Umsetzung dieser Basis (die kognitiv oder motorisch erfolgen kann) in eine Handlung auf angemessene Weise umfasst. Natürlich setzt dies die Bereitschaft zur Handlung voraus. Gemäß HARTIG und KLIEME (2006) erfolgen die Formulierungen bestimmter Bildungsziele oft mit dem Begriff der Kompetenz, deren Charakteristik im Allgemeinen bereichsspezifisch ist. Trotzdem können zwischen einzelnen Kompetenzen ein Transfer und Verallgemeinerungen stattfinden. Merkmal der Kenntnisse, Fertigkeiten oder Routinen, die eine Kompetenz ausmachen, ist, dass ihre Aneignung durch Lernen erfolgen kann oder muss (HARTIG & KLIEME, 2006).

Sowohl die Expertise, als auch die Kompetenz besitzen für MALONE (2012) zwei Prinzipien, über die sie hauptsächlich gekennzeichnet sind: die Bereichsspezifizierung und die Erlernbarkeit. Die Unterschiede zwischen den Begriffen sieht sie nicht auf inhaltlicher, sondern auf konzeptueller Ebene: Der Generalisierbarkeit der Modelle zu Expertise und Expertiseerwerb steht die Domänen- oder Fachspezifizierung eigens entwickelter, hierarchischer Kompetenzmodelle gegenüber, die spezielle Kompetenzen charakterisieren und diagnostizieren.

3.2 Experteneigenschaften

Laut GRUBER und MANDL (1995) zeichnen sich Experten durch eine breite und tiefe Wissensbasis, große domänenspezifische, praktische Erfahrung und die Fähigkeit, spezifische Probleme erfolgreich identifizieren und lösen zu können, aus. Weiterhin führen diese Autoren zu Experten aus: Die Kontrolle ihrer Handlungen erfolgt auf einer höheren (metakognitiven) Ebene. Dabei arbeiten sie effizient, fehlerfrei und exakt. Ein weiteres, wichtiges Merkmal ist das flexible Reaktionsvermögen auf neue Probleme.

CHI, GLASER und FARR (1988) definieren hingegen sieben Eigenschaften, die Experten besitzen:

1. Experten zeigen vor allem auf ihrem Spezialgebiet überdurchschnittliche Leistungen. Besonders auffallend sind ihre Fähigkeiten dann, wenn es sich um das Fachgebiet handelt, in dem sie viel Wissen und Fähigkeiten besitzen. Es findet kein Transfer von Expertise zwischen einzelnen Domänen statt: In anderen Bereichen muss der Experte nicht unbedingt ebenfalls einen Vorteil besitzen (CHASE & SIMON, 1973).
2. Experten sind dazu in der Lage, bedeutungsvolle Muster oder Zusammenhänge wahrzunehmen, sofern sie ihr Gebiet betreffen (LESGOLD et al., 1988).
3. Novizen lösen Probleme langsamer und machen mehr Fehler als Experten auf deren Gebiet. Gemäß GENTNER (1988) erfolgt durch viel Übung eine Handlungsautomation. Dies ist dafür verantwortlich, dass für Experten Kapazitäten zur Verfügung stehen, um andere Problemlösungsaspekte zu verarbeiten.

4. Weiterhin besitzen Experten einen größeren Speicher in Lang- und Kurzzeitgedächtnis, den sie für mehr Informationen aus ihrem Spezialgebiet nutzen (CHASE & ERICSSON, 1982).
5. Während bei Novizen die domänenspezifische Problembearbeitung auf einem relativ oberflächlichen Niveau stattfindet, erfolgt dies bei Experten auf Basis grundlegender Prinzipien (GLASER & CHI, 1988). Die Lösungsansätze der Experten besitzen dabei eine hohe Qualität und sind besonders effektiv.
6. Ein weiterer Unterschied zwischen Experten und Novizen beim Lösen von Problemen sind die Gewichtungen der einzelnen Prozessschritte: Experten setzen sich, bezogen auf die Gesamtzeit, sehr lange mit der qualitativen Analyse auseinander und legen den Schwerpunkt auf das Verstehen des Problems. Diesem Punkt widmen sich Novizen eher oberflächlich und verhältnismäßig kurz. Stattdessen probieren sie schneller verschiedene Lösungswege aus. Diese unterschiedlichen Herangehensweisen werden nach CHI, FELTOVICH und GLASER (1981) Top-Down-Strategie (Experten; Aktivierung deklaratives und prozedurales Wissen) und Bottom-Up-Strategie (Novizen) genannt.
7. Schließlich sind Experten in dem besonderen Besitz der Fähigkeit, ihr persönliches Können sehr gut einschätzen zu können (Selbst-Monitoring). Experten und Novizen sind sich bei der Erkennung relevanter Hinweise in den Aufgabenstellungen fast ebenbürtig. Daher folgern CHI, GLASER und REES (1982) daraus, dass Novizen daran scheitern, diejenigen Aspekte zu berücksichtigen, die in der Aufgabenstellung nicht explizit genannt werden.

3.3 Expertiseerwerb

Einige Autoren (GRUBER, 1994; GRUBER & LEHMANN, 2007) sehen Expertise in manchen Domänen (z. B. Musik oder Sport) bis heute als ein dispositionales Phänomen an: Als Voraussetzung für hohe Leistungen und damit die Erlangung des Expertenstatus gilt individuelle Begabung. Im lehrerpsychologischen Bereich konzentriert sich die Forschung des Expertiseerwerbs im Allgemeinen auf durch Erfahrung und Training erlernbare, domänenspezifische Inhalte, mit denen außerordentliche Leistungen erzielt wurden (z. B. Schachspiel).

In vielen Domänen ist das Erlangen von Expertise das Resultat jahrelanger Erfahrung und des Aufbaus einer umfangreichen Wissensbasis (CHASE & SIMON, 1973). Es wurde herausgefunden, dass für viele Domänen die 10-Jahres-Regel gilt (für einen Überblick vgl. ERICSSON, KRAMPE & TESCH-RÖMER, 1993). Sie wurde anhand von Schachspielern postuliert und besagt, dass ein Spieler mindestens zehn Jahre intensiv üben muss, bevor er auf internationalem Niveau spielen kann (CHASE & SIMON, 1973).

In den Unterkapiteln 3.3.1 bis 3.3.7 sind Theorien der Informationsverarbeitung und des Expertiseerwerbs dargestellt. Diese sind allgemein gültig, d.h. sie können über verschiedene Domänen hinweg angewendet werden.

3.3.1 Chunk-Theorie (Miller)

Eine solche allgemeine Theorie ist die Chunking-Theorie. MILLER (1956) führte den Begriff Chunk ein und zeigte, dass eine Begrenzung der Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses existiert: Sie ist auf 7 (+/- 2) Einheiten limitiert, wobei die einzelnen Einheiten keine Einschränkung in der Informationsmenge besitzen. Miller formulierte den Ansatz, dass kein einzelnes Abspeichern, Abrufen und Verarbeiten von Wissens-elementen mehr stattfindet. Stattdessen werden Chunks gebildet, d.h. immer größer werdende Wissenseinheiten, zu denen einzelne Elemente zusammengefasst werden. Bezüglich ihres Erinnerungsvermögens besitzen Experten einen Vorteil, da sie wegen ihres domänenspezifischen Wissens größere Chunks erstellen können (KREMS, 1994). Dies lässt die Folgerung zu, dass sich Personen mit einem organisierten und strukturierten Wissen an größere Informationsmengen erinnern können, als Personen ohne eine derartige Wissensstruktur.

Der Pattern-Recognition-Ansatz (CHASE & SIMON, 1973) ist eine Ergänzung der Chunking-Theorie und belegt, dass Experten domänenspezifisch relevante Muster als Chunks besitzen. Nicht nur die Quantität der Wissensspeicherung ist damit bei Experten höher als bei Novizen, sondern auch die Qualität (MALONE, 2012). Dies zeigt das folgende Modell.

3.3.2 Skilled-Memory-Theorie (Chase & Ericsson)

Die Skilled-Memory-Theorie von CHASE und ERICSSON (1982) stellt fest, dass sich die Informa-

tionsverarbeitung von Experten und Novizen unterscheidet und Experten Novizen deshalb übertreffen, weil sie eine größere Effizienz in der Strukturierung des Langzeitgedächtnisses erreichen. An bestehende, semantische Wissensmuster im Langzeitgedächtnis werden neue Informationen angefügt und durch sogenannte Cues, die bei der Enkodierung der Information assoziiert werden, kann schnell auf die gespeicherte Information zugegriffen werden. Dieser Zugriff erfolgt bei Experten differenziert, da die Cues bei ihnen mit hierarchischen Strukturen verknüpft sind. Dies ermöglicht einen Abruf eines ganzen Informationsnetzes mit nur einem einzigen Schlüsselreiz. Außerdem kann auf diese enkodierte Information auch noch nach einer längeren Zeitspanne zugegriffen werden, da diese im Langzeitgedächtnis gespeichert bleibt.

Der Long-Term-Working-Memory-Ansatz (ERICSSON & KINTSCH, 1995) ist die Erweiterung und Verallgemeinerung der Skilled-Memory-Theorie. Er beschäftigt sich mit der Ausdehnung des traditionellen Konzeptes des Arbeitsgedächtnisses (Gebrauch temporärer Speicher eingeschlossen) und besagt, dass zusätzlich auf Informationen, die im Langzeitgedächtnis gespeichert sind, hocheffizient zugegriffen werden kann.

3.3.3 Theorie zum Fertigkeitserwerb (Anderson)

Laut der Theorie zum Fertigkeitserwerb von ANDERSON (1982) wird beim Erlangen von Expertise die Wissensrepräsentation umgewandelt. Der Autor definiert drei Stadien des Fertigkeitserwerbs:

1. Deklarative Phase:
In diesem Stadium besitzt der Lernende lediglich domänenspezifisches Faktenwissen.
2. Wissenskompilierung:
Dieses Stadium stellt den Übergang zwischen deklarativer und prozeduraler Phase dar: Es erfolgt eine Wissenskompilierung durch den wiederholten Einsatz des Wissens.
3. Prozedurale Phase:
In diesem Stadium kann das deklarative Fachwissen automatisiert umgesetzt werden.

Wenn-Dann-Regeln bilden die Vorgehensstruktur zur Problemlösung, deren Ausbildungen durch Erfahrung gesteigert werden. Das Wissen der Experten liegt laut dieser Theorie nur in prozeduraler Form vor und ist zum Teil nicht mehr bewusst abruf-

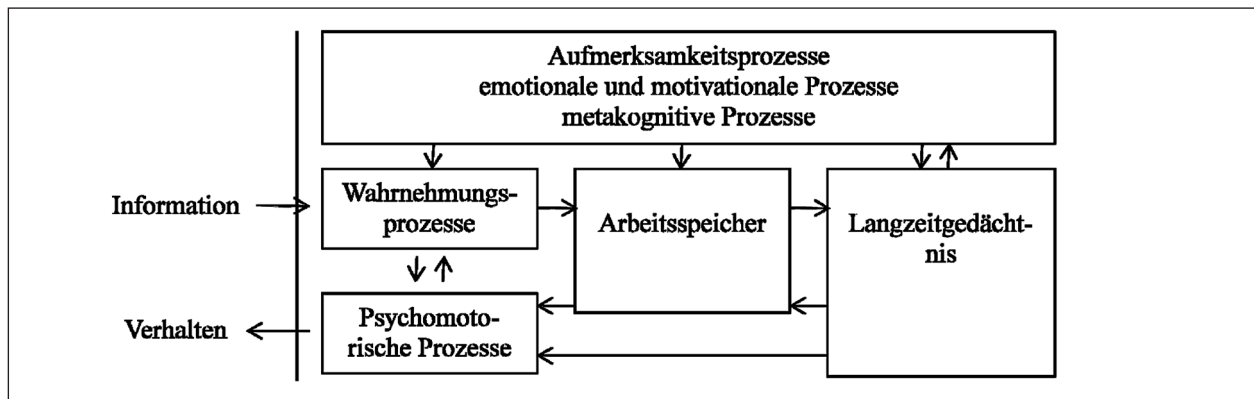


Bild 3-1: Modell der Informationsverarbeitung (nach ATKINSON & SHIFFRIN, 1969; SHIFFRIN & ATKINSON, 1971 aus LEUTNER & BRÜNKEN, 2002)

bar. Daher ist sie nur auf das Erlernen von Routinehandlung anwendbar, die bei Experten als automatisierte Prozesse vorliegen und dabei keinerlei kognitive Ressourcen verbrauchen, nicht von Nebenaufgaben gestört werden und diese auch nicht stören (KAHNEMAN & TREISMAN, 1984).

3.3.4 Informationsverarbeitungsmodell (Atkinson & Shiffrin)

Den Aufbau von Handlungsrouinen veranschaulicht das Informationsverarbeitungsmodell von ATKINSON und SHIFFRIN (1969) in Bild 31.

Am Anfang steht ein Wahrnehmungsprozess, dessen Information in den Arbeitsspeicher gelangt und danach im Langzeitgedächtnis abgelegt wird. Im Arbeitsspeicher werden zudem aktuelle Informationen mit den abgelegten im Langzeitgedächtnis verglichen. Wahrnehmung und die Vorgänge in Arbeits- und Langzeitspeicher werden dabei von Aufmerksamkeitsprozessen, emotionalen und motivationalen Prozessen, sowie metakognitiven Kontrollprozessen beeinflusst. Wird eine Reaktion nötig, äußert sich dies in sichtbarem, zielgerichtetem Verhalten, dessen Auslöser psychomotorische Prozesse sind. Automatisiert ablaufende Prozesse bilden eine Ausnahme, bei denen nach dem Wahrnehmungsprozess sofort ein psychomotorischer Prozess und ein entsprechendes Verhalten folgen. Dieser Verlauf wird durch ein hohes Maß an Übung verursacht und Routine genannt, er ist schneller und weniger fehleranfällig als bewusst gesteuerte Prozesse. Prozedurales Wissen mündet jedoch nicht immer in automatische Routinehandlungen, sondern kann sich auch in einer gesteigerten Problemlösefähigkeit äußern.

Der Status des Experten bedeutet also nicht nur, über mehr Wissen zu verfügen, sondern auch, das

Wissen effektiver anwenden zu können (qualitative Weiterentwicklung), was Erfahrung und Praxis vermitteln. Experten besitzen damit bessere episodische Definitionen, also Erfahrung über die Nutzungsmöglichkeiten ihres Wissens, als Novizen (KOLODNER, 1983). Sie verbessern und verfeinern ihre episodischen Definitionen im Laufe des Expertiseerwerbs durch Anwendung in der Praxis, was die Vermutung nahelegt, dass die Art der Erfahrungen relevant ist.

3.3.5 Deliberate Practice-Theorie (Ericsson et al.)

Für ERICSSON et al. (1993) ist zum Expertiseerwerb Übung notwendig. Doch hängt der Erfolg – also die Steigerung der Leistungen – von der Art der Übungen ab. Grundlegend sind die Motivation des Lernenden, sowie der Wille, sich zu verbessern, für eine effektive Beschäftigung mit dem Lerngegenstand. Am Anfang steht eine kurze Instruktion, die auf das Vorwissen angepasst ist, und in deren Rahmen der Lernende unmittelbares Feedback bezüglich seiner Leistungen empfängt. Gemäß der Deliberate-Practice-Theorie (ERICSSON et al., 1993) wird eine domänenspezifische Expertise erlangt, indem der Lernende abwechselnd geleitete Instruktionen (Anleitung durch Trainer) empfängt und individuelle, wohlgedachte, gezielte Übungen (selbstständiges, konzentriertes Arbeiten) absolviert. Im Rahmen der Deliberate Practice-Theorie bezeichnet die Monotonic Benefits Assumption das adaptive Anpassen des Übungsmaterials an das Können des Lernenden (ERICSSON et al., 1993). Sie besagt, dass die Zeitmenge, die für wohlgedachte Übung aufgewandt wird, in einer monoton steigenden Beziehung zu der erbrachten Leistung steht und das Expertenniveau so durch Deliberate Practice kontinuierlich ansteigt. Dabei ist Deliberate Practice nicht nur für das Erlangen von Expertise,

sondern auch für die dauerhafte Beibehaltung des hohen Leistungsniveaus wichtig.

Für die Anwendung der Deliberate Practice Theorie zum Erreichen des Expertenniveaus weisen ERICSSON et al. (1993) auf die folgenden Einschränkungen hin:

1. Ressourcen (the resource constraint):
Es werden genügend Zeit, Energie, Lehrpersonal und Übungsmaterial benötigt.
2. Motivation (the motivational constraint):
Eine ausreichende Menge an Ressourcen bedingt nicht deren Nutzung. Motivation kann z. B. die eigene Leistungssteigerung sein.
3. Anstrengung (the effort constraint):
Das Üben ist im Allgemeinen kognitiv und/oder körperlich sehr anstrengend. Erholung ist v. a. bei Anfängern wichtig, um eine Überforderung zu vermeiden.

3.3.6 Fünf-Stufen-Modell des Fertigkeitserwerbs (Dreyfus & Dreyfus)

DREYFUS und DREYFUS (1980) entwickelten ein Fünf-Stufen-Modell des Fertigkeitserwerbs (siehe Tabelle 3-1).

1. Novice:
Anfänger werden im Unterricht mit Begriffen und Regeln ohne situativen Kontext konfrontiert und lernen diese.
2. Competence:
Dieses Stadium kann ausschließlich durch das Erlangen von Erfahrung erreicht werden. Erfahrung wird durch die Bewältigung realer Situationen oder durch wiederholte Hinweise auf relevante Situationsmerkmale gesammelt. Der Lernende entwickelt Guidelines (Prinzipien zum Einsatz erlernter Regeln) zum Umgang mit bestimmten Situationen mithilfe von Beispielen.

3. Proficiency:
Der Lernende bewältigt im Laufe der Zeit immer mehr unterschiedliche Situationen und bildet Maxime aus. Dies sind Prinzipien zur Problembewältigung mit Blick auf einen größeren Kontext und der Ausrichtung auf ein höheres Ziel.

Während der ersten drei Stufen benötigen Lernende Regeln, Prinzipien und Maxime, die sie zur Herstellung einer Verbindung zwischen aktueller Situation und der generellen Situation, bzw. des übergeordneten Ziels explizit aufrufen müssen.

4. Expertise:
Analytisches Vorgehen hat sich in intuitives Handeln umgewandelt. Explizite Regeln sind durch intuitives Auswählen der angemessenen Handlungsstrategie unnötig geworden. Es besteht für jede Situation eine Assoziation mit einer spezifischen Verhaltensantwort. Der Fertigkeitserwerb ist hier abgeschlossen.
5. Mastery:
Es ist dem Experten möglich, zeitweise die Verrichtung der Expertenarbeit vollkommen ohne bewusste Aufmerksamkeit auszuführen.

Die vier mentalen Funktionen Erinnerung, Erkennung, Entscheidung und Aufmerksamkeit transformieren sich während der Entwicklung vom Novizen zum Experten/Master (siehe Tabelle 3-1).

3.3.7 Cognitive-Flexibility-Theorie (Spiro, Coulson, Feltovich & Anderson)

Die Anwendung der kognitiven Flexibilitätstheorie erfolgt besonders bei dem vorangeschrittenen Wissenserwerb und der Wissensanwendung in komplexen, schlecht strukturierten Domänen (SPIRO et al., 1988). Kognitive Flexibilität bedeutet, dass bestehende Wissens Elemente so kombiniert werden können, dass sie die situationsbedingten Anforderungen an das Verständnis oder die Problemlösung

Stufe / Funktion	Novice (1)	Competence (2)	Proficiency (3)	Expertise (4)	Mastery (5)
Erinnerung	nicht situativ	situativ	situativ	situativ	situativ
Erkennung	diskret	diskret	holistisch	holistisch	holistisch
Entscheidung	analytisch	analytisch	analytisch	intuitiv	intuitiv
Aufmerksamkeit	überwachend	überwachend	überwachend	überwachend	absorbiert

Tab. 3-1: Transformation mentaler Funktionen auf den Stufen des Modells des Fertigkeitserwerbs nach DREYFUS und DREYFUS (1980)

erfüllen. Die Theorie geht nicht auf das anfängliche Lernen kompletter Novizen ein, sondern auf das der Fortgeschrittenen, die schon eine einleitende Lernphase absolviert haben. Für eine weitere Leistungssteigerung benötigen Intermediates bestimmte Lernvoraussetzungen, um den Status des Experten erreichen zu können. Experten erlangten besonders vielfältige Erfahrungen in einer Domäne, was zu einer umfangreichen, differenzierten und facettenreichen Wissensbasis geführt hat (SPIRO, FELTOVICH, JACOBSON & COULSON, 1991; SPIRO & JEHNG, 1990). Daher wird als kontraproduktiv zum Aufbau der Expertise die lineare Wissensaufnahme (z. B. aus einem Buch) gesehen, da die Fähigkeit, auf Problemsituationen flexibel und angepasst zu reagieren, als Folge von unterschiedlichen Erfahrungen mit dem Lerngegenstand gilt. Reichhaltige Erfahrung ist nötig, um schnell und flexibel Probleme lösen zu können.

Es können daraus verschiedene Prinzipien für ein optimales Lernen abgeleitet werden (SPIRO et al., 1991): flexible Lernumgebung, unterschiedliche Kontexte und unterschiedliche Perspektiven für identische Inhalte, Lernen anhand von Fallbeispielen, keine zu starke Komplexitätsreduktion, keine Wissensunterteilung in kleinere Sektionen.

3.4 Fazit

Die in den Kapiteln 3.1, 3.2 und 3.3.2 dargestellten Literaturbefunde zeigen, dass Experten in einer speziellen Domäne dauerhaft eine sehr hohe Leistung erbringen. Die besonders hohe Leistung von Experten wird in der Literatur als effizient, fehlerfrei und flexibel in der Problemlösung beschrieben. Aus den in den Kapiteln 3.2, 3.3.4 und 3.3.5 zusammengestellten Literaturbefunden geht hervor, dass Experten durch viel praktische Übung die nötige Erfahrung sammeln, wodurch Handlungsroutinen entstehen, die weniger kognitive Kapazität in Anspruch nehmen. Als Faustregel für die Dauer des Erwerbs von Expertise gilt die sog. 10-Jahres-Regel in der Expertiseforschung (siehe Kapitel 3.3). Die Kapitel 3.3.6 und 3.3.7 zeigen, dass das persönliche Erleben vielfältiger Situationen ein wesentlicher Bestandteil des Expertiseerwerbs ist. Dabei lassen sich Stufen im Erwerbsprozess unterscheiden. Ein Beispiel hierfür ist das in Kapitel 3.3.6 dargestellte Modell von DREYFUS und DREYFUS (1980) mit den Stufen novice-competence-proficiency-expertise-mastery. Mit Erfahrung und Übung ändern sich

die diesen Stufen im Modell zugeordneten mentalen Funktionen Erinnerung, Erkennung, Entscheidung und Aufmerksamkeit.

Die in Kapitel 3 vorgestellten Theorien und Modelle sind allgemein gültig und stimmen alle insofern überein, als dass domänenspezifische Erfahrungen und Übung eine bedeutende Rolle spielen. Die Bereichsspezifität von Experteneigenschaften macht einen Expertisetransfer in andere Domänen schwer möglich. Deshalb wird im anschließenden Kapitel 4 speziell auf die Domäne Autofahren eingegangen und eine domänenübergreifende Betrachtung in diesem Bericht nicht weiter verfolgt.

4 Expertise in der Domäne Autofahren und Fahrkompetenz

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 3 dargestellten Befunde wird in Kapitel 4.1 der Expertise- und Kompetenzbegriff auf die Fahrzeugführung übertragen. Nachfolgend stellt Kapitel 4.2 Modelle zum Fahrkompetenzerwerb vor und nimmt Bezug auf die Fahrausbildung. Der Fahrkompetenzerwerb ist mit dem Erhalt der Fahrerlaubnis noch nicht abgeschlossen. Ab diesem Zeitpunkt gibt die Unfallcharakteristik Anhaltspunkte für den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen zur Senkung des Unfallrisikos von Fahranfängern. In Kapitel 4.3 werden Befunde zum Unfallgeschehen von Fahranfängern dargestellt.

Die Inhalte in Kapitel 4 lehnen sich größtenteils an die Ausführungen von MALONE (2012) und STURZBECHER, MÖRL und KALTENBAEK (2014) an.

4.1 Übertragung relevanter Begrifflichkeiten aus der Expertise- und Kompetenzforschung auf das Autofahren

4.1.1 Autofahren als schlecht definierte und komplexe Domäne

Fachgebiete werden in wohl definierte und schlecht definierte Domänen getrennt (GRUBER & MANDL, 1996). Kennzeichen der wohl definierten Domänen sind eindeutige Problemstellungen, die Kenntnis über richtige Lösungswege und die mühelose Identifizierbarkeit der Erfolgskriterien. Dagegen sind die Merkmale schlecht definierter Domänen eine unklare

re Problemstellung, nicht existierende festgelegte Regeln zur Erfolgsbewertung, sowie fehlende eindeutige Lösungsstrategien. Daher ist das Autofahren den schlecht definierten und komplexen Domänen zuzuordnen, wie die meisten lebensweltlichen Domänen (STURZBECHER, 2010).

4.1.2 Definition des fahrerfahrenen Fahrers in der Domäne Autofahren

Gemäß POSNER (1988) wird eine Person als fahrerfahrener Fahrer definiert, wenn sie in einem Fachgebiet über einen langen Zeitraum außerordentliche Leistungen erzielt (siehe auch Kapitel 3.1). Eine Person wird gemäß MALONE (2012) als fahrerfahrener Fahrer der Domäne Autofahren bezeichnet, wenn sie überwiegend sehr gut fährt.

BÉDARD und CHI (1992) identifizierten ein großes, domänenspezifisches Wissen als konsistentes Merkmal von Expertise. Im Falle der Domäne Autofahren ist solch eine verkehrsspezifische Wissensbasis nur dann relevant, wenn diese auch entsprechend angewandt werden kann. Eine Studie von MALONE (2012) zeigte, dass fahrerfahrene Fahrer und Fahranfänger der Domäne Autofahren ähnlich großes Wissen besitzen. Sie unterscheiden sich, wenn es zu einer praktischen Anwendung in simulierten Verkehrsszenarien kommt. Daher kann in der Domäne Autofahren von einem Unterschied in der Wissensqualität von fahrerfahrenen Fahrern und Fahranfängern gesprochen werden (siehe Kapitel 3.3.1 und 3.3.2).

4.1.3 Erlangung von Expertise in der Domäne Autofahren durch Erfahrung und Übung

Nach MALONE (2012) sollte Autofahren in der Erlangung der Expertise durch Erfahrung und Übung keine Ausnahme darstellen:

- Je mehr Kilometer ein Fahrer absolviert hat, desto besser sollte er als Autofahrer werden. Allerdings ist es hier nur schwer möglich, einer Person ein objektivierbares Leistungsniveau zuzuordnen.
- Durch veränderbare Verkehrsregeln und erlernten Faustregeln, die sich mit dem Können des Fahrers und dem technischen Fortschritt verändern können (z.B. Bremswegberechnung), besteht in der Domäne Autofahren nur begrenzt ein fester Wissensbestand.

- Unklar ist, inwiefern fahrerfahrene Fahrer Verkehrs- und Faustregeln im Langzeitgedächtnis gespeichert haben, und ob diese Regeln einen Einfluss auf eine sichere Fahrweise haben.
- Eine Leistungsmessung findet in dieser Domäne nach dem Ablegen der Fahrerlaubnisprüfung nicht mehr statt. In der Fahrerlaubnisprüfung wird ohne weitere Klassifizierung in bestanden und nicht bestanden unterschieden.
- Von einem Fahrer verursachte Unfälle und begangene Verkehrsdelikte stellen eine messbare Größe zur Leistungsmessung nach dem Fahrerlaubniswerb dar. Die Anzahl der Unfälle und Delikte sollte in Relation zur Fahrleistung (km-Leistung) betrachtet werden. Dem Fahrer werden neben kognitiven und psychomotorischen Leistungen auch Fähigkeiten zur Anpassung an Anforderungen einer sich ständig ändernden Umwelt abverlangt. Aus diesen Gründen ist das Autofahren auch mit anderen eher schlecht strukturierten Domänen vergleichbar, z. B. mit diversen Sportarten.

GRUBER und LEHMANN (2007) führen folgende Charakteristiken für sportliche und musische Domänen an:

1. Die Psychomotorik einer Person wird gefordert, da koordinierte, teilweise komplexe (Körper-)Bewegungen verlangt werden, die teilweise im Zusammenspiel mit anderen Personen stehen.
2. Es sind schnelle Reaktionen verlangt, da Zeiteinschränkungen oder -vorgaben existieren.
3. Es besteht die Anforderung eines effektiven Zusammenspiels verschiedener Fertigkeiten, wobei die einzelnen Fertigkeiten unterschiedliche Ausbildungsgeschwindigkeiten besitzen.
4. Ist eine Beteiligung mehrerer Personen am Gesamtsystem gegeben, können diese unterschiedliche Rollen mit unterschiedlichen Anforderungsprofilen übernehmen.

