

E-Learning Unterrichtskonzepte für die Fahranfänger- vorbereitung

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 331

bast

E-Learning Unterrichtskonzepte für die Fahranfänger- vorbereitung

von

Jana Hilz
Sarah Malone
Roland Brünken

Universität des Saarlandes
Fachrichtung Bildungswissenschaften
Saarbrücken

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 331

bast

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

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

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

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

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

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

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

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 82.0564

E-Learning Unterrichtskonzepte für die
Fahranfängervorbereitung

Fachbetreuung

Michael Bahr

Referat

Fahreignung, Fahrausbildung, Kraftfahrerrehabilitation

Herausgeber

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

Redaktion

Stabsstelle Presse und Kommunikation

Druck und Verlag

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

www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9315
ISBN 978-3-95606-704-4

Bergisch Gladbach, August 2022

Kurzfassung – Abstract

E-Learning Unterrichtskonzepte für die Fahranfängervorbereitung

Ziel des vorliegenden Projektes war die Entwicklung eines computerbasierten Trainings, das gewinnbringend in der Fahranfängervorbereitung eingesetzt werden kann sowie der empirische Wirksamkeitsnachweis dieser Lernanwendung.

Entwickelt und evaluiert wurde ein multimediales Lernangebot, das den Erwerb sicherheitsrelevanter Fahrkompetenzen unterstützen sollte. Im Fokus stand die Vermittlung von Teilkompetenzen, die bei Fahranfängern noch weniger gut entwickelt und daher unfallrelevant sein können. In diesem Zusammenhang erschien die Förderung von Gefahrenwahrnehmung und damit verbunden Teilfertigkeiten geeignet.

Die Erstellung der Lernanwendung erfolgte unter Berücksichtigung allgemein geltender Gestaltungsrichtlinien für multimediales Lehr-Lernmaterial. Zur Veranschaulichung kritischer Verkehrsszenen wurden dynamische Visualisierungen (Computeranimationen) eingesetzt. Konzeptionell basiert die entwickelte Lernanwendung auf einem Instruktionsdesignmodell, das explizit auf die Förderung komplexer Fertigkeiten ausgerichtet ist, dem Four-Component Instructional Design (4C/ID)-Modell.

Neben authentischen Lernaufgaben sowie Teilübungsaufgaben postuliert das 4C/ID-Modell Unterstützende und Prozedurale Lerninformationen als unverzichtbare Komponenten von Lernumgebungen zur Förderung komplexer Fertigkeiten. In zwei Studien wurden daher zunächst geeignete Lernszenarien zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung identifiziert sowie einerseits überprüft, ob Unterstützende und Prozedurale Zusatzinformationen für den Erwerb von Gefahrenwahrnehmungsfähigkeiten notwendig sind und andererseits, wie diese Zusatzinformationen gestaltet sein sollten, um diese Kompetenzen optimal zu fördern.

Die Überprüfung der Lernwirksamkeit einer adaptiven sowie einer non-adaptiven Variante des entwickelten multimedialen Trainings erfolgte im Rahmen einer dritten Studie, in der u. a. verhaltensnahe Maße wie die Geschwindigkeitsregulierung im Fahrsimulator erfasst wurden.

E-Learning instruction for driver education

The aim of this project was to develop and evaluate a computer-based training for learner drivers. For this purpose, a multimedia learning environment was developed that facilitates the acquisition of safety relevant driving skills. Because of its relevance for road safety hazard perception and related subskills (e. g. visual search behaviour) have been chosen as learning contents.

The learning application was created considering prevailing design guidelines for multimedia instruction. Dynamic visualisations (computer animations) were used to illustrate critical traffic scenarios. Conceptually, the learning application is based on an instructional design model that is explicitly oriented towards the promotion of complex skills, the Four-Component Instructional Design (4C/ID) model.

In addition to authentic learning tasks and part task practice, the 4C/ID model postulates supportive and procedural information as indispensable components of learning environments that facilitate the acquisition of complex skills such as hazard perception. Therefore, in the first study, suitable learning scenarios for teaching hazard perception were identified. The second study was designed to examine whether supportive and procedural information is necessary for the acquisition of hazard perception skills. But it also aimed to find out how this information should be presented to optimally promote these skills. The effectiveness of an adaptive and a non-adaptive version of the developed computer-based training was tested in the third study, in which behavioural measures like speed regulation were recorded in a driving simulator.

Summary

E-learning instruction for driver education

1 Problem

Compared with more experienced drivers, young novice drivers are at elevated risk of being involved in traffic accidents immediately after having passed the driving test. Within the first few months of solo driving, their risk to have an accident decreases considerably due to increasing driving practice (SCHADE, 2001). According to that, within this critical time period they acquire skills that reduce their accident risk. For time and financial reasons formal driving instruction alone cannot provide enough practice to offset the initial crash risk of novice drivers. Therefore, the allocation of learning opportunities beyond traditional driving instruction should be considered.

Driving skills can be trained safely by the means of e-learning applications. Several studies revealed positive effects of e-learning environments for the imparting of driving relevant competencies (FISHER, 2008; PETZOLDT, WEIß, FRANKE, KREMS, & BANNERT, 2011; REGAN, TRIGGS, & GODLEY, 2000). However, appropriate concepts for a gainful usage of e learning applications in driver education and for their design are missing so far. Moreover, such newly developed learning programs need to be subject of validation and evaluation.

2 Theoretical and empirical background

2.1 E-learning for the acquisition of driving competencies

A plethora of e-learning applications for knowledge and skill acquisition has been developed for learner drivers. Most of them are commercial products offered by publishing houses and software providers and particularly designed to facilitate the preparation for the theoretical driving test. Generally, these applications serve the acquisition of driving relevant knowledge and the deliberate preparation for the theoretical driving test.

The didactical structure of most of these applications (increasing level of difficulty, learning stats, adaptive

task selection, simulated inquiry, feedback etc.) appear to be adequate to foster knowledge acquisition (for an overview of the different technology-based learning programs in driving instruction see WEIß, PETZOLD, BANNERT, & KREMS, 2007).

Whether these applications promote the acquisition of driving competencies and therefore have positive effects on the beginner drivers' safety has not yet been proven. Thus, these programs might foster the acquisition of knowledge and skills, which are necessary to pass the driving test, but are possibly not correlated with crash risk. One possible reason for this might be that commercial applications do not use the full potential of computer-based learning environments. Those technology-based applications that are explicitly geared to promote skill acquisition often make use of the particular benefits of e learning.

Evaluation studies conducted in the USA and Australia verify that it is possible to train safety-relevant aspects of driving competence with the aid of technology-based applications (e. g., Risk Awareness and Perception Training, FISHER, 2008; DriveSmart; REGAN, TRIGGS, GODLEY, 2000). REGAN et al. (2000) examined in their study the efficacy of the DriveSmart training program in a driving simulator and could show that both attention guidance and hazard perception could be trained effectively and that training effects were lasting. Their multimedia learning environment has shown to be effective for near and far transfer.

PETZOLD et al. (2011) also demonstrated that a multimedia training program was useful to train unexperienced drivers in dealing with hazardous traffic situations. Their learning application aimed at improving hazard perception and corresponding sub skills like scanning behaviour and situation awareness. Learner drivers that completed the multimedia training showed an improved scanning behaviour in driving simulation. After the training, the learner drivers' hazard perception performance was comparable to the performance of a group of more experienced drivers.

The Risk Awareness and Perception Training (RAPT; FISCHER, 2008) is also a multimedia training program, which was developed to promote visual information search strategies. It already exists in the third version and its efficacy has been validated in driving simulation as well as in

real traffic. FISHER (2008) demonstrated that participants that completed the RAPT identified more potentially hazardous areas in the traffic environment than attendants that had not yet received this training.

Empirical results implicate that e-learning applications in general provide the possibility to train safety-relevant aspects of driving competency.

2.2 Construction of multimedia learning programs

Guidelines for the design of learning materials can be derived from multimedia learning theories which are based on current assumptions on the functioning of the human information processing system. The Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTMML; MAYER, 2001) und die Cognitive Load Theory (CLT; SWELLER, 2005) are the most important theories in this context. Design principles deduced and empirically validated from these theories can serve as a guidance for the creation of multimedia instruction.

An important aspect of e-learning applications is the interaction between the user and the system. In this regard the adaptability of the program is an important point – the extent to which the presentation of learning tasks (e. g. selection of topics, pace, difficulty and design of the learning materials) varies as a function of individual learner characteristics. Furthermore, e-learning allows to track the learner's behaviour and progress in various ways (e. g. multiple forms of learning tasks and test items, registration of reaction time, eye tracking or simulations). Additionally, technology-based instruction provides the opportunity to assess the current performance level of the learner (process diagnostics); a prerequisite for the adaptive presentation of learning material and direct individual feedback.

2.3 Four-Component Instructional Design (4C/ID)-Model

The optimal structure of learning programs depends on the complexity of the knowledge and skills that have to be learned and on the types of learning goals (e. g. knowledge, comprehension, practice, cf. BLOOM, 1974). The Four-Component Instructional Design (4C/ID)-model (VAN MERRIËNBOER, CLARK, & CROOCK, 2002) is an example for the structuring of training programs to foster complex

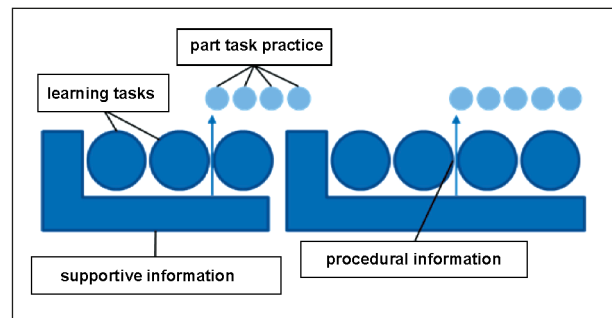


Fig. 1: Organisation of 4 components in a learning program (simplified referring to VAN MERRIENBOER, BASTIENS, & HOOGVELD, 2004)

learning. The basic assumption of the 4C/ID-model is that well designed learning environments can be described by four crucial components: learning tasks, supportive and procedural (likewise just-in-time) information and part task practice (see figure 1).

The 4C/ID-model focuses on imparting skills by working on complex, authentic learning tasks, such as joining a motorway. Complex tasks require to accomplish various sub processes, which can be classified as either recurrent or non-recurrent task demands. Coping with this qualitatively different sub skills (recurrent vs. non-recurrent) presumes the application of varying cognitive strategies and mental models.

Supportive information focuses situation specific requirements of a task (e. g. estimate risk potential of a specific traffic constellation) and promotes schema acquisition. This type of information builds the bridge between the individual prior knowledge and new learning contents. Supportive information is presented previously to accomplish a task and helps the learner to solve the problem at hand. This kind of information provides knowledge about how a domain is organised and how experts typically solve problems in this domain.