MALONE (2012) gleicht diese Punkte mit der Domäne Autofahren ab und kommt zu dem Schluss, dass sie übertragen werden können:

Punkt 1 kann auf das Autofahren übertragen werden: Beim Autofahren müssen komplexe Bewegungsabläufe, die aus verschiedenen Einzelschritten bestehen (z.B. Schalten), koordiniert und ausgeführt werden. Die Abläufe sind nicht auf mehrere Personen aufgeteilt, wie im Mannschaftssport. Den-

noch ist es notwendig, den Verkehrskontext mit den anderen Verkehrsteilnehmern in die Betrachtung der Koordination einzubeziehen (z.B. Kreuzungen, Auffahren auf die Autobahn).

Auch Punkt 2 trifft auf das Autofahren zu: Wenn sich das eigene Fahrzeug oder andere Verkehrsteilnehmer unvorhersehbar verhalten, oder sich Wetter- und Streckeneigenschaften plötzlich ändern, ist ein schnelles Reaktionsvermögen nötig.

Punkt 3 ist ebenfalls auf das Autofahren übertragbar: Fahranfänger sollten insbesondere am Anfang ihrer Fahrkarriere umfangreiche, deklarative verkehrsbezogene Kenntnisse besitzen. Andere Fähigkeiten (z.B. Fahrzeugbeherrschung, Überblick über komplexe Situationen) sind noch nicht optimal ausgebildet. Motorische und kognitive Fähigkeiten müssen bei einem fahrerfahrenen Fahrer voll ausgebildet sein und koordiniert ablaufen.

In Bezug auf Punkt 4 können die einzelnen Verkehrsteilnehmer verschiedene Rollen im Verkehrsszenario übernehmen, in die sich der Autofahrer hineinversetzen muss (z.B. Antizipation, ob sich Fußgänger am Fahrbahnrand gefährdend verhalten wird).

Auch HODGES, HUYS und STARKES (2007) sehen eine Parallele zwischen der Domäne Sport und Autofahren: In der Regel zeichnet sich ein Experte im Sport durch akkurate und schnelle Entscheidungen aus. Das trifft auch auf fahrerfahrene Fahrer beim Autofahren zu.

4.1.4 Fazit

Autofahren ist eine schlecht definierte und komplexe Domäne ohne eindeutige Problemstellung, richtige Lösungswege und die Identifizierbarkeit der Erfolgskriterien (siehe Kapitel 4.1.1). Eine Person kann in der Domäne Autofahren als fahrerfahrener Fahrer angesehen werden, wenn er überwiegend sehr gut fährt (MALONE, 2012). Dabei verfügen fahrerfahrene

ne Fahrer und Fahranfänger in der Domäne Autofahren teilweise über ähnlich großes theoretisches Wissen, sie unterscheiden sich jedoch in der praktischen Anwendung dieses Wissens (siehe Kapitel 4.1.2). MALONE (2012) konnte zeigen, dass Autofahren in der Erlangung der Expertise durch Erfahrung und Übung keine Ausnahme darstellt (siehe Kapitel 4.1.3). Ebenso machte sie deutlich, dass eine Leistungsprüfung – zur Feststellung des Leistungsstandes oder eines Leistungsfortschritts – im Rahmen der Fahrerlaubnisprüfung nur zweistufig und im Anschluss gar nicht mehr stattfindet. Sie wies weiterhin daraufhin, dass es in der Domäne Autofahren schwer möglich ist, ein objektivierbares Leistungsniveau zu bestimmen. Schließlich überträgt MALONE (2012) das Expertiseverständnis für grundlegende Anforderungen aus anderen Domänen auf die Domäne Autofahren und identifiziert damit Anforderungen an einen fahrerfahrenen Fahrer in der Domäne Autofahren: Eine koordinierte Psychomotorik, schnelle Reaktionen, ein effektives Zusammenspiel von Einzelfertigkeiten und die Antizipation eines Gesamtsystems.

Mit diesem Unterkapitel erfolgte eine Übertragung wesentlicher Erkenntnisse aus den allgemeingültigen Modellen der Expertise und des Expertiseerwerbs auf die spezifische Domäne Autofahren. Aufgrund der Betrachtung der menschlichen Leistungsfähigkeit aus der anwendungsbezogenen Perspektive werden in den folgenden Unterkapiteln 4.2 und 4.3 die Begriffe Fahrkompetenz und Fahrkompetenzerwerb verwendet.

4.2 Von Modellen des Fahrverhaltens zu Fahrkompetenzmodellen

4.2.1 Modelle des Fahrverhaltens

HATAKKA et al. (1999) stellen ein hierarchisches Modell vor, in dem das Fahrverhalten strukturiert wird (siehe Bild 4-1):

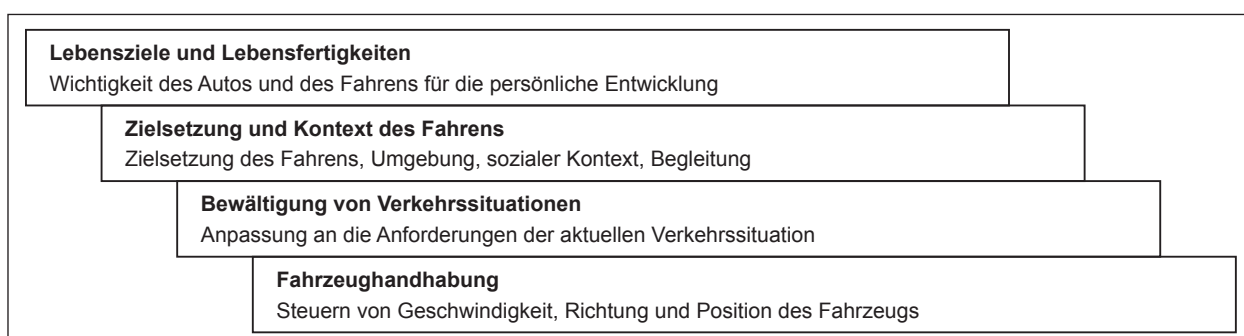


Bild 4-1: Hierarchisches Modell des Fahrverhaltens (nach HATAKKA, KESKINEN, GREGERSEN & GLAD, 1999)

- Lebensziele und Lebensfertigkeiten enthält selbstregulative Prozesse und Lebensziele genereller Natur, wie allgemeine Fähigkeiten, Persönlichkeitseigenschaften und Einstellungen, die nicht nur bei der aktuellen Fahrt eine Rolle spielen.
- Zielsetzung und Kontext des Fahrens stellt den Kontext der aktuellen Fahrt in den Vordergrund: Hierzu gehören auf der einen Seite Stimmung (z.B. Stress, Euphorie) und Motive (z.B. zum Spaß fahren, zur Schule fahren), auf der anderen Seite die äußeren Umstände (z.B. Beifahrer, Nacht). Diese beiden Ebenen umfassen die motivationalen, affektiven und emotionalen Aspekte des Fahrers, die das Fahrverhalten beeinflussen und deren Betrachtung in Bezug auf das Jugendlichkeitsrisiko (siehe Kapitel 4.3.1) kritisch ist.
- Bewältigung von Verkehrssituationen enthält die Verhaltensfertigkeiten im Straßenverkehr, die ein angemessenes Verhalten in Verkehrssituationen sichern, also auch das Wissen über Verkehrsregeln.
- Fahrzeughandhabung umfasst alle Fähigkeiten zur Kontrolle des Fahrzeugs (z.B. Querführung, Geschwindigkeitswahl).

Innerhalb der beiden untersten Ebenen findet die Aneignung von Fahrhandlungsroutine statt. Sie haben auch einen Einfluss auf das Anfängerrisiko (siehe Kapitel 4.3.2).

Eine Erklärung für die bessere Bewältigung von Standardaufgaben durch geübte Fahrer gegenüber Fahranfängern ist, dass durch Übung Teile von

Fahrhandlungen automatisiert werden. Aufgrund dieser Annahme hat RASMUSSEN (1986) das Modell der Handlungskontrolle auf drei Ebenen entworfen (siehe Bild 4-2). Das Arbeitsgedächtnis eines geübten Fahrers wird durch routinemäßige Handlungen kaum in Anspruch genommen, sodass er sich auf diejenigen Aspekte konzentrieren kann, die diese Routine noch nicht erreicht haben.

Teilhandlungen werden gemäß ihres bereits erreichten Automatisierungsgrads auf einer der drei Ebenen ausgeführt: der wissensbasierten, der regelbasierten oder der fertigkeitbasierten Ebene. Die Pfeile stehen für die Richtung des Informationsflusses. Anders als in der Literatur dargestellt ist davon auszugehen, dass die Ebenen in der Realität auf komplexere Art miteinander verknüpft sind.

Auf der wissensbasierten Ebene entstehen die Reaktionen auf unvertraute Situationen, das höhere Ziel ist explizit formuliert und die Handlung erfolgt direkt und zielorientiert. Zwischen sensorischem Input und der entsprechenden Handlung vergeht viel Zeit. Es erfolgen die Prozessschritte Wahrnehmung, Interpretation und Verstehen des Verkehrsszenarios. Um ein Ziel zu erreichen, wird eine Handlungsstrategie festgelegt, wobei auf erlernte Regeln zurückgegriffen wird und diese adäquat angewendet werden. Dann erfolgt die Handlung.

Auf regelbasierter Ebene erfolgt die Handlungssteuerung nicht mehr direkt durch das höhere Ziel, sondern der handlungsauslösende Reiz selbst führt den Fahrer sofort zur erforderlichen Handlungsstrategie. Der Fahrer wählt bewusst die Regeln aus seinem Handlungsrepertoire aus, die ihm geeignet erscheinen.

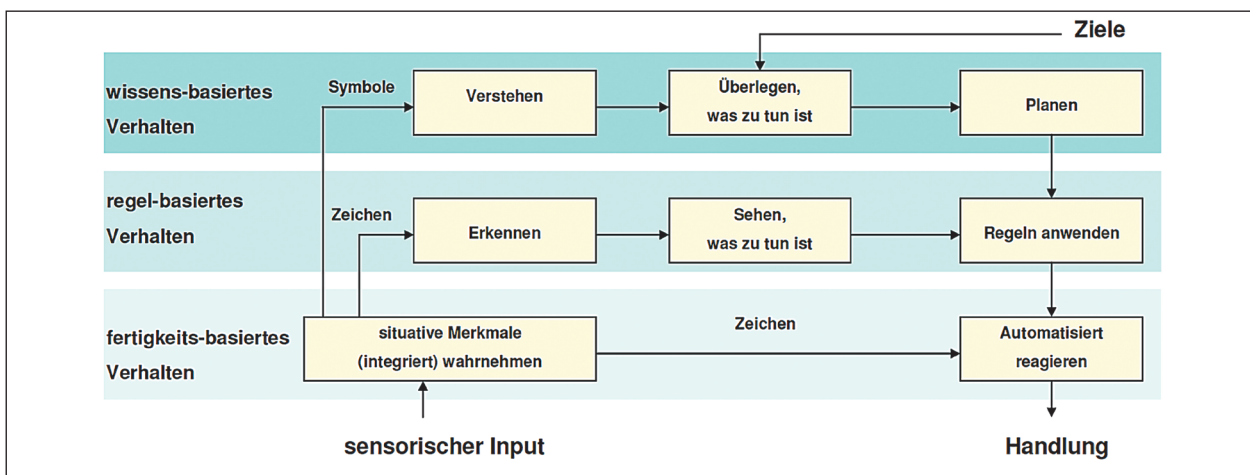


Bild 4-2: Vereinfachtes Modell der Handlungskontrolle auf drei Ebenen (übersetzt von LEUTNER & BRÜNKEN, 2002 nach RASMUSSEN, 1986)

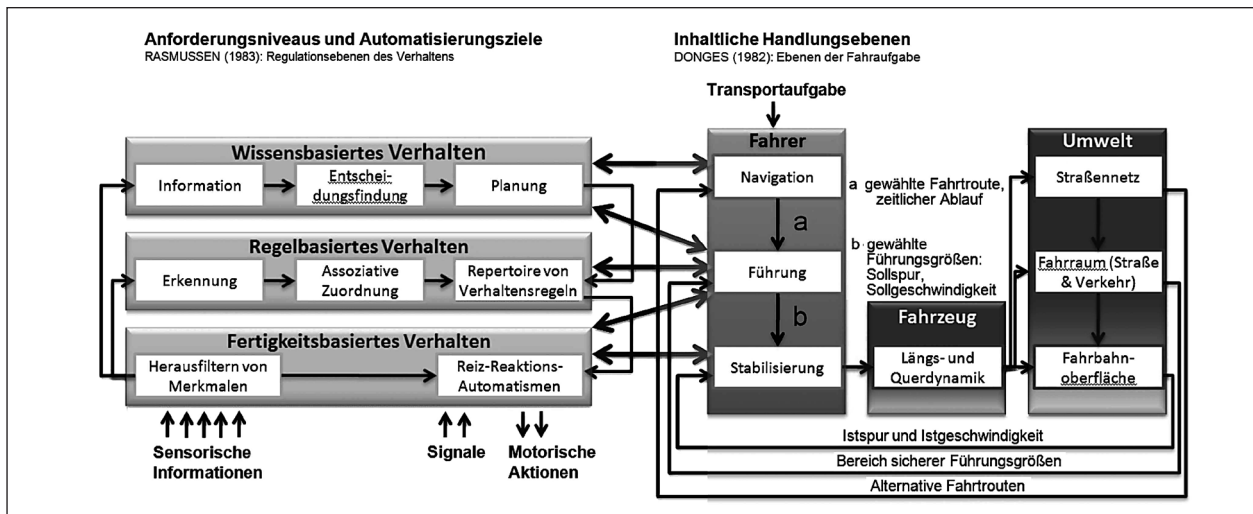


Bild 4-3: Fahrverhaltensmodell nach DONGES (2009) zur Verknüpfung von inhaltlichen Handlungsanforderungen nach DONGES (1982) und Automatisierungsanforderungen nach RASMUSSEN (1983)

Auf der fertigkeitbasierten Ebene ist der Fertigkeitserwerb beendet und es wird auf einen Reiz sofort zielgerichtet und automatisiert reagiert. Die Basis bildet die unbewusste, zeitliche und räumliche Verarbeitung von Objekten und Symbolen in einem bekannten Umfeld.

Dieses Modell verdeutlicht, dass das Fahren für Fahranfänger kognitiv beanspruchender ist als für fahrerfahrene Fahrer, da das Arbeitsgedächtnis bei Handlungen innerhalb der wissensbasierten Ebene mehr ausgelastet wird, als auf der fertigkeitbasierten Ebene.

DONGES (2009) kombiniert das Automatisierungsmodell von RASMUSSEN (1983) mit seinem Modell der Ebenen der Fahraufgabe (DONGES, 1982) zu einem Fahrverhaltensmodell (siehe Bild 4-3). RASMUSSEN (1983) formuliert auf drei Ebenen Anforderungen an Handlungen, die in der Fahrkompetenz des Fahrzeugführers vorhanden sein müssen, um das Fahrzeug sicher zu bewegen. Während DONGES (1982) Anforderungen an die Fahrkompetenz formuliert, definiert RASMUSSEN (1983) in seinem Automatisierungsmodell einen Prozess von der Neuerlernung einer Fähigkeit bis zur automatischen Ausführung dieser Kompetenzen. Das kombinierte Modell von DONGES (2009) schafft es gemäß STURZBECHER et al. (2014), den Inhalt sowohl eines Kompetenzstrukturmodells als auch eines Kompetenzniveaumodells zu kombinieren: Es lässt eine direkte Schlussfolgerung zu, auf welchen Automatisierungsstufen welche Handlungen vollumfänglich möglich sind.

4.2.2 Fahrkompetenzmodelle

Die Fahrkompetenzvoraussetzungen zur Erfüllung der von DONGES (2009) abgeleiteten Handlungsanforderungen müssen während der Fahrschul Ausbildung geschaffen werden und sind in geeignetem Maß und Rahmen in der Prüfung zu kontrollieren (STURZBECHER et al., 2014). Die Autoren identifizieren die vier Anforderungsebenen

- Stabilisierung,
- Führung,
- Navigation und
- Werte

als besonders kritisch und nutzen sie für eine Verankerung von Anforderungs- und Lehrstandards in der Fahrschul Ausbildung.

GRATTENTHALER et al. (2009) verknüpfen inhaltlich-strukturelle Fahrkompetenzinhalte mit lernpsychologischen Mechanismen und Stufen. Sie definieren Fahrkompetenz als Handlungswissen, das in drei Bereiche unterteilt werden kann:

- Explizites Wissen: Sachwissen oder deklaratives Wissen, das im Langzeitgedächtnis verankert wird. Es ist in der Regel durch einen Instruktor vermittelbar und umfasst semantisches, bzw. abstraktes Wissen zu Begriffen, Fakten, Objekten, Sachverhalten oder Regeln, sowie zentrale Bausteine der Top-Down-Handlungsplanung (Situationsprototypen und Handlungsskripte).
- Implizites Wissen: Prozedurale Teile des Langzeitwissens, erworben in Form von motorischen Schemata, Weiterentwicklung durch Rückkopplungsschleifen aus Handlung, Umweltwahrnehmung und Propriozeption. Implizites Wissen

kann nicht berichtet werden und ist daher nicht durch einen Instruktor vermittelbar, sondern erfordert intensives Üben und Erfahrungserwerb durch Ausführen der Tätigkeit in verschiedenen Situationen, wodurch ein (automatisiertes) psychomotorisches Fertigungsrepertoire zur Handlungsausführung entsteht.

- Prozesswissen: Zusammenführung von explizitem und implizitem Wissen. Zur Bewältigung wechselnder und unterschiedlich gewohnter Verkehrsszenarien werden Sachwissen und psychomotorische Fertigkeiten kombiniert. Voraussetzung sind eine angemessene Ressourcensteuerung und Selbstevaluation.

STURZBECHER und WEISSE (2011) kombinieren die Modelle von DONGES (2009) und GRATTENTHALER et al. (2009) unter Hinzufügen einer Motivationskomponente zu einem Strukturmodell der inhaltlichen Anforderungsebenen und psychischen Komponenten von Fahrkompetenz (siehe Bild 4-4).

Aus diesem Modell lassen sich nach STURZBECHER und WEIßE (2011) Aneignungs- und Wissensform der einzelnen Fahrkompetenzkomponenten ableiten, sowie Prüfungsinhalte und -aufgaben formulieren. Wissensformen und Motivation haben für die einzelnen Anforderungsebenen eine große Bedeutung: Während auf den unteren Ebenen besonders implizites Wissen relevant ist, gewinnen in Richtung höherer Ebenen Motivation und explizites Wissen an Bedeutung. Als bedeutsamste Anforderungsebene bewerten STURZBECHER und WEISSE (2011) die Führungsebene (fahrerlaubnisrechtliche Bewertung, sowie testpsychologisch relevante, ökologische Rahmenbedingungen). Laut STURZBECHER et al. (2014) enthält der Fahraufgabenkatalog für die praktische Fahrerlaubnisprüfung überwiegend Fahraufgaben, die die Führungsebene prüfen:

Die Werteebene ist für die Prüfungssituation unbedeutend.

Persönliche Beweggründe und Motivation, sowie gesellschaftliches Wertverständnis können nur schwer abgefragt und geprüft werden.

- Die Werteebene ist für die Prüfungssituation unbedeutend.
- Persönliche Beweggründe und Motivation, sowie gesellschaftliches Wertverständnis können nur schwer abgefragt und geprüft werden.

Fahrkompetenzmodelle sollen als Basis für die Erarbeitung von Bildungsstandards in der Fahrschul Ausbildung fungieren. Daher ist ein Bezug zu typischen Situationen des Straßenverkehrs und eine umfassende Abbildung dieser besonders wichtig. Nach KLIEME et al. (2007, zitiert nach STURZBECHER et al., 2014) haben Fahrkompetenzmodelle zwei grundlegende Funktionen:

- Komponenten der Fahrkompetenz: Inhaltliche Beschreibung der Anforderungen an den Fahranfänger.
- Stufen der Fahrkompetenz: Definition fachlich und wissenschaftlich begründeter Abstufungen von Fahrkompetenz, bzw. Grade/Niveaustufen, die bei Fahranfängern feststellbar sind.

In Anlehnung an diese beiden Funktionen unterscheiden die Autoren KLIEME und LEUTNER

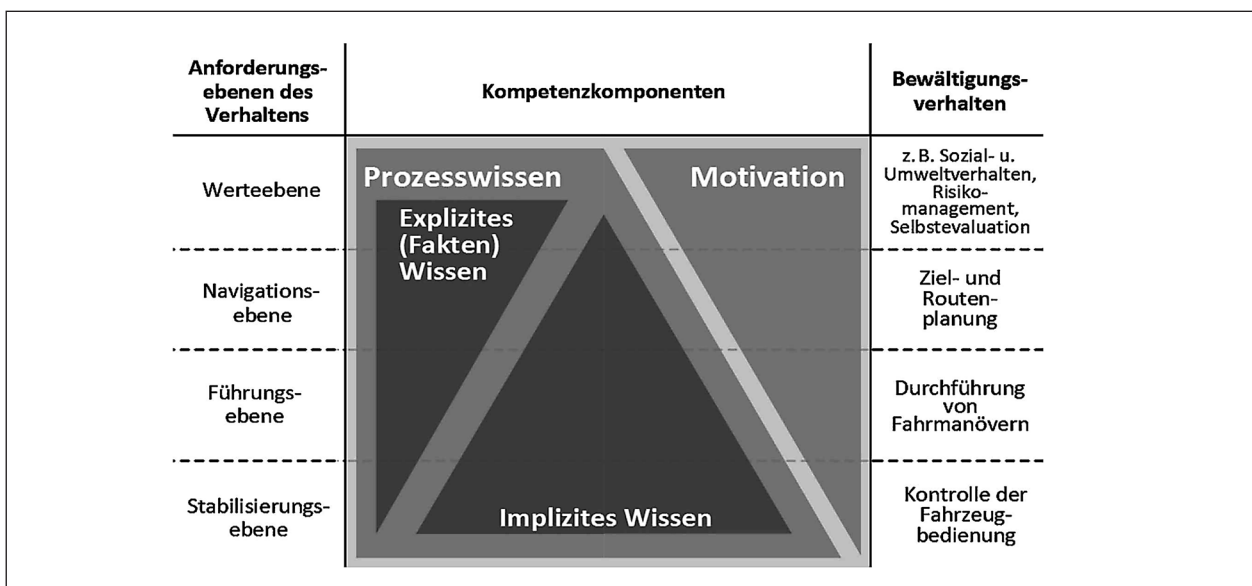


Bild 4-4: Strukturmodell der inhaltlichen Anforderungsebenen und psychischen Komponenten von Fahrkompetenz (aus STURZBECHER & WEIßE, 2011)

(2006) zwei Kompetenzmodelle: Das Kompetenzstrukturmodell definiert Art und Anzahl der einzelnen Kompetenzdimensionen eines speziellen Bereiches. Das Kompetenzniveaumodell bestimmt die Fähigkeit zur Bewältigung konkreter situativer Anforderungen bei einer bestimmten Kompetenzausprägung. Das optimale Modell für den Kompetenzerwerb umfasst und beschreibt sowohl die inhaltliche Dimensionen der Teilkompetenzen, als auch die Niveaustufen der Ausprägung dieser Teilkompetenzen. Kompetenzstruktur- und Kompetenzniveau Modelle können unterschieden werden in normative (erforderliche kognitive Voraussetzungen beim Lernenden) und deskriptive (Beschreibung typischer Muster kognitiver Voraussetzungen bei der Lösung von Aufgaben) Kompetenzmodelle. Das Kompetenzerwerbsmodell umfasst die Beschreibung des Kompetenzniveau Modells und die Einzelschritte der Kompetenzerwerb. Es gilt zu beachten, dass die Niveaustufen des Kompetenzerwerbsmodells nicht unbedingt mit den Schritten des Kompetenzerwerbs übereinstimmen.

Bild 4-5 zeigt das Kompetenzerwerbsmodell von GRATTENTHALER et al. (2009). Innerhalb der vier Handlungsebenen bildet der Fahranfänger spiralförmig seine Kompetenzen aus, die gleichzeitig das Niveau der Kompetenzstufen repräsentieren. Dieses Modell verdeutlicht, wie sich der Kompetenzhorizont des Fahranfängers erweitert: Während sich anfangs seine Kompetenz auf den psychomotorischen Fertigkeitserwerb im Fahrzeuginnenraum beschränkt entwickelt er durch die Neufokussierung freiwerdender Ressourcen einen zusehends erweiterten räumlichen und zeitlichen Radius um das eigene Fahrzeug.

Der Prozess des Fahrkompetenzaufbaus wird von der pädagogischen Psychologie als Zusammensetzung verschiedener kognitiver, affektiver und psychomotorischer Teilfertigkeiten interpretiert (LEUTNER, BRÜNKEN & WILLMES-LENZ, 2009). Für die existierenden Modelle der Fahrkompetenz liegt bisher keine ausreichende, empirische Absicherung vor (MALONE, 2012).

4.2.3 Lernbedingungen im Kompetenzerwerbsprozess

Fahrausbildung

Durch die formalisierte Fahrausbildung in Deutschland ist der Anfang des Kompetenzerwerbs für Fahrschüler sehr ähnlich: Zu Beginn findet der Erwerb von verkehrsspezifischem Faktenwissen statt,

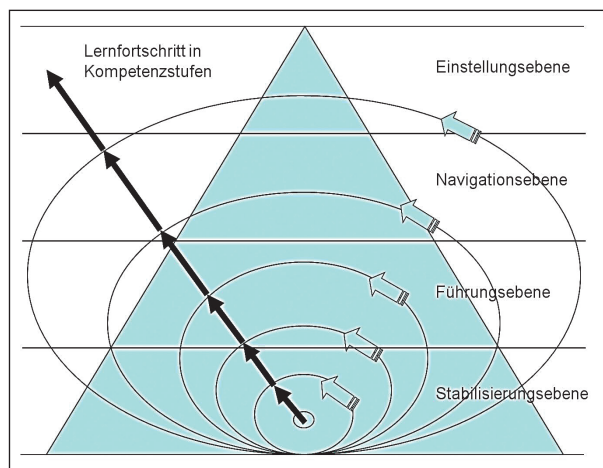


Bild 4-5: Kompetenzerwerbsmodell des Lernverlaufs (aus GRATTENTHALER et al., 2009)

das Verkehrsregeln, Verkehrsverhalten, Gefahren im Verkehr, rechtliche Rahmenbedingungen, Fahrzeugtechnik und Fahrphysik, persönliche Voraussetzungen und das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer umfasst (§1 Fahrschüler-Ausbildungsordnung). Nach der theoretischen Fahrerlaubnisprüfung oder parallel dazu erfolgt die praktische Ausbildung, in deren Rahmen Fahrschüler die praktische Fahrzeughandhabung kennen lernen und das erlernte Faktenwissen anwenden. Bei Beendigung der Fahrausbildung sollten verkehrsspezifisches Faktenwissen, Fahrzeugbeherrschung in Standard-situationen und grundlegende Fähigkeiten zur Fahrzeughandhabung erworben sein.

Laut MALONE (2012) erreichen Fahranfänger während der Fahrausbildung keinen Status eines fahrfahrenen Fahrers. Es findet keine mit fahrfahrenen Fahrern vergleichbare schnelle und sichere Anwendung des erlernten deklarativen Fachwissens statt. Deklaratives Verkehrswissen ist ein notwendiger, jedoch kein hinreichender Bestandteil im Kompetenzerwerb. Nach SPIRO et al. (1988) ist zur Erlangung des Status eines fahrfahrenen Fahrers nicht nur ein besonders umfangreicher Fahrerfahrungserwerb nötig, sondern auch ein besonders reichhaltiger (siehe Kapitel 3.3.7).

Selbstständiges Fahren

In den ersten Jahren nach dem Fahrerlaubnis erwerb findet eine weitere wichtige Phase des Kompetenzerwerbs statt. Während das Unfallrisiko direkt nach dem Erhalt der Fahrerlaubnis drastisch erhöht ist, sinkt es entsprechend mit selbstständig erworbener Fahrerfahrung (SCHADE, 2001) und lässt so einen Zusammenhang zwischen Fahrkompetenz und eigenständigem Fahren erkennen (siehe Kapitel 4.3). Der Lernprozess selbst kann als in-

zidentell oder beiläufig bezeichnet werden, da die Lernsituationen unstrukturiert und informell gestaltet sind (GRAYSON & SEXTON, 2002). Das Lernen und der Kompetenzerwerb finden während des Fahrens statt, ohne dass sich die Fahranfänger darüber bewusst sind. Die fehlende Intentionalität, das fehlende Bewusstsein, sowie die fehlende Aufmerksamkeitszuwendung sind die drei Merkmale des inzidentellen Lernens (OERTER, 1997). Das Handeln zielt nicht auf das Lernen ab, sondern die Absichten dahinter sind andere (z. B. einen Zielort erreichen). Obwohl dem Fahranfänger eventuell nicht bewusst ist, dass oder wie er lernt, wird sich trotzdem ein Lernerfolg einstellen. Zudem konzentriert der Lernende seine Aufmerksamkeit nicht auf den zu lernenden Prozess, sondern im Falle des Fahranfängers auf den umgebenden Verkehr und die erfolgreiche Bewältigung der Fahraufgabe. Mit steigender Erfahrung erfolgen dabei Teilprozesse zunehmend unbewusst (z. B. Schalten, Lenken, motorische Abläufe). Nicht nur prozedurale, auch deklarative Wissensinhalte (z. B. Merken von Gebieten, in denen besonders oft Kinder spielen) können durch das inzidentelle Lernen erlangt werden (OERTER, 1997).