On the other hand, procedural information is used to impart routine tasks, which are already automated in experienced drivers (e. g. checking the driving mirrors before changing lanes). Whereas supportive information is presented before the learning task, procedural information is provided in small information units during the learning task.

These prompts guide the learners (e. g. by providing short rules of thumb) while doing routine tasks (e. g. „Now check the rearview and the side mirrors, and

look backwards over your shoulder to decide whether it would be safe to change lanes”).

Part task practice, the fourth component of the 4C/ID-model, is used to further train routines step-by-step. This component is only recommended if a high level of automatised of the respective routine is essential for the subsequent learning tasks.

Besides design aspects, task sequence and learning goals should also be considered when composing a learning program. Learning tasks are arranged according to complexity, starting with the simplest ones. The learning tasks are assembled to task classes, which are also ordered from simple to complex topics. At the beginning of learning, the trainees obtain a high degree of instructional support, which is gradually reduced as soon as they become more and more skilled (scaffolding).

3 Project aims

As technology-based learning has the potential to support driver training, the aim of the current research project was to develop and evaluate a computer-based hazard perception training. On the one hand, the training was designed according to general principles for multimedia learning and on the other hand it was based on empirical findings regarding computer-based driver training.

4 Method

Three studies were conducted to develop and evaluate a computer-based training on safety-relevant topics of car driving. Contents were chosen based on their relevance for safe driving and on their implementability in e-learning. The 4C/ID-model (VAN MERRIËNBOER, CLARK & CROOCK, 2002), which applies to complex learning, served as a general instructional approach for the development of e-learning modules.

The training concerns hazard perception and related skills, such as visual search and situation awareness. These competencies usually evolve through driving experience (HORSWILL & McKENNA, 2004) and e-learning seems promising to speed up their acquisition.

The current research project included three studies, of which the first two were conducted to develop and pretest the learning materials. In the third study,

an adaptive learning program was composed and evaluated in a driving simulator.

4.1 Study 1: Identification of valid recurrent and non-recurrent learning tasks

According to the learning goals for beginner drivers, 23 tasks including animated traffic scenarios were developed and pretested in an expert-novice-comparison (N = 124 participants) to identify those items, which differentiated between unexperienced and experienced drivers. As driving experience is negatively correlated with crash risk, we expected the experienced drivers to perform better than the less experienced drivers in tasks which require safety-relevant competencies. All valid items were kept for study 2.

4.2 Study 2: Development of supportive and procedural information

Study 2 was concerned with the question which additional kind of information is useful to foster the acquisition of hazard perception skills and how information should be provided to the learners. According to the 4C/ID-model (VAN MERRIËNBOER, CLARK & CROOCK, 2002), the items of study 1 were complemented by supportive and procedural information.

A 2 x 2 factorial between-subjects design (N = 91) with the factors supportive information (with vs. without) and procedural information (with vs. without) resulted in four different learning groups:

1. Learning tasks with supportive and procedural information,
2. Learning tasks with supportive information,
3. Learning tasks with procedural information, and
4. Learning tasks without any additional information.

Results show that supportive information had a positive effect on the participants' speed to react to appearing hazard cues. Moreover, procedural information – audio-visual prompts displayed during the animated traffic scenarios – increased the number of detected hazards.

4.3 Study 3: Training and transfer study

Based on the results in study 2, an adaptive and a non-adaptive training programme were created.

Adaptive refers to the presentation of information and means that with increasing expertise, the support provided by procedural and supportive information was successively reduced. As soon as two tasks of one difficulty level were correctly solved by the learner, the task complexity was increased by providing less information (completion strategy). In the non-adaptive variant of the CBT, both supportive and procedural information was provided for all learning tasks (worked-out examples).

A mixed design with the between-subject factor test condition (no vs. non-adaptive vs. adaptive training) and the within-subject factor test time (before vs. immediately after vs. one week after training) was chosen (N = 43 subjects).

The learners benefited from a continuous reduction of supportive and procedural information. Compared to the non-adaptive version of the training, comparable performances could be achieved in a more efficient way in the adaptive learning environment. Study 3 also aimed to clarify whether what was learned in the training could be transferred and applied to more realistic contexts. Whether the developed training interventions have a positive effect on driving behaviour cannot be conclusively answered with the results of the third study. Although it could be shown that the training is suitable for teaching driving-specific knowledge, clear differences in driving behaviour between trained and untrained participants could not be demonstrated in the driving simulator.

5 Conclusion

In accordance with previous studies, the present research has shown that hazard perception can be trained by the means of a short computer-based training. Moreover, the 4C/ID-model has proven to be suitable for the development of adaptive trainings for learner drivers. Hence, the project provides a promising approach to the instructional design of computer-based training programmes for the acquisition of complex skills in the field of driving instruction.

References

- BLOOM, B. S. (1974). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. Weinheim: Beltz.
- FISHER, D. L. (2008). *Evaluation of PC-Based Novice Driver Risk Awareness and Perception Training*.
- HORSWILL, M. S., & MCKENNA, F. P. (2004). Drivers' hazard perception ability: Situation awareness on the road. In: S. BANBURY & S. TREMBLAY (Eds.), *A cognitive approach to situation awareness: Theory and application* (pp. 155-175). Aldershot: Ashgate.
- MAYER, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- PETZOLDT, T., WEIß, T., FRANKE, T., KREMS, J. F., & BANNERT, M. (2011). *Unterstützung der Fahrausbildung durch Lernsoftware: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen*.
- REGAN, M. A., TRIGGS, T. J., & GODLEY, S. T. (2000). *Simulator-based evaluation of the Drivesmart novice driver CD-ROM training product*. Paper presented at the Road Safety Research, Policing and Education Conference (26.-28. November, 2000), Brisbane, Queensland.
- 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, Heft M71)*. Flensburg: Kraftfahrtbundesamt.
- SWELLER, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In: R. E. MAYER (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 19-30). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- VAN MERRIËNBOER, J. J. G., CLARK, R. E., & CROOCK, M. B. M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development*, 50(2), 39-61. doi: 10.1007/BF02504993
- WEIß, T., PETZOLD, T., BANNERT, M., & KREMS, J. F. (2007). *Einsatz von computergestützten Medien und Fahrsimulatoren in Fahrausbildung, Fahrerweiterbildung und Fahrerlaubnisprüfung*: Bundesanstalt für Straßenwesen.

Inhalt

1	Problem	11	5.3.3 Zusammenhänge zwischen den Leistungsmaßen beider Aufgabenformate	35
2	Was soll gelernt werden?	12	5.3.4 Ergebnisse Reaktionszeitaufgaben ...	35
2.1	Hazard Perception	12	5.3.5 Itemanalyse und -auswahl (Reaktionszeitaufgaben)	35
2.2	Validität von Hazard Perception-Tests	12	5.3.6 Ergebnisse Lokalisierungsaufgaben ...	37
2.3	Hazard Perception als Prozess	14	5.3.7 Itemanalyse und -auswahl (Lokalisierungsaufgaben)	38
2.4	Wirksamkeit von Hazard Perception-Trainings	15	5.4 Diskussion	39
2.4.1	Theorieunterricht	15	5.5 Fazit und Ausblick	41
2.4.2	Kommentiertes Fahren als Trainingsansatz	16	6 Studie 2: Prüfung spezifischer Modellannahmen	42
2.4.3	Markieraufgaben	16	6.1 Fragestellung und Hypothesen	42
2.4.4	Fahrsimulatortraining	17	6.2 Methode	42
3	Theoretische Ansätze zum Lernen	18	6.2.1 Design und Stichprobe	42
3.1	Lernen mit Neuen Medien	18	6.2.2 Testmaterial und technische Ausstattung	42
3.1.1	Mikro- und Mesoebene	18	6.2.3 Vorgehen	43
3.1.2	Makroebene	25	6.3 Ergebnisse	44
4	Schlussfolgerungen für das Projekt	29	6.3.1 Stichprobe	44
4.1	Kurze Beschreibung der drei Studien	29	6.3.2 Vortests	44
5	Studie 1: Identifikation von Lerninhalten	29	6.3.3 Lernerfolg	44
5.1	Fragestellung und Hypothesen	29	6.4 Diskussion	44
5.2	Methode	30	6.4.1 Fazit und Ausblick	45
5.2.1	Design und Stichprobe	30	7 Studie 3: Adaptive instruktionale Unterstützung	45
5.2.2	Testmaterial und technische Ausstattung	31	7.1 Fragestellung und Hypothesen	45
5.2.3	Fragebogen und Allgemeiner Reaktionszeittest	33	7.2 Methode	46
5.2.4	Vorgehen	34	7.2.1 Design und Stichprobe	46
5.3	Ergebnisse	34	7.2.2 Testmaterial und technische Ausstattung	47
5.3.1	Stichprobe	34	7.2.3 Vorgehen	50
5.3.2	Verwendete Leistungsmaße	34	7.3 Ergebnisse	50
			7.3.1 Verwendete Leistungsmaße	50
			7.3.2 Stichprobe	51

7.3.3	Lernzeit und Anzahl Lösungsversuche.	51
7.3.4	Leistungen Wissenstest und Fahrverhalten	51
7.4	Diskussion	54
8	Allgemeine Diskussion	57
8.1	Zusammenfassung der Ergebnisse . . .	57
8.2	Implikationen für Praxis und weitere Forschung	58
8.3	Fazit	59
	Literatur	60
	Bilder	66
	Tabellen	66

1 Problem

Autofahren ist für die Mehrzahl der Erwachsenen in Deutschland eine alltägliche Aufgabe, die sie sicher und routiniert meistern. Dennoch handelt es sich dabei um eine komplexe Tätigkeit; Autofahren erfordert die zeitgleiche Regulation mehrerer Aufgaben, wie z. B. das Navigieren zu einem bestimmten Ziel, das Spurhalten, die Geschwindigkeitsregulation sowie die ständige Beobachtung und Bewertung der Verkehrskonstellation, was notwendig ist, um schnell und verlässlich auf aufkommende Gefahren zu reagieren. Verkehrsunfallstatistiken legen nahe, dass diese komplexe Aufgabe nicht von allen Verkehrsteilnehmergruppen gleich gut bewältigt wird. Fahranfänger haben unmittelbar nach ihrer Fahrausbildung im Vergleich zu anderen Fahrergruppen ein sehr hohes Risiko, im Straßenverkehr zu verunfallen. Aufgrund zunehmender Fahrpraxis reduziert sich dieses innerhalb der ersten Monate eigenständigen Fahrens allerdings erheblich (SCHADE, 2001). Als Ursachen für das hohe Unfallrisiko von Fahranfängern werden oft noch bestehende Defizite bei der Einschätzung von Signalen in der Fahr- und Verkehrsumgebung, ineffiziente Informationssuchstrategien sowie eine fehlende situationsangepasste Geschwindigkeits- und Abstandsregulierung genannt (UNDERWOOD, CRUNDALL & CHAPMAN, 2002). Zudem unterschätzen Fahranfänger einerseits Gefahren, die zu Unfällen führen können, und überschätzen andererseits die eigenen Fähigkeiten, in brenzlichen Fahrsituationen angemessen reagieren zu können (DEERY, 1999). Die Vermittlung entsprechender Kompetenzen ist zwar explizit Teil der formalen Fahrausbildung, allerdings werden diese sicherheitsrelevanten Fähigkeiten erst durch längere Fahrpraxis nach Erhalt des Führerscheins nachhaltig gefestigt.