Während des Begleiteten Fahrens ab 17 Jahren findet auch explizites Lernen statt, allerdings in unstrukturierter Form (STIENSMEIER-PELSTER & SCHÖNE, 2005). Begleitpersonen weisen die Fahranfänger auf Gefahrenpotenziale und Verkehrsregeln hin und bieten zeitnah Entscheidungshilfe bei komplexen und unbekanntem Verkehrssituationen.

4.2.4 Fazit

Fahrverhaltensmodelle (siehe Kapitel 4.2.1) wie das von HATAKKA et al. (1999) strukturieren das Fahrverhalten hierarchisch. Die beiden oberen Ebenen dieser Hierarchie (Lebensziele und Lebensfertigkeiten, Zielsetzung und Kontext des Fahrens) sind dabei für das Jugendlichkeitsrisiko (siehe Kapitel 4.3.1) relevant. Die persönliche Entwicklung, emotionale Verfassung und Motive des Autofahrens stellen die Haupteinflussfaktoren auf das Jugendlichkeitsrisiko dar. Die beiden unteren Ebenen dieser Hierarchie (Bewältigung von Verkehrssituationen, Fahrzeughandhabung) sind dabei für das Anfängerrisiko (siehe Kapitel 4.3.2) relevant. Fehlende Erfahrung im Erkennen und Bewältigen einer konkreten Verkehrssituation und eine noch nicht voll ausgeprägte motorische Kontrolle des Fahrzeugs bedingen das Anfängerrisiko.

Handlungsmodelle (siehe Kapitel 4.2.1) wie das von RASMUSSEN (1986) verdeutlichen, dass das Fahren für Fahranfänger kognitiv beanspruchender ist als für fahrerfahrene Fahrer, da ihr Arbeitsgedächtnis bei Handlungen innerhalb der wissensbasierten Ebene mehr ausgelastet wird, als auf der fertigkeitbasierten Ebene. Fahranfänger sind gegenüber fahrerfahrenen Fahrern also kognitiv stärker ausgelastet. Durch die zunehmend routinierte Ausführung von Standardaufgaben sinkt die kognitive Beanspruchung.

Kapitel 4.2.2 zeigt, dass es bereits theoretische Ansätze zu Fahrkompetenzmodellen gibt. Diese sollen als Basis für die Erarbeitung von Bildungsstandards in der Fahrschulbildung fungieren. Für die existierenden Modelle der Fahrkompetenz liegt jedoch bisher keine ausreichende, empirische Absicherung vor (MALONE, 2012).

Die in Kapitel 4.2.3 dargestellten Literaturbefunde machen deutlich, dass sich die Lernbedingungen während der Fahrausbildung und des darauffolgenden selbstständigen Fahrens unterscheiden:

Während der Fahrschulzeit werden durch Theorie- und Praxisunterricht explizites und implizites Wissen vermittelt und gelernt. Diese Lernphase findet formell und strukturiert statt. Bei Beendigung der Fahrausbildung sollen verkehrsspezifisches Faktenwissen, Fahrzeugbeherrschung in Standardsituationen und grundlegende Fähigkeiten zur Fahrzeughandhabung erworben sein.

Mit dem Erwerb der Fahrerlaubnis beginnt nach der Fahrschulzeit die Phase des selbstständigen Fahrens. Entweder direkt mit der Möglichkeit alleine zu fahren oder im Rahmen des Begleiteten Fahrens ab 17 in Begleitung eines fahrerfahrenen Fahrers. Im Gegensatz zum formellen Lernen in der Fahrschule erfolgt diese informelle Lernphase unstrukturiert und beiläufig. Beim Begleiteten Fahren ab 17 Jahren findet auch explizites Lernen statt, allerdings in unstrukturierter Form.

4.3 Das Unfallgeschehen von Fahranfängern

Das Statistische Bundesamt (2010) bezeichnet 18-24-jährige Autofahrer, die gleichzeitig auch Fahranfänger sind, als Hauptrisikogruppe im Straßenverkehr. Die ersten sechs Monate des selbstständigen Fahrens sind bezüglich der Unfallgefährdung

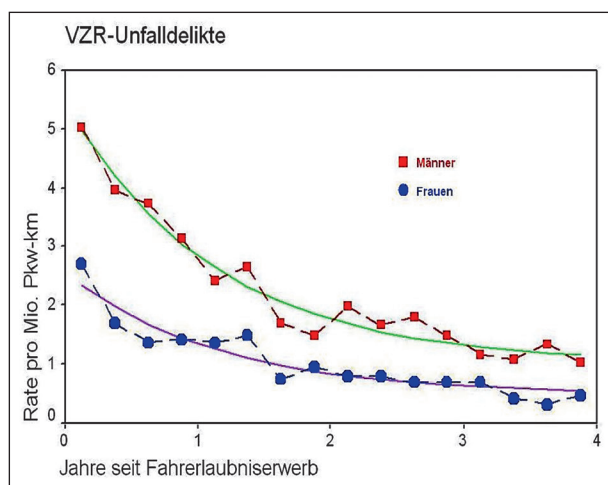


Bild 4-6: Unfälle mit Delikteintragung im Verkehrszentralregister von Fahranfängern in den ersten vier Jahren ihrer Fahrerkarriere; Jahr des Fahrerlaubniswerbs: 1987; Männer: N=5205; Frauen: N=6095 (aus SCHADE, 2001)

am kritischsten (MAYHEW, SIMPSON & PAK, 2003). Innerhalb von zwei Jahren ist eine deutliche Abnahme dieses erhöhten Unfallrisikos zu beobachten (siehe Bild 4-6).

Die wichtigsten Unfallursachen in dieser Altersgruppe sind zu hohe Geschwindigkeit und unzureichende Beobachtung (zu spätes oder nicht Erkennen) anderer, vorfahrtsberechtigter Verkehrsteilnehmer (VOLLRATH, 2010), fehlerhafte Beobachtung des umgebenden Verkehrs, Unaufmerksamkeit, unangepasste Geschwindigkeit (MCKNIGHT & MCKNIGHT, 2003), zu geringer Abstand und unangebrachtes Überholen (Statistisches Bundesamt, 2008). Als wichtigste Unfallursache ist die unangepasste Geschwindigkeit zu nennen (GRATTENTHALER et al., 2009).

Bild 4-6 zeigt, dass das Unfallrisiko junger Fahranfänger in den ersten beiden Jahren nach Fahrerlaubniswerb sinkt. Diese Abnahme lässt sich nicht alleine durch eine steigende Fahrkompetenz erklären. Das Unfallrisiko ist damit als Kombination aus dem Anfänger- und Jugendlichkeitsrisiko (z.B. LEUTNER et al., 2009) zu verstehen. Fahranfänger finden sich aufgrund ihrer Jugendlichkeit in Situationen wieder, mit denen sie mangels Erfahrung nicht umzugehen wissen. Anfänger- und Jugendlichkeitsrisiko sind jeweils für unterschiedliche Schwierigkeiten der Fahranfänger verantwortlich.

4.3.1 Jugendlichkeitsrisiko

Die Gruppe mit dem höchsten Unfallrisiko sind junge, männliche Fahranfänger (SCHADE, 2001). Un-

erwünschte Eigenschaften, Einstellungen und ein spezieller dysfunktionaler Lebensstil (z.B. ELANDER, WEST & FRENCH, 1993; KESKINEN, 1996; LAAPOTTI, KESKINEN, HATAKKA & KATILA, 2001; WILLIAMS, 2003) begründet für diese Gruppe das Jugendlichkeitsrisiko. Aspekte, die das Jugendlichkeitsrisiko kennzeichnen, werden durch die Auswertung von Fahrverhalten, Unfallberichten und des Fahrerlebens von jungen Fahranfängern erkannt: Bei jungen Fahrern finden häufiger Fahrten bei Nacht statt als bei Fahrern im mittleren Alter. Laut KROJ und SCHULZE (2002) passieren besonders viele tödliche Unfälle, in die junge Fahranfänger verwickelt sind, nach nächtlicher Freizeitgestaltung, wie Discobesuchen. Bei Fahranfängern zwischen 16 und 55 Jahren mit ähnlicher Fahrerfahrung können die Unterschiede in der Verwicklung in einen Unfall eindeutig auf das Alter zurückgeführt werden (COOPER, PINILI & CHEN, 1995). Außerdem ereignen sich besonders oft Unfälle der jüngeren Fahrer mit Beifahrern. Die Wahl der Geschwindigkeit bereitet dabei die meisten Probleme. Insbesondere Intermediates, also Fahranfänger mit geringfügig fortgeschrittener Fahrerfahrung, fahren häufig zu schnell (ELLINGHAUS & STEINBRECHER, 1990). Außerdem behalten Fahranfänger auffallend oft eine konstante Geschwindigkeit bei (GRAYSON, MAYCOCK, GROEGER, HAMMOND & FIELD, 2003). Sie differenzieren nicht bezüglich der Geschwindigkeit zwischen Situationen unterschiedlichen Gefahrenpotenzials und passen diese auch nicht auf die jeweilige Situation an. Diese überhöhte Einschätzung der eigenen Fahrfähigkeiten wird in der Literatur oft mit dem überdurchschnittlichen Unfallrisiko von Fahranfängern in Zusammenhang gebracht (z.B. GREGERSEN, 1996; KESKINEN, 1996). Eine Mehrheit der Fahranfänger schätzt mit steigender Fahrerfahrung ihre eigenen Fähigkeiten zu hoch ein (GROEGER, 2000; SPOLLANDER, 1982).

4.3.2 Anfängerrisiko

Das Anfängerrisiko ist charakterisiert durch ein überdurchschnittliches Unfallrisiko von Fahranfängern aufgrund fehlender Erfahrung, unabhängig vom Alter. Eine Trennung von Jugendlichkeits- und Anfängerrisiko und damit den Beweis für das Anfängerrisiko erbrachten MAYCOCK, LOCKWOOD und LESTER (1991), indem sie Fahranfänger unterschiedlicher Altersgruppen betrachteten. Zwischen Unfallhäufigkeit pro Jahr, Alter und Dauer des Fahrerlaubnisbesitzes konnte eine Beziehung herge-

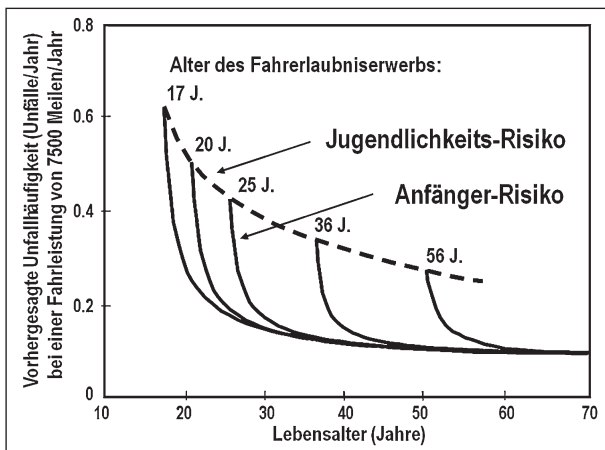


Bild 4-7: Darstellung von Anfänger- und Jugendlichkeitsrisiko anhand der vorhergesagten jährlichen Unfallrate für Fahranfänger mit unterschiedlichem Einstiegsalter (nach MAYCOCK et al., 1991 aus LEUTNER et al., 2009)

stellt werden: Die zu erwartende Unfallhäufigkeit direkt nach dem Fahrerlaubniserteilung war umso geringer, je älter der Fahranfänger nach der Fahrprüfung war. Unabhängig vom Alter verringern sich die Unfallzahlen in der ersten Zeit nach dem Fahrerlaubniserteilung, was die Existenz des altersunabhängigen Anfängerrisikos nahelegt. Das Unfallrisiko sinkt unmittelbar nach Erhalt der Fahrerlaubnis, anschließend nimmt die negative Steigung der Kurve ab und das Risiko nähert sich langsam einem annähernd konstanten Minimalwert (siehe Bild 4-7). BALLESTEROS und DISCHINGER (2002) stellten fest, dass je jünger Fahranfänger sind, desto höher sind die Unfallzahlen bei sicheren Bedingungen (z. B. tagsüber und bei guten Wetterbedingungen, Risiko bei Männern und Frauen gleich hoch). Bei älteren, meist männlichen Fahranfängern innerhalb der Risikogruppe finden die Unfälle auch häufig bei Risikofahrten (z. B. unter Alkohol- oder Drogeneinfluss) statt.

Bei der Frage, ob Anfänger- oder Jugendlichkeitsrisiko entscheidender für das Unfallrisiko sind, besteht in der Literatur Uneinigkeit (LEUTNER et al., 2009; STIENSMEIER-PELSTER, 2007; MAYHEW & SIMPSON, 1996; JONAH, 1986). Die Tatsache, dass sich die Unfallzahlen, unabhängig vom Alter der Fahranfänger, während der ersten Monate nach dem Erwerb drastisch reduzieren (MAYHEW et al., 2003; SCHADE, 2001), lässt auf einen höheren Einfluss des Anfängerrisikos schließen: Während der kurzen Zeit nach Fahrerlaubniserteilung kann von einer signifikanten Steigerung der Fahrerfahrung ausgegangen werden, im Gegensatz dazu aber nicht von einer deutlichen Verringerung der Jugendlichkeit.

Davon ausgehend könnte angenommen werden, dass sich die Zusammensetzung des Gesamtrisikos einer Person, bestehend aus Jugendlichkeits- und Anfängerrisiko, abhängig von der Zeit ändert. Die Unfallarten von absoluten Fahranfängern und fahrerfahreneren Fahranfängern unterscheiden sich deutlich voneinander. Fahranfänger sind eher in Unfälle verwickelt, deren Grund in mangelnder Erfahrung zu finden ist, während fahrerfahrenere Fahranfänger öfter an Unfällen beteiligt sind, die aus einer risikoreichen Fahrweise resultieren (BALLESTEROS & DISCHINGER, 2002; MCKNIGHT & MCKNIGHT, 2003). MALONE (2012) schlussfolgert, dass direkt nach dem Fahrerlaubniserteilung das Anfängerrisiko überwiegt, während später vor allem das Jugendlichkeitsrisiko verantwortlich für das Gesamtunfallrisiko ist.

4.3.3 Fazit

Fahranfänger sind aufgrund ihres hohen Unfallrisikos die Hauptrisikogruppe im Straßenverkehr (Statistisches Bundesamt, 2010). Neben Befunden aus der Unfallforschung zeigen auch Vergleiche von fahrerfahrenen Fahrern und Fahranfängern bei einzelnen Fahrkompetenzen, dass der Fahrkompetenzerwerb nach dem Erwerb der Fahrerlaubnis beim selbstständigen Fahren weitergeht (für einen Überblick siehe z. B. GRATTENTHALER et al., 2009).

Das hohe Unfallrisiko der Fahranfänger teilt sich in Anfänger- und Jugendlichkeitsrisiko auf. Das Anfängerrisiko besteht unabhängig vom Alter bei allen Fahranfängern und sinkt mit steigender Fahrerfahrung, während das Jugendlichkeitsrisiko mit der Zunahme des Alters abnimmt. Das Jugendlichkeitsrisiko (siehe Kapitel 4.3.1) wird geprägt durch die Risikoeinschätzung und durch den Lebensstil. Unfälle häufen sich bei Nacht, mit jungen Beifahrern und durch unangepasste Geschwindigkeit. Fahranfänger sind häufig schneller im Verkehr unterwegs als fahrerfahrene Fahrer. Sie differenzieren teilweise nicht bezüglich der Geschwindigkeit zwischen Situationen unterschiedlichen Gefahrenpotenzials und passen diese auch nicht auf die jeweilige Situation an. Somit bringen sie sich in riskante Situationen, die sie aufgrund ihrer Unerfahrenheit noch nicht kontrollieren können. Das Anfängerrisiko (siehe Kapitel 4.3.2) sinkt sehr schnell durch ausreichende praktische Übung. Hinsichtlich einer zeitlichen Reihenfolge wird davon ausgegangen, dass direkt nach dem Fahrerlaubniserteilung das Anfängerrisiko

überwiegt, während später vor allem das Jugendlichkeitsrisiko verantwortlich für das Gesamtunfallrisiko ist (siehe Kapitel 4.3.2). In der ersten Zeit des selbstständigen Fahrens verunfallen Fahranfänger öfter durch mangelnde Erfahrung, während fahrerfahrenere Fahranfänger eher ihr Können überschätzen.

5 Fahrerassistenzsysteme und Automatisierung

In diesem Berichtskapitel wird ausgehend von heute verfügbaren Fahrerassistenzsystemen eine Einordnung in drei grundlegende Funktionskategorien vorgenommen. Hierzu wird die Kategorisierung der Funktionen von Fahrerassistenzsystemen nach ihrer Wirkweise (A, B und C) von GASSER et al. (2015) herangezogen.

Kapitel 5.1 beschreibt Funktionen aktuell verfügbarer Fahrerassistenzsysteme. Kapitel 5.2 stellt die Wirkweisen A, B und C vor. In Kapitel 5.3 werden die in Kapitel 5.1 beschriebenen Fahrerassistenzsysteme beispielhaft den in Kapitel 5.2 vorgestellten Wirkweisen A, B und C zugeordnet. Zusätzlich werden die Wirkweisen A, B und C den in diesem Bericht betrachteten Nutzergruppen mit unterschiedlicher Fahrkompetenz – Fahrschüler, Fahranfänger und fahrerfahrene Fahrer – in Form einer Matrix gegenübergestellt. Diese Matrix wird zur Darstellung der Erkenntnisse dieses Berichts in Kapitel 8 erneut aufgegriffen.

5.1 Heute verfügbare Fahrerassistenzsysteme

Im Folgenden werden wesentliche aktuell auf dem Markt verfügbare Fahrerassistenzsysteme (FAS) in ihren Funktionen beschrieben, die auch im Expertenworkshop (siehe Kapitel 7) zu den Fragen des Fahrkompetenzerwerbs thematisiert wurden. Die Beschreibungen wurden in Anlehnung an die Anleitungen: „Fahrerassistenzsysteme und die Prüfung von Fahrkompetenz in der praktischen Fahrerlaubnisprüfung“ der Arbeitsgemeinschaft TÜV/DEKRA erstellt und teilweise ergänzt (TÜV/DEKRA arge tp 21, 2011b; TÜV/DEKRA arge tp 21, 2011a).

- Verkehrszeichenerkennung
Zumeist mit einer hinter dem Innenspiegel installierten Kamera können Verkehrszeichen am

Fahrbahnrand erfasst werden. Teilweise basieren diese Funktionen auch auf den in digitalen Karten hinterlegten Verkehrszeichen. Wird beispielsweise eine relevante Geschwindigkeitsbegrenzung solchermaßen erkannt, wird sie auf einem Display angezeigt und der Fahrer so über eine geltende zulässige Höchstgeschwindigkeit im jeweiligen Streckenabschnitt informiert. Abhängig von der konkreten Funktionsauslegung können z.T. auch Überholverbote erkannt werden. Mitunter sind solche Funktionen auch in der Lage, geltungsbeschränkende Zusatzschilder zutreffend zu interpretieren (beispielsweise kann so ein bei Nässe geltendes Tempolimit erkannt werden). Die Verkehrszeichenerkennung gehört zu den Informationssystemen, die den Fahrer auf der Bahnführungsebene unterstützen.

- Nachtsichtassistent
Der Nachtsichtassistent bietet dem Fahrer über eine Umweltrepräsentation auf einem Display eine größere Sichtweite oder Kontrast bei Dunkelheit. Ein aktiver Nachtsichtassistent strahlt hierzu (für das menschliche Auge nicht sichtbares) Infrarotlicht aus und verarbeitet das reflektierte Infrarotlicht mit einer Spezialkamera in ein Schwarzweißbild, das angezeigt wird. Im Gegensatz zur aktiven Variante besitzt der passive Nachtsichtassistent keinen Infrarot-Scheinwerfer, sondern nimmt nur die von Objekten selbst abgegebene Infrarot-Strahlung auf und stellt diese ebenfalls auf einem Schwarz-weiß-Bildschirm dar (vergleichbar einer Wärmebildkamera).
- Rückfahrkamera
Die Rückfahrkamera projiziert die Rückansicht (Sicht des Fahrers nach hinten) für den Fahrer auf einen Bildschirm im Armaturenbereich. Dieses System bietet dem Fahrer bei allen Manövern, bei denen rückwärts gefahren wird, eine unterstützende Hilfestellung, insbesondere beim Rückwärtseinparken. Allerdings muss der Fahrer seine Umwelt nach wie vor beobachten, um keine Gefährdung oder gar einen Unfall zu verursachen.
- Parkassistenz-Systeme
Parkassistenz-Systeme können den Fahrer sowohl durch Abstandsinformation als auch durch aktive Lenkfunktionen dabei unterstützen, ein Fahrzeug längs und teilweise auch quer zum Fahrstreifen einzuparken. Sie bieten mitunter auch beim Ausparken Unterstützung. Parkassistenz-Systeme gibt es in unterschiedlichen Vari-

anten: Die erste Variante (sog. Abstandskontrolle) besteht aus der Umfeld- und Hindernisdetektion mit akustischer bzw. optischer Kollisionswarnung (Einparkhilfe). Bei der zweiten Variante warnt das System nicht nur vor Hindernissen, sondern informiert den Fahrer auch über die Eignung einer Lücke zum Einparken. Noch einen Schritt weiter gehen sog. Parklenkassistenten, die den Fahrer automatisch anhand einer Einparktrajektorie in die Parklücke führen. Während des gesamten Parkvorgangs behält der Fahrer die Verantwortung und muss auf seine Umwelt achten.

Parkassistenten-Systeme sind Komfortsysteme, die den Fahrer beim Rangieren unterstützen. Sie sind als Warn- und Informationssysteme verfügbar, können den Fahrer aber auch durch Interventionen unterstützen. Die Lenkung automatisierender Parklenkassistenten können jederzeit vom Fahrer übersteuert werden, wenn ein anderer Lenkwunsch besteht. In diesem Fall schaltet sich der Parklenkassistent ab.

- Adaptive Geschwindigkeitsregelung

Mittels einer adaptiven Geschwindigkeitsregelung (engl. Adaptive Cruise Control bzw. ACC) wird die eingestellte Wunschgeschwindigkeit – wie bei einem Tempomat – zunächst gehalten. Erkennt das System ein voraus fahrendes Fahrzeug, das langsamer fährt als die voreingestellte Geschwindigkeit, so wird durch automatisches Bremsen der vom Fahrer voreingestellte Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug eingehalten. Deshalb werden diese Systeme auch als Abstandsregeltempomat bezeichnet. Entsprechende Funktionen automatisieren somit kontinuierlich die Längsführung des Fahrzeugs, weisen aber noch Systemgrenzen dahingehend auf, dass sie bei deren Erreichen den Fahrer zur Übernahme der Steuerung auffordern. Sollte eine stärkere Bremsung erforderlich sein, beispielsweise weil das vorausfahrende Fahrzeug stärker verzögert als das System Bremsdruck einsteuern kann, wird der Fahrer durch optische und akustische Signale zur unmittelbaren Übernahme aufgefordert. Die adaptive Geschwindigkeitsregelung gehört zu den FAS, die den Fahrer auf der Bahnführungsebene unterstützen. Der Fahrer kann die adaptive Geschwindigkeitsregelung jederzeit übersteuern oder abschalten und die Fahrgeschwindigkeit bzw. die Längsführung des Fahrzeuges selbst beeinflussen.

- Spurwechselassistent

Der Spurwechselassistent soll den Fahrer vor drohenden Kollisionen beim Fahrstreifenwechsel warnen und überwacht hierzu die Verkehrssituation auf den benachbarten Fahrstreifen. Das System stellt auf dieser Basis zumeist eine Information darüber zur Verfügung, ob der benachbarte Fahrstreifen belegt ist, was Fahrer z.T. auch im Rückspiegel nicht unmittelbar erkennen können (Totwinkelinformation). Das System kann zugleich eine Akutwarnung zur Verfügung stellen, wenn beim Betätigen des Fahrtrichtungsanzeigers zugleich der in entsprechender Richtung liegende Fahrstreifen belegt ist. Dann wird der Fahrer – zumeist optisch, z.T. auch akustisch, vor einer drohenden Kollision gewarnt (Spurwechselwarnung). Warnungen werden optisch (durch Leuchtanzeigen, meist im Bereich der Außenspiegel), akustisch oder haptisch (z.B. durch Vibration des Lenkrads) vermittelt. Teilweise kann es in solchen Situationen auch zu einem aktiven, lenkenden Eingriff kommen, um eine seitliche Kollision mit einem Fahrzeug auf dem anderen Fahrstreifen zu vermeiden (beispielsweise durch Abbremsung der Räder auf der kollisionsabgewandten Fahrzeugseite mit einer lenkenden Wirkung in diese Richtung).

- Spurverlassenswarner

Der Spurverlassenswarner warnt den Fahrer vor einem unbeabsichtigten Verlassen des Fahrstreifens auf Straßen mit Fahrbahnmarkierungen. Diese Warnsignale können visuell (Aufleuchten eines Warnsymbols), akustisch (Signalton) und/oder haptisch (Vibration des Lenkrads etc.) erfolgen. Betätigt der Fahrer jedoch den Fahrtrichtungsanzeiger, so bleibt das Warnsignal aus, da ein beabsichtigtes Überfahren der Fahrspurmarkierung durch den Fahrer angekündigt wird.

- Korrigierender/kontinuierlicher Spurhalteassistent

Der Spurhalteassistent erkennt Fahrstreifenmarkierungen vor dem Fahrzeug. Der korrigierende Spurhalteassistent sorgt dafür, dass das Fahrzeug beim Überfahren der Fahrstreifenmarkierung wieder in Richtung der Fahrstreifenmitte zurückgeführt wird.

Der kontinuierliche Spurhalteassistent hält das Fahrzeug durch kontinuierliche Steuerung in der Mitte des Fahrstreifens, sodass ein Überfahren der Markierungen erst gar nicht erfolgt.

Wirkweise A: Informierende und warnende Funktionen	Wirkweise B: Kontinuierlich automatisierende Funktionen	Wirkweise C: In unfallgeneigten Situationen temporär intervenierende Funktionen
Wirken ausschließlich und mittelbar über den Fahrer: 1. Statusinformation 2. Abstrakte Warnung 3. Konkrete Warnung	Haben unmittelbaren Einfluss auf die Fahrzeugsteuerung (bewusste Übertragung durch den Fahrer – arbeitsteilige Ausführung). Immer übersteuerbar.	Präventive maschinelle Intervention bei negativer Situationsprognose: <ul style="list-style-type: none"> • Fahrer als Regler verhält sich nicht erwartungskonform/ ist nicht erreichbar oder • in kollisionsnahen Situationen, die Fahrer leistungsbedingt nicht kontrollieren

Tab. 5-1: Kategorisierung der Funktionen von FAS nach ihrer Wirkweise nach (GASSER & AUERSWALD, 2016)

- Notbremsassistent

Im Falle einer vom System erkannten Notwendigkeit für eine Notbremsung sorgt der Notbremsassistent dafür, dass bei einem schnellen, aber ungenügenden Druck auf das Bremspedal sehr schnell der maximale Bremsdruck aufgebaut wird. Hierdurch kann eine deutliche Verringerung des Bremswegs erzielt werden.

Darüber hinaus sind Funktionen der Notbremsassistenten verfügbar, die über eigenständige Umfelderkennung verfügen. Diese können somit eine drohende Kollision unmittelbar erkennen. Abhängig von Fahrgeschwindigkeit und konkreter Funktionsauslegung kann das Fahrzeug dann entweder selbstständig abgebremst werden (systeminitiierte Notbremsassistenten) oder der Fahrer wird vor der drohenden Kollision gewarnt und eine Bremsung erst dann eingeleitet, wenn der Fahrer das Bremspedal betätigt (fahrerinitiierte Notbremsassistenten). Beide Funktionen können so ausgelegt sein, dass sie – in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen – den Unfall vermeiden oder zumindest die Unfallschwere mindern.

Bisher verfügbare Systeme weisen in den folgenden Punkten Unterschiede auf: Bedienfunktionen, Funktionsumfang, Komplexität, Systemreaktion und Systemgrenzen.

5.2 Strukturierung nach Wirkweise

Bei umfassendem Begriffsverständnis können unter FAS jegliche Funktionen verstanden werden, die geeignet sind, den Fahrer bei seiner Fahraufgabe zu unterstützen. Diese Unterstützung ist auf den verschiedenen Ebenen der Fahrzeugführung nach DONGES (1982) denkbar: auf der Stabilisierungsebene beispielsweise durch das ESP, auf Bahnführungsebene durch vielerlei unterschiedlich wirkende Funktionen wie beispielsweise die Verkehrszeichenerkennung oder die adaptive Geschwindigkeitsregelung und beispielsweise durch Navigationssysteme auch auf Navigationsebene.

Unmittelbar relevant für den vorliegend diskutierten Erwerb von Fahrkompetenz im Zusammenhang mit automatisierten Fahrfunktionen ist die Bahnführungsebene auf denen eine Vielzahl der heute bekannten Systeme vorrangig wirkt. Für die Zwecke des vorliegenden Berichtes soll deshalb eine Strukturierung aufgegriffen werden, die Fahrerassistenzfunktionen, die auf Bahnführungsebene wirken, nach Wirkweise und sodann weiter nach Automatisierungsgrad strukturiert. Diese wird nachfolgend im Einzelnen vorgestellt.

Tabelle 5-1 gibt einen Überblick über die von GASSER et al. (2015) vorgenommene dreispaltige Kategorisierung der Funktionen von FAS nach Wirkweise (A bis C). Die nachfolgenden Erläuterungen der Wirkweisen A-C (siehe 5.2.1 bis 5.2.3) sind den Ausführungen von GASSER und AUERSWALD (2016) entnommen.

Tabelle 5-1 gibt einen Überblick über die von GASSER et al. (2015) vorgenommene dreispaltige Kategorisierung der Funktionen von FAS nach Wirkweise (A bis C). Die nachfolgenden Erläuterungen der Wirkweisen A-C (siehe 5.2.1 bis 5.2.3) sind den Ausführungen von GASSER und AUERSWALD (2016) entnommen.

5.2.1 Wirkweise A

Die Wirkweise A definiert informierende und warnende Funktionen. Systeme mit derartigen Funktionen wirken ausschließlich mittelbar, nämlich über den Fahrer auf die Fahrzeugsteuerung ein, denn erst durch die Handlung des Fahrers wird die Information oder Warnung in eine Fahrzeugsteuerung überführt. Funktionen der Wirkweise A informieren oder warnen den Fahrer in drei verschiedenen Arten:

- Statusinformationen
Der Fahrer wird über den bahnführungsrelevanten Status informiert. Beispiele hierfür sind Infor-

mationen über Fahrzeugzustand (z. B. Anzeige des Ausfalls eines Bremskreises im Fahrzeug) und Umweltzustand (z. B. Verkehrszeichenerkennung, der Informationen über Tempolimits oder Überholverbote durch Kamera oder digitale Karte erfasst und dem Fahrer über Display o. ä. übermittelt). Auch Informationen über den Zustand des Fahrers selbst (z. B. Müdigkeitserkennung durch Lenkverhalten oder Kamera im Fahrzeuginneren) können zur Warnung des Fahrers vor potenziellen Gefahren resultierend aus seinem eigenen Zustand beitragen.

- **Abstrakte Warnungen**
Funktionen der Wirkweise A liegen auch dann vor, wenn Abweichungen vom regelmäßig zu erwartenden Fahrerverhalten in einer konkreten Verkehrssituation erkennbar sind (z. B. wenn das Fahrzeug den Fahrstreifen verlässt, ohne dass zugleich der Fahrer den Fahrtrichtungsanzeiger betätigt).
- **Konkrete Warnung**
Funktionen der Wirkweise A werden auch in unfallgeneigten Verkehrssituationen aktiv, die weiterhin einen intervenierenden Eingriff der Wirkweise C erlauben würden (z. B. Spurwechselassistent, der ein Warnsignal setzt, wenn der Fahrer nach Betätigung des Fahrtrichtungsanzeigers einen intendierten Fahrstreifenwechsel beginnt, obwohl sich ein Fahrzeug auf dem benachbarten Fahrstreifen im Toten Winkel befindet). Ebenso hierunter fallen würde eine einfache Kollisionswarnung bei Funktionen mit Umfeldwahrnehmung.

5.2.2 Wirkweise B

Die Funktionen der Wirkweise B umfassen die kontinuierlich wirkende Automatisierung und lassen sich somit als unmittelbar in die Fahrzeugsteuerung eingreifend beschreiben. Für einen längeren Zeitraum bzw. für definierte Fahrtabschnitte können diese Systeme das Fahrzeug in unterschiedlichem Umfang steuern, sie können aber auch vom Fahrer zu jeder Zeit übersteuert werden.

Eine Kategorisierung von Automatisierungsstufen der Wirkweise B hat die von der BAST ins Leben gerufenen Projektgruppe: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung (GASSER et al., 2012) vorgeschlagen. Hier werden folgende vier Automatisierungsgrade oder -level unterschieden: Assis-

tenz, Teilautomatisierung, Hochautomatisierung und Vollautomatisierung.

Level 0 (Driver Only) ist keiner Automatisierung zugeordnet und bezeichnet demnach die Fahrzeugsteuerung durch den Fahrer.

Level 1 (Assistenz) umfasst das assistierte Fahren als niedrigster Automatisierungsgrad (siehe Bild 5-1). Der Fahrer führt dauerhaft entweder die Quer- oder die Längsführung aus, während die jeweils andere Fahraufgabe in Grenzen vom System übernommen wird.

In Level 2 (Teilautomatisierung) führt das System die Längs- und die Querverführung des Fahrzeugs für einen bestimmten Zeitraum oder für eine Fahrsituation aus (z. B. durch gleichzeitige Aktivierung der Adaptiven Geschwindigkeitsregelung und des kontinuierlichen Spurhalteassistenten). Der Fahrer ist für diesen Zeitraum von der aktiven Fahrzeugsteuerung befreit, hat aber die Aufgabe, den Verkehrsraum mit unveränderter Aufmerksamkeit zu beobachten und zu überwachen und bei Erfordernis, die Fahrzeugführung zu übernehmen und eine bedarfsabhängige Korrektur zur Gefahrenminimierung vorzunehmen (z. B. Stauassistent, Schlüsselparken).

Level 3 (Hochautomatisierung) ist dadurch charakterisiert, dass der Fahrer während des automatisierten Fahrens den umliegenden Verkehr nicht weiter überwachen muss, sondern erst im Fall der Übernahmeaufforderung durch das System die Fahrzeugsteuerung nach einer vorgegebenen Vorlaufzeit zu übernehmen hat. Während das System die Längs- und die Querverführung für einen spezifischen Anwendungsfall (z. B. Stau- oder Autobahn-Chauffeur) übernimmt, ist der Fahrer nicht mehr im Fah-

Benennung und Klassifizierung*		bast
5	Autonomie/ Fahrerlosigkeit?	↑ Automatisierungsgrad
4	Vollautomatisierung: System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig und dauerhaft, bei <u>Ausbleiben der Fahrerübernahme wird das System selbsttätig in den risikominimalen Zustand zurückkehren.</u>	
3	Hochautomatisierung: System übernimmt Längs- und Querverführung, der Fahrer muss <u>nicht mehr dauerhaft überwachen</u> . Der Fahrer <u>muss</u> die Steuerung erst nach Aufforderung <u>mit gewisser Zeitreserve übernehmen.</u>	
2	Teilautomatisierung: System übernimmt Quer- und Längsführung, der Fahrer muss weiterhin <u>dauernd überwachen</u> und die Steuerung ggf. jederzeit übernehmen.	
1	Assistenz: Fahrer führt <u>dauerhaft entweder die Quer- oder die Längsführung</u> aus. Die andere Fahraufgabe wird <u>in Grenzen vom FAS</u> ausgeführt.	
0	Driver only: Fahrer führt Quer- und Längsführung aus.	

Bild 5-1: Kategorisierung von Automatisierungsstufen (Level 0-5) innerhalb der Wirkweise B (Gasser & Auerswald, 2016).

*Beschrieben wird arbeitsteilige Steuerung des Fahrzeuges durch den menschlichen Fahrer und die Maschine. Diese Darstellung beinhaltet keine Aussagen zur rechtlichen Zulässigkeit.

rer-Fahrzeug-Regelkreis und kann sich einer fahrfremden Tätigkeit zuwenden.

Bei Level 4 (Vollautomatisierung) reicht die Selbstständigkeit des Systems so weit, dass das Fahrzeug in allen Situationen in der Lage ist, sich auch ohne Eingreifen des Fahrers in den risikominimalen Zustand zu versetzen. Auch bei der Vollautomatisierung ist dem Fahrer die Übernahme der Fahrzeugsteuerung unmittelbar und jederzeit möglich (GASSER et al., 2012).

Ein noch höherer Automatisierungsgrad wird voraussichtlich in Level 5 (Autonomie) erreicht, welches das Fahren in Abwesenheit eines Fahrers (fahrerloses Fahren) oder in Anwesenheit eines bloßen Passagiers (Fahrzeug ohne Bedienelemente zur Steuerung auf Bahnführungsebene) beschreibt. Bis vollautomatisiertes Fahren auf unseren Straßen überhaupt möglich wird, müssen u.a. noch viele rechtliche Fragen sowie auch Fragen zum Datenschutz und zur digitalen Infrastruktur geklärt werden. Da fahrerloses Fahren erst in ferner Zukunft zu realisieren ist, werden im vorliegenden Bericht zu Wirkweise B nur die Level 1 bis 3 betrachtet.

5.2.3 Wirkweise C

Die Wirkweise C ist dahingehend gekennzeichnet, dass es sich um Funktionen handelt, die in unfallge-

neigten Situationen temporär eingreifen. Entweder steht der Fahrer als Regelungsgröße nicht mehr zur Verfügung, und der Gesamtverkehrszustand muss vom System insgesamt stabil gehalten werden, oder die unfallgeneigte Situation ist so erheblich, dass ein systemseitiges Eingreifen zur Schadensminimierung oder im Idealfall sogar zur Schadensvermeidung notwendig wird. Ein vergleichsweise weit verbreitetes Beispiel für eine fahrerinitiierte Unterstützung ist der Notbremsassistent. Dieser sorgt dafür, dass in kollisionsgefährdeten Situationen der Fahrer während des Bremsvorgangs durch eine zusätzlich vom System eingespeiste Bremskraft unterstützt wird, um die Kollision zu verhindern bzw. ihre Schwere zu minimieren. Auch die heutigen Ausweichassistentenfunktionen unterstützen den Fahrer in kollisionsnahen Verkehrssituationen: Ist der Fahrer beispielsweise nicht mehr in der Lage, die kollisionsnahe Situation durch ein adäquates Ausweichmanöver abzuwenden (z. B. die vom Fahrer ausgeübte Ausweich-Lenkbewegung ist zu gering), so wird der Fahrer durch einen gezielten systemseitigen Lenkeingriff zwecks Aufprallvermeidung unterstützt (fahrerinitiiertes Notausweichassistent). Ein vollständig fahrerersetzender Eingriff käme zukünftig dann zum Einsatz, wenn der Notausweichassistent ohne Fahrerinitiierung selbsttätig in kollisionsnahen Situationen eingreifen würde.

Wirkweisen / Stufen	Nutzergruppen		
	Fahrschüler	Fahranfänger	Fahrerfahrene Fahrer
Informierende und warnende Funktion (A)			
Statusinformationen (z. B. Nachtsichtassistent, Verkehrszeichenerkennung, Rückfahrkamera, Einparkhilfe)			
abstrakte Warnung (z. B. Spurverlassenswarner)			
konkrete Warnung (z. B. Spurwechselassistent)			
Kontinuierlich automatisierende Funktion (B)			
L 1 (z. B. adaptive Geschwindigkeitsregelung, kontinuierlicher Spurhalteassistent, Parklenkassistent)			
L 2 (z. B. Stauassistent, Schlüsselparken)			
L 3 (z. B. Stau-Chauffeur, Autobahn-Chauffeur)			
Temporär intervenierende Funktionen (C)			
fahrerinitiierte Unterstützung (z. B. korrigierender Spurhalteassistent, Notbremsassistent, Notausweichassistent)			
systeminitiiertes Eingreifen			

Tab. 5-2: Matrix, in der die Wirkweisen A bis C mit beispielhafter Nennung von FAS den in diesem Bericht betrachteten Nutzergruppen mit unterschiedlicher Fahrkompetenz (Fahrschüler, Fahranfänger, fahrerfahrene Fahrer) gegenübergestellt werden.

Die Wirkweise C kommt also dann zur Anwendung, wenn eine Gefahr durch den Fahrer nicht mehr (ausreichend) abgewendet werden kann.

5.3 Wirkweisen (A bis C) und Nutzergruppen

Die in Kapitel 5.1 genannten FAS lassen sich den in Kapitel 5.2 beschriebenen Wirkweisen A bis C zuordnen. Die Wirkweisen A bis C – mit der Zuordnung beispielhafter FAS – lassen sich den in diesem Bericht betrachteten Nutzergruppen mit unterschiedlicher Fahrkompetenz – Fahrschüler, Fahranfänger und fahrerfahrene Fahrer – gegenüberstellen. Es ergibt sich die in Tabelle 5-2 dargestellte Matrix.

6 Wirkweisen und Fahrkompetenz

Um eine Vorstellung zu bekommen, welchen Einfluss eine zunehmende Fahrzeugautomatisierung auf den komplexen Fahrprozess haben kann, ist es zunächst erforderlich, den Begriff Fahrkompetenz zu definieren. Herangezogen wird hierzu die Definition, die auch dem Vorgehen bei den Fahrerlaubnisprüfungen in Deutschland zugrunde liegt. Die Arbeitsgemeinschaft des TÜV/DEKRA arge tp 21 (2011b, S.58) führt hierzu aus: „Unter ‚Fahrkompetenz‘ versteht man die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, die erforderlich sind, um bestimmte Probleme im motorisierten Straßenverkehr zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Verkehrssituationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“

Da Fahrkompetenz nur durch ausreichende Fahrpraxis ausgebildet werden kann (siehe Kapitel 3.2, 3.3 und 4.2.3), stellt sich die Frage, welchen Einfluss heute verfügbare Fahrerassistenzsysteme auf die Fahrkompetenz bzw. auf den Fahrkompetenzerwerb nehmen bzw. zeigen werden. Es wird im Folgenden (siehe Kapitel 6.1 bis 6.3) darauf eingegangen, in welcher Weise aktuelle und zukünftige Fahrerassistenzfunktionen den Erwerb und die Entwicklung von Fahrkompetenz beeinflussen können. Hinsichtlich des Kompetenzerwerbs stehen als Nutzergruppen die Fahrschüler und die Fahranfänger im Fokus, d.h. wie FAS für die Fahrschüler den Lernprozess in der Fahrausbildung unterstützen

und für Fahranfänger die Verkehrssicherheit erhöhen könnten.

Für Fahrschüler oder Fahrerlaubnisbewerber¹ kann diesbezüglich auf die Aussagen zu FAS und dem Fahrkompetenzerwerb zurückgegriffen werden, die im Rahmen des BAST-Projektes: „Optimierung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung“ erarbeitet wurden. Aufgrund der Steuerungsfunktion² der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung ergibt sich eine direkte Verbindung zur Fahrschulausbildung. Wesentliche Erkenntnisse aus dem dazugehörigen BAST-Projektbericht (STURZBECHER et al., 2014) sind nachfolgend zusammenfassend dargestellt:

In Bezug auf Fahrausbildung, Fahrerlaubnisprüfung und die darauffolgende Zeit des fortlaufenden Fahrkompetenzerwerbs bei Fahranfängern machen STURZBECHER et al. (2014) darauf aufmerksam, dass

- a) bislang kaum diskutiert wurde, wie sich der Einsatz von FAS auf den Erwerb von Fahrkompetenz auswirken könnte, sowie dass
- b) bislang eher selten zusätzliche Risiken betrachtet werden, die sich für Fahrschüler und Fahranfänger aus der Nutzung von FAS ergeben könnten.

Hinsichtlich (a) sehen STURZBECHER et al. (2014) für einige FAS das Potenzial, fahranfängerspezifische Kompetenzschwächen auszugleichen und damit das Unfallrisiko von Fahranfängern zu reduzieren. So könnten nach STURZBECHER et al. (2014) die fahranfängertypischen Schwierigkeiten bei psychomotorischen Fertigkeiten und bei der Gefahrenerkennung und -abwehr durch FAS kompensiert werden:

- FAS unterstützen die Fahrzeugstabilisierung und -führung (z. B. ESP, Parklenkassistent, Tempomat, adaptive Geschwindigkeitsregelanlage, Spurhalteassistent)

1 Fahrschüler sind Fahrerlaubnisbewerber, da sie die theoretische und die fahrpraktische Fahrerlaubnisprüfung ablegen, um eine Fahrerlaubnis zu erwerben. Im vorliegenden Bericht wird regelhaft der Begriff Fahrschüler verwendet und bezieht sich damit auf die gesamte Fahrausbildungszeit, die mit dem Erwerb der Fahrerlaubnis durch das erfolgreiche Ablegen der theoretischen und der praktischen Fahrerlaubnisprüfung endet.

2 Steuerungsfunktion: Die Prüfungsinhalte, Bewertungskriterien und Prüfungsergebnisse der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung stellen wichtige Orientierungspunkte für die Ausrichtung der Fahrschulausbildung und der individuellen Lernprozesse der Fahrschüler dar (STURZBECHER, MÖRL und KALTENBAEK, 2014).

- FAS helfen bei der Wahrnehmung sicherheitsrelevanter Informationen und unterstützen die rechtzeitige Gefahrenerkennung (z. B. adaptives Kurvenlicht, Spurverlassenswarner, Verkehrszeichenerkennung, Einparkhilfe)
- FAS greifen im Fall einer drohenden Kollision ein (z. B. Notbremsassistent).

Damit ergäbe sich für einige FAS das Potenzial, das Anfängerrisiko zu senken. Hinsichtlich einer Verringerung des Jugendlichkeitsrisikos durch FAS sehen STURZBECHER et al. (2014) nur teilweise ein Potenzial: Bewusst gewählte kritische Fahrverhaltensweisen (z. B. zu hohe Geschwindigkeit, zu geringer Abstand) können FAS nicht verhindern, jedoch verbessern FAS (z. B. ABS, ESP) das Fahrzeugverhalten und unterstützen somit den Fahrer, aus solchem Fehlverhalten resultierende kritische Fahrsituationen zu bewältigen.

Keine Auswirkung auf den Prozess des Fahrkompetenzerwerbs sehen STURZBECHER et al. (2014) für FAS zur Stabilisierung des Fahrzeugs (z. B. ESP) und solche, die erst unmittelbar vor einer drohenden Kollision eingreifen (z. B. Notbremsassistent): Sind die Systeme verbaut und greifen ein, würde der Fahrer über seinen Fehler informiert (z. B. Kontrollleuchte) und könnte so im Nachhinein aus seinem Fehler lernen. Sind die Systeme nicht verbaut und können entsprechend nicht eingreifen, käme es in der entsprechenden Situation mit einer höheren Wahrscheinlichkeit zu einem Unfall, und der Fahrer könnte – nur sofern er den Unfall überlebt – seinen Fehler erkennen. Für FAS, die auf der Bahnführungsebene unterstützen, sehen STURZBECHER et al. (2014) das oben beschriebene Potenzial zur Wahrnehmung sicherheitsrelevanter Informationen und zur Unterstützung der rechtzeitigen Gefahrenerkennung.

Hinsichtlich (b) verweisen STURZBECHER et al. (2014) auf FAS, die auf der Bahnführungsebene dem Fahrer Handlungen abnehmen. Neben dem unter (a) genannten Potenzial birgt deren Nutzung bei ausschließlichen Gebrauch auch das Risiko, dass ein Fahrschüler oder ein Fahranfänger es versäumt, sich die Kompetenz zur Durchführung dieser ihm abgenommenen Handlung anzueignen. Als Beispiel hierzu führen STURZBECHER et al. (2014) den Parklenkassistenten an:

- Wenn in der Fahrausbildung ein solches System ausschließlich Anwendung fände, ergäben sich für den Fahrschüler weniger Möglichkeiten, die

für das Einparken notwendigen psychomotorischen Fertigkeiten zu erwerben. Ist es dem Fahranfänger dann nach dem Fahrerlaubniswerb nicht möglich, einen Parkassistenten weiterhin zu nutzen, bestünde die Gefahr, dass der Fahranfänger in Einparksituationen auf Grund von Überforderung andere Verkehrsteilnehmer übersehen oder sogar verletzen könnte.

- Zusätzlich wäre mit dem ausschließlichen Gebrauch eines solchen Systems in der Fahrausbildung die Gefahr verbunden, dass der Fahranfänger sich auf die Unterstützung durch die Abstandssensoren verlässt und die notwendigen Kontrollblicke beim Ein- und Ausparken sowie Rangieren nicht durchführt. Dies würde dazu führen, dass die dazu notwendigen Blickstrategien nicht automatisiert werden könnten.

Daher sollte laut STURZBECHER et al. (2014) in der Fahrausbildung für FAS, die auf der Bahnführungsebene dem Fahrer Handlungen abnehmen, vermittelt werden, wie die dazugehörigen Fahraufgaben mit und ohne Unterstützung durch ein entsprechendes FAS bewältigt werden. Dies gelte zumindest solange wie nicht alle Fahrzeuge über Systeme für die Bewältigung dieser Fahraufgaben verfügen.

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 5.2 beschriebenen Wirkweisen, lässt sich diese Aussage zum Risiko eines Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichen Gebrauch eines FAS, welches auf der Bahnführungsebene dem Fahrer Handlungen abnimmt, auf die FAS der Wirkweise B (ab Level 2) übertragen. Dieser Punkt wird unter 6.2 noch einmal aufgegriffen werden.

Grundsätzlich sehen STURZBECHER et al. (2014) für FAS im Rahmen der Fahrausbildung vor:

- Aneignung von Kenntnissen zum richtigen Umgang mit FAS.
- Kennenlernen der funktionalen Grenzen einzelner Systeme.
- Erwerb des Wissens darüber, dass sich die Funktionen von bestimmten FAS je nach Bauart bei verschiedenen Kraftfahrzeugtypen unterscheiden.
- Lernen, sich nicht blindlings auf die Funktionsfähigkeit von FAS zu verlassen.

In Bezug auf die Fahrerlaubnisprüfung arbeiten STURZBECHER et al. (2014) heraus, dass es „we-

der vordringlich noch möglich erscheint, den Umgang mit Fahrerassistenzsystemen bei der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung in konkreter Weise auf der Ebene von Gesetzen oder Verordnungen zu regeln“ (STURZBECHER et al., 2014, S.197). Zur Erarbeitung der notwendigen einheitlichen Prüfvorgaben mit Beobachtungsempfehlungen und allgemeinen Bewertungskriterien für Prüfungsleistungen – um sie den Fahrerlaubnisprüfern der Technischen Prüfstellen für bestimmte FAS zur Verfügung zu stellen – schlagen STURZBECHER et al. (2014) die folgenden Arbeitsschritte vor:

1. Beurteilung und Beschreibung der Prüfungsrelevanz ausgewählter FAS anhand verkehrswissenschaftlicher Stellungnahmen.
2. Sammlung ggf. vorhandener Erfahrungen im Umgang mit diesen prüfungsrelevanten FAS im Bereich der Fahrausbildung und Fahrerlaubnisprüfung durch praxisnahe Handlungsforschung; ggf. werden ergänzende Studien notwendig.
3. Bereitstellung von Prüfvorgaben für die Prüfungsdurchführung und Prüfungsbewertung bei Nutzung von FAS.

Weiterhin weisen sie darauf hin, dass aufgrund des technischen Fortschritts bei FAS die Prüfvorgaben kontinuierlich weiter zu entwickeln wären.

Die von STURZBECHER et al. (2014) erarbeiteten Vorschläge

- zum Vorgehen für die Vermittlung von Wissen und Können zu FAS im Rahmen der Fahrausbildung und
- für die kontinuierliche Weiterentwicklung von einheitlichen Prüfvorgaben und Prüfkriterien zu FAS im Rahmen der Fahrerlaubnisprüfung

gelten für jede der in Kapitel 5.2 beschriebenen Wirkweisen A bis C. Entsprechend werden sie in den nachfolgenden Kapiteln 6.1 bis 6.3 nicht erneut aufgegriffen.

Bezüglich der in diesem Bericht betrachteten Nutzergruppen ergibt sich für die Vermittlung von Wissen und Können zu FAS ein Vorteil für Fahrschüler: Die Fahrschulausbildung bietet sich als geeignete und bereits etablierte Lernumgebung an. Für die fahrerfahrenen Fahrer besteht aktuell kein solcher etablierter Zugang als Lernmöglichkeit.

6.1 Fahrkompetenz bei Wirkweise A

6.1.1 Anforderungen an den Fahrer

Da die Funktionen ausschließlich über den Fahrer wirken, d.h. erst durch die Handlung des Fahrers die Warninformation in eine Fahrverhaltensanpassung überführt wird, erhält der Fahrer stets Rückmeldung über das laufende Verkehrsgeschehen bzw. eine Unterstützung bei der Wahrnehmung sicherheitsrelevanter Informationen (siehe 5.2.1). Die Ablenkungswirkung solcher Funktionen ist hierbei aber zu berücksichtigen.

6.1.2 Erwerb und Entwicklung von Fahrkompetenz

Hinsichtlich der Ablenkungswirkung ist zu berücksichtigen, dass das Fahren für Fahranfänger kognitiv beanspruchender ist als für fahrerfahrene Fahrer, da ihr Arbeitsgedächtnis bei Handlungen innerhalb der wissensbasierten Ebene mehr ausgelastet wird, als auf der fertigkeitbasierten Ebene (siehe 4.2.1). Funktionen der Wirkweise A könnten entsprechend für Fahrschüler und Fahranfänger, die den Umgang mit diesen FAS nicht gelernt haben, eine zusätzliche Anforderung an die sensorische Informationsverarbeitung bewirken, da der Blick bei jeder Warnung bzw. Information auf das entsprechende Bedienelement im Fahrzeug gerichtet werden müsste und somit eine Aufmerksamkeitsumlenkung bedeuten würde (z.B. Nachtsichtassistent). Dieser Aspekt spielt nicht nur bei Fahranfängern eine Rolle, sondern auch bei älteren Fahrern, die sich in Situationen mit hohem Verkehrsaufkommen durch die Warnhinweise u.U. abgelenkt oder überfordert fühlen und diese Informationen / Warnungen u.U. nicht erfassen (z.B. die akustische Kollisionswarnung oder die haptische Spurwechsel-Warnung bei abstrakter Gefahr am Lenkrad).

Wissen über die Bedienfunktion, Funktionsumfang und die Komplexität der Systeme brauchen alle Fahrergruppen. Nach dem Erlernen des Umgangs mit den Funktionen der Wirkweise A, könnten diese für Fahrschüler und Fahranfänger eine Hilfestellung darstellen, da sie stets Rückmeldung über das laufende Verkehrsgeschehen bzw. eine Unterstützung bei der Wahrnehmung sicherheitsrelevanter Informationen (z.B. Nachtsichtassistent oder Verkehrszeichenerkennung) geben (siehe die zusammengestellten Erkenntnisse von STURZBECHER et al. (2014) in den einleitenden Abschnitten von Kapitel 6). Damit unterstützen informierende bzw. warnen-

de Funktionen der Wirkweise A den Prozess des Erwerbs von kognitiven und psychomotorischen Fahrfertigkeiten. Hierin liegt das Potenzial der Funktionen der Wirkweise A, das Anfängerrisiko zu senken.

Dieses Potenzial gilt es zukünftig weiter auszuschöpfen. Dazu gehört auch die kontinuierliche (Weiter-)Entwicklung entsprechender Fahrausbildungs- und Fahrerlaubnisprüfungsinhalte entsprechend dem technischen Fortschritt von FAS.

6.2 Fahrkompetenz bei Wirkweise B

6.2.1 Anforderungen an den Fahrer

Für einen längeren Zeitraum bzw. für definierte Fahrtabschnitte können Funktionen der Wirkweise B unmittelbaren Einfluss auf die Fahrzeugsteuerung ausüben. Die Funktionen können aber auch vom Fahrer zu jeder Zeit übersteuert werden (siehe 5.2.2). Mit zunehmender Fahrzeugautomatisierung werden neue Anforderungen an den Fahrer gestellt. Eine wesentliche Aufgabe besteht dabei in der Überwachung des teilautomatisierten Systems, der Übernahme der Fahrzeugsteuerung während des hochautomatisierten Fahrens und unter Umständen sogar die neuen Anforderungen an den Fahrer nach einer funktionsseitigen Übernahmeaufforderung. Diese neuen Anforderungen verlangen vom Fahrer Fahrfertigkeiten, die erst nach einer zeitlich andauernden Fahrpraxis erworben werden können, wie z. B. zügiges und adäquates Reagieren sowie das Ausbilden eines angemessenen Verkehrs-Situationsbewusstseins (ENDSLEY & KIRIS, 1995).

Während des teilautomatisierten Fahrens (Level 2) hat der Fahrer die Aufgabe, die Fahrzeugsteuerung zu überwachen. Die Erfahrung und das Wissen über das System kann es ihm ermöglichen, vom System übermittelte Grenzen gezielter wahrzunehmen und dementsprechend zu agieren. Weiß der Fahrer, wie das automatisierte Fahrzeug in bestimmten Situationen anhand welcher Daten agiert, kann er im Idealfall vorausschauend in die Fahrzeugführung eingreifen, falls dies erforderlich ist.

Der Aufgabenschwerpunkt des Fahrers verschiebt sich während des hochautomatisierten Fahrens (Level 3) deutlich. Hier ist keine Daueraufmerksamkeit mehr gefordert, da der Fahrer für einen begrenzten Zeitraum die Fahraufgabe an das System übergeben und die Aufmerksamkeit vom Verkehrs-

geschehen abwenden könnte. Bei Systemgrenzen findet eine kontrollierte Übergabe durch das System an den Fahrer statt. Der Fahrer muss sich dann innerhalb einer ausreichenden Zeitspanne (sog. Vorlaufzeit) ein Bild von der Verkehrssituation machen und zur Übernahme der Fahrzeugkontrolle im Anschluss wieder bereit sein.