Das hohe Unfallrisiko junger Fahrer zu reduzieren, ist Ziel vieler Sicherheitsmaßnahmen, die weltweit umgesetzt werden. Dabei werden im Wesentlichen zwei einander ergänzende Ansätze verfolgt: einerseits den Fertigkeitserwerb durch verbesserte Trainingsmaßnahmen zu fördern und andererseits eine verlässliche Diagnostik bestehender Defizite durch gute Prüf-, Bewertungs- und Beurteilungsverfahren zu gewährleisten. Bei der Entwicklung und Umsetzung geeigneter Trainings- und Prüfverfahren stellt sich zunächst auch die Frage: Welche Fähigkeiten sollten vermittelt und geprüft werden und wie bzw. mit welchen Lehrmethoden bzw. Testverfahren soll dies geschehen?

Eine Teilkompetenz beim Autofahren, die in Zusammenhang mit dem Unfallrisiko steht (HORSWILL & McKENNA, 2004) und bei Fahranfängern noch deutlich geringer ausgeprägt ist als bei erfahrenen Fahrern, ist die Fähigkeit zur Gefahrenwahrnehmung (engl. Hazard Perception). Trainings zur Verringerung des Unfallrisikos der Fahranfänger könnten demnach bei dieser Komponente der Fahrkompetenz ansetzen (HELMAN, GRAYSON & PARKES, 2010). Kritische Situationen im Realverkehr aufzusuchen und so gezielt ihre Erkennung und Vermeidung zu üben, wäre erstens aufgrund der Unfallgefahr unethisch und zweitens standardisiert überhaupt nicht möglich. In diesem Zusammenhang werden große Erwartungen in computerbasierte Lernprogramme gesetzt, die die Anwendung und Übung fahraufgabenrelevanter Kompetenzen außerhalb der Fahrstunden ermöglichen können und die deshalb, wie Beispiele aus dem Ausland zeigen (z. B. eDrive in Neuseeland, DriveSmart in Australien), die Fahrausbildung sinnvoll ergänzen können. Multimediale Lernumgebungen haben den Vorteil, dass sie eine vergleichsweise realitätsnahe, aber gefahrenfreie Auseinandersetzung mit den dargebotenen Verkehrssituationen erlauben. So können in multimedialen Lernprogrammen z. B. innovative Präsentationsformate eingesetzt werden (z. B. Videos, Animationen). Außerdem lassen sich Lernwege durch den Einsatz von eLearning-Anwendungen didaktisch sinnvoll steuern, Lernen kann zeit- und ortsunabhängig erfolgen und es können mehrere Lernformen integriert werden (z. B. individuelles und kooperatives Lernen). Zudem ist zu erwarten, dass sich computerbasierte Medien zumindest anfänglich positiv auf die Lernmotivation und damit auf den Lernerfolg von Fahranfängern auswirken (WILLMES-LENZ, 2010). Dass technologiebasiertes Lehr-Lernmaterial das Potenzial hat, den Erwerb von Fahr- und Verkehrskompetenz zu unterstützen, konnte bereits in einigen Studien aufgezeigt werden (z. B. FISHER, 2008).

Zu Inhalten und zur didaktischen Gestaltung von Trainingsprogrammen zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung fehlen allerdings bislang noch empirisch gesicherte Konzepte, die als Grundlage für den Einsatz und die Entwicklung von eLearning-Modulen dienen können.

Ziel des vorliegenden Projektes war es deshalb, ein computerbasiertes Trainingsprogramm (CBT) für angehende Fahranfänger zu entwickeln und dessen Lernwirksamkeit empirisch zu überprüfen. Die Erstellung des Programms erfolgt auf der Basis von

allgemeinen Richtlinien zur Gestaltung und Strukturierung von technologiebasiertem Lehr-Lernmaterial sowie auf Grundlage bisheriger Erkenntnisse zur computerbasierten Fahranfängervorbereitung. Explizit wurden auch einzelne Programmkomponenten und Aufgabenformate empirisch hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit überprüft, sodass letztlich explizite Gestaltungshinweise zur qualitätsgesicherten Entwicklung weiterer eLearning-Module für Fahranfänger resultieren.

Im vorliegenden Bericht wird zunächst die theoretische und empirische Grundlage beschrieben, auf der die Entwicklung des Trainingsmaterials basiert. Diese beinhaltet zunächst inhaltliche Überlegungen, die sich auf die Definition des Lerngegenstandes beziehen. Im Zentrum steht dabei einerseits eine Aufarbeitung der Forschung zur Gefahrenwahrnehmung. Andererseits werden Grundlagen zur Gestaltung von computerbasierten Trainings auf der Mikro-, Meso- und Makroebene dargelegt und hinsichtlich ihrer Relevanz für ein Gefahrenwahrnehmungstraining diskutiert.

Der anschließende empirische Teil umfasst die Darstellung dreier Forschungsstudien, die innerhalb des Projektes durchgeführt wurden. Die erste Studie diente der Materialentwicklung und Testung verschiedener Typen von Gefahrenwahrnehmungsaufgaben im Experten-Novizen-Vergleich. Aufgabematerial, das sich in der ersten Studie bewährt hatte, wurde für die zweite Studie in eine computerbasierte Lernumgebung integriert. Die Forschungsfrage, der in dieser Studie nachgegangen wurde, war, welche zusätzlichen Lerninformationen bzw. welche Art der Bereitstellung dieser Informationen hilfreich beim Training der Gefahrenwahrnehmung sind.

Als Grundlage für die Strukturierung des Lernmaterials diente das 4C/ID-Modell von VAN MERRIËNBOER und KIRSCHNER (2007), das sich explizit auf den Erwerb komplexer Fertigkeiten bezieht. Das 4C/ID-Modell sieht vor, dass zwei Arten von Lerninformationen in ein Trainingsprogramm integriert werden. Die Relevanz beider Informationsarten für die Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung wurde in Studie 2 experimentell überprüft. Anhand der Ergebnisse wurde das entwickelte Lernprogramm für Studie 3 zu einer adaptiven Lernumgebung weiterentwickelt, bei der mit zunehmender Kompetenz des Testteilnehmers, Art und Umfang von Lernhilfen reduziert wurden. Bei Studie 3 handelt es sich um eine Evaluations- und Transferstudie. Einer Gruppe

von Testteilnehmern, die mit dem adaptiven Lernprogramm arbeitete, wurde eine Kontrollgruppe gegenübergestellt, deren Testteilnehmern keine Trainingsintervention zuteilwurde. Lernerfolge wurden anhand des Verhaltens der Testteilnehmer im Fahrsimulator erfasst.

2 Was soll gelernt werden?

Eine Frage, die sich zunächst bei der Entwicklung von Lernumgebungen stellt, ist die nach den Inhalten, die vermittelt werden sollen. Da Fahranfänger Schwierigkeiten damit haben, bestimmte Gefahren in der Verkehrsumwelt zu erkennen und dieses Defizit erheblich zu deren höherem Unfallrisiko beiträgt (HORSWILL & MCKENNA, 2004), wurde die Fähigkeit zur Gefahrenwahrnehmung als Lerngegenstand gewählt.

2.1 Hazard Perception

HORSWILL und MCKENNA (2004) definieren Gefahrenwahrnehmung als die Fähigkeit, gefährliche Situationen im Straßenverkehr antizipieren zu können. Gefahrenwahrnehmung kann demnach als Bewusstheit für gefährliche Fahr- und Verkehrssituationen gesehen werden. Diese Fähigkeit wird als eine sicherheitsrelevante Komponente der Fahrkompetenz betrachtet, da sie negativ mit dem Unfallrisiko korreliert ist (McKNIGHT & McKNIGHT, 2003; WELLS, TONG, SEXTON, GRAYSON & JONES, 2008). Fahrer, die von wenigen Verkehrsunfälle in der Vergangenheit berichteten, wiesen in Hazard Perception-Aufgaben bessere Leistungen auf als jene Fahrer, die bereits an mehreren Unfällen beteiligt waren (DARBY, MURRAY & RAESIDE, 2009; HULL & CHRISTIE, 1993; MCKENNA & HORSWILL, 1999; PELZ & KRUPAT, 1974; QUIMBY, MAYCOCK, CARTER, DIXON & WALL, 1986; QUIMBY & WATTS, 1981).

2.2 Validität von Hazard Perception-Tests

Bei Gefahrenwahrnehmungstests, die in der Forschung und Praxis eingesetzt werden, handelt es sich um computerbasierte Verfahren, die die Reaktion der Probanden auf sich entwickelnde Gefahren in Verkehrssituationen erfassen sollen. Die Ent-

wicklung jeglicher Testverfahren beinhaltet in der Regel auch ihre Validierung. Das bedeutet, dass auf der Basis theoretischer Überlegungen und empirischer Untersuchungen nachgewiesen werden soll, dass der Test ein bestimmtes Merkmal auch tatsächlich misst. Eine besonders zuverlässige Methode stellt die Validierung eines Testverfahrens anhand messbarer Kriterien außerhalb der Testsituation dar.