Nach BAINBRIDGE (1983) erfordern z. B. Übernahmeprozesse motorische Fahrfertigkeiten, aber auch kognitives Wissen über die Ursachen möglicher systemischer Fehlfunktionen. Ähnliche Ergebnisse hat MALONE (2012) bezogen auf die Reaktionsfähigkeit bei Gefahrensituationen gewonnen. Experten können in kürzerer Zeit Situationen, welche ihnen unter Umständen aus vorhergehenden Erfahrungen bekannt sind, schneller sowie realistischer einschätzen und somit besser auf diese reagieren. Ein Fahrer könne somit nur erfolgreich auf eine Situation bzw. auf ein Problem reagieren, wenn er über ausreichendes Wissen hinsichtlich des Handlungsablaufs verfüge, und dies hänge von der Häufigkeit der Nutzung ab. Ein Fahrer hat nach BAINBRIDGE (1983) in seinem Gedächtnis eine Ansammlung möglicher Resultate, die aus seinen Prognosen und Entscheidungen hervorgehen. Menschen, denen dieses Wissen nur theoretisch vermittelt würde, könnten ohne praktische Erfahrung nicht viel damit anfangen, da ihnen die Situationen, die dieses Wissen erforderten, nicht bekannt wären (BAINBRIDGE, 1983).

Im Vergleich zu fahrerfahrenen Fahrern ergibt sich ab Level 2 für Fahrschüler sowie Fahranfänger aufgrund der geringeren Fahrerfahrung in solchen Situationen und aufgrund einer stärkeren kognitiven Belastung bei entsprechenden Fahraufgaben ggf. weniger schnell eine entsprechende Gefahrenerkennntnis und damit u. U. nicht rechtzeitig eine vorausschauende Reaktion, um in die Fahrzeugführung einzugreifen. Erfahrung mit und Wissen über das System brauchen jedoch Fahrschüler, Fahranfänger und fahrerfahrene Fahrer.

Psychomotorische Fahrfertigkeiten

Die Fahrzeugtechnik ermöglicht dem Fahrer eine Komfortsteigerung durch Entlastung bei motorischen Fahrtätigkeiten. Es ist nach BAINBRIDGE (1983) möglich, dass sich die psychomotorischen Fertigkeiten eines Fahrers durch die häufige Nutzung eines automatisierten Fahrzeuges auch verschlechtern könnten. Handlungsabläufe, die vom Fahrer durch Übung automatisiert würden, könnten verlorengehen. Die Forscher CASNER, GEVEN,

RECKER und SCHOOLER (2014) haben untersucht, wie sich die längere Benutzung von Autopiloten in der Luftfahrt auf die motorischen Flugfertigkeiten der Piloten auswirkt. Die von CASNER et al. (2014) zitierte Arbeit von MENGELKOCH, ADAMS und GAINER (1971) hebt hervor, dass erworbene Kompetenzen hinsichtlich Auge-Hand-Koordination nur gelegentlich geübt werden müssen. Kognitive Fertigkeiten müssen jedoch deutlich öfter praktiziert werden.

Kognitive Fahrfertigkeiten

Mit zunehmender Fahrzeugautomatisierung kommen ganz allgemein für den Fahrer neue Aufgabefelder im Bereich der Wahrnehmung und Informationsverarbeitung hinzu. Zu der motorischen Fahrkompetenz muss der Fahrer noch über Systemwissen verfügen, das er bei der Überwachung und Entscheidungsfindung mit der Information aus der realen Umwelt fusioniert und abgleicht. Der kognitive Aufwand steigt zunächst, um den Komfort durch eine motorische Entlastung zu erhöhen. Mit zunehmendem Automatisierungsgrad steigt auch die Funktionstiefe dieser Systeme, und das nötige Wissen um deren Rückmeldung wird vielfältiger. Da die Funktionen der Wirkweise B vom Fahrer übersteuerbar sind (z. B. durch Ausschalten der jeweiligen Funktion), ist derzeit noch nicht absehbar, wie sich die Übersteuerbarkeit langfristig auf die Fahrkompetenz des Fahrers auswirkt. Entscheidend dürfte jedoch unter Sicherheitsaspekten sein, diese Möglichkeit zur jederzeitigen Übersteuerung als grundlegend notwendige Kompetenz im Umgang mit entsprechenden Funktionen zu verankern.

Durch Funktionen der Wirkweise B (Level 1 bis 3) wird der Fahrer zunehmend in seiner selbstgesteuerten Fahroutine unterstützt. Da diese Funktionen unmittelbar auf die Fahrzeugsteuerung einwirken, benötigt der Fahrer zusätzliches Wissen über den Funktionsumfang, Systemzustand, Systemziel und Systemgrenzen, die von ihm in ihrer jeweiligen Bedeutung zu jeder Zeit richtig erkannt werden müssen, um beispielsweise einen systeminitiierten Übernahmeprozess geeignet umzusetzen. Bei jeglicher Art von Automatisierung der Fahraufgaben ist die Vermittlung des Wissens über die Systemgrenzen und die Wechselwirkungen zwischen den Einzelsystemen überaus wichtig. Diese Forderung ist unabhängig von der Fahrerfahrung des Fahrers. Fehlende bzw. ungenaue Information über das System beinhaltet die Gefahr von Fehleinschätzungen und Fehlverhalten in komplexen oder kritischen Situationen. Die Kenntnisse über Bedienung, Funktio-

nen, Grenzen und eventuelle Wechselwirkungen der verschiedenen Systeme sollten daher sowohl theoretisch (Wissen) als auch praktisch (Demonstration, ggf. Übung) vermittelt werden.

6.2.2 Erwerb und Entwicklung von Fahrkompetenz

Bei Funktionen der Wirkweise B nimmt für den Fahrer ab Level 2 der Übernahmeprozess eine Sonderstellung ein. Wird der Fahrer vom System zur Übernahme der Fahrzeugsteuerung auf Grund von Systemgrenzen (wie fehlende Fahrstreifenmarkierung) aufgefordert, so muss der Fahrer innerhalb einer vorgegebenen Zeit sämtliche Ressourcen für die Weiterführung der Fahrzeugsteuerung bereitstellen. Eine adäquate Übernahme der Längs- und Querführung des Fahrzeugs erfordert vom Fahrer vorab ein ausreichendes Situationsbewusstsein über das jeweilige dynamische Verkehrsumfeld (siehe auch Kapitel 6.2.1). Bevor der Fahrer die Fahrzeugsteuerung übernimmt, benötigt er nach ENDSLEY (1995) zunächst Informationen über kritische Umgebungsfaktoren und ein Verständnis für die Bedeutung der einzelnen Ereignisse und Objekte, um sich daraus ein Bild der Situation zu schaffen. Aus diesen Informationen ist es dem Fahrer möglich, eine Situationsentwicklung zu generieren (ENDSLEY & KIRIS, 1995). Inwiefern nur fahrerfahrene Fahrer im Vergleich zu Fahrschülern und Fahranfängern zu einer adäquaten Übernahme der Fahrzeugsteuerung in der Lage sind, sollte in der zukünftigen Forschung berücksichtigt werden.

Eine weitere Forschungsfrage ergibt sich in Bezug auf das Risiko eines Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichen Gebrauch eines FAS, welches auf der Bahnführungsebene dem Fahrer Handlungen abnimmt und der Fahrer diesen Vorgang lediglich überwacht – d. h. für Funktionen der Wirkweise B ab Level 2 (siehe die am Beginn des Kapitels 6 zusammengefassten Erkenntnisse aus dem BAST-Projekt: „Optimierung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung“). Ein Beispiel hierfür wäre das Schlüsselparken. Der Fahrer steigt aus dem Fahrzeug und veranlasst das Fahrzeug durch einen Schlüssel oder ein Smartphone zum Einparken in die Parklücke. Würden Fahrschüler und Fahranfänger solche Systeme ausschließlich nutzen – die entsprechenden Manöver also gar nicht oder wenig selbst ausführen und üben – würden sich derartige manöverspezifische Fertigkeiten nicht mehr oder nur rudimentär ausbilden. Dies könnte sich wieder-

um auf ein sicheres und angepasstes Fahren in komplexen Verkehrssituationen und bei Funktionsausfall auswirken. Solange solche Fahrfertigkeiten durch einen relevanten Teil des Fahrzeugbestandes erforderlich sind, ist nicht erkennbar, dass darauf verzichtet werden kann, diese Fertigkeiten auch zu erlernen. Wann, wie und unter welchen Bedingungen Funktionen der Wirkweise B ab Level 2 im Prozess des Fahrkompetenzerwerbs für Fahranfänger sinnvoll eingebracht werden können, sollte zukünftig in der Forschung gezielt untersucht werden. Beispielsweise könnte die Gefahrenwahrnehmung während des teilautomatisierten Fahrens auf Autobahnen und Landstraßen sowie die Wahrnehmung fahraufgabenrelevanter Reize verstärkt geübt werden. Auch die Handhabung des HMI (Human Machine Interface) könnte während des teilautomatisierten Fahrens unter Berücksichtigung realer Fahraufgaben gezielt gelernt werden.

Funktionen der Wirkweise B (Level 1) können für Fahrschüler und Fahranfänger eine Hilfestellung bei der Fahrzeugführung sein (z. B. Parklenkassistentz, Spurhalteassistentz oder Abstandsregeltempomat). Beispielsweise hilft die Unterstützung der automatisierten Funktion beim Ein- und ggf. Ausparken (Parklenkassistentz) dem Fahranfänger auch bei der Einschätzung von Entfernungen, besonders, wenn sich Hindernisse oder Personen um das Fahrzeug herum befinden. Die besonderen Vorteile von FAS beim Erwerb von Fahrkompetenzen sind u. a. auch in der vom TÜV/DEKRA Arbeitsgemeinschaft erarbeiteten Arbeitshilfe (TÜV/DEKRA arge tp 21, 2011b) zu finden. In der Arbeitshilfe wird betont, dass FAS in erster Linie bei der Fahrzeugführung eine Hilfe für den Fahrer sein können, nicht jedoch bei der Bewältigung komplexer Fahrhandlungen, die sich u. a. auf vorausschauende Planung und koordinierte Durchführung von Fahraufgaben beziehen. Die praktische Fahrerlaubnisprüfung werde durch die Nutzung von FAS weder für den Fahrerlaubnisbewerber noch für den amtlich anerkannten Sachverständigen oder Prüfer (aaSoP) leichter oder schwerer. Die Nutzung von Systemen verändere „lediglich – wie seit über einhundert Jahren – mit dem technischen Fortschritt stetig ihr Gesicht“ (TÜV/DEKRA arge tp 21, 2011a, S.13). Das Potenzial von Funktionen der Wirkweise B (Level 1) zur Förderung des Fahrkompetenzerwerbs für Fahrschüler und Fahranfänger gilt es zukünftig weiter auszuschöpfen. Dazu gehört auch die kontinuierliche (Weiter-)Entwicklung entsprechender Fahrausbildungs- und

Fahrerlaubnisprüfungsinhalte entsprechend dem technischen Fortschritt von FAS.

Neben dem Risiko eines Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichem Gebrauch von Funktionen der Wirkweise B ab Level 2 für Fahrschüler und Fahranfänger besteht für die fahrerfahrenen Fahrer ebenfalls ein Risiko bei häufiger Nutzung von Funktionen der Wirkweise B ab Level 2. Wie die in Kapitel 6.2.1 dargestellten Befunde aus der Luftfahrt zeigen, können sich psychomotorische Fertigkeiten bei häufiger Nutzung eines automatisierten Systems auch verschlechtern. Das mögliche Ausmaß dieses potenziellen Risikos der Verschlechterung von Fahrkompetenz für fahrerfahrene Fahrer und seine Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit sollte zukünftig in der Forschung berücksichtigt werden.

Weiterhin sollte für alle Nutzergruppen die besondere Rolle des künftigen Mischverkehrs berücksichtigt werden. Dadurch, dass künftig sowohl nicht automatisierte als auch assistierte, teil- und hochautomatisierte Fahrzeuge unterwegs sein werden, wird sich die Kommunikation zwischen den Autofahrern untereinander, aber auch zwischen Autofahrern und den schwächeren Verkehrsteilnehmern (Fußgänger, Rad- und Motorradfahrern) verändern. Dadurch, dass die Kommunikation zwischen den Fahrern automatisierter Fahrzeuge (ab Level 3) und weiteren Verkehrsteilnehmern (Fahrer nicht automatisierter Fahrzeuge sowie schwächere Verkehrsteilnehmer) erschwert bzw. nicht möglich ist, kann eine Interaktion zu Missverständnissen führen und das Gefahrenpotenzial erhöhen. Inwieweit für den künftigen Mischverkehr bei der Kommunikation zwischen den Verkehrsteilnehmern Lösungsansätze (z. B. durch Kennzeichnung automatisierter Fahrzeuge) geschaffen werden müssen und können, sowie inwieweit sich damit neue Kommunikationsstrategien / -regeln entwickeln, sollte zukünftig in der Forschung berücksichtigt werden. In einem von der BAST in Auftrag gegebenen Projekt werden aktuell u. a. Auswirkungen auf die Kommunikation untersucht, wenn Verkehrsteilnehmer zunehmend mit automatisierten Fahrzeugen interagieren.

6.3 Fahrkompetenz bei Wirkweise C

6.3.1 Anforderungen an den Fahrer

Auf Grund der Klassifizierung und Beschreibung der Funktionen der Wirkweise C kann angenom-

men werden (siehe Kapitel 5.2.3), dass diese keine Auswirkungen auf den Lernprozess des fahrer-gesteuerten Fahrens³ zeigen, da sie den Fahrer in seinen Handlungen nur in Gefahren- und Notfallsituationen kurzzeitig überstimmen (siehe Tabelle 5-1). Funktionen der Wirkweise C müssen nicht aktiv vom Fahrer bedient werden.

6.3.2 Erwerb und Entwicklung von Fahrkompetenz

Diese Situationen sind regelmäßig nicht Bestandteil der Fahrausbildung und auch insgesamt seltene Ereignisse. Es ist deshalb keine Veränderung bezogen auf den Erwerb spezifischer Fahrkompetenzen anzunehmen.

Kommt es jedoch einmal zu einem Systemeingriff mit dem Ziel der Auflösung einer unmittelbaren Gefahr, in der ein Fahrer unterstützt wird, so werden durch die sich anschließenden Übernahmeanforderungen Aufmerksamkeits- und motorische Reaktionsleistungen vom Fahrer gefordert, die möglicherweise leichter von fahrerfahrenen Fahrern geleistet werden könnten. Fahrerfahrung kann hier auch die notwendige Gelassenheit angesichts konkret unfallgeneigter Situationen vermitteln. Als mögliches Beispiel für eine derartige Funktion wäre der fahrerinitiierte Notausweichassistent zu nennen.

7 Expertenworkshop

Am 9. September 2015 fand beim Forschungsnehmer in der Technischen Universität München (TUM) ein Expertenworkshop statt, der sich aus Vertretern der Fahrlehrerverbände, der Forschung und der Nutzergruppe der fahrerfahrenen Fahrer zusammensetzte. Ziel dieses Workshops war es, relevante Fragen, die sich aus der zunehmenden Fahrzeugautomatisierung (Wirkweisen A, B und C) im Zusammenhang mit dem Fahrkompetenzerwerb ergeben, in Arbeitsgruppen zu thematisieren und als Ergebnis Forschungsschwerpunkte abzuleiten. Hierzu diente eine Matrix (siehe Anhang A), anhand der einzelne Funktionen der Wirkweisen A bis C in Verbindung mit den fünf folgenden Themenschwerpunkten diskutiert wurden:

- [I] Anforderungswandel zum manuellen Fahren⁴
 - Inwiefern wandeln sich die Anforderungen, die an einen Fahrer gestellt werden durch FAS und Automatisierung?
 - Fallen Anforderungen weg oder finden Schwerpunktverschiebungen statt?
- [II] Relevanz für den Kompetenzerwerb
 - Welche Relevanz haben FAS und Automatisierung für den Kompetenzerwerb?
 - Wie sollen FAS und Automatisierung in den Kompetenzerwerb integriert werden (Reihenfolge)?
 - Beispiel ACC: Kann es zu einem bestimmten Abstandsverhalten erziehen?
- [III] Einbindung in die Fahrerlaubnisprüfung
 - Sollen FAS und Automatisierung in die Fahrerlaubnisprüfung aufgenommen werden?
 - Wie sollen FAS und Automatisierung in die Fahrerlaubnisprüfung integriert werden?
- [IV] Verlust von Fahrkompetenz
 - Verursachen FAS und Automatisierung einen Kompetenzverlust bei fahrerfahrenen Fahrern?
- [V] Übernahmeprozess
 - Welche Anforderungen sind speziell für Übernahmesituationen gefordert?

Das Expertengespräch diente auch dazu, eine anwendungsbezogene Ergänzung zur Literaturrecherche zu schaffen. Im Folgenden (siehe Kapitel 7.1 bis 7.4) sind Aussagen und Erkenntnisse aus dem Protokoll des Expertengesprächs nach Nutzergruppen allgemein (d. h. alle Fahrer) und getrennt nach einzelnen Nutzergruppen (Fahrschüler, Fahranfänger, fahrerfahrene Fahrer) zusammengefasst. Sie fließen, wie die Ergebnisse der Literaturrecherche, in die Ableitung des zukünftigen Forschungsbedarfs (siehe Kapitel 8) ein.

Alle Aussagen des Workshops wurden mit dem Buchstaben E für Expertenaussage gekennzeichnet und innerhalb der vier Nutzergruppen (siehe

³ Fahrgesteuertes Fahren bezeichnet die Fahrzeugsteuerung auf Bahnführungsebene ausschließlich durch den Fahrer. Im Zusammenhang mit den im vorliegenden Bericht betrachteten Wirkweisen A, B und C setzt fahrgesteuertes Fahren die Abwesenheit von kontinuierlich automatisierenden Funktionen (Wirkweise B) voraus.

⁴ Auf dem Expertenworkshop wurde die Diskussion mit der Formulierung „manuelles Fahren“ geführt. Dieser Begriff wurde im vorliegenden Bericht konkretisiert (siehe Fußnote 3).

Kapitel 7.1 bis 7.4) fortlaufend nummeriert. Darüber hinaus ist den Aussagen in eckigen Klammern anhand römischer Ziffern [I - V] die Zuordnung zu den o. g. Themenschwerpunkten zu entnehmen.

7.1 Nutzergruppen allgemein

- E1: Für alle FAS ist eine Einweisung bezüglich der Systemfunktion, Bedienung, Systemgrenzen und Übernahmeverhalten unbedingt nötig. Die Relevanz des praktischen Erlebens der Systeme und ihrer Grenzen steigt mit dem Automatisierungsgrad stark an. [I+II]
- E2: Übernahmesituationen, Gefahrensituationen und Systemgrenzen sind als kritische Ereignisse nur schwer gezielt erlernbar. [I + II + V]
- E3: Eine genaue Differenzierung der Lernenden und der Nutzergruppen ist erforderlich. Fahrschüler, Fahranfänger und fahrerfahrene Fahrer unterscheiden sich stark in ihrer motorischen Fahrfertigkeit und Fahrpraxis, die wiederum mit der kognitiven Beanspruchung zusammenhängt. Körperlich eingeschränkte Fahrer können durch ein Automatikgetriebe oder eine Rückfahrkamera physisch deutlich entlastet werden. Unterschiedliche Vorkenntnisse der Nutzer zu FAS gestalten Lernprozesse sehr heterogen. Die gewünschten Ziele der Systemnutzung variieren von Komfort bis Sicherheit bei den Nutzergruppen. [I]
- E4: Eine stressfreie Lernumgebung ist für eine Systemerprobung wichtig. Sie kann nicht für jedes FAS ermöglicht werden. Viele FAS (z. B. ACC, CC, Spurverlassenswarner) müssen im laufenden Betrieb ausprobiert und erlernt werden, wohingegen für die Rückfahrkamera stressfreie Situationen ohne Zeitdruck aufgesucht werden können. Professionelle Nutzer (z. B. Berufskraftfahrer) haben eventuell die Möglichkeit ein Übungsgelände zu nutzen. Private Nutzer lernen fast ausschließlich im öffentlichen Verkehrsraum. [II]
- E5: Herstellerübergreifende Konventionen würden das Erlernen von FAS durch einheitliche Funktionsumfänge und Bedienungsart erleichtern. Speziell das Car-Sharing Konzept könnte hiervon profitieren. [II]
- E6: FAS und Fahrzeugautomatisierung bedeuten in der Lernphase immer eine zusätzliche Belastung zusätzlich zu den motorischen Fahrtätigkeiten. [I + II]
- E7: FAS der Wirkweise A unterstützen den Fahrer in seiner Aufgabe, Systeme der Wirkweise B erfordern die Überwachung des Systems und die Möglichkeit des Eingreifens. [I]
- E8: Für alle ersetzenden FAS der Wirkweise B und die damit verbundene Überwachungsaufgabe des Fahrers wird ein starker Anforderungswandel an das Aufmerksamkeitsmanagement prognostiziert. [I]
- E9: FAS und Fahrzeugautomatisierung bedingen immer eine Veränderung im Blickverhalten. Das Suchverhalten in der Szenerie ändert sich und der Blickanteil im Fahrzeuginnenraum erhöht sich, weil eine Informationsverschiebung in das Fahrzeuginnere stattfindet. [I + II] (siehe auch die Aussage zur Rückfahrkamera in E13 in diesem Kapitel und zum Nachtsichtassistent in E3 in Kapitel 7.2).
- E10: Durch eine zunehmende Automatisierung wird ein ständiger Informationsabgleich zwischen Informationen des Systems und Informationen aus der realen Umwelt nötig. [I]
- E11: Systemrückmeldungen sollten multimodal gestaltet sein, um den Fahrer kognitiv zu entlasten. Klare Gestaltungskriterien sind dabei einzuhalten. [I]
- E12: Der richtige Umgang mit dem Systemvertrauen sollte vermittelt und erlernt werden. Mit steigender Systemzuverlässigkeit steigt auch das Systemvertrauen mit dem Nutzungszeitraum. Gleichzeitig verringert sich die Aufmerksamkeit und Überwachungsstrategien werden nicht mehr genutzt. Deutliche Gefahrenhinweise bei der Schulung könnten diese Entwicklung verhindern. Bisher entwickelt sich Systemvertrauen sehr unkontrolliert basierend auf der persönlichen Grundeinstellung zu automatisierten Systemen, der unterschiedlichen Systemzuverlässigkeit und den persönlich erlebten Einzelereignissen. [I+II]
- E13: Eine Rückfahrkamera verändert den Einparkprozess grundlegend: Die Blickzuwendung erfolgt in entgegengesetzter Richtung zu Fahrtrichtung. Durch den Bildausschnitt der Kamera kann zusätzliche Information zu den Seitenspiegeln angezeigt werden. Aller-

dings geht bei einer reinen Kameranutzung viel Information aus dem seitlichen Fahrzeugumfeld verloren. Blickzuwendungen zum Display, den Rückspiegeln und zur Fahrzeugseite sind nötig. Die Rückfahrkamera ermöglicht es körperlich eingeschränkten Personen einen Einparkvorgang zu absolvieren und somit länger am Straßenverkehr teilzunehmen. [I + II]

E14: Durch die Einparkhilfe werden tendenziell auch kleinere Parkplätze genutzt, die für einen manuellen Einparkvorgang nicht ausgewählt würden. [I] (siehe Kapitel 7.2, E4 und Kapitel 7.4, E3)

E15: Der Tempomat (CC) erfordert einen stärkeren Kompetenzaufbau im Bereich des kooperativen und besonders des vorausschauenden Verhaltens. Es besteht die Herausforderung der Systemüberwachung und Daueraufmerksamkeit. Die Systembedienung sollte erklärt werden. Die richtige Reaktion bei einer Übernahme-situation sollte erlernt werden. [I + II]

E16: Das ACC-System hat starke Ähnlichkeit zum CC-System. Systemkenntnis und -grenzen stellen eine wichtige Wissensgrundlage für alle Nutzergruppen dar. Weil fahrerfahrene Nutzer das System nicht abschalten wollen und versuchen möglichst alle Situationen zu durchfahren, erzeugen sie kritische Situationen. [I + II] (siehe Kapitel 7.2, E5 und Kapitel 7.3, E2)

E17: Der kontinuierliche Spurhalteassistent entlastet den fahrerfahrenen Fahrer. Allerdings muss das System überwacht werden. Für alle Fahrergruppen sind das Erlernen des Systems und das Erleben von Übernahmeszenarien Grundvoraussetzungen für eine sinnvolle Nutzung. [I + II + V] (siehe Kapitel 7.2, E6 und Kapitel 7.3, E3)

7.2 Fahrschüler

E1: Fahrschüler sind durch die erhöhten Zusatzanforderungen, die durch eine FAS-Nutzung entstehen, oft überfordert. [II]

E2: Der Spurverlassenswarner könnte die Aufmerksamkeit fördern, dadurch dass der Fahrer sich darauf konzentriert Warnsignale zu vermeiden und somit eine Sensibilisierung

für die Querführung erzeugt wird. Das Assistenzsystem kann aus Sicht der Fahrlehrer als didaktisches Mittel in der Fahrausbildung eingesetzt werden. Der Erwerb der motorischen Fertigkeit für das konventionelle Autofahren wird bei diesem System nicht behindert. [II]

E3: Der Nachtsichtassistent birgt das Problem der häufigen Blickwechsel und damit die Gefahr der fehlerhaften Blickzuwendung. Eine Einweisung in dieses System ist zu empfehlen, um klare Nutzungsanweisungen in der Ausbildung zu geben. Welche Handlungsmaximen gelehrt werden müssen kann nicht geklärt werden. [I + II]

E4: Didaktisch stufenweises Erlernen der Einparkhilfe wird empfohlen. Akustisches Rückmeldungssignal soll mit einem konkreten Abstand in Verbindung gebracht werden können. [II] (siehe Kapitel 7.1, E14 und Kapitel 7.4, E3)

E5: ACC kann das Erlernen von Abstandsverhalten unterstützen [II]. Den Übernahmeszenarien kommt eine starke Bedeutung zu [V]. Lerninhalte werden erschwert und hohe zusätzliche Anforderungen an den Fahrschüler gestellt. [II + V] (siehe Kapitel 7.1, E16 und Kapitel 7.3, E2)

E6: Der korrigierende Spurhalteassistent kann Fahrschülern helfen, ihre Eigenleistung in der Querführung besser einzuschätzen. Das System beeinflusst den Kompetenzerwerb des manuellen Fahrens nicht, da der Fahrer innerhalb eines vorgegeben Korridors im Fahrstreifen selbst fährt. [II] (siehe Kapitel 7.1; E17 und Kapitel 7.3, E3)

E7: Viele Fahrschüler wollen die Parklenkassistenten nicht nutzen, weil sie das Einparken lernen wollen. Trotzdem ist der Parklenkassistent sehr gut geeignet, um den Parkvorgang zu lernen. Der Fahrschüler beobachtet zunächst den Vorgang und hört die Erklärungen des Fahrlehrers ohne selbst Handlungen ausführen zu müssen. Der Vorgang ist unterbrechbar. [II]

E8: Tempomat (CC) und ACC können in der Führerscheinprüfung benutzt werden. Bedienfehler werden als Fahrfehler gewertet. [III]

E9: Von der Einbindung eines Spurverlassenswarners in die Führerscheinprüfung wird abgeraten, da er lediglich die Fahrfehler aufzeigt. [III]

7.3 Fahranfänger

- E1: Eine Verkehrszeichenerkennung verstärkt das normative Verhalten und hat damit auch eine erziehende Wirkung. [II]
- E2: ACC kann das Erlernen von Abstandsverhalten unterstützen. [II] (siehe Kapitel 7.1, E16 und Kapitel 7.2, E5)
- E3: Der korrigierende Spurhalteassistent und der Spurverlassenswarner können auch Fahranfängern helfen, ihre Eigenleistung in der Querverführung besser einzuschätzen. [II] (siehe Kapitel 7.1, E17 und Kapitel 7.2, E6)

7.4 Fahrerfahrene Fahrer

- E1: Gemäß einer Selbsteinschätzung von fahrerfahrenen Fahrern muss für eine FAS Nutzung nicht viel gelernt werden. FAS werden gerne genutzt, da sie eine deutliche Komfortsteigerung für den fahrerfahrenen Fahrer bedeuten. [I]
- E2: Kompetenzverlust des manuellen Fahrens bei zunehmender Übergabe von Fahraufgaben an das System wird als möglich eingeschätzt. Eine eindeutige Meinung liegt nicht vor. Jedoch sehen fahrerfahrene Fahrer einen möglichen Kompetenzverlust als wenig kritisch an. Der Kompetenzverlust durch eine zunehmende Übergabe des Einparkvorgangs an ein System wird als gravierender eingestuft. [IV]
- E3: Die Einparkhilfe kann ähnliche Auswirkungen wie die Rückfahrkamera haben. Bei ausschließlicher Nutzung kann die Fähigkeit der Abstandseinschätzung verloren gehen. [IV] (siehe Kapitel 7.1, E14 und Kapitel 7.2, E4)

8 Zukünftiger Forschungsbedarf

Basierend auf den Ergebnissen der Literaturanalyse und des Expertenworkshops wird im Folgenden der zukünftige Forschungsbedarf aufgezeigt. Expertenworkshop (siehe Kapitel 7.1, E3) und Literaturanalyse (siehe Kapitel 4, 5.2 und 5.3) weisen auf die Notwendigkeit hin, eine genaue Differenzierung hinsichtlich der Fahrkompetenz (Fahrschüler, Fahr-

anfänger, fahrerfahrene Fahrer) sowie hinsichtlich der Wirkweise von Funktionen (A, B, C) vorzunehmen, um den Forschungsbedarf daraus abzuleiten. Dargestellt wird daher in den nachfolgenden Unterkapiteln 8.2 bis 8.4 der Forschungsbedarf spezifiziert nach Gruppen mit unterschiedlicher Fahrerfahrung (Fahrschüler, Fahranfänger, fahrerfahrener Fahrer) und nach Funktionen unterschiedlicher Wirkweisen (A, B, C). Es ergibt sich auch Forschungsbedarf, der für alle Fahrer gilt („Nutzergruppen allgemein“ siehe Kapitel 8.1). In Anlehnung an Tabelle 52 wird für die Nutzergruppen (Spalten) und die Wirkweisen (Zeilen) der Forschungsbedarf (Zellen) tabellarisch im Überblick zusammengestellt. Es befindet sich pro Nutzergruppe ein entsprechender tabellarischer Überblick des Forschungsbedarfs am Beginn des jeweiligen Unterkapitels 8.1 bis 8.4.

8.1 Nutzergruppen allgemein

Tabelle 8-1 stellt im Überblick den für die Nutzergruppen allgemein identifizierten Forschungsbedarf zu den Wirkweisen A bis C dar.

8.1.1 Bestimmung des Trainingsbedarfs zum Erlernen des richtigen Umgangs mit Funktionen der Wirkweisen A bis C

Bisher verfügbare Systeme weisen in den folgenden Punkten Unterschiede auf: Bedienfunktionen, Funktionsumfang, Komplexität, Systemreaktion und Systemgrenzen (siehe Kapitel 5.1). Wie Kapitel 5.2 zeigt:

- wirken Funktionen der Wirkweise A mittelbar über den Fahrer durch Information und Warnung auf die Fahraufgabe ein. Der Fahrer kann die Zusatzinformation zur Ausführung der Fahraufgabe nutzen.
- wirken Funktionen der Wirkweise B direkt und aktiv auf die Fahrzeugführung ein. Der Fahrer wird zusätzlich über die Systemabsicht und Systemzustand informiert.
- überstimmen Funktionen der Wirkweise C den Fahrer kurzzeitig in Notfallsituationen.

Für Funktionen der Wirkweisen A (siehe Kapitel 6.1.2) und B (siehe Kapitel 6.2.1) ist Wissen über die Bedienfunktion, Funktionsumfang und die Komplexität der Systeme nötig. Für Funktionen der Wirkweise B kommt das Wissen über Systemreaktionen und Systemgrenzen hinzu. Funktionen der Wirkwei-

Wirkweisen / Stufen	Nutzergruppen allgemein	
Alle Wirkweisen	8.1.1 Bestimmung des Trainingsbedarfs zum Erlernen des richtigen Umgangs mit Funktionen der Wirkweisen A bis C	
Informierende und warnende Funktionen (A) <ul style="list-style-type: none"> • Statusinformationen (z. B. Nachsichtassistent, Verkehrszeichenerkennung, Rückfahrkamera, Einparkhilfe) • abstrakte Warnung (z. B. Spurverlassenswarner) • konkrete Warnung (z. B. Spurwechselassistent) 		8.1.4 Berücksichtigung weiterer Nutzergruppen – Schwerpunkte: Wirkweisen A und B
Kontinuierlich automatisierende Funktionen (B) <ul style="list-style-type: none"> • L 1 (z. B. adaptive Geschwindigkeitsregelung, kontinuierlicher Spurhalteassistent, Parklenkassistent) • L 2 (z. B. Stauassistent, Schlüsselparken) • L 3 (z. B. Stau-Chauffeur, Autobahn-Chauffeur) 	8.1.2 Entwicklung von Trainingskonzepten – Schwerpunkt: Wirkweise B 8.1.3 Berücksichtigung des Anforderungswandels an das Aufmerksamkeitsmanagement der Fahrer für Funktionen der Wirkweise B	
Temporär intervenierende Funktionen (C) <ul style="list-style-type: none"> • fahrerinitiierte Unterstützung (z. B. korrigierender Spurhalteassistent, Notbremsassistent, Notausweichassistent) • systeminitiiertes Eingriff 		
Sonstiger Forschungsbedarf	8.1.5 Berücksichtigung der Veränderungen in der Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern im künftigen Mischverkehr	

Tab. 8-1: Überblick des für die „Nutzergruppen allgemein“ identifizierten Forschungsbedarfs zu den Wirkweisen A bis C.

se C (siehe Kapitel 6.3.1) müssen nicht aktiv vom Fahrer bedient werden.

Daraus ergibt sich für die Wirkweisen A-C ein unterschiedlicher Trainingsbedarf, den richtigen Umgang mit den jeweiligen Funktionen zu erlernen. Für Funktionen der:

- Wirkweise A (siehe Kapitel 6.1.2) sollte Fahrern Wissen über die Bedienfunktionen im Fahrzeuginnenraum vermittelt werden. Diese Wissensvermittlung gewinnt bei zunehmender Komplexität der Systeme für die Funktionsumfänge an Bedeutung, gegebenenfalls ergibt sich auch praktischer Trainingsbedarf. Je nach Komplexität eines FAS sollte ein Training theoretisch und praktisch erfolgen.
- Wirkweise B (siehe Kapitel 6.2.1) benötigt der Fahrer ebenso Bedienwissen, insbesondere auf Systemgrenzen bezogen. Der Schwerpunkt der Lerninhalte verschiebt sich zusätzlich stark zum praktischen Trainingsbedarf, da das Erleben und wahrscheinlich auch das Trainieren der Übernahme-situationen für das automatisierte Fahren bedeutsamer werden. Aufgrund der Komplexität der kontinuierlich automatisierenden Systeme wird der Trainingsbedarf von Level 1 bis Level 3 zunehmen.⁵

- Wirkweise C (siehe Kapitel 6.3.1) wird eine Wissensübermittlung, eine Demonstration oder ein praktisches Erleben der Systemfunktion ausreichen.

Die Entwicklung von Trainingskonzepten zur Deckung dieses Trainingsbedarfs sollte unter Berücksichtigung der Kompetenzen der einzelnen Nutzergruppen erfolgen (siehe Kapitel 8.1.2).

8.1.2 Entwicklung von Trainingskonzepten – Schwerpunkt: Wirkweise B

Es besteht aktuell für die Nutzergruppen unterschiedlicher Zugang zu Möglichkeiten, diesen Trainingsbedarf zu decken: Vorteilhaft für die Nutzergruppe der Fahrschüler ist, dass sich die Fahrschul-ausbildung als geeignetes und bereits etabliertes Setting anbietet (siehe die einleitenden Abschnitte zu Fahrschülern in Kapitel 6). Für andere Nutzer-

⁵ An dieser Stelle sei auch auf die Arbeiten der BAST-Projektgruppe: „Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung“ (GASSER et al., 2012, S.26) verwiesen. Dort wird ausgeführt, dass Systeme möglichst intuitiv bedienbar gestaltet werden sollten. Der Fall der Rückübernahme der Fahrzeugsteuerung bei Hochautomatisierung könnte potenziell einen Schulungsbedarf zwar auslösen, doch müsse sich zunächst zeigen, ob es nicht (vorrangig) gelinge, diese Fahrerübernahme ebenfalls intuitiv bedienbar auszugestalten.

gruppen gibt es bisher kaum Trainingskonzepte hierfür. Private Nutzer lernen den Umgang mit Systemen bisher fast ausschließlich im öffentlichen Verkehrsraum (siehe Kapitel 7.1, E4). Professionelle Nutzer (z.B. Berufskraftfahrer) haben eventuell die Möglichkeit ein Übungsgelände zu nutzen (siehe Kapitel 7.1, E4).

Entsprechende Trainingskonzepte sollten entwickelt werden. Es ist davon auszugehen, dass für Funktionen der Wirkweise B (Level 1-3) – im Vergleich zu Funktionen der Wirkweise A und C – umfangreichere Trainingsangebote entwickelt werden müssen. Wie umfangreich die Trainingsangebote – unter Berücksichtigung der Kompetenzen einzelner Nutzergruppen – gestaltet sein sollten, ist zukünftig zu bestimmen. In Bezug auf Funktionen der Wirkweise B ist hierbei das Ausmaß der Anforderungen an den Fahrer bei der Rückübernahme der Fahrzeugsteuerung je nach System zu berücksichtigen. So könnte es bei einzelnen Systemen gelingen, die Rückübernahme der Fahrzeugsteuerung intuitiv bedienbar auszugestalten.

Es ist weiterhin zu berücksichtigen, dass nach Aussagen der Experten FAS und Fahrzeugautomatisierung in der Lernphase immer eine zusätzliche Belastung zusätzlich zu den motorischen Fahrtätigkeiten bedeuten können (siehe Kapitel 7.1, E6), und dass eine stressfreie Trainingsumgebung zum Erlernen des Umgangs mit den Systemen wichtig sei (siehe Kapitel 7.1, E4). Dennoch könne eine stressfreie Trainingsumgebung nicht für jedes FAS ermöglicht werden (siehe Kapitel 7.1, E4). Viele Systeme (z.B. ACC, Spurverlassenswarner) müssten im laufenden Betrieb erlernt werden, wohingegen für andere Systeme (z.B. Rückfahrkamera) dies nicht immer der Fall sein muss und stressfreie Situationen ohne Zeitdruck aufgesucht werden könnten (siehe Kapitel 7.1, E4).

8.1.3 Berücksichtigung des Anforderungswandels an das Aufmerksamkeitsmanagement der Fahrer für Funktionen der Wirkweise B

Für die Funktionen der Wirkweise B und die damit verbundene Überwachungsaufgabe des Fahrers prognostizierten die Experten auf dem Workshop einen starken Anforderungswandel an das Aufmerksamkeitsmanagement (siehe Kapitel 7.1, E8):

- So werde durch eine zunehmende Automatisierung ein ständiger Informationsabgleich zwi-

schen Informationen des Systems und Informationen aus der realen Umwelt nötig (siehe Kapitel 7.1, E10).

- Dies bedinge jeweils eine Veränderung im Blickverhalten. Das Suchverhalten in der Szenerie ändere und der Blickanteil im Fahrzeuginnenraum erhöhe sich, weil eine Informationsverschiebung in das Fahrzeuginnere stattfinde (siehe Kapitel 7.1, E9).

Künftig sollten mögliche Auswirkungen dieser Informationsverschiebung in das Fahrzeuginnere auf die Verkehrssicherheit untersucht werden.

Ergänzend zeigt die Literaturanalyse, dass bei jeglicher Art von Automatisierung der Fahraufgaben die Vermittlung des Wissens über die Systemgrenzen und die Wechselwirkungen zwischen den Einzelsystemen überaus wichtig ist. Diese Forderung ist unabhängig von der Fahrerfahrung des Fahrers. Da die Funktionen der Wirkweisen A und B vom Fahrer übersteuerbar sind, ist derzeit noch nicht absehbar, wie sich die Übersteuerbarkeit langfristig auf die Fahrkompetenz des Fahrers auswirkt (siehe Kapitel 8.2 bis 8.4).

Als weiteren Forschungsgegenstand für Funktionen der Wirkweise B nannten die Experten das Systemvertrauen (siehe Kapitel 7.1, E12): Der richtige Umgang mit dem Systemvertrauen sollte vermittelt und erlernt werden. Mit steigender Systemzuverlässigkeit würde auch das Systemvertrauen mit dem Nutzungszeitraum steigen. Gleichzeitig verringere sich die Aufmerksamkeit und Überwachungsstrategien würden nicht mehr genutzt. Deutliche Gefahrenhinweise bei einem Training könnten diese Entwicklung verhindern. Bisher entwickle sich Systemvertrauen sehr unkontrolliert basierend auf der persönlichen Grundeinstellung zu automatisierten Systemen, der unterschiedlichen Systemzuverlässigkeit und den persönlichen Erfahrungen.

Aufgrund des Anforderungswandels an das Aufmerksamkeitsmanagement der Fahrer könnte besonders für Funktionen der Wirkweise B (Level 2 und 3) langfristig (z.B. im Zusammenhang mit der Teilnahme an einem Training) auch eine Prüfung rechtlichen Änderungsbedarfs erforderlich werden.

8.1.4 Berücksichtigung weiterer Nutzergruppen – Schwerpunkte: Wirkweisen A und B

Es wurden im Expertenworkshop neben Fahrschülern, Fahranfängern und fahrerfahrenen Fahrern

auch weitere Nutzergruppen angesprochen: körperlich eingeschränkte Fahrer, Fahrer mit überdauernd geringer Fahrleistung sowie ältere Fahrer. So könne beispielsweise eine Rückfahrkamera für körperlich eingeschränkte Personen nützlich sein (siehe Kapitel 7.1, E3). Auch für diese Nutzergruppen ist der Forschungsbedarf zukünftig abzuleiten und zu definieren. Hier sollte in der Ermöglichung/Erhaltung der Mobilität ein Forschungsschwerpunkt bei Funktionen der Wirkweisen A und B liegen. Insbesondere für die ältere Generation, die in der Regel alterstypische kognitive Einschränkungen wie Aufmerksamkeitsdefizite erlebt, liegt in der Erprobung bzw. Erfassung von systeminitiierten Übernahme-situationen ein weiterer Forschungsbedarf.

8.1.5 Berücksichtigung der Veränderungen in der Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern im künftigen Mischverkehr

Weiterhin zeigt die Literaturanalyse, dass für alle Nutzergruppen die besondere Rolle des künftigen Mischverkehrs berücksichtigt werden sollte (siehe Kapitel 6.2.2). Dadurch, dass künftig sowohl nicht automatisierte als auch assistierte, teil- und hochautomatisierte Fahrzeuge unterwegs sein werden, wird sich die Kommunikation zwischen den Autofahrern untereinander, aber auch zwischen Autofahrern und den schwächeren Verkehrsteilnehmern (Fußgänger, Rad- und Motorradfahrer) verändern. Um hieraus neue Kommunikationsregeln, -strategien und Maßnahmen ableiten zu können, sind im Vorfeld Studien zu Fragen der Kommunikation (z. B. Kennzeichnung automatisierter Fahrzeuge, Entwicklung von Vertrauen schwächerer Verkehrsteilnehmer zu automatisierten Fahrzeugen, Verständigung zwischen Passanten und Fahrzeugen) erforderlich.

8.2 Fahrschüler

Der Forschungsbedarf wird getrennt für die Fahrausbildung (siehe Kapitel 8.2.1) und die Fahrerlaubnisprüfungen (siehe Kapitel 8.2.2) dargestellt. Tabelle 8-2 zeigt im Überblick den für die Nutzergruppe der Fahrschüler identifizierten Forschungsbedarf zu den Wirkweisen A bis C.

8.2.1 Fahrausbildung

Kontinuierliche Weiterentwicklung von Konzepten zur Vermittlung von Wissen und Können

zum richtigen Umgang mit Funktionen der Wirkweisen A bis C

Wie bereits unter 8.1 genannt besteht für Fahrschüler – genau wie für alle anderen Nutzergruppen – ein grundsätzlicher Bedarf, notwendiges Wissen und gegebenenfalls praktische Demonstrationen zu den Systemfunktionen vermittelt zu bekommen. Es wird zur Nutzung von FAS im Rahmen der Fahrausbildung empfohlen (siehe die zusammengestellten Erkenntnisse von STURZBECHER et al. (2014) in den einleitenden Abschnitten zu Fahrschülern in Kapitel 6):

- Aneignung von Kenntnissen zum richtigen Umgang mit den Systemen.
- Kennenlernen der funktionalen Grenzen (Systemgrenzen) einzelner Systeme.
- Erwerb des Wissens darüber, dass sich die Funktionen von bestimmten Systemen je nach Bauart bei verschiedenen Kraftfahrzeugtypen unterscheiden.
- Lernen, sich nicht blindlings auf die Funktionsfähigkeit von Systemen zu verlassen.
- für Systeme, die auf der Bahnführungsebene dem Fahrer Handlungen abnehmen, sollte vermittelt werden, wie die dazugehörigen Fahraufgaben mit und ohne Unterstützung durch ein entsprechendes System bewältigt werden – zumindest solange wie nicht alle Fahrzeuge über Systeme für die Bewältigung dieser Fahraufgaben verfügen.

Erste Lernkonzepte und -vorgaben hierzu existieren für die Fahrausbildung (siehe die einleitenden Abschnitte zu Fahrschülern in Kapitel 6), sollten jedoch im Zuge des technischen Fortschritts der Systeme auch weiter aktualisiert werden. Bei der Weiterentwicklung von Lernkonzepten und -vorgaben wird zukünftig mehr als derzeit der generelle Anforderungswandel an das Aufmerksamkeitsmanagement durch zunehmende Automatisierung (siehe Kapitel 7.1, E8 und Kapitel 8.1.3) in Abhängigkeit vom Kompetenzniveau der Fahrschüler zu berücksichtigen sein:

- Fahren ist für Fahranfänger kognitiv beanspruchender als für fahrerfahrene Fahrer, da ihr Arbeitsgedächtnis bei Handlungen innerhalb der wissensbasierten Ebene mehr beansprucht wird als auf der fertigkeitbasierten Ebene (siehe Kapitel 4.2.1).

Wirkweisen / Stufen	Fahrschüler
Alle Wirkweisen	(8.2.1) Kontinuierliche Weiterentwicklung von Konzepten zur Vermittlung von Wissen und Können zum richtigen Umgang mit Funktionen der Wirkweisen A bis C (8.2.2) Kontinuierliche Weiterentwicklung von Prüfungsinhalten für Funktionen der Wirkweisen A bis C
Informierende und warnende Funktionen (A) <ul style="list-style-type: none"> • Statusinformationen (z. B. Nachsichtassistent, Verkehrszeichenerkennung, Rückfahrkamera, Einparkhilfe) • abstrakte Warnung (z. B. Spurverlassenswarner) • konkrete Warnung (z. B. Spurwechselassistent) 	(8.2.1) Untersuchung des Potenzials zur Unterstützung des Kompetenzerwerbs beim Fahrenlernen – Schwerpunkte: Wirkweisen A und B (L 1)
Kontinuierlich automatisierende Funktionen (B) <ul style="list-style-type: none"> • L 1 (z. B. adaptive Geschwindigkeitsregelung, kontinuierlicher Spurhalteassistent, Parklenkassistent) • L 2 (z. B. Stauassistent, Schlüsselparken) • L 3 (z. B. Stau-Chauffeur, Autobahn-Chauffeur) 	(8.2.1) Verhinderung des Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichem Gebrauch von Funktionen der Wirkweise B
Temporär intervenierende Funktionen (C) <ul style="list-style-type: none"> • fahrerinitiierte Unterstützung (z. B. korrigierender Spurhalteassistent, Notbremsassistent, Notausweichassistent) • systeminitiiertes Eingriff 	
Sonstiger Forschungsbedarf	(8.2.1) Empirische Beschreibung des Fahrkompetenzerwerbs

Tab. 8-2: Überblick des für die Nutzergruppe „Fahrschüler“ identifizierten Forschungsbedarfs zu den Wirkweisen A bis C.

- Funktionen der Wirkweise A (z. B. Nachsichtassistent, Rückfahrkamera, Tempomat) bewirken eine zusätzliche Anforderung an die sensorische Informationsverarbeitung, da der Blick bei jeder Warnung bzw. Information auf das entsprechende Bedienelement im Fahrzeug gerichtet werden müsste und somit eine Aufmerksamkeitsumlenkung bedeutet (siehe Kapitel 6.1.2 sowie Kapitel 7.1, E13 und E15).
- Funktionen der Wirkweise B müssen vom Fahrer überwacht werden (z. B. adaptive Geschwindigkeitsregelung, Parklenkassistent). Die Relevanz des praktischen Erlebens der Systeme und ihrer Grenzen steigt mit dem Automatisierungsgrad weiter an (siehe Kapitel 7.1, E1).
- Sowohl bei Funktionen der Wirkweise A (siehe Kapitel 6.1.2) als auch bei Funktionen der Wirkweise B (siehe Kapitel 6.2.1) sind die Vermittlung von Wissen und Können Vorbedingung für den anschließenden richtigen Umgang mit den Systemen.

Es ist aktuell unklar inwieweit die Vermittlung von Wissen und Können zu Funktionen der Wirkweise B (Level 2 und 3) in Abhängigkeit vom Kompetenzi-

veau der Fahrschüler bereits in der Fahrausbildung berücksichtigt werden kann. So stellt sich die Frage, inwieweit der Rahmen der Fahrschulerausbildung geeignet ist, praktische Demonstrationen von teil- und hochautomatisierten Funktionen der Wirkweise B für Fahrschüler durchzuführen. Die Fahrlehrerexperten auf dem Workshop führten aus, dass Fahrschüler durch die erhöhten Zusatzanforderungen, die durch eine Systemnutzung entstehen, oft überfordert seien (siehe Kapitel 7.2, E1). Für den richtigen Umgang mit Funktionen der Wirkweise B (Level 2 und 3) – die Überwachungs- und Übernahmehandlungen eines Fahrers erfordern – braucht ein Fahrer sowohl motorische Fertigkeiten für Übernahmeprozesse als auch Wissen über den notwendigen Handlungsablauf in der jeweiligen Situation (siehe Kapitel 6.2.1). Hier sollte untersucht werden inwieweit Fahrschüler – unter Anleitung durch einen Fahrlehrer – aufgrund ihrer geringen Fahrpraxis bereits über das notwendige Können und Wissen zur Bewältigung der Überwachungs- und Übernahmehandlungen verfügen. Dies wäre die Voraussetzung, um den richtigen Umgang mit Funktionen der Wirkweise B (Level 2 und 3) im Rahmen der Fahrschulerausbildung erlernen zu können.

Das Erlernen des richtigen Umgangs mit Funktionen der Wirkweisen A und B (Level 1) ist eine der Voraussetzungen dafür, dass das Potenzial zur Absenkung des Anfängerrisikos dieser FAS nach dem Fahrerlaubniswerb ausgeschöpft werden kann (siehe Kapitel 8.3).

Untersuchung des Potenzials zur Unterstützung des Kompetenzerwerbs beim Fahrenlernen – Schwerpunkte: Wirkweisen A und B (Level 1)

Neben der Notwendigkeit der Vermittlung von Wissen und Können zu FAS ergibt sich zusätzlich für FAS bei Fahrschülern auch ein Potenzial zur Unterstützung des Kompetenzerwerbs beim Fahrenlernen. Die Literaturanalyse zeigt dieses Potenzial für Funktionen der Wirkweise A und B (Level 1):

- Nach dem Erlernen des richtigen Umgangs mit den Funktionen der Wirkweise A, könnten diese für Fahrschüler und Fahranfänger eine Hilfestellung darstellen, da sie stets Rückmeldung über das laufende Verkehrsgeschehen bzw. eine Unterstützung bei der Wahrnehmung sicherheitsrelevanter Informationen (z.B. Nachsichtassistenten oder Verkehrszeichenerkennung) geben (siehe Kapitel 6.1.2).
- Funktionen der Wirkweise B (Level 1, siehe Kapitel 6.2.2) können für Fahrschüler und Fahranfänger eine Hilfestellung bei der Fahrzeugführung sein (z.B. Parklenkassistenten, Spurhalteassistenten oder adaptive Geschwindigkeitsregelung). Beispielsweise hilft die Unterstützung der automatisierten Funktion beim Erlernen der Querführung wie Ein- und ggf. Ausparken mit dem Parklenkassistenten dem Fahranfänger auch bei der Einschätzung von Entfernungen, besonders, wenn sich Hindernisse oder Personen um das Fahrzeug herum befinden.

Auch die Fahrlehrer- und Wissenschaftsvertreter berichteten dieses Potenzial auf dem Expertenworkshop für Funktionen der Wirkweise A sowie teilweise auch für Funktionen der Wirkweise B (Level 1). Dabei ergeben sich zwei Anwendungszwecke, um FAS als didaktische Mittel in der Fahrausbildung einzusetzen:

1. Wirkweisen A und B (Level 1)

Unterstützung des Kompetenzerwerbs durch Veranschaulichung von Fahrsituationen oder Fahraufgaben

Spurverlassenswarner (Wirkweise A) und Spurhalteassistenten (Wirkweise B, Level 1) eignen sich aus Expertensicht (siehe Kapitel 7.2, E2 und E6) als

didaktisches Mittel in der Fahrausbildung und werden teilweise bereits eingesetzt. Sie erlauben Fahrschülern und Fahrlehrern eine Rückmeldung über die Regelgüte der Querführung.

Auch Einparkhilfe und Parklenkassistent eignen sich als didaktisches Mittel in der Fahrausbildung (siehe Kapitel 7.2, E4 und E7). So können anhand dieser FAS wesentliche Elemente des Parkvorgangs sicht- bzw. hörbar gemacht werden, um die Erläuterungen des Fahrlehrers zu wesentlichen Elementen des Parkvorgangs zu ergänzen.

Die Fahrlehrerexperten berichteten weiterhin, dass ein ACC das Erlernen von Abstandsverhalten unterstützen könne (siehe Kapitel 7.2, E5).

2. Wirkweise B (Level 1)

Unterstützung des Kompetenzerwerbs durch Delegation von Fahraufgaben an FAS

Fahranfänger sind auf Grund geringer Fahrpraxis u.U. überfordert (siehe Kapitel 6.2.1 sowie Kapitel 7.2, E1), wenn sie Längs- und Querführung kombiniert ausführen müssen. Durch ein ACC und einen Spurhalteassistenten könnte ein Fahrschüler während der Fahrausbildung die Längs- und Querführung getrennt voneinander lernen. Der Zeitpunkt der Integration der beiden Führungsdimensionen könnte vom Fahrlehrer durch Zu- und Abschalten beider FAS für jeden Fahrschüler individuell bestimmt werden. So könnte ein Fahrschüler die Längsführung üben, während der Spurhalteassistent die Querführung übernimmt und umgekehrt. Dieser Anwendungsfall wäre dann denkbar, wenn die aktuelle oder zukünftige Regelungsgüte der Systeme einen solchen Einsatz ermöglicht. Dies ist zu prüfen.

Dieses Potenzial zur Unterstützung des Kompetenzerwerbs beim Fahrenlernen im Rahmen der Fahrschulausbildung sollte zukünftig näher untersucht werden. In Übereinstimmung mit dem technischen Fortschritt von FAS sollte hierzu auch die kontinuierliche (Weiter-)Entwicklung entsprechender Fahrausbildungsinhalte und -konzepte gehören (siehe Kapitel 6.1.2). Dabei sollten Untersuchungen einzelner Funktionen der Wirkweisen A und B (Level 1) auch Erkenntnisse aufzeigen, welche Einzelsysteme zur Unterstützung des Kompetenzerwerbs während der Fahrausbildung geeignet sind und welche nicht.

Bezüglich der Besonderheiten höherer Automatisierungslevel ergibt sich noch grundlegender Forschungsbedarf, sodass hierzu aus vorliegendem

Projekt auch erste Aussagen nicht getroffen werden können.

Empirische Beschreibung des Fahrkompetenzerwerbs

Zusätzlich sollte der Frage nachgegangen werden, wann der beste Zeitpunkt im Verlauf der Fahrausbildung für die Vermittlung von Fahrkompetenzen unter Nutzung von Systemen ist. Diese Frage lässt sich aufgrund der aktuell unvollständigen empirischen Beschreibung eines Modells des Fahrkompetenzerwerbs (siehe Kapitel 4.2.2) noch nicht beantworten. Somit ist weiterhin Forschung zur empirischen Beschreibung des Fahrkompetenzerwerbs und entsprechender Modellvorstellungen notwendig.

Verhinderung des Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichem Gebrauch von Funktionen der Wirkweise B

Durch kontinuierlich automatisierende Funktionen der Wirkweise B (z. B. Parklenkassistent, Schlüsselparken) müssen Fahrer deutlich weniger routinemäßige Handlungsabläufe ausführen (siehe Kapitel 5.2 und 6.1). Von einem ausschließlichen Gebrauch dieser Systeme während der Fahrausbildung rieten die Experten im Rahmen des Workshops ab (siehe Kapitel 7.2, E7). Ergänzend zeigen die Ergebnisse der Literaturanalyse, dass bei ausschließlichen Gebrauch dieser Systeme während der Fahrausbildung das Risiko eines Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz besteht (siehe die einleitenden Abschnitte zu Fahrschülern in Kapitel 6 und Kapitel 6.2.2). Ein Beispiel hierfür ist der Parklenkassistent. Würde dieser ausschließlich während der Fahrausbildung genutzt, ergäben sich für den Fahrschüler weniger Möglichkeiten, die für das Einparken notwendigen psychomotorischen Fertigkeiten zu erwerben. Sofern dem Fahranfänger dann nach dem Fahrerlaubnisenerwerb keine Möglichkeit zur weiteren Nutzung eines solchen Systems zur Verfügung stünde, die Notwendigkeit des selbstständigen Einparkens aber erforderlich wäre, könnte das Risiko bestehen, dass der Fahranfänger während des herkömmlichen Einparkvorgangs andere Verkehrsteilnehmer und / oder Fahrzeuge gefährden würde.