Die sogenannte kriteriums-basierte Validität von Gefahrenwahrnehmungstests definiert sich über die Stärke des Zusammenhangs zwischen der Leistung einer Person im Test und ihrer tatsächlichen Fähigkeit, sich als Fahrer sicher im Verkehr zu bewegen als dem Kriterium. Im Sinne der kriteriums-basierten Validität spricht es demnach für die Güte eines Hazard Perception-Tests, wenn diejenigen Personen, die eine geringe Unfallneigung aufweisen, bessere Testleistungen erbringen als Personen mit einer hohen Unfallneigung. In korrelativen Studien hat sich gezeigt, dass Personen, die in der Vergangenheit an weniger Unfällen beteiligt waren, bessere Leistungen in den untersuchten Hazard Perception-Tests zeigten als Personen, die häufiger in Unfälle verwickelt waren (DARBY et al., 2009; HULL & CHRISTIE, 1993; McKENNA & HORSWILL, 1999; PELZ & KRUPAT, 1974; QUIMBY ET AL., 1986; QUIMBY & WATTS, 1981). HORSWILL, HILL, und WETTON (2015) konnten außerdem nachweisen, dass der Queensland Transport Hazard Perception Test (WETTON, HILL & HORSWILL, 2011), der im australischen Bundesstaat Queensland im Rahmen der offiziellen Fahrerlaubnisprüfung eingesetzt wird, über eine gute prognostische Validität verfügt. Ein Jahr nach ihrer Fahrerlaubnisprüfung wurden Fahranfänger zu ihrer Unfallgeschichte befragt. Dabei zeigte sich, dass geringere Leistungen im Hazard Perception-Test mit höheren Unfallzahlen im ersten Führerscheinjahr assoziiert waren. Da Unfälle seltene Ereignisse sind, wird für solche korrelativen Validierungsstudien eine große Anzahl an Testteilnehmern benötigt, die in der Regel nur dann akquiriert werden kann, wenn ein Test bereits in das Fahrerlaubnissystem integriert wurde. Die Methode experimenteller Extremgruppenvergleiche wird demgegenüber häufiger in früheren Stadien der Testentwicklung eingesetzt, um die Validität des Testmaterials einzuschätzen bzw. um verschiedene Versionen hinsichtlich ihrer kriteriums-basierten Validität zu vergleichen. Das Merkmal Unfallneigung wird dabei nicht über die Anzahl der Unfälle direkt operationalisiert, son-

dern indirekt über die Fahrerfahrung der Testteilnehmer. Aufgrund der Beobachtung, dass Fahranfänger im Durchschnitt ein höheres Unfallrisiko aufweisen als erfahrene Fahrer, wird angenommen, dass ein valider Gefahrenwahrnehmungstest unerfahrene Fahrer von erfahrenen Fahrern aufgrund ihrer Leistung trennen kann.

In der Mehrzahl der publizierten Studien hat sich gezeigt, dass erfahrene die unerfahrenen Fahrer deutlich in Hazard Perception-Tests übertreffen. Sie identifizieren mehr Gefahrenhinweise in den dargebotenen Verkehrsszenarien (z. B. MALONE & BRÜNKEN, 2016; McKENNA & CRICK, 1994; POLLATSEK, NARAYANAAN, PRADHAN & FISHER, 2006; QUIMBY & WATTS, 1981) und reagieren auch schneller darauf (z. B. McKENNA & CRICK, 1994; QUIMBY & WATTS, 1981; SCIALFA et al., 2012; SCIALFA et al., 2011; SMITH, HORSWILL, CHAMBERS & WETTON, 2009a; WETTON et al., 2010). Ausgehend von diesen Forschungsergebnissen lässt sich sagen, dass Hazard Perception-Tests im Allgemeinen dem Gütekriterium der Validität genügen, da die Testleistungen Zusammenhänge sowohl mit bisheriger und zukünftiger Unfallzahl als auch mit der Fahrerfahrung der Testteilnehmer aufweisen.

Nur selten wird berichtet, dass in einigen dargebotenen Szenarien keine erfahrungsbasierten Leistungsunterschiede festgestellt werden konnten (z. B. SAGBERG & BJØRNSKAU, 2006; SÜMER, BERFU & BIRDAL, 2007). Ausschlaggebend für die Validität dieser Testverfahren scheint zum einen die Auswahl der Gefahrenhinweise zu sein, die in den Verkehrsszenarien enthalten sind. Unerfahrene Fahrer übersehen vor allem latente oder verdeckte Gefahrenhinweise (BOROWSKY, SHINAR & ORON-GILAD, 2010; POLLATSEK et al., 2006; PRADHAN, HAMMEL et al., 2005a). Zum anderen wird angenommen, dass die kriteriums-basierte Validität auch von der ökologischen Validität eines Testverfahrens abhängt (MALONE & BRÜNKEN, 2016; MALONE, HILZ & BRÜNKEN, 2016). Das bedeutet, dass vor allem solche Testverfahren das Kriterium gut erklären oder vorhersagen, bei denen die Testbedingungen den Anforderungen, die unter realen Bedingungen in dieser Domäne bestehen, möglichst gut entsprechen. Aufgrund der offensichtlich hohen ökologischen Validität von Fahrsimulatoren steigt die Anzahl an Studien zur Gefahrenwahrnehmung, bei denen Fahrsimulatoren eingesetzt werden (BOROWSKY et al., 2016; CRUNDALL,

ANDREWS, VAN LOON & CHAPMAN, 2010; CRUNDALL et al., 2012; SHAHAR, POULTER, CLARKE & CRUNDALL, 2010; UNDERWOOD, CRUNDALL & CHAPMAN, 2011).

2.3 Hazard Perception als Prozess

Die Gefahrenwahrnehmungsforschung konzentrierte sich in der Vergangenheit im Wesentlichen darauf, Testverfahren zu entwickeln und zu validieren, die augenscheinlich die Fähigkeit messen können, gefährliche Verkehrssituationen frühzeitig zu erkennen. Dass Gefahrenwahrnehmung mehr beinhaltet als das bloße Entdecken eines Gefahrenreizes in der Verkehrsumwelt, ist allgemein anerkannt und spiegelt sich auch in den vorgeschlagenen Definitionen des Begriffs wider. Gefahrenwahrnehmung wird als eine komplexe Fähigkeit, die aus mehreren Teilkompetenzen besteht, verstanden (CRUNDALL et al., 2012; WETTON et al., 2010). Es werden dabei implizit Komponenten und Teilprozesse angenommen, die allerdings bisher nicht in ein eigenes, breites theoretisches Rahmenmodell integriert wurden (CRUNDALL, 2016). Eine genauere Untersuchung des Konzeptes und seiner Komponenten rückt jedoch zunehmend in den Fokus der Forschung. Insbesondere die Konzeption von Gefahrenwahrnehmungstrainings verlangt es, auch Bedingungsfaktoren und Teilprozesse innerhalb der Gefahrenwahrnehmung zu identifizieren und hinsichtlich ihrer Sicherheitsrelevanz zu untersuchen. Da momentan noch kein spezifisches theoretisches Rahmenmodell existiert, wird häufig auf bereits empirisch validierte Modelle übergreifender oder verwandter Konzepte zurückgegriffen.

Dabei besteht zum einen die Möglichkeit, den gesamten Prozess des Risikoverhaltens zu betrachten und die Gefahrenwahrnehmung darin theoretisch einzuordnen. Das Modell des Risikoverhaltens im Verkehr nach GRAYSON, MAYCOCK, GROEGER, HAMMOND und FIELD (2003) unterscheidet vier Stadien: Hazard Detection, Threat Appraisal, Action Selection und Implementation, in die sich der Risikoverhaltensprozess gliedert. Hazard Detection meint dabei lediglich die Entdeckung eines potenziellen Gefahrenreizes. Im Threat Appraisal-Stadium wird eingeschätzt, wie hoch das Gefahrenpotenzial ist, das von dem wahrgenommenen Reiz ausgeht. Unter Action Selection wird die Wahl einer vom Fahrer auszuführenden Handlung aus mehreren Alternativen, die ihm aktuell zur Verfügung stehen (z. B. Bremsen, Ausweichen, vom Gas gehen

oder unverändert weiterfahren), verstanden. Implementation meint abschließend die tatsächliche Ausführung der ausgewählten Handlung. Eine Validierung des Modells erfolgte mithilfe einer Testbatterie (Computerised Assessment of Driving Skills; CADS), die eine Vielzahl unterschiedlicher Testverfahren auf jeder Stufe des Risikoverhaltensprozesses beinhaltet. In der Validierungsstudie mit einer Stichprobe von Fahranfängern konnten die Autoren zum einen nachweisen, dass die Modellstruktur mit den vier Komponenten als angemessen zu betrachten ist, da höhere Korrelationen der Einzeltestergebnisse innerhalb einer Komponente als zwischen unterschiedlichen Komponenten vorlagen. Weiterhin spricht für die Validität des Modells, dass es in seiner Gesamtheit Leistungen in einer Testfahrt vorhersagen konnte.

Den gängigen Definitionen und traditionellen Hazard Perception-Testverfahren zufolge beinhaltet die Gefahrenwahrnehmung in jedem Fall, das Entdecken und Bewerten eines Gefahrenreizes, was den ersten beiden Stadien im Modell von Grayson et al. (2003) entspricht.

Diese beiden Stadien decken sich ebenfalls mit den ersten beiden Komponenten eines Konzeptes, das häufig mit der Gefahrenwahrnehmung in Zusammenhang gebracht wird: dem Situationsbewusstsein (Situation Awareness; ENDSLEY, 1995). Das theoretische Modell, das dem Situationsbewusstsein zugrundeliegt, beschreibt, wie eine Person ein mentales Modell ihrer aktuellen Umgebung aufbaut und fortlaufend aktualisiert. Es bezieht sich demnach nicht auf spezifische Reize in der Umgebung, wie z. B. potenzielle Gefahren, sondern erklärt die Entstehung eines mehr oder weniger kompletten mentalen Abbildes der aktuellen Umgebung, in der sich eine Person gerade bewegt. Das Modell nimmt an, dass drei aufeinanderfolgende Prozesse ablaufen. Zunächst werden die Objekte der Umgebung wahrgenommen, anschließend werden diese hinsichtlich ihrer Eigenschaften und ihrer Bedeutung für die eigenen Ziele bewertet und zuletzt erfolgt eine Voraussage darüber, wo sich die Objekte in nächster Zukunft befinden werden. Handelt es sich um eine dynamische Umgebung, die sich ständig verändert, muss das Situationsmodell regelmäßig an die neuen Gegebenheiten angepasst werden, was ständige nach außen gerichtete Aufmerksamkeit erfordert. Laut CRUNDALL (2016) kann man den Prozess, der bei der Gefahrenwahrnehmung im Straßenverkehr abläuft, auf der Grundlage des Situationsbewusstseins interpretieren. Die Gefah-

renwahrnehmung ist demnach ebenfalls als ein linearer dreiteiliger Prozess zu verstehen. Dieser beginnt mit der Entdeckung potenzieller Gefahrenhinweise, danach erfolgt die Einschätzung deren Gefahrenpotenzials und der Prozess endet mit der Antizipation der weiteren Entwicklung der Gefahrensituation.

Klassische Verfahren zur Erfassung der Gefahrenwahrnehmung messen lediglich die ersten beiden Komponenten. Die Erfassung der Latenzzeit vom Auftauchen einer Gefahr bis zur Reaktion des Testteilnehmers stellt dabei eine konfundierte Messung von Entdeckung und Bewertung der Gefahr dar (vgl. HUESTEGGE, SKOTTKE, ANDERS, MUESSELER & DEBUS, 2010; MALONE & BRÜNKEN, 2014), denn noch bevor die Testteilnehmer eine Gefahr anzeigen, müssen sie sie gesehen haben und ihr Gefahrenpotenzial eingeschätzt haben. Praktisch gesehen erscheint es zunächst irrelevant, wie lange die einzelnen Prozesse der Entdeckung und Bewertung gedauert haben, solange die Reaktion auf einen Gefahrenreiz in einer angemessenen Zeit erfolgt ist. Möchte man jedoch die Prozesse, die bei der Gefahrenwahrnehmung ablaufen, adäquat beschreiben und sicherheitsrelevante Teilkomponenten identifizieren, ist eine empirische Trennung der beiden Komponenten notwendig. In einigen ersten Studien wurde dies realisiert, indem klassische Gefahrenwahrnehmungstests um die Messung von Blickbewegungen ergänzt wurden. Die Entdeckungszeit, also die Zeitspanne vom Auftauchen des Reizes im Szenario bis zur ersten Fixation des Reizes durch den Testteilnehmer, konnte so von der Bewertungszeit, also der Zeitspanne von der ersten Fixation des Reizes bis zur motorischen Reaktion darauf, getrennt werden. Hier hat sich gezeigt, dass beim Einsatz von Verkehrsvideos erfahrene Fahrer eine kürzere Entdeckungs- und Bewertungszeit aufweisen als unerfahrene Fahrer (MALONE & BRÜNKEN, 2014). Werden Fotos von Verkehrsszenarien gezeigt, zeigen sich entsprechende erfahrungsbedingte Unterschiede demgegenüber nur für die Bewertungszeit (HUESTEGGE et al., 2010).

Während Entdeckung und Bewertung für die traditionelle Messung der Gefahrenwahrnehmung eine Rolle spielen, ist die dritte Komponente im Modell des Situationsbewusstseins – das Antizipieren des weiteren Verlaufs der Situation – nur getrennt davon, mithilfe eines anderen Aufgabenformates messbar. Hierfür haben sich sogenannte What Happens Next-Aufgaben etabliert (CRUNDALL, 2016; JACKSON, CHAPMAN & CRUNDALL, 2009), die

sich unmittelbar an den Techniken zur Messung des Situationsbewusstseins orientieren. Hierzu wird die Präsentation eines Verkehrsszenarios zu einem kritischen Zeitpunkt angehalten. Die Aufgabe des Testteilnehmers besteht darin, zu beschreiben, wie sich die Situation voraussichtlich weiterentwickeln wird. JACKSON et al. (2009) stellten fest, dass erfahrene Fahrer den Fortgang kritischer Verkehrssituationen genauer voraussagen konnten als unerfahrenere Fahrer.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass bei der Gefahrenwahrnehmung verschiedene Teilprozesse angenommen werden, die teilweise auch empirisch nachgewiesen werden konnten. Valide messbar sind vor allem die beiden initialen Teilprozesse, nämlich das Entdecken einer Gefahr und ihre Bewertung. Eine weitere Komponente, die vermehrt in der Forschung Beachtung findet, ist die Antizipation des weiteren Situationsverlaufs.

2.4 Wirksamkeit von Hazard Perception-Trainings

Eine Vielzahl an unterschiedlichen Trainingsinterventionen wurde zur Förderung von Gefahrenwahrnehmungsfähigkeiten entwickelt (vgl. z. B. HILZ, 2021). Diese basieren auf der Annahme, dass sich Fahrer mit guten Gefahrenwahrnehmungsfähigkeiten von denen mit weniger guten darin unterscheiden, da sie über differenziertere mentale Modelle für Verkehrssituationen verfügen. Kompetente Fahrer können daher aufgrund eines besseren Verständnisses für sicherheitsrelevante Aspekte beim Fahren, besser vorhersagen, wie sich Verkehrssituationen entwickeln werden (HORSWILL & MCKENNA, 2004). Fahrexpertise äußert sich in effizienteren visuellen Informationssuchstrategien, in einem besseren Bewusstsein für verdeckte Gefahren sowie einem besseren Verständnis dafür, wie andere Verkehrsteilnehmer in unmittelbarer Zukunft reagieren werden. Ziel von Gefahrenwahrnehmungstrainings ist daher die Entwicklung und Ausbildung angemessener mentaler Modelle für Verkehrssituationen. Hierfür werden zum Teil sehr unterschiedliche Ansätze verfolgt. Einige werden nachfolgend dargestellt.

2.4.1 Theorieunterricht

Eine Möglichkeit fahrsicherheitsrelevantes Wissen zu vermitteln, ist der klassische Fahrschulunterricht,

in dem z. B. kritische Situationen anhand von Videobeispielen dargestellt, Entstehungsbedingungen aufgezeigt sowie Maßnahmen zum präventiven Handeln durchgesprochen werden. Zusätzlich vermittelt auch das Fahrschullehrbuch notwendiges Faktenwissen für sicheres Fahrverhalten. Die Annahme hierbei ist, dass das vom Fahrlehrer Gehörte und das im Fahrschullehrbuch Gelesene vom Lerner im Realverkehr umgesetzt werden kann. Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass diese Art der Instruktion allein nicht die effektivste ist (MEIR, BOROWSKY & ORON-GILAD, 2014). So verglichen MEIR et al. (2014) drei Trainingsinterventionen (instructional, active und hybrid) miteinander, um deren Eignung zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung bei Fahranfängern zu prüfen. Die Probanden der Bedingung instructional erhielten ein Lernprogramm mit Texten zum Lesen und Videobeispielen. Testteilnehmer, die der Bedingung active zugewiesen worden waren, lernten mit Aufgaben, die denen des klassischen Hazard Perception-Tests ähnelten. In diesen videobasierten Aufgaben musste aktiv nach Gefahren Ausschau gehalten und beim Erkennen solcher eine Taste gedrückt werden. In der hybrid-Bedingung erhielten die Testteilnehmer eine Kombination aus beidem: Lernprogramm und klassische Hazard Perception-Testaufgaben. MEIR et al. (2014) konnten zeigen, dass das Training, bei dem ausschließlich deklaratives Wissen vermittelt wurde (nur Lernprogramm), zu schlechteren Gefahrenwahrnehmungsleistungen führte als Instruktion, die auch eine praktische Komponente (aktive Informationssuche und Tastendruck beim Erkennen von Gefahren) beinhaltete.

2.4.2 Kommentiertes Fahren als Trainingsansatz

Kommentiertes Fahren ist ein weiterer Trainingsansatz, der sich zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung eignet. Ziel ist es auch bei diesen Aufgaben, Blickbewegungsstrategien zu trainieren und zu üben, konstituierende Elemente von Gefahrenereignissen rechtzeitig erkennen und angemessen einschätzen zu können.

Beim Kommentierten Fahren generieren Trainees selbst fortlaufend verbale Aussagen darüber, was sie sehen und wie sie auf die wahrgenommenen Ereignisse reagieren werden oder sie erhalten Expertenkommentare zu videobasierten Verkehrsszenarien (z. B. CHAPMAN, UNDERWOOD & ROBERTS, 2002; HORSWILL, TAYLOR, NEWNAM,

WETTON & HILL, 2013; ISLER, STARKEY & WILLIAMSON, 2009; McKENNA, HORSWILL & ALLEXANDER, 2006) bzw. während einer Fahrt im Realverkehr (CRUNDALL et al., 2010). Fahrer, die an einem solchen Training teilgenommen hatten, erzielten im Vergleich zu einer Kontrollgruppe bessere Leistungen in videobasierten Hazard Perception-Testaufgaben (CHAPMAN et al., 2002; HORSWILL et al., 2013; McKENNA et al., 2006), im Fahrsimulator (WANG, ZHANG & SALVENDY, 2010) und im Realverkehr (CHAPMAN et al., 2002). Sie reagierten deutlich schneller auf Gefahren im Test (z. B. HORSWILL et al., 2013). Außerdem zeigten sie nach dem Training ein verbessertes visuelles Suchverhalten, das sich in kürzeren Fixationszeiten und dem vermehrten Einbezug peripherer Informationen äußerte (CHAPMAN et al., 2002).

In der Studie von CRUNDALL et al. (2010) bestand das Training aus Videos mit Expertenkommentaren sowie einer zweistündigen durch einen Fahrlehrer begleiteten Fahrt im Realverkehr. Testteilnehmer, die dieses Training erhielten, verursachten im Fahrsimulator weniger Unfälle und reduzierten in Erwartung von Gefahren ihre Fahrtgeschwindigkeit angemessener. Das heißt, sie gingen öfter und auch frühzeitiger vom Gaspedal als die Testteilnehmer der untrainierten Vergleichsgruppe. Dieser Effekt ließ sich auch noch zwei Wochen nach dem Training nachweisen.

In der Trainingsstudie von CASTRO et al. (2016) wurden relevante Informationen darüber, worauf die Aufmerksamkeit in videobasierten Fahrszenarien gerichtet werden sollte, um Gefahren frühzeitig zu erkennen, in Form von Audiokommentaren vermittelt. Die Testteilnehmer hatten die Aufgabe, nach jedem Video niederzuschreiben, um welchen Gefahrenreiz es sich in der jeweiligen Fahrszene handelt, wo dieser lokalisiert ist und wie sich die Situation entwickeln wird. Testteilnehmer, die das Training absolvierten, erzielten deutlich bessere Leistungen als die Kontrollgruppe. Insbesondere das Erkennen von expliziten Gefahren wurde durch dieses Training gefördert.

2.4.3 Markieraufgaben

Fahranfänger haben Schwierigkeiten, sicherheitsrelevante Bereiche der Verkehrsumwelt zu erkennen und übersehen vor allem verdeckte Gefahren eher als erfahrenere Fahrer (FISHER, POLLATSEK & PRADHAN, 2006). Ein weiterer Ansatz, die Auf-

merksamkeit des Lernalers auf wesentliche Details zu lenken und so Blickstrategien zu trainieren, besteht darin, kritische Elemente in der Verkehrsumwelt hervorzuheben.

Ein Teil des von CHAPMAN et al. (2002) eingesetzten Trainings bezog sich auf die Vermittlung visueller Suchstrategien. Weiträumiges Absuchen der Verkehrsumwelt auf sicherheitsrelevante Aspekte wurde unterstützt, indem kritische Bereiche in Videos hervorgehoben wurden. Blaue Kreise wiesen dabei auf Bereiche hin, die ein Fahrer generell im Blick haben sollte (verdeckte potenzielle Gefahren), rot eingekreist waren explizite Gefahren. Das Training führte bei den Testteilnehmern (Fahranfänger) zu deutlich verbesserten Suchstrategien; auch wenn nicht alle trainierten Verhaltensaspekte auch noch 3 bis 6 Monate später nachzuweisen waren.

Eine andere Möglichkeit, den Blick für Gefahren zu schulen, besteht darin, Teilnehmer selbst über Drag-and-Drop-Funktionen Markierungen in Abbildungen vornehmen zu lassen. Diese Aufgabe hatten die Trainees in einer der ersten Versionen des Risk Awareness and Perception Training (RAPT), das POLLATSEK et al. (2006) entwickelten. Die Testteilnehmer waren gefordert, zwei verschiedene Symbole per PC-Maus in Abbildungen von Verkehrssituationen zu platzieren, die aus der Vogelperspektive dargeboten wurden. Anhand roter Kreise sollten Bereiche gekennzeichnet werden, die einer kontinuierlichen Beobachtung bedürfen. Gelb sollten Bereiche markiert werden, in denen in unmittelbarer Zukunft Gefahren auftauchen könnten. Im Nachtest markierten die Teilnehmer, die das Training absolviert hatten, deutlich mehr Gefahrenbereiche als die untrainierten Testteilnehmer. Außerdem zeigten sie im Fahrsimulator ein angemesseneres Blickverhalten.

In einer dritten Version des computerbasierten RAPT (PRADHAN, POLLATSEK, KNODLER & FISHER, 2009) wurde, neben Abbildungen von Gefahrenszenen aus der Vogelperspektive und Erläuterungen zu gefährlichen Aspekten in Textform, eine Fotoserie der gleichen Szene aus der Fahrerperspektive dargeboten. Bereiche, die besondere Aufmerksamkeit erforderten, mussten die Probanden per Mausklick auf das Einzelbild angeben. Feedback erhielten die Testteilnehmer insofern, als dass bei nicht korrekter Lösung das Item wiederholt werden musste. Nach maximal vier Lösungsversuchen erhielt der Testteilnehmer automatisch das nächste Item. Nach Durchlaufen des Programms zeigten die

trainierten Probanden deutlich verbesserte visuelle Suchstrategien. Gefahrenbereiche fixierten sie fast zweimal häufiger als untrainierte Testteilnehmer. Trainingseffekte zeigten sich dabei sowohl in Bezug auf nahen als auch fernen Transfer.

ZAFIAN, SAMUEL, BOROWSKY und FISHER (2014) entwickelten eine computerbasierte Trainingsintervention zur Vermittlung visueller Blickstrategien für komplexe Gefahrensituationen. Ein Teil des Trainings bestand darin, Gefahrenobjekte oder -bereiche per Mausklick in Gefahrenszenarien in Echtzeit zu identifizieren. Nach jeder Aufgabe erhielten die Testteilnehmer visuelles und auditives Feedback zu ihrer Leistung. Gefahrenobjekte und -bereiche, die der Trainee zunächst nicht erkannte, wurden durch farbige Symbole hervorgehoben und über Kopfhörer erfuhren die Testteilnehmer, weshalb sie ihre Aufmerksamkeit auf die entsprechenden Bereiche richten sollten. Die Trainingsintervention erwies sich als effektiv, wobei sich ein größerer Trainingseffekt für komplexe Gefahrensituationen zeigte, die mehr als nur eine Blickfixation erforderten.

2.4.4 Fahrsimulatortraining

WANG et al. (2010) entwickelten und evaluierten eine Trainingsintervention zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmungsfähigkeiten für den Fahrsimulator. Zwei Gruppen von Fahranfängern wurden hinsichtlich ihres Umgangs mit Gefahrensituationen verglichen. Ein Teil der Probanden erhielt 6 Wochen vor einer Testfahrt ein Training im Fahrsimulator, der andere Teil nicht. Im Training mussten zunächst 8 virtuelle Übungsszenarien bewältigt werden. Danach sah der Trainee eine Aufzeichnung seiner Übungsfahrt, bevor er im dritten Teil des Trainings die Fahrt durch die virtuellen Szenarien erneut anschaute, diesmal aber mit den Kommentaren eines Experten. Die Ergebnisse bestätigten die Wirksamkeit des entwickelten Trainings. Junge Fahranfänger, die am Training teilgenommen hatten, erkannten Gefahrensituationen in den 8 Testszenarien frühzeitiger und zeichneten sich durch einen kompetenteren Umgang mit diesen aus.

3 Theoretische Ansätze zum Lernen

Zahlreiche empirische Studien konnten nachweisen, dass es sich bei der Gefahrenwahrnehmung um eine fahrsicherheitsrelevante Kompetenz handelt, deren Erwerb ein wichtiges Ziel der Fahranfängervorbereitung sein sollte. Eine Vielzahl unterschiedlicher Trainingsansätze wurde entwickelt und mit positivem Ergebnis evaluiert (vgl. z. B. McDONALD, GOODWIN, PRADHAN, ROMOSER & WILLIAMS, 2015). Zur Konzeption und Weiterentwicklung solcher Programme fehlen jedoch bisher noch allgemeine Prinzipien. Hierfür lohnt sich der Blick auf Ergebnisse aus dem Bereich der instruktionspsychologischen Forschung, in dem zahlreiche erprobte Konzepte zu Gestaltung und Aufbau von Lernprogrammen zur Verfügung stehen.

3.1 Lernen mit Neuen Medien

Empirische Studien und theoretische Modelle zum Lernen mit Neuen Medien gehören seit mehr als 30 Jahren zu den Forschungsschwerpunkten der Pädagogischen Psychologie (BRÜNKEN, SEUFERT & LEUTNER, 2008). Entsprechend vielfältig ist die Befundlage hierzu. Einigkeit besteht heute weitgehend darüber, dass nicht den Medien selbst Lernwirksamkeit zugeschrieben wird, sondern vielmehr den mithilfe der Medien realisierten Formen der Aufbereitung und Darstellung sowie der Interaktion mit den zu erlernenden Informationen. Moderne Theorien zum Lernen mit Medien basieren daher in der Regel auf aktuellen kognitionspsychologischen Annahmen zur grundlegenden Funktionsweise des menschlichen Informationsverarbeitungssystems sowie den daraus ableitbaren Implikationen für die Gestaltung von Lehr-Lernszenarien generell.

3.1.1 Mikro- und Mesoebene

Theorien zum Multimedialernen lassen sich auf unterschiedlichen Ebenen ansiedeln. Auf einer Mikroebene sind psychologische Theorien zu verorten, die das Gedächtnissystem und kognitive Prozesse zum Gegenstand haben. Sie erklären, wie Menschen Informationen verarbeiten und wie Lernen basal funktioniert. Beispiele hierfür sind PAIVIO's Theorie der Dualen Kodierung (1986) und BADDELEY's Arbeitsgedächtnismodell (1992).

Auf einer Mesoebene lassen sich Theorien einordnen, welche die Gestaltung von Instruktionsmaterial

thematisieren und entsprechend darauf abzielen, Parameter und Richtlinien für die Gestaltung von Lernmaterialien zu identifizieren. Als Beispiele hierfür sind die Cognitive Load Theory (CLT) von SWELLER (2005) und die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) von MAYER (2005) zu nennen; die international meistbeachteten Theorien hierzu. Beide Ebenen gilt es bei der Erstellung technologiebasierter Lernmaterials zu berücksichtigen.

Ob sich Medien als mehr oder weniger förderlich für den Lernerfolg erweisen, hängt nicht von der eingesetzten Technologie ab, sondern in aller Regel von der Art der Informationsgestaltung. Wesentlich für die Beurteilung medialer Lernangebote ist, welche Lehr-Lernziele erreicht werden sollen und ob bzw. wie die hierfür notwendigen kognitiven Prozesse beim Lernenden medial unterstützt werden. Über den Zusammenhang von einzelnen medialen Gestaltungsparametern und spezifischen kognitiven Prozessen der Informationsverarbeitung existieren eine Reihe empirisch gesicherter Erkenntnisse. Anhand etablierter Theorien, wie der CLT oder der CTML, lassen sich Aussagen über die Wirkung bestimmter Gestaltungsmerkmale auf den Wissens- und Kompetenzerwerb treffen, weshalb diese Theorien nachfolgend zunächst beschrieben werden, um danach Gestaltungsprinzipien zu erläutern, die sich aus beiden für das vorliegende Projekt ableiten.

3.1.1.1 Cognitive Load Theory

Eine empirisch gut abgesicherte Theorie, die einen Erklärungsansatz zum multimedialen Lernen darstellt, ist die CLT. Übergeordnetes Ziel beim Multimedialernen ist in dieser Theorie die Konstruktion und Automatisierung von Schemata. Die CLT greift auf das Arbeitsgedächtnismodell von BADDELEY (1992) zurück. Das Arbeitsgedächtnis (AG) besteht aus der Zentralen Exekutive und zwei Subsystemen: dem visuell-räumlichen Notizblock und der phonologischen Schleife. Es unterliegt zwei Beschränkungen, die es durch die Gestaltung von multimedialem Instruktionsmaterial zu überwinden gilt: Zum einen einer zeitlichen Begrenztheit. Dabei wird angenommen, dass Inhalte im AG nach ca. 20 bis 30 Sekunden verlorengehen, sofern sie nicht durch einen Rehearsal-Mechanismus wiederholt werden. Zum anderen ist das AG begrenzt in Bezug auf die Menge an Informationseinheiten, die zeitgleich verarbeitet werden können. AYRES und PAAS (2009) beispielsweise gehen von drei bis fünf Elementen aus, die simultan im Arbeitsgedächtnis

verarbeitet werden können. Im Gegensatz zu BAD-DELEY's Arbeitsgedächtnismodell (1992) wird in der CLT keine Zentrale Exekutive angenommen, stattdessen aber Schemata. Ein Schema ist ein kognitives Konstrukt, das Informationen für die Speicherung ins Langzeitgedächtnis organisiert. Da Schemata im AG als Entität, also als ein zu verarbeitendes Element betrachtet werden, verringern sie zudem die kognitive Belastung. Zwei kognitive Prozesse sind bei der Entstehung von Schemata von Bedeutung: Elaboration und Induktion. Bei der elaborierten Verarbeitung werden neue Informationen vom Lerner mit Bedeutung versehen, in dem er diese in vorhandene Wissensstrukturen integriert. Mittels des Vorwissens kann neues Wissen strukturiert und verstanden werden. Bei der Induktion werden konkrete Lernerfahrungen in Schemata überführt. Durch die dadurch entstehenden generalisierten Wissensstrukturen ist der Lerner zunehmend in der Lage, auch solche Aufgaben zu lösen, die sich von jenen in der Lernphase unterscheiden (Transfer). Neben der Konstruktion von Schemata ist auch deren Automatisierung ein wichtiges Ziel beim Lernen. Informationsverarbeitungsprozesse können bewusst oder automatisiert ablaufen, wobei bewusste Verarbeitungsprozesse das AG belasten, automatisiert ablaufende hingegen umgehen das AG weitgehend, wodurch kognitive Ressourcen für andere Funktionen zur Verfügung stehen.

Automatisierung kann durch ein hohes Maß an Übung erreicht werden. Bei der Automatisierung von Schemata wird zwischen Kompilierung und Verstärkung unterschieden. Kompilierung meint, dass vom Lerner ein Schema konstruiert wird, bei dem bestimmte Handlungen unmittelbar mit den Bedingungen des Schemas verknüpft werden. Erfüllt eine Aufgabe die Bedingungen des Schemas, werden die entsprechenden Handlungen automatisch ausgeführt. Der Prozess der Verstärkung bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit, mit der ein automatisiertes Schema auftritt. Ein Schema, das gerade erst automatisiert wurde, hat noch eine niedrige Auftrittswahrscheinlichkeit und damit eine geringe Chance unter bestimmten Bedingungen aktiviert zu werden. Durch Verstärkung erhöht sich jedoch zunehmend die Wahrscheinlichkeit zur Aktivierung dieses Schemas. Leistungsunterschiede zwischen Experten und Novizen können demnach sowohl durch den Ausbildungsgrad von Schemata als auch durch deren Automatisierungsgrad erklärt werden. Durch entsprechend häufiges Üben können bei Experten Schemata automatisiert angewandt werden,

wodurch kognitive Ressourcen für andere Informationsverarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis verfügbar sind. Die Schemata von Novizen hingegen sind durch ein geringeres Maß an Übung weniger gut ausgebildet oder laufen noch bewusst ab. Daraus resultiert eine höhere kognitive Beanspruchung und damit eine geringere Leistung (VAN MERRIËNBOER & SWELLER, 2005).

Lernmaterial, das auf der Grundlage der CLT erarbeitet wurde, zielt darauf ab, die kognitive Belastung (Cognitive Load) der Lerner zu optimieren. Drei Arten kognitiver Belastung werden in der CLT unterschieden, die als additiv angenommen werden: Die intrinsische und extrinsische (Intrinsic und Extraneous Cognitive Load) sowie die lernbezogene kognitive Belastung (Germane Cognitive Load).

Die intrinsische kognitive Belastung bezieht sich auf die Schwierigkeit der Lernaufgabe selbst und ist durch die Interaktivität der einzelnen Lernelemente untereinander gekennzeichnet (BRÜNKEN, PLASS & LEUTNER, 2004). Mit Lernelementen sind sowohl jene Informationen gemeint, die bereits erlernt wurden, als auch solche, die noch zu erlernen sind. Zeichnet sich das Instruktionsmaterial durch eine hohe Elementinteraktivität aus, müssen viele Lernelemente zeitgleich im AG verarbeitet werden. Bei einer niedrigen Elementinteraktivität kann die Verarbeitung der einzelnen Lernelemente auch konsekutiv erfolgen, was ein einfacheres Verständnis des Lernmaterials zur Folge haben kann (SWELLER, 1994). Die Elementinteraktivität ist hoch, wenn die Funktion eines Lernelementes nicht verstanden werden kann, ohne die Funktionsweisen anderer Elemente zu kennen. Die intrinsische Belastung beim Lernen ist zudem abhängig vom Vorwissen. Je größer das domänenspezifische Wissen des Lerners ist, desto geringer ist dessen intrinsische kognitive Beanspruchung.

Die extrinsische bzw. lernirrelevante kognitive Belastung ist abhängig von der Art der Darbietung bzw. der Gestaltung des Lernmaterials. Müssen vom Lerner viele irrelevante, wenig zielführende kognitive Anstrengungen aufgebracht werden, um die relevanten Informationen aus dem Instruktionsmaterial herauszufiltern, ist die lernirrelevante kognitive Belastung hoch. Im Gegensatz dazu ist sie gering, wenn der Lerner die relevanten Informationen schnell finden und integrieren kann und diese in für ihn leicht verständlicher Weise dargeboten werden. Um den Lerner optimal beim Aufbau und der Verknüpfung von Schemata zu unterstützen, sollte die

extrinsische Belastung so gering wie möglich gehalten werden.

Mit der lernbezogenen Belastung ist jene kognitive Beanspruchung gemeint, die für den Wissenserwerb und damit für die Konstruktion und Automatisierung von Schemata benötigt wird.

Bei der Gestaltung multimedialer Lernumgebungen sollten alle drei Arten kognitiver Belastung berücksichtigt werden, das heißt, das Arbeitsgedächtnis sollte so ausgelastet sein, dass neben der unvermeidbaren intrinsischen Belastung die extrinsische Beanspruchung so gering wie möglich gehalten wird, damit für die lernbezogene kognitive Belastung genügend kognitive Ressourcen zur Verfügung stehen.

3.1.1.2 Cognitive Theory of Multimedia Learning

Die CTML (MAYER, 2005) ist ein instruktionspsychologisches Arbeitsmodell, das basierend auf grundlegenden Annahmen über die menschliche Informationsverarbeitung Implikationen für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen formuliert. Diese Theorie verdeutlicht zum Beispiel, weshalb mit Worten und Bildern effektiver gelernt werden kann als nur mit einem dieser Medien (sog. Multimedia-Effekt), aber auch, dass das bloße Hinzufügen von Text zum Bildmaterial noch keinen Lernerfolg garantiert (MAYER & CHANDLER, 2001). Entscheidend dafür, ob mit multimedialem Material effektiv gelernt werden kann, ist, dass sich die Gestaltung des Instruktionsmaterials daran orientiert, wie Personen lernen und nicht daran, welche technischen Möglichkeiten vorhanden sind, um Lernumgebungen zu gestalten. In der CTML werden drei Gedächtnissysteme unterschieden: das Sensorische Gedächtnis, das Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis (LZG). Beim Verarbeiten des multimedial dargebotenen Lernmaterials werden die eingehenden Informationen in Form von bewegten und unbewegten Bildern und gedruckten sowie gesprochenen Worten, die vom Lerner über die Augen und Ohren aufgenommen werden, für sehr kurze Zeit im Sensorischen Register behalten. Hier werden die rezipierten Informationen in akustische oder bildhafte Repräsentationen umgewandelt. Werden diese Informationen vom Lerner mit Aufmerksamkeit bedacht, gelangen sie ins AG, in dem Transformationsprozesse stattfinden können. Aus der Darbietung des geschriebenen Wortes Straßenkreuzung

kann der Lerner z. B. ein mentales Bild eines Kreuzungsbereichs generieren. Das Arbeitsgedächtnis ist von zentraler Bedeutung, da hier Informationen kurzzeitig zwischengespeichert und modifiziert werden können. Bei der Weiterverarbeitung der Informationen entstehen durch kognitive Organisationsprozesse verbale oder piktoriale mentale Modelle. Die Verknüpfung des in diesen Modellen gespeicherten Wissens mit dem Vorwissen aus dem LZG erfolgt ebenfalls im AG. Hierzu muss allerdings zunächst das im LZG gespeicherte Wissen ins AG überführt werden, um in Letzterem verarbeitet werden zu können.

Die CTML basiert auf drei theoretischen Annahmen über die menschliche Informationsverarbeitung. Die erste Annahme ist die der dualen Kodierung eingehender Informationen. Es wird dabei angenommen, dass die Informationsverarbeitung zunächst getrennt nach verbal und nonverbal dargebotener Information erfolgt. Nonverbal-bildhaft präsentiertes Material wird dabei in einem visuellen Kanal, sprachlich dargebotenes Informationsmaterial in einem auditiven Kanal verarbeitet. Die in einem Kanal generierten Repräsentationen können zur Weiterverarbeitung aber auch in den jeweils anderen konvertiert werden. Das heißt, eine auditiv dargebotene Beschreibung eines Sachverhaltes kann vom Lerner in ein mentales Bild desselben umgewandelt werden (MAYER, 2005). Die zweite Annahme thematisiert die Begrenztheit der Informationsverarbeitungskapazität des Arbeitsgedächtnisses und bezieht sich darauf, dass nur eine begrenzte Menge an Informationseinheiten in jedem der beiden Kanäle simultan verarbeitet werden kann. Die dritte Annahme bezieht sich darauf, dass Lerner die eingehenden Informationen beim Lernen aktiv verarbeiten, um eine kohärente mentale Repräsentation ihrer Erfahrungen zu konstruieren. Verstehen ist dabei die Folge der Anwendung angemessener kognitiver Verarbeitungsstrategien, wie die Auswahl relevanter Informationselemente für die Weiterverarbeitung, die Organisation der mit Aufmerksamkeit bedachten Informationen zu einem verbalen und einem piktorialen Modell und schließlich die Integration des Text- und des Bildmodells und des Vorwissens. Nur dann, wenn alle fünf Verarbeitungsprozesse durchlaufen werden, kann ein tiefes Verstehen des Gelernten erreicht werden, was in guten Behaltens- und Transferleistungen zum Ausdruck kommt.

3.1.1.3 Gestaltungsprinzipien für multimediale Lernanwendungen

Die Verarbeitung von Informationen beim Lernen wird von der Gestaltung des Instruktionsmaterials beeinflusst. Eine günstige Gestaltung der Lernmaterialien wirkt sich positiv auf den Wissenserwerb aus. Für die Gestaltung multimedialer Lernumgebungen liegen eine Reihe von Empfehlungen vor, die im Folgenden für Texte, Bilder, Text-Bild-Kombinationen und dynamische Visualisierungen (Animationen) separat beschrieben werden.

3.1.1.3.1 Prinzipien für die Gestaltung von Lerntexten

Lernen erfolgt nach wie vor vornehmlich anhand von Texten. Damit Lerner möglichst schnell und einfach wesentliche Inhalte aus dem Text herausfiltern können, sollte textbasiertes Lernmaterial nicht übermäßig kompliziert gestaltet sein. Dem von LANGER, SCHULZ VON THUN und TAUSCH (2011) entwickelten Hamburger Verständlichkeitskonzept folgend sollten für eine gelungene Gestaltung von Texten die vier Qualitätsdimensionen Einfachheit, Gliederung und Ordnung, Kürze und Prägnanz sowie der Einbezug anregender Zusätze berücksichtigt werden.

Das Prinzip der Einfachheit bezieht sich vor allem auf Wortwahl und Satzbau in Texten. Um Lerntexte möglichst einfach und leicht verständlich zu halten, sollten demnach kurze Sätze formuliert werden, die zu vermittelnde Sachverhalte konkret und anschaulich darstellen. Auf lange Schachtelsätze sowie auf nicht geläufige Ausdrücke sollte beim Verfassen von Lerntexten verzichtet werden. Sind Fremdwörter oder Fachausdrücke unvermeidbar, z. B. weil sie als Teil der Ausbildung verstanden und gelernt werden müssen, so sind diese im Vorfeld zu erläutern und gegebenenfalls in einem Glossar zusammen zu fassen (BALLSTAEDT, 1997). Das Prinzip der Einfachheit kann mit der CLT erklärt werden. Verkompliziert dargestellte Lerninhalte erhöhen die extrinsische kognitive Belastung, wodurch weniger Ressourcen für die lernrelevante kognitive Belastung zur Verfügung stehen und in der Folge davon die Konstruktion von Wissensstrukturen beeinträchtigt sein kann.

Ein weiteres Merkmal verständlich gestalteter Lerntexte ist das der Gliederung und Ordnung. Unterschieden werden kann hier zwischen innerer Ordnung und der äußeren Gliederung von Texten. Eine

innere Ordnung liegt dann vor, wenn für den Leser ein roter Faden erkennbar ist und Informationen somit folgerichtig und nachvollziehbar dargeboten werden. Eine äußere Gliederung von Texten kann z. B. durch optische Gestaltungsmittel wie Überschriften oder Unterstreichungen, aber auch durch Gruppierungen von Textteilen und der Zusammenfassung wichtiger Inhalte erreicht werden. MAUTONE und MAYER (2001) nennen in diesem Zusammenhang das Signalisierungsprinzip (Signaling oder auch Cueing Principle) als wichtiges Gestaltungsmerkmal von Lerntexten, weil durch das Hervorheben wesentlicher Lernelemente sowie deren Organisationstruktur der Wissenserwerb unterstützt werden kann. Schlüsselwörter bspw. können durch eine andere Farbe oder Fettdruck markiert werden. Überschriften oder Absätze etwa geben Hinweise darauf, wie Informationen organisiert sind. Durch Hervorheben wichtiger Informationen entfällt aufwendiges Suchen. Der Aufmerksamkeitsfokus wird direkt auf die wesentlichen Inhalte gelenkt, wodurch für die Verarbeitung dieser mehr kognitive Ressourcen aufgewendet werden können.

Die Verständlichkeitsdimension Kürze und Prägnanz bezieht sich auf die Relation zwischen Informationsziel und Textlänge. Lerntexte sollten diesem Prinzip nach weder zu ausführlich und weitschweifig noch zu knapp gehalten und nur auf das Wesentliche beschränkt sein. Das heißt, auf zu viele Details und überflüssige Erläuterungen, die nicht unmittelbar zum Verständnis beitragen, sollte verzichtet werden. Sowohl in der CTL als auch in der CTML wird diese Dimension im Rahmen des Redundanzprinzips thematisiert. Redundanz entsteht, wenn ein und dieselbe Information mehrfach aber in unterschiedlicher Form dargeboten wird (KALYUGA & SWELLER, 2014). Eine redundante Informationsdarstellung kann sich hinderlich auf das Lernen auswirken. Muss vom Lerner dieselbe Information aus unterschiedlichen Quellen abgeglichen und integriert werden, steigt die extrinsische kognitive Belastung, wodurch das Lernen erschwert wird.

Das vierte Merkmal verständlich gestalteter Texte bezieht sich auf das Hinzufügen anregender Zusätze, mit denen Interesse oder Aufmerksamkeit beim Leser hervorgerufen werden soll. Solche Zusätze können z. B. die direkte Ansprache des Lesers, rhetorische Fragen, die zum Mitdenken auffordern, oder Beispiele aus dem Leben sein. Anregende Zusätze können die Verständlichkeit von Texten verbessern, sollten aber überlegt und wohl dosiert eingesetzt werden. Als ideal gilt ein Mittelmaß zwi-

schen zu nüchtern und zu lebendig bzw. abwechslungsreich. Die lernhinderliche Wirkung, die entsteht, wenn zu viele unwichtige Zusätze im Instruktionsmaterial enthalten sind, die nicht unmittelbar zum Verständnis des Lerngegenstands beitragen, wird im Bereich der Lehr-Lernforschung als *Seductive Details Effect* bezeichnet. Aus der Meta-Analyse von (REY, 2012) zum *Seductive Details Effect* geht hervor, dass sich Behaltens- und Transferleistungen eher verbessern, wenn auf ablenkende Details verzichtet wird. Die Empfehlung für die Gestaltung von Instruktionsmaterial – insbesondere solchem, das sich an Lerner mit geringem domänenspezifischem Vorwissen richtet – lautet deshalb, derartige Zusätze wegzulassen und wenn überhaupt, dann nur sehr sparsam einzusetzen.

3.1.1.3.2 Prinzipien zur Gestaltung von Bildern

Neben Texten sind auch Bilder beim Lernen von großer Bedeutung. Ihrem Abstraktionsgrad entsprechend lassen sich realistische Abbildungen (z. B. Fotos), texturierte Abbilder (mit Schattierungen und Schraffuren), Linienabbilder (Strichzeichnungen) und schematische Abbildungen (z. B. Verkehrsnetze) voneinander unterscheiden (BALLSTAEDT, 1997). Aufgrund ihrer Komplexität sind reale Abbildungen nicht in jedem Fall optimal fürs Lernen geeignet. In reduzierten Darstellungen fällt es vor allem Lernern mit geringem Vorwissen leichter, relevante Aspekte aufzufinden. Das Auffinden lernrelevanter Informationen lässt sich zusätzlich aber auch durch Hervorhebungen unterstützen (Signalisierungsprinzip). Wichtige Bildbestandteile können z. B. durch farbliche Hervorhebungen oder Pfeile, die auf wesentliche Details verweisen, markiert werden. Aber auch Vergrößerungen oder Umrandungen wichtiger Bildausschnitte sind denkbar. Bei der Gestaltung von Bildmaterial, das zu Lernzwecken verwendet wird, sollte auf die Verwendung unterschiedlicher Arten von Hervorhebungen verzichtet werden. Außerdem rät BALLSTAEDT (1997), nicht zu viele Details zu markieren.

3.1.1.3.3 Prinzipien zur Gestaltung von Text-Bild-Kombinationen

Entsprechend des von MAYER (2014a) formulierten Multimediaprinzips kann durch eine Kombination von aufeinander bezogenem Bild- und Textmaterial nachhaltiger gelernt werden als mit Text allein. Dieser lernförderliche Effekt lässt sich in der Regel nur dann aufzeigen, wenn weitere Gestaltungsprin-

zipien, die für die Einbindung von Text- und Bildelementen gelten, berücksichtigt wurden.

Ein Prinzip, das in diesem Zusammenhang zu nennen ist, ist das Modalitätsprinzip, das besagt, dass die gemeinsame Nutzung des visuellen und des auditiven Subsystems des Arbeitsgedächtnisses lernförderlich ist. Während bspw. ein Diagramm visuell präsentiert werden muss, können korrespondierende Informationen sowohl auditiv als auch visuell dargeboten werden. Laut Modalitätsprinzip verbessert sich das Lernen, wenn die Information als auditiver Begleitkommentar anstelle eines schriftlichen Textes präsentiert wird. Erklärt wird dieser Effekt dadurch, dass eine kognitive Überlastung durch die Nutzung beider Teilsysteme des Arbeitsgedächtnisses (visuell-räumlicher Notizblock und phonologische Schleife) vermieden wird. Empirisch belegt wird dieser Effekt z. B. durch die Metaanalyse von GINNS (2005), in der 43 Einzelstudien aus unterschiedlichen Wissensbereichen berücksichtigt wurden. Allerdings zeigte sich in dieser Analyse auch, dass der Modalitätseffekt nur bei hoher Elementinteraktivität eintritt und wenn die Geschwindigkeit der Informationsdarbietung durch das Lernsystem vorgegeben wird und nicht vom Lerner selbst gesteuert werden kann.

Das Wissen darüber, dass eine Verteilung der kognitiven Belastung auf beide Informationsverarbeitungs Kanäle hilfreich beim Wissenserwerb sein kann, könnte dazu veranlassen, dem Lerner wichtige Sachverhalte zeitgleich sowohl in geschriebener als auch gesprochener Form zu präsentieren. Lerninformationen auf diese Weise darzubieten, ist jedoch nicht in jedem Fall vorteilhaft. Vor allem dann nicht, wenn die Entlastung des visuellen Kanals als ein Vorteil der auditiven Informationspräsentation entfällt. In diesem Fall spricht man vom Redundanzeffekt, der sich dann zeigt, wenn dem Lerner ein und dieselbe Information sowohl auditiv als auch visuell zur Verfügung gestellt wird. Erklärt wird dieser Effekt damit, dass das Erkennen und Integrieren redundanter Informationen zusätzliche kognitive Ressourcen benötigt, die für die Verarbeitung relevanter Inhalte nicht mehr zur Verfügung stehen, wodurch in der Folge die Konstruktion und Automatisierung von Schemata beeinträchtigt sein kann.

Das Prinzip der räumlichen Nähe geht von einem tieferen Verstehen multimedialer Lerninhalte aus, wenn geschriebener Text räumlich nah bei korrespondierenden Abbildungen dargeboten wird (MAYER & FIORELLA, 2014). Der Grund hierfür sei im

Wegfall der visuellen Suche zu sehen. Der Lerner muss seine Augen nicht mehr zwischen Text und Bild hin und her bewegen, wodurch sich die lernirrelevante kognitive Belastung reduziert und kognitive Ressourcen für generierende Verarbeitungsprozesse frei sind. Verschiedene, sich einander ergänzende Informationsquellen sollten daher räumlich integriert werden. Das gilt vor allem dann, wenn sich das Instruktionsmaterial an Lerner mit geringem Vorwissen richtet und, wenn jede der verschiedenen Informationsquellen benötigt wird, um den Lerngegenstand verstehen zu können; aber auch bei besonders komplexem Lernmaterial.

Nicht in jedem Fall ist es möglich, ein Bild in räumlicher Nähe zum Text zu präsentieren; z. B., weil das Bild in einer Größe dargestellt sein sollte, bei der wichtige Details für den Lerner erkennbar sind. In einem solchen Fall muss entschieden werden, in welcher Reihenfolge Bild und Text präsentiert werden. Gemäß SCHNOTZ' (2014) integrativen Modells des Text- und Bildverständnisses sollte ein Bild vor dem korrespondierenden Text platziert werden (entspricht dem Bild-Text-Reihenfolgeprinzip). So könne verhindert werden, dass der Lerner bei der Rezeption eines Textes ein zu stark vom Lerngegenstand abweichendes mentales Abbild generiert, was zu Interferenzen und folglich zu Lernbeeinträchtigungen führen kann. Dieser negative Effekt kann nicht eintreten, wenn die Abbildung im Vorhinein präsentiert wird.

Analog zum Prinzip der räumlichen Nähe verweist das Prinzip der zeitlichen Nähe darauf, sich inhaltlich aufeinander beziehende Informationsquellen auch zeitlich nah beieinander zu präsentieren. Bilder und auditive Erläuterungen hierzu sollten zeitgleich präsentiert werden. Eine zeitlich versetzte Darbietung kann die Integration der Informationen erschweren und das Lernen negativ beeinflussen, da entweder die verbale oder die bildhafte mentale Repräsentation für längere Zeit im AG aufrechterhalten werden muss, wodurch sich die extrinsische Belastung erhöht.

3.1.1.3.4 Prinzipien zur Gestaltung dynamischer Lernmaterialien

Animationen sind in multimedialen Lernumgebungen allgegenwärtig (LOWE & SCHNOTZ, 2014). Gegenüber statischen Bildern können Animationen zur Vermittlung von Lerngegenständen geeigneter sein, weil sie kontinuierliche zeitliche Veränderungen direkt abbilden können. Aus Abbildungen müs-

sen diese indirekt vom Lerner erschlossen werden, weil Abläufe nur über Abfolgen weniger Einzelbilder oder durch