Während für Fahrschüler das potenzielle Risiko eines Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichen Gebrauch von Funktionen der Wirkweise B besteht, besteht für fahrerfahrene Fahrer das potenzielle Risiko einer Verschlechterung psychomotorischer Fertigkeiten bei überdauernder Nutzung von Funktionen der Wirkweise B (siehe Kapitel 8.4.2).

8.2.2 Fahrerlaubnisprüfungen

Kontinuierliche Weiterentwicklung von Prüfungsinhalten für Funktionen der Wirkweisen A bis C

Vorgaben zu fahrerlaubnisrelevanten Prüfinhalten für FAS existieren bereits, wie in Berichtskapitel 5.1 dargestellt (TÜV/DEKRA arge tp 21, 2011b; TÜV/DEKRA arge tp 21, 2011a). Sie sollten im Zuge des technischen Fortschritts auch weiter aktualisiert werden. In dem Maße wie der unter Kapitel 8.2.1 aufgeführte Forschungsbedarf für die Fahrschulausbildung abgedeckt wird, werden entsprechende Erkenntnisse und Befunde auch für Weiter- und Neuentwicklungen von fahrerlaubnisrelevanten Prüfinhalten bezüglich der Funktionen der Wirkweisen A-C zu berücksichtigen sein. Hierbei wird – zusätzlich zur Bestimmung des Bedarfs an Weiter- und Neuentwicklungen von Prüfinhalten – auch weiterhin zu bestimmen sein, welche Prüfungsinhalte zu den Funktionen der Wirkweisen A-C sich eher für die theoretische und welche sich eher für die praktische Fahrerlaubnisprüfung eignen. Anhängig daran werden einheitliche Prüfvorgaben und -kriterien kontinuierlich weiter/neu zu entwickeln sein (siehe die einleitenden Abschnitte zu Fahrschülern in Kapitel 6). Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass es „weder vordringlich noch möglich erscheint, den Umgang mit FAS bei der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung in konkreter Weise auf der Ebene von Gesetzen oder Verordnungen zu regeln“ (STURZBECHER et al., 2014, S.197). Zur Erarbeitung notwendiger einheitlicher Prüfvorgaben (Beobachtungsempfehlungen und allgemeinen Bewertungskriterien für Prüfungsleistungen) können als Vorgehensweise die folgenden drei Arbeitsschritte in Betracht gezogen werden (STURZBECHER et al., 2014):

1. Beurteilung und Beschreibung der Prüfungsrelevanz ausgewählter Systeme anhand verkehrswissenschaftlicher Stellungnahmen.
2. Sammlung von eventuell bereits vorhandenen Erfahrungen im Umgang mit diesen prüfungsrelevanten Systemen im Bereich der Fahrausbildung und Fahrerlaubnisprüfung; ggf. werden ergänzende Studien notwendig.
3. Bereitstellung von Prüfvorgaben für die Prüfungsdurchführung und -bewertung bei Nutzung von Systemen.

Ergänzend wäre als weiterer Schritt zu bestimmen, ob sich – basierend auf den Ergebnissen dieser drei

Wirkweisen / Stufen	Fahranfänger	
Informierende und warnende Funktionen (A) <ul style="list-style-type: none"> • Statusinformationen (z. B. Nachtsichtassistent, Verkehrszeichenerkennung, Rückfahrkamera, Einparkhilfe) • abstrakte Warnung (z. B. Spurverlassenswarner) • konkrete Warnung (z. B. Spurwechselassistent) 		8.3.1 Untersuchung des Potenzials zur Unterstützung des nach dem Fahrerlaubniserwerb andauernden Kompetenzerwerbs – Schwerpunkte: Wirkweisen A und B (L 1)
Kontinuierlich automatisierende Funktionen (B) <ul style="list-style-type: none"> • L 1 (z. B. adaptive Geschwindigkeitsregelung, kontinuierlicher Spurhalteassistent, Parklenkassistent) • L 2 (z. B. Stauassistent, Schlüsselparken) • L 3 (z. B. Stau-Chauffeur, Autobahn-Chauffeur) 	8.3.3 Verhinderung des Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichem Gebrauch von Funktionen der Wirkweise B	
Temporär intervenierende Funktionen (C) <ul style="list-style-type: none"> • fahrerinitiierte Unterstützung (z. B. korrigierender Spurhalteassistent, Notbremsassistent, Notausweichassistent) • systeminitiiertes Eingriff 		
Sonstiger Forschungsbedarf	8.3.2 Empirische Beschreibung des Fahrkompetenzerwerbs	

Tab. 8-3: Überblick des für die Nutzergruppe „Fahranfänger“ identifizierten Forschungsbedarfs zu den Wirkweisen A bis C.

Arbeitsschritte – aus Sicht des Verordnungsgebers entsprechend ein rechtlicher Anpassungsbedarf ergäbe.

8.3 Fahranfänger

Tabelle 8-3 stellt im Überblick den für die Nutzergruppe der Fahranfänger identifizierten Forschungsbedarf zu den Wirkweisen A bis C dar.

8.3.1 Untersuchung des Potenzials zur Unterstützung des nach dem Fahrerlaubniserwerb andauernden Kompetenzerwerbs – Schwerpunkte: Wirkweisen A und B (Level 1)

Anhand der Literaturbefunde aus Kapitel 4.3 und einigen Aussagen im Expertenworkshop (siehe Kapitel 7.3, E1, E2 und E3) kann für Fahranfänger ein Potenzial zur Unterstützung des nach dem Fahrerlaubniserwerb andauernden Kompetenzerwerbs für Funktionen der Wirkweise A sowie B (Level 1) abgeleitet werden. Konkrete Beispiele für Systeme der Wirkweise A und B (Level 1), für die dieses Potenzial von den Experten auf dem Workshop angegeben wurde, sind:

- Eine Verkehrszeichenerkennung könne das normative Geschwindigkeitsverhalten verstärken und damit eine erziehende Wirkung auf die Fahranfänger haben (siehe Kapitel 7.3, E1).

- Der Spurverlassenswarner könne Fahranfängern helfen, ihre Eigenleistung in der Querführung besser einzuschätzen (siehe Kapitel 7.3, E3).
- Das ACC könne das Erlernen von Abstandsverhalten unterstützen (siehe Kapitel 7.3, E2).

Ergänzend zeigt die Literaturanalyse, dass informierende und warnende Funktionen der Wirkweise A den Prozess des Erwerbs von kognitiven und psychomotorischen Fahrfertigkeiten bei Fahranfängern unterstützen können (siehe die einleitenden Abschnitte zu Fahranfängern in Kapitel 6 und 6.1.2). Nach dem Erlernen des Umgangs mit den Funktionen der Wirkweise A, könnten diese für Fahrschüler und Fahranfänger eine Hilfestellung darstellen, da sie stets Rückmeldung über das laufende Verkehrsgeschehen bzw. eine Unterstützung bei der Wahrnehmung sicherheitsrelevanter Informationen (z. B. Nachtsichtassistent oder Verkehrszeichenerkennung) geben. Hierin liegt das Potenzial der informierenden und warnenden Funktionen der Wirkweise A, das Anfängerrisiko (siehe Kapitel 4.3.2 und 4.3.3) zu senken.

Das gleiche Potenzial zeigt die Literaturanalyse für Funktionen der Wirkweise B (Level 1, z. B. ACC, Spurhalteassistent, Parklenkassistent), die fahranfängertypische Schwierigkeiten bei der Ausübung psychomotorischer Fertigkeiten, sowie bei der Gefahrenerkennung und -abwehr kompensieren könnten (siehe die einleitenden Abschnitte zu Fahranfängern in Kapitel 6 und Kapitel 6.2.2).

Entsprechend wird für Funktionen der Wirkweise A und B (Level 1) empfohlen, dieses Potenzial zur Unterstützung des andauernden Kompetenzerwerbs von Fahranfängern nach dem Fahrerlaubnis-erwerb näher zu untersuchen.

Im Vergleich zum Anfängerrisiko (siehe Kapitel 4.3.3) kann angenommen werden, dass das Jugendlichkeitsrisiko (siehe Kapitel 4.3.1) durch FAS weniger positiv beeinflusst wird. Die dazu zusammengestellten Erkenntnisse von STURZBECHER et al. (2014) in den einleitenden Abschnitten zu Fahranfängern in Kapitel 6 lassen sich auf die Wirkweisen A bis C übertragen: Bewusst gewählte kritische Fahrverhaltensweisen (z. B. zu hohe Geschwindigkeit, zu geringer Abstand) können Funktionen der Wirkweise A und B (z. B. Verkehrszeichenerkennung, adaptive Geschwindigkeitsregelung) nicht verhindern, jedoch verbessern Funktionen der Wirkweise C (z. B. Notbremsassistent, korrigierender Spurhalteassistent) das Fahrzeugverhalten und unterstützen somit den Fahrer, aus solchem Fehlverhalten resultierende kritische Fahrsituationen zu bewältigen.

8.3.2 Empirische Beschreibung des Fahrkompetenzerwerbs

Für Funktionen der Wirkweise B (Level 2 und 3) ist – ähnlich wie bei den Fahrschülern (siehe Kapitel 8.2.1) – unklar, inwieweit Fahranfänger aufgrund des andauernden Kompetenzerwerbs nach dem Fahrerlaubnis-erwerb überhaupt bereits über das

notwendige Können und Wissen zur Bewältigung der erforderlichen Überwachungs- und Übernahmehandlungen verfügen. Auch hierfür ist die empirische Beschreibung des Fahrkompetenzerwerbs und entsprechender Modellvorstellungen Voraussetzung (siehe 8.2.1). Inwiefern nur fahrerfahrene Fahrer im Vergleich zu Fahrschülern und Fahranfängern zu einer adäquaten Übernahme der Fahrzeugsteuerung in der Lage sind, sollte zukünftig in der Forschung untersucht werden (siehe Kapitel 6.2.2).

8.3.3 Verhinderung des Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichem Gebrauch von Funktionen der Wirkweise B

Weiterhin besteht für Funktionen der Wirkweise B (z. B. Parklenkassistent) bei Fahranfängern – ähnlich wie bei den Fahrschülern (siehe Kapitel 8.2.1) – das Risiko eines Nicht-Erwerbs von Fahrkompetenz bei ausschließlichem Gebrauch dieser Systeme (siehe die einleitenden Abschnitte zu Fahranfängern in Kapitel 6 und Kapitel 6.2.2).

8.4 Fahrerfahrene Fahrer

Tabelle 8-4 stellt im Überblick den für die Nutzergruppe der fahrerfahrenen Fahrer identifizierten Forschungsbedarf zu den Wirkweisen A bis C dar.

8.4.1 Bestimmung des Trainingsumfangs für Funktionen der Wirkweisen A und B

Wirkweisen / Stufen	Fahrerfahrene Fahrer	
Informierende und warnende Funktionen (A) <ul style="list-style-type: none"> • Statusinformationen (z. B. Nachtsichtassistent, Verkehrszeichenerkennung, Rückfahrkamera, Einparkhilfe) • abstrakte Warnung (z. B. Spurverlassenswarner) • konkrete Warnung (z. B. Spurwechselassistent) 		8.4.1 Bestimmung des Trainingsumfangs für Funktionen der Wirkweisen A und B
Kontinuierlich automatisierende Funktionen (B) <ul style="list-style-type: none"> • L 1 (z. B. adaptive Geschwindigkeitsregelung, kontinuierlicher Spurhalteassistent, Parklenkassistent) • L 2 (z. B. Stauassistent, Schlüsselparken) • L 3 (z. B. Stau-Chauffeur, Autobahn-Chauffeur) 	8.4.2 Untersuchung der Relevanz möglicher Verschlechterungen psychomotorischer Fertigkeiten bei überdauernder Nutzung von Funktionen der Wirkweise B	
Temporär intervenierende Funktionen (C) <ul style="list-style-type: none"> • fahrerinitiierte Unterstützung (z. B. korrigierender Spurhalteassistent, Notbremsassistent, Notausweichassistent) • systeminitiiertes Eingriff 		

Tab. 8-4: Überblick des für die Nutzergruppe „fahrerfahrene Fahrer“ identifizierten Forschungsbedarfs zu den Wirkweisen A bis C.

Aus der Expertenaussage E1 in Kapitel 7.4 geht hervor, dass FAS gerne zur Komfortsteigerung genutzt werden. Diese Aussage bezieht sich auf Funktionen der Wirkweisen A und B. Fahrerfahrene Fahrer erlernen FAS bisher in aller Regel im laufenden Betrieb (siehe Kapitel 7.1, E4). Anders als Fahrschüler hat die Nutzergruppe der fahrerfahrenen Fahrer bisher kaum Trainingsmöglichkeiten zum Erlernen des richtigen Umgangs mit FAS (siehe Kapitel 8.1.2). Die Experten berichteten auf dem Workshop, dass fahrerfahrene Fahrer den Lernaufwand für FAS selbst als gering einschätzen würden (siehe Kapitel 7.4, E1). Demgegenüber nannten die Experten für Wirkweise B die Übernahme-situation und Systemgrenzen als wichtigen Lerninhalt für alle Fahrergruppen (siehe Kapitel 7.1, E1). Gleichsam zeigt die Literaturanalyse, dass Fahrer für Funktionen der Wirkweise B zusätzliches Wissen über den Funktionsumfang, Systemzustand, Systemziel und Systemgrenzen benötigen, um beispielsweise einen systeminitiierten Übernahmeprozess geeignet umzusetzen (siehe Kapitel 6.2.1). Es ist zukünftig zu untersuchen, ob und wie intensiv Trainings abhängig von der Komplexität der Funktionen der Wirkweisen A und B für fahrerfahrene Fahrer gestaltet werden sollten. Die Bedeutung und der Nutzen passiver Instruktionen (Bedienungsanleitungen) sollte in diesem Zusammenhang ebenfalls Berücksichtigung finden. Zu klären ist auch, inwieweit eine jeweilige systemseitige intuitive Gestaltung einen Trainingsbedarf verzichtbar erscheinen lässt.

8.4.2 Untersuchung der Relevanz möglicher Verschlechterungen psychomotorischer Fertigkeiten bei überdauernder Nutzung von Funktionen der Wirkweise B

Fahrerfahrene Fahrer haben ihre psychomotorischen Fahrfertigkeiten bereits vollständig ausgebildet. Durch eine überdauernde Nutzung von Funktionen der Wirkweise B würden diese Fertigkeiten nicht mehr vollumfänglich genutzt werden. Handlungsabläufe, die vom Fahrer durch Übung automatisiert wurden, könnten verlorengehen. So könnten sich die psychomotorischen Fertigkeiten eines Fahrers durch die überdauernde Nutzung von Funktionen der Wirkweise B (hauptsächlich Level 2 und 3) auch verschlechtern (siehe Kapitel 6.2.1). Das mögliche Ausmaß dieses potenziellen Risikos der Verschlechterung von Fahrkompetenz für fahrerfahrene Fahrer und seine Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit sollte zukünftig in der Forschung berücksichtigt werden (siehe Kapitel 6.2.2).

Auch die Experten sahen die Möglichkeit einer Verschlechterung von psychomotorischen Fertigkeiten durch die dauerhafte Nutzung von Funktionen der Wirkweise B: Kompetenzverlust des fahrer-gesteuerten Fahrens bei zunehmender Übergabe von Fahraufgaben an Systeme wird als möglich eingeschätzt (siehe Kapitel 7.4, E2 und E3). Zur Einstufung des Kompetenzverlusts unterschieden die Experten Fahraufgaben nach Art und Häufigkeit der Ausführung: Bei kontinuierlichen Fahraufgaben (Autobahn) – wie Fahrstreifen folgen, Abstand und Geschwindigkeit halten – wurde der Kompetenzverlust als wenig kritisch eingestuft, wenn die Fahraufgabe von einer Funktion der Wirkweise B (z. B. adaptive Geschwindigkeitsregelung, Spurhalteassistent) übernommen würde. Bei der singular auftretenden Fahraufgabe eines Einparkvorgangs wurde der Kompetenzverlust bei ausschließlicher Nutzung eines Parklenkassistenten als gravierender eingestuft (siehe Kapitel 7.4, E2).

Es ist nach aktuellem Erkenntnisstand unklar, inwieweit sich die psychomotorischen Fertigkeiten von fahrerfahrenen Fahrern bei überdauernder Nutzung von Funktionen der Wirkweise B reduzieren bzw. routinierte Fahrfertigkeiten bei darauffolgender Wiederaufnahme des fahrer-gesteuerten Fahrens wiedererlangt würden. Derzeit ist ein überdauernder Gebrauch von Funktionen der Wirkweise B beschränkt auf Fahrsituationen auf der Autobahn (z. B. Stau-Assistenz, Autobahn-Chauffeur) sowie Einparkvorgänge (z. B. Schlüsselparken). Je mehr Fahraufgaben zukünftige Funktionen der Wirkweise B einem Fahrer abnehmen können, desto relevanter wird die Frage nach möglichen Auswirkungen dieser potenziellen Verschlechterung psychomotorischer Fertigkeiten auf die Verkehrssicherheit als Forschungsgegenstand werden. Ergänzend sei hierzu auch auf die Erkenntnisse zum Forschungsbedarf des Runden Tisches Automatisiertes Fahren verwiesen: „Es ist daher – analog zur automatisierten Flugzeugführung – zu klären, welche Anforderungen an Ausbildung und wiederkehrendes Training zu stellen sind, um möglichen Effekten aus der Degradation von Fähigkeiten zu begegnen“ (GAS-SER et al., 2015, S.10).

9 Schlussbemerkungen und Einordnung Forschungsfragen

Anhand einer Literaturanalyse wurden die Themenfelder Fahrkompetenzerwerb und zunehmende Fahrzeugautomatisierung aufgearbeitet. Kapitel 3 widmete sich allgemein dem Expertiseerwerb. In Kapitel 3.1 wurden zunächst relevante Begrifflichkeiten aus der Expertise- und Kompetenzforschung definiert, anschließend in Kapitel 3.2 der Experte in seinen Eigenschaften beschrieben und schließlich in Kapitel 3.3 allgemeingültige Modelle zum Expertise- und Kompetenzerwerb aufgeführt. Mit Hilfe dieser Grundlagen wurde in Kapitel 4 der Kompetenzerwerb konkret auf das Autofahren übertragen. Die Hauptergebnisse zum Fahrkompetenzerwerb lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Autofahren ist eine schlecht definierte und komplexe Domäne ohne eindeutige Problemstellung, richtigen Lösungswegen und Identifizierbarkeit von Erfolgskriterien (siehe Kapitel 4.1.1). Fahrerfahrene Fahrer und Fahranfänger verfügen in der Domäne Autofahren teilweise über ähnlich großes theoretisches Wissen, unterscheiden sich jedoch in der praktischen Anwendung dieses Wissens (siehe Kapitel 4.1.2). In der Domäne Autofahren kann Expertise durch Erfahrung und Übung erlangt werden (siehe Kapitel 4.1.3).
- Fahranfänger sind gegenüber fahrerfahrenen Fahrern kognitiv stärker ausgelastet (siehe Kapitel 4.2.1). Durch die zunehmend routinierte Ausführung von Fahraufgaben sinkt die kognitive Beanspruchung. Für die existierenden Modelle der Fahrkompetenz liegt bisher keine ausreichende empirische Absicherung vor (siehe Kapitel 4.2.2). Die Lernbedingungen während der Fahrausbildung und des darauffolgenden selbstständigen Fahrens unterscheiden sich (siehe Kapitel 4.2.3): Während der Fahrschulzeit werden durch Theorie- und Praxisunterricht explizites und implizites Wissen vermittelt und gelernt. Diese Lernphase findet formell und strukturiert statt. Im Gegensatz zum formellen Lernen in der Fahrschule erfolgt Lernen beim selbstständigen Fahren unstrukturiert und beiläufig. Beim Begleiteten Fahren ab 17 Jahren findet auch explizites Lernen statt, allerdings in unstrukturierter Form.
- Das Jugendlichkeitsrisiko (siehe Kapitel 4.3.1) wird geprägt durch die Risikoeinschätzung und durch den Lebensstil. Fahranfänger bringen sich

in riskante Situationen, die sie aufgrund ihrer Unerfahrenheit noch nicht kontrollieren können. Das Anfängerrisiko (siehe 4.3.2) sinkt durch ausreichende praktische Übung. In der ersten Zeit des selbstständigen Fahrens verunfallen Fahranfänger öfter durch mangelnde Erfahrung, während fahrerfahrenere Fahranfänger eher ihr Können überschätzen. Neben Befunden aus der Unfallforschung zeigen auch Vergleiche von fahrerfahrenen Fahrern und Fahranfängern bei einzelnen Fahrkompetenzen, dass der Fahrkompetenzerwerb nach dem Erwerb der Fahrerlaubnis weitergeht (siehe Kapitel 4.3.3).

In Kapitel 5 wurden aktuell verfügbare FAS (siehe Kapitel 5.1) beschrieben. Die Klassifikation von Funktionen nach ihrer Wirkweise wurde vorgestellt (siehe Kapitel 5.2) und aktuell verfügbare Systeme in diese Klassifikation eingeordnet (siehe Kapitel 5.3).

Kapitel 6 beschäftigte sich mit den Wirkweisen und den Fahrkompetenzen. Für die Wirkweisen A bis C wurde dargestellt (siehe Kapitel 6.1 bis 6.3) welchen Einfluss FAS und Fahrzeugautomatisierung auf Fahrkompetenz und Fahrkompetenzerwerb aktuell nehmen sowie zukünftig nehmen könnten.

Ergänzend zur Literaturanalyse wurden in Kapitel 7 die Ergebnisse des Expertenworkshops dargestellt. Die Befunde der Literaturanalyse wurden zusammen mit den Ergebnissen des Expertenworkshops zur Darstellung des Forschungsbedarfs in Kapitel 8 herangezogen. Der in Kapitel 8 dargestellte Forschungsbedarf wird nachfolgend nach Nutzergruppen eingeordnet:

Fahrschüler: Ein Teil des aufgezeigten Forschungsbedarfs (vgl. Kapitel 8.2) ist unabhängig von der Sicht der Wirkweise von Funktionen. Es fehlt eine empirische Beschreibung des Fahrkompetenzerwerbs. Dieser Teil ist der Grundlagenforschung aus dem lehr- und lerntheoretischen Fachbereich zuzuordnen. Entsprechende Forschungsfragen haben das Ziel ein gesamtheitliches und stimmiges Modell des Kompetenzerwerbs zu erzeugen. Bisherige Modelle für den Erwerb von Fahrkompetenz erfüllen diesen Anspruch noch nicht. Es werden operationalisierbare Größen benötigt, um den Weg vom Fahrnovizen zum Fahrexperten zuverlässig quantitativ messen zu können. Mit diesem Wissen könnten Unterstützungsbedarfe der jeweiligen Kompetenzstufen durch entsprechende Systeme gezielt bedient werden. Zur Beantwortung dieser Fragen

wird der Schwerpunkt auf aufwändigen Längsschnittstudien liegen.

Weitere in Kapitel 8.2 dargestellte Forschungsfragen beziehen sich auf die konkrete Umsetzung von Fahrausbildungs- und Fahrerlaubnisprüfungsinhalten zu den Funktionen der Wirkweisen A und B (Level 1). Hier sollte geklärt werden, wann und wie welche Funktionen der Wirkweisen A und B (Level 1) in die Fahrausbildung mit aufgenommen werden sollen. Lehrmethoden für die theoretische und praktische Fahrausbildung wären zu konzipieren und entsprechende Inhalte und Vorgaben für die Fahrerlaubnisprüfungen zu entwickeln. Dieser Entwicklungsprozess sollte auch von entsprechenden Evaluationsuntersuchungen begleitet werden. Dazu würde in Übereinstimmung mit dem technischen Fortschritt von FAS und Fahrzeugautomatisierung auch die kontinuierliche (Weiter-)Entwicklung entsprechender Fahrausbildungs- und Fahrerlaubnisprüfungsinhalte gehören. Ein Block von Aussagen in Kapitel 8.2 bezieht sich auf einzelne Systeme. Diese Fragestellungen haben ihren Ursprung häufig im Expertengespräch und zeigen, dass anwendungsnahe Fragestellungen eine starke Berücksichtigung der Wirkweise des Einzelsystems erfordern.

Der Ausbildungsschwerpunkt für Fahrschüler sollte zunächst auf Funktionen der Wirkweisen A und B (Level 1) gesetzt werden. Anwendungsbezogene Fragen zu Funktionen der Wirkweisen A und B (Level 1) sowie temporär in unfallgeneigten Situationen intervenierende Funktionen der Wirkweise C sollten bearbeitet werden, um diese FAS zeitnah einheitlich in die Fahrausbildung aufzunehmen. Bis Funktionen der Wirkweise B (Level 2 und 3) in die Fahrausbildung integriert werden, sollten Ergebnisse aus der Grundlagenforschung ein genaueres Bild liefern.

Fahranfänger: Bei der Gruppe der Fahranfänger stellt sich die allgemeine Frage, inwieweit – nach dem Erlernen des richtigen Umgangs mit FAS – eine Nutzung von Funktionen der Wirkweisen A und B (Level 1) das Unfallrisiko dieser Verkehrsteilnehmergruppe senken kann. Hier sollte das Potenzial der Funktionen der Wirkweise A und B (Level 1) zur Verringerung des Anfängerrisikos untersucht werden, damit es ausgeschöpft werden kann.

Fahrerfahrene Fahrer: Fahrexperten sind als Quereinsteiger beim Erlernen von FAS und Fahrzeugautomatisierung zu sehen. Ihr Erstkontakt findet aktuell unkontrolliert im laufenden Betrieb statt. Für

diese Nutzgruppe sollten geeignete Trainingskonzepte geschaffen werden. Zu klären ist die alternative Möglichkeit einer intuitiv erlernbaren Gestaltung und die Bedeutung von Bedienungsanleitungen (sowie interaktiver Lernformen) bei der Wissensvermittlung. Mit steigender Komplexität der Systeme gewinnt diese Forderung an Bedeutung, vor allem für Funktionen der Wirkweise B. Auch fahrerfahrene Fahrer benötigen für Funktionen der Wirkweise B zusätzliches Wissen über den Funktionsumfang, Systemzustand, Systemziel und Systemgrenzen, um beispielsweise einen systeminitiierten Übernahmeprozess geeignet umzusetzen.

Die Relevanz möglicher Verschlechterungen psychomotorischer Fertigkeiten bei überdauernder Nutzung von Funktionen der Wirkweise B (hauptsächlich Level 2 und 3) und daraus möglicherweise resultierende Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit sollten langfristig untersucht werden.

Eine Priorisierung der Fragen ist nur bedingt möglich. Durch die Polarisierung der Fragen in die Bereiche Grundlagenforschung und anwendungsbezogener Forschung ist eine parallele Bearbeitung möglich.

Literatur

- ANDERSON, J. R. (Ed.). (1982). *Cognitive skills and their acquisition*. New York: Academic Press.
- ATKINSON, R. C.; SHIFFRIN, R. M. (1969). Storage and retrieval processes in short-term memory. In: *Psychological Review*, 76, 179–193.
- BAINBRIDGE, L. (1983). Ironies of automation. In: *Automatica*, 19(6), 775–779.
- BALLESTEROS, M. F.; DISCHINGER, P. C. (2002). Characteristics of traffic crashes in Maryland (1996–1998): Differences among the youngest drivers. In: *Accident Analysis & Prevention*, 34(3), 279–284.
- BÉDARD, J.; CHI, M. (1992). Expertise. In: *Current Directions in Psychological Science*, 1(4), 135–139.
- BURGARD, E. (2005). *Fahrkompetenz im Alter. Die Aussagekraft diagnostischer Instrumente bei Senioren und neurologischen Patienten* (Dissertation). Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- CASNER, S. M.; GEVEN, R. W.; RECKER, M. P.; SCHOOLER, J. W. (2014). The retention of manual flying skills in the automated cockpit. In: *Human Factors*, 56(8), 1506–1516.
- CHASE, W. G.; ERICSSON, K. A. (1982). Skill and working memory. In: BOWER, G. H. (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 16, pp. 1–58). New York: Academic Press.
- CHASE, W. G.; SIMON, H. A. (1973). In: *Perception in chess*. In: *Cognitive Psychology*, 4, 55–81.
- CHI, M.; FELTOVICH, P. J.; GLASER, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. In: *Cognitive Science: a Multidisciplinary Journal*, 5(2), 121–152.
- CHI, M.; GLASER, R.; REES, E. (1982). Expertise in problem solving. In: STERNBERG, R. J. (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 1, pp. 7–75). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- CHI, M. T.; GLASER, R.; FARR, M. J. (Eds.). (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- COOPER, P. J.; PINILI, M.; CHEN, W. (1995). An examination of the crash involvement rates of novice drivers aged 16 to 55. In: *Accident Analysis & Prevention*, 27(1), 89–104.
- DAMBÖCK, D. (2013). *Automatiseffekte im Fahrzeug - von der Reaktion zur Übernahme* (Dissertation). Technische Universität München, Garching.
- DONGES, E. (1982). Aspekte der aktiven Sicherheit bei der Führung von Personenkraftwagen. In: *Automobil-Industrie*, 2(27), 183–190.
- DONGES, E. (2009). *Fahrerverhaltensmodelle*. In: WINNER, H.; HAKULI, S.; WOLF, G. (Eds.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort* (1st ed., ISBN 978-3-8348-0287-3, pp. 15–23). Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- DREYFUS, S. E.; DREYFUS, H. L. (1980). A five-stage model of the mental activities involved in directed skill acquisition. Research report AD-A084551. Berkeley, CA: California University Berkeley Operations Research Center.
- ELANDER, J.; WEST, R.; FRENCH, D. (1993). Behavioural correlates of individual differences in road-traffic crash risk: An examination of methods and findings. In: *Psychological Bulletin*, 113, 279–294.
- ELLINGHAUS, D., & STEINBRECHER, J. (1990). *Junge Fahrer: Besser oder schlechter als ihr Ruf? Uniroyal Verkehrsuntersuchung: Vol. 15*. Köln: Ifaplan.
- ENDSLEY, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. In: *Human Factors*, 37(1), 32–64.
- ENDSLEY, M. R.; KIRIS, E. O. (1995). The out-of-the-loop performance problem and level of control in automation. In: *Human Factors*, 37(2), 381–394.
- ENGIN, T.; KOCHERSCHIED, K.; FELDMANN, M.; RUDINGER, G. (2010). *Entwicklung und Evaluation eines Screening-Tests zur Erfas-*

- sung der Fahrkompetenz älterer Kraftfahrer (SCREEMO). Berichte der BAST, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 210. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- ERICSSON, K. A.; KINTSCH, W. (1995). Long-term working memory. In: *Psychological Review*, 100(3), 211–245.
- ERICSSON, K. A.; KRAMPE, R. T.; TESCH-RÖMER, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. In: *Psychological Review*, 100(3), 363–406.
- GASSER, T. M.; ARZT, C.; AYOUBI, M.; BARTELS, A.; EIER, J.; FLEMISCH, F. et al. (2012). Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung: Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe. Berichte der BAST, Reihe Fahrzeugtechnik, Heft F 83. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- GASSER, T. M.; AUERSWALD, R. (2016). Vervollständigung der Landkarte Fahrzeugautomatisierung: Ein Diskussionsentwurf. UR: BAN. UR: BAN Abschlusskonferenz. 18.-19.02.2016, Garching. Retrieved from <http://urban-online.org/de/publikationen/index.html>*31.5.2016.
- GASSER, T. M.; SCHMIDT, E.; BENGLER, K.; CHIPELLINO, U.; DIEDERICHS, F.; ECKSTEIN, L. et al. (2015). Bericht zum Forschungsbedarf: Runder Tisch Automatisiertes Fahren - AG Forschung. Retrieved from http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bericht-zum-forschungsbedarf-runder-tisch-automatisiertes-fahren.pdf?__blob=publicationFile*26.07.2016.
- GASSER, T. M.; SEECK, A.; SMITH, B. W. (2015). Rahmenbedingungen für die Fahrerassistenzentwicklung. In: WINNER, H.; HAKULI, S.; LOTZ, F.; SINGER, C. (Eds.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort* (3rd ed., pp. 27–54). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- GENTNER, D. R. (1988). Expertise in typewriting. In: CHI, M. T.; GLASER, R.; FARR, M. J. (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 1–21). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- GLASER, R.; CHI, M. (1988). Overview. In: CHI, M. T.; GLASER, R.; FARR, M. J. (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 15–28). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- GRATTENTHALER, H.; KRÜGER, H.-P.; SCHOCH, S. (2009). Bedeutung der Fahrpraxis für den Kompetenzerwerb beim Fahrlernen: Literaturstudie. Berichte der BAST, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 201. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- GRAYSON, G. B.; MAYCOCK, G.; GROEGER, J. A.; HAMMOND, S. M.; FIELD, D. T. (2003). Risk, hazard perception and perceived control. TRL Report 560 (Behavioural study No. TT/12498;DPU 9/31/14). Crowthorne, UK: Transportation Research Laboratory.
- GRAYSON, G. B.; SEXTON, B. F. (2002). The development of hazard perception testing: Prepared for Road Safety Division, Department for Transport. TRL Report 558. Crowthorne, UK: Transportation Research Laboratory.
- GREGERSEN, N. P. (1996). Young drivers' overestimation of their own skill - an experiment on the relation between training strategy and skill. In: *Accident Analysis & Prevention*, 28(2), 243–250.
- GROEGER, J. A. (2000). Understanding driving: Applying cognitive psychology to a complex everyday task. *Frontiers of cognitive science*. Hove: Psychology Press.
- GRUBER, H. (1994). Expertise: Modelle und empirische Untersuchungen. Beiträge zur psychologischen Forschung: Vol. 34. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- GRUBER, H.; LEHMANN, A. C. (2007). Entwicklung von Expertise und Hochleistung in Musik und Sport. (Forschungsbericht Nr. 26). Regensburg: Universität Regensburg, Institut für Pädagogik, Lehrstuhl für Lehr-Lern-Forschung.
- GRUBER, H.; MANDL, H. (1995). Auswirkungen von Erfahrung auf die Entwicklung von Expertise. (Forschungsbericht Nr. 45). München: Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik.
- GRUBER, H.; MANDL, H. (1996). Das Entstehen von Expertise. In: HOFFMANN, J.; KINTSCH, W. (Eds.), *Enzyklopädie der Psy-*

- chologie. Serie Kognition. Band Lernen (pp. 583–615). Göttingen: Hogrefe.
- HARTIG, J.; KLIEME, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In: SCHWEIZER, K. (Ed.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (pp. 127–143). Heidelberg: Springer.
- HATAKKA, M.; KESKINEN, E.; GREGERSEN, N. P.; GLAD, A. (1999). Theories and aims of educational and training measures. In: SIEGRIST, S. (Ed.), *Driver training, testing and licensing. Towards theory-based management of young drivers' injury risk in road traffic. Results of EU-project GADGET, Work Package 3, BFU-report 40* (pp. 13–48). Bern: Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- HODGES, N. J.; HUYS, R.; STARKES, J. L. (2007). Methodological review and evaluation of research in expert performance in sport. In: TENENBAUM, G.; EKLUND, R. C. (Eds.), *Handbook of Sport Psychology* (3rd ed., pp. 161–183). Hoboken, NJ: Wiley.
- JONAH, B. A. (1986). Accident risk and risk-taking behaviour among young drivers. In: *Accident Analysis and Prevention*, 18, 255–271.
- KAHNEMAN, D.; TREISMAN, A. (1984). Changing views of attention and automaticity. In: PARASURAMAN, R.; DAVIES, D. R.; BEATTY, J. (Eds.), *Variants of attention* (pp. 29–61). New York: Academic Press.
- KESKINEN, E. (1996). Warum ist die Unfallrate junger Fahrer und Fahrerinnen höher? In: Bundesanstalt für Straßenwesen (Ed.), *Junge Fahrer und Fahrerinnen. Berichte der BAST, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 52* (pp. 42–55). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- KLIEME, E.; LEUTNER, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen: Überarbeitete Fassung des Antrags an die DFG auf Einrichtung eines Schwerpunktprogramms. Retrieved from http://kompetenzmodelle.dipf.de/pdf/rahmenantrag*28.6.2016.
- KLIEME, E.; MAAG-MERKI, K.; HARTIG, J. (2007). Kompetenzbegriff und Bedeutung von Kompetenzen im Bildungswesen. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Ed.), *Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik. Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung* (Vol. 20, pp. 5–16). Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- KOLODNER, J. L. (1983). Towards an understanding of the role of experience in the evolution from novice to expert. In: *International Journal of Man-Machine Studies*, (19), 497–518.
- KREMS, J. F. (1994). Wissensbasierte Urteilsbildung: Diagnostisches Problemlösen durch Experten und Expertensysteme (1. ed). Aus dem Programm Huber. *Psychologie-Forschung*. Bern: Huber.
- KROJ, G.; SCHULZE, H. (2002). Das Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer - Ursachen und Lösungsperspektiven. In: Bundesanstalt für Straßenwesen (Ed.), *Zweite Internationale Konferenz Junge Fahrer und Fahrerinnen. Berichte der BAST, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 143* (pp. 21–28). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- LAAPOTTI, S.; KESKINEN, E.; HATAKKA, M.; KATILA, A. (2001). Novice drivers' accidents and violations – a failure on higher or lower hierarchical levels of driving behaviour. In: *Accident Analysis & Prevention*, 33, 759–769.
- LESGOLD, A.; RUBINSON, H.; FELTOVICH, P.; GLASER, R.; KLOPFER, D.; WANG, Y. (1988). Expertise in a complex skill: Diagnosing x-ray pictures. In: CHI, M. T.; GLASER, R.; FARR, M. J. (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 311–342). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- LEUTNER, D.; BRÜNKEN, R. (2002). Lehr-lernpsychologische Grundlagen des Erwerbs von Fahr- und Verkehrskompetenzen. In: Bundesanstalt für Straßenwesen (Ed.), *Zweite Internationale Konferenz Junge Fahrer und Fahrerinnen. Berichte der BAST, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 143* (pp. 76–87). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

- LEUTNER, D.; BRÜNKEN, R.; WILLMES-LENZ, G. (2009). Fahren lernen und Fahrausbildung. In: KRÜGER, H.-P. (Ed.), *Enzyklopädie der Psychologie: Verkehrspsychologie 2. Anwendungsfelder der Verkehrspsychologie* (pp. 1–79). Göttingen: Hogrefe.
- MALONE, S. (2012). *Computerbasierte Messung von Teilaspekten der Fahrkompetenz. Besonderheiten des Expertiseerwerbs beim Autofahren* (Dissertation). Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- MAYCOCK, G.; LOCKWOOD, C. R.; LESTER, J. F. (1991). *The accident liability of car drivers*. Research report TRRL RR 315, UMTRI-8240. Crowthorne, UK: Transport and Road Research Laboratory.
- MAYHEW, D. R.; SIMPSON, H. M. (1996). *Effectiveness and role of driver education and training in a graduated licensing system*. Ottawa, Canada: Traffic Injury Research Foundation.
- MAYHEW, D. R.; SIMPSON, H. M.; PAK, A. (2003). *Changes in collision rates among novice drivers during the first months of driving*. In: *Accident Analysis & Prevention*, 35(5), 683–691.
- MCKNIGHT, A. J.; MCKNIGHT, S. A. (2003). *Young novice drivers: Careless or clueless?* In: *Accident Analysis & Prevention*, 35(6), 921–925.
- MILLER, G. A. (1956). *The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*. In: *Psychological Review*, 63, 81–96.
- OERTER, R. (1997). *Beiläufiges Lernen - nur eine beiläufige Angelegenheit?* In: GRUBER H.; RENKL, A. (Eds.), *Aus dem Programm Huber: Psychologie Forschung. Wege zum Können. Determinanten des Kompetenzerwerbs* (1st ed., pp. 138–153). Bern: Huber.
- POSNER, M. I. (1988). *Introduction: What is it to be an expert?* In: CHI, M. T.; GLASER, R.; FARR, M. J. (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 29–36). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- RASMUSSEN, J. (1983). *Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models*. In: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 13(3), 257–266.
- RASMUSSEN, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction: An approach to cognitive engineering* (2. print). North-Holland series in system science and engineering: Vol. 12. New York, NY: North-Holland.
- SCHADE, F.-D. (2001). *Verkehrsauffälligkeit mit und ohne Unfällen bei Fahranfängern. (Reanalyse von Rohdaten der Untersuchung von HANSJOSTEN & SCHADE, 1997 „Legalbewährung von Fahranfängern“, Berichte der BAST, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 71)*. Flensburg: Kraftfahrtbundesamt.
- SHIFFRIN, R. M.; ATKINSON, R. C. (1971). *The control of short-term memory*. In: *Scientific American*, 225, 82–90.
- SPIRO, R. J.; COULSON, R. L.; FELTOVICH, R. J.; ANDERSON, D. K. (1988). *Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains*. In: PATEL, V. (Ed.), *Tenth annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 375–385). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- SPIRO, R. J.; FELTOVICH, P. J.; JACOBSON, M. J.; COULSON, R. L. (1991). *Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains*. In: *Educational Technology*, 31(5), 24–33.
- SPIRO, R. J.; JEHNG, J. C. (1990). *Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter*. In: NIX, D.; SPIRO, R. J. (Eds.), *Cognition, education, and multimedia. Exploring ideas in high technology* (pp. 163–205). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- SPOLANDER, K. (1982). *Inexperienced drivers' behaviour, abilities and attitudes*. Stockholm: Swedish National Road Traffic Research Institute.
- Statistisches Bundesamt. (2008). *Verkehrsunfälle: Unfälle von 18- bis 24-jährigen im Straßenverkehr 2007*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

- Statistisches Bundesamt. (2010). Verkehrsunfälle: Unfälle von 18–24-Jährigen im Straßenverkehr 2009. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- STIENSMEIER-PELSTER, J. (2007). Abschlussbericht zum Niedersächsischen Modellversuch Begleitetes Fahren ab 17: Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. Gießen: Justus-Liebig-Universität, Fachbereich 06 - Psychologie und Sportwissenschaften.
- STIENSMEIER-PELSTER, J.; SCHÖNE, C. (2005). Wirkungen des Begleiteten Fahrens ab 17: Unfallgeschehen und Legalbewährung in den ersten drei Monaten des selbstständigen Fahrens. Symposium zum Niedersächsischen Modellversuch „Begleitetes Fahren mit 17“. 14.11.2005, Berlin.
- STURZBECHER, D. (2010). Methodische Grundlagen der praktischen Fahrerlaubnisprüfung. In: STURZBECHER, D.; BÖNNINGER, J.; RÜDEL, M. (Eds.), *Praktische Fahrerlaubnisprüfung – Grundlagen und Optimierungsmöglichkeiten*. Berichte der BAST, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 215 (pp. 17–38). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- STURZBECHER, D.; MÖRL, S.; KALTENBAEK, J. (2014). Optimierung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung. Berichte der BAST, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 243. Bremen: Fachverlag NW.
- STURZBECHER, D.; WEIßE, B. (2011). Möglichkeiten der Modellierung und Messung von Fahrkompetenz. In: TÜV/DEKRA (Ed.), *Innovationsbericht zur Optimierung der Theoretischen Fahrerlaubnisprüfung*. Berichtszeitraum 2009/2010 (pp. 16–34). Dresden, Germany: TÜV/DEKRA arge tp 21.
- TÜV/DEKRA arge tp 21 (Ed.). (2011a). *Fahrerassistenzsysteme und die Prüfung von Fahrkompetenz in der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung*. (Kompaktwissen). Dresden.
- TÜV/DEKRA arge tp 21 (Ed.). (2011b). *Fahrerassistenzsysteme und die Prüfung von Fahrkompetenz in der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung*. (Arbeitshilfe). Dresden.
- VOLLRATH, M. (2010). Welche Fehler führen zu Unfällen? In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 56(1), 31–36.
- WEINERT, F. E. (2001). Concept of competence: A conceptual clarification. In: D. S. RYCHEN & L. H. SALGANIK (Eds.), *Defining and selecting key competencies* (pp. 45–66). Göttingen: Hogrefe & Huber Publishers.
- WILLIAMS, A. F. (2003). Teenage drivers: patterns of risk. In: *Journal of Safety Research*, 34, 5–15.

Anhang

Expertengespräch „Einfluss zunehmender Fahrzeugautomatisierung auf Fahrkompetenz und Fahrkompetenzerwerb“ am 09.09.2015

		Anforderungswandel zum manuellen Fahren [I]	Relevanz für den Kompetenzerwerb [II]	Einbindung in die Fahrerlaubnisprüfung [III]	Verlust von Fahrkompetenz [IV]	Übernahmeprozess [V]
Kategorie A: informierende und warnende Funktion		Spurverlassenswarnung				
		Nachtsichtassistent				
		Verkehrszeichenerkennung				
		Rückfahrkamera				
		Einparkhilfe (PDC)				
Kategorie B: Kontinuierlich automatisierende Funktion	Assistiert (Level 1)	CC (Geschwindigkeitsregelung)				
		ACC (adaptive Geschwindigkeitsregelung)				
		Spurhalteassistent				
		Parklenkassistent				
	Teil-automatisiert (Level 2)	Stauassistent				
		Schlüsselparken				
	Hoch-automatisiert (Level 3)	Stau-Chauffeur				
		Autobahn-Chauffeur				
Kategorie C: Eingreifende Notfallfunktionen		Notbremsassistent (fahrerinitiiert)				
		Notbremssystem (systeminitiiert)				

Arbeitsauftrag - Fragestellungen zu den Themenschwerpunkten [I]-[V]

- [I] Inwiefern wandeln sich die Anforderungen, die an einen Fahrer gestellt werden durch FAS und Automatisierung?
 [I] Fallen Anforderungen weg oder finden Schwerpunktsverschiebungen statt?
- [II] Welche Relevanz haben FAS und Automatisierung für den Kompetenzerwerb?
 [II] Wie sollen FAS und Automatisierung in den Kompetenzerwerb integriert werden (Reihenfolge)?
 [II] Bsp. ACC: Kann es zu einem bestimmten Abstandsverhalten erziehen?
- [III] Sollen FAS und Automatisierung in die Fahrerlaubnisprüfung aufgenommen werden?
 [III] Wie sollen FAS und Automatisierung in die Fahrerlaubnisprüfung integriert werden?
- [IV] Verursachen FAS und Automatisierung einen Kompetenzverlust bei fahrfahrenen Fahrern?
- [V] Welche Anforderungen sind speziell für Übernahmesituationen gefordert?

Bilder

- Bild 3-1: Modell der Informationsverarbeitung (nach ATKINSON & SHIFFRIN, 1969; SHIFFRIN & ATKINSON, 1971 aus LEUTNER & BRÜNKEN, 2002)
- Bild 4-1: Hierarchisches Modell des Fahrverhaltens (nach HATAKKA, KESKINEN, GREGERSEN & GLAD, 1999)
- Bild 4-2: Vereinfachtes Modell der Handlungskontrolle auf drei Ebenen (übersetzt von LEUTNER & BRÜNKEN, 2002 nach RASMUSSEN, 1986)
- Bild 4-3: Fahrverhaltensmodell nach DONGES (2009) zur Verknüpfung von inhaltlichen Handlungsanforderungen nach DONGES (1982) und Automatisierungsanforderungen nach RASMUSSEN (1983)
- Bild 4-4: Strukturmodell der inhaltlichen Anforderungsebenen und psychischen Komponenten von Fahrkompetenz (aus STURZBECHER & WEIßE, 2011)
- Bild 4-5: Kompetenzerwerbsmodell des Lernverlaufs (aus GRATTENTHALER et al., 2009)
- Bild 4-6: Unfälle mit Delikteintragung im Verkehrszentralregister von Fahranfängern in den ersten vier Jahren ihrer Fahrerkarriere; Jahr des Fahrerlaubniserwerbs: 1987; Männer: N=5205; Frauen: N=6095 (aus SCHADE, 2001)
- Bild 4-7: Darstellung von Anfänger- und Jugendlichkeitsrisiko anhand der vorhergesagten jährlichen Unfallrate für Fahranfänger mit unterschiedlichem Einstiegsalter (nach MAYCOCK et al., 1991 aus LEUTNER et al., 2009)
- Bild 5-1: Kategorisierung von Automatisierungsstufen (Level 0-5) innerhalb der Wirkweise B (GASSER & AUERSWALD, 2016)

Tabellen

- Tabelle 3-1: Transformation mentaler Funktionen auf den Stufen des Modells des Fertigkeitserwerbs nach DREYFUS und DREYFUS (1980)
- Tabelle 5-1: Kategorisierung der Funktionen von FAS nach ihrer Wirkweise (GASSER & AUERSWALD, 2016)
- Tabelle 5-2: Matrix, in der die Wirkweisen A bis C mit beispielhafter Nennung von FAS den in diesem Bericht betrachteten Nutzergruppen mit unterschiedlicher Fahrkompetenz (Fahrschüler, Fahranfänger, fahrerfahrene Fahrer) gegenübergestellt werden.
- Tabelle 8-1: Überblick des für die Nutzergruppen allgemein identifizierten Forschungsbedarfs zu den Wirkweisen A bis C.
- Tabelle 8-2: Überblick des für die Nutzergruppe Fahrschüler identifizierten Forschungsbedarfs zu den Wirkweisen A bis C.
- Tabelle 8-3: Überblick des für die Nutzergruppe Fahranfänger identifizierten Forschungsbedarfs zu den Wirkweisen A bis C.
- Tabelle 8-4: Überblick des für die Nutzergruppe fahrerfahrene Fahrer identifizierten Forschungsbedarfs zu den Wirkweisen A bis C.

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

2011

- F 81: Potential aktiver Fahrwerke für die Fahrsicherheit von Motorrädern
Wunram, Eckstein, Rettweiler € 15,50
- F 82: Qualität von on-trip Verkehrsinformationen im Straßenverkehr – Quality of on-trip road traffic information – BAST-Kolloquium 23. & 24.03.2011
Lotz, Luks € 17,50
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

2012

- F 83: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung – Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe
Gasser, Arzt, Ayoubi, Bartels, Bürkle, Eier, Flemisch, Häcker, Hesse, Huber, Lotz, Maurer, Ruth-Schumacher, Schwarz, Vogt € 19,50
- F 84: Sicherheitswirkungen von Verkehrsinformationen – Entwicklung und Evaluation verschiedener Warnkonzepte für Stauendwarnungen
Bogenberger, Dinkel, Totzke, Naujoks, Mühlbacher € 17,00
- F 85: Cooperative Systems Stakeholder Analysis
Schindhelm, Calderaro, Udin, Larsson, Kernstock, Jandrisits, Ricci, Geißler, Herb, Vierkötter € 15,50

2013

- F 86: Experimentelle Untersuchung zur Unterstützung der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen für ältere Kraftfahrer
Hoffmann, Wipking, Blanke, Falkenstein € 16,50
- F 87: 5th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 88: Comparative tests with laminated safety glass panes and polycarbonate panes
Gehring, Zander € 14,00
- F 89: Erfassung der Fahrermüdigkeit
Platho, Pietrek, Kolrep € 16,50
- F 90: Aktive Systeme der passiven Fahrzeugsicherheit
Nuß, Eckstein, Berger € 17,90
- F 91: Standardisierungsprozess für offene Systeme der Straßenverkehrsstelematik
Kroen € 17,00
- F 92: Elektrofahrzeuge – Auswirkungen auf die periodisch technische Überwachung
Beyer, Blumenschein, Bönninger, Grohmann, Lehmann, Meißner, Paulan, Richter, Stiller, Calker € 17,00

2014

- F 93: Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung der Fahrerbeanspruchung beim Motorradfahren
Buld, Will, Kaussner, Krüger € 17,50
- F 94: Biokraftstoffe – Fahrzeugtechnische Voraussetzungen und Emissionen
Pellmann, Schmidt, Eckhardt, Wagner € 19,50
- F 95: Taxonomie von Fehlhandlungen bei der Fahrzeugführung
Oehme, Kolrep, Person, Byl € 16,50
- F 96: Auswirkungen alternativer Antriebskonzepte auf die Fahrdynamik von Pkw
Schönemann, Henze € 15,50
- F 97: Matrix von Lösungsvarianten Intelligenter Verkehrssysteme (IVS) im Straßenverkehr
Matrix of alternative implementation approaches of Intelligent Transport Systems (ITS) in road traffic
Lotz, Herb, Schindhelm, Vierkötter
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 98: Absicherungsstrategien für Fahrerassistenzsysteme mit Umfeldwahrnehmung
Weitzel, Winner, Peng, Geyer, Lotz Sefati € 16,50
- F 99: Study on smoke production, development and toxicity in bus fires
Hofmann, Dülsen € 16,50

2015

- F 100: Verhaltensbezogene Kennwerte zeitkritischer Fahrmanöver
Powelleit, Muhrer, Vollrath, Henze, Liesner, Pawellek € 17,50
- F 101: Altersabhängige Anpassung von Menschmodellen für die passive Fahrzeugsicherheit
Wagner, Segura, Mühlbauer, Fuchs, Peldschus, Freßmann € 19,00
- F 102: 6th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 103: Technische Möglichkeiten für die Reduktion der CO₂-Emissionen von Nutzfahrzeugen
Süßmann, Lienkamp
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 104: Abbiege-Assistenzsystem für Lkw – Grundlagen eines Testverfahrens
Schreck, Seiniger € 14,50
- F 105: Abgasverhalten von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen – Feldüberwachung
Schmidt, Georges € 14,50
- F 105b: Examination of pollutants emitted by vehicles in operation and of emission relevant components – In-service conformity
Schmidt, Johannsen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 106: Untersuchung des Abgasverhaltens von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen – Austauschkatalsatoren
Schmidt, Johannsen € 13,50

F 106b: Examination of pollutants emitted by vehicles in operation and of emission relevant components – Replacement catalytic converters

Schmidt, Johannsen

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

F 107: Sicherheitsaspekte beim Laden von Elektrofahrzeugen

Vogt, Link, Ritzinger, Ablingyte, Reindl € 16,50

F 108: Interoperabilität zwischen öffentlichem Verkehrsmanagement und individuellen Navigationsdiensten – Maßnahmen zur Gewährleistung

von der Ruhren, Kirschfink, Ansorge, Reusswig, Riegelhuth, Karina-Wedrich, Schopf, Sparmann, Wöbbeking, Kannenberg € 17,50

F 109: Ermittlung des Umfangs von Abweichungen bei Durchführung der Abgasuntersuchung zwischen Messung am Auspuff und Abfrage des On-Board-Diagnosesystems

Schröder, Steickert, Walther, Ranftl

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

F 110: Wahrnehmung und Bewertung von Fahrzeugaußengeräuschen durch Fußgänger in verschiedenen Verkehrssituationen und unterschiedlichen Betriebszuständen

Altinsoy, Landgraf, Rosenkranz, Lachmann, Hagen, Schulze, Schlag

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

F 111: Geräuschminderung von Dünnschichtbelägen

Schulze, Kluth, Ruhnau, Hübelt

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

2016

F 112: Ersatz von Außenspiegeln durch Kamera-Monitor-Systeme bei Pkw und Lkw

Schmidt, Hoffmann, Krautscheid, Bierbach, Frey, Gail, Lotz-Keens

€ 17,50

F 112b: Final Report Camera-Monitor-Systems as a Replacement for Exterior Mirrors in Cars and Trucks

Schmidt, Hoffmann, Krautscheid, Bierbach, Frey, Gail, Lotz-Keens
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 113: Erweiterung der Software TREMOD um zukünftige Fahrzeugkonzepte, Antriebe und Kraftstoffe

Bergk, Heidt, Knörr, Keller

€ 15,50

F 114: Barrierefreiheit bei Fernlinienbussen

Oehme, Berberich, Maier, Böhm

€ 17,50

F 115: Statischer und dynamischer Fahrsimulator im Vergleich – Wahrnehmung von Abstand und Geschwindigkeit

Frey

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

2017

F 116: Lang-Lkw – Auswirkung auf Fahrzeugsicherheit und Umwelt

Süßmann, Förg, Wenzelis

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

F 117: 7th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference 2016 at Hannover Medical School

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

F 118: Bedeutung kompensativer Fahrerstrategien im Kontext automatisierter Fahrfunktionen

Voß, Schwalm € 16,50

F 119: Fahrzeugtechnische Eigenschaften von Lang-Lkw

Förg, Süßmann, Wenzelis, Schmeiler

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

F 120: Emissionen von über 30 Jahre alten Fahrzeugen

Steven, Schulte, Hammer, Lessmann, Pomsel

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

F 121: Laufleistungsabhängige Veränderungen der CO₂-Emissionen von neuen Pkw

Pellmann, Schmidt

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

2018

F 122: Revision der Emissionsmodellierung für leichte Nutzfahrzeuge – Bedarfsanalyse auf Basis einer Vorstudie

Auf der Maur, Strassburg, Knörr, Heidt, Wuethrich

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

F 123: Motorradschutzhelme – Identifizierung ihres Verbesserungspotenzials unter Berücksichtigung des Motorradunfallgeschehens

Pollak, Schueler, Bourdet, Deck, Willinger

€ 19,50

F 124: Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste

Heinrich, Pollesch, Schober, Stamatakis, Grzebellus, Radike, Schneider, Stapelfeld, Huber

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

F 125: Untersuchung zu Elektrokleinstfahrzeugen

Bierbach, Adolph, Frey, Kollmus, Bartels, Hoffmann, Halbach

€ 19,50

2019

F 126: Einfluss zunehmender Fahrzeugautomatisierung auf Fahrkompetenz und Fahrkompetenzerwerb

Weißgerber, Grattenthaler, Hoffmann

€ 15,50

Zu beziehen über:

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 03-63

Alternativ können alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website gesucht und bestellt werden.

www.schuenemann-verlag.de

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können auf Anfrage als »Book on Demand« hergestellt werden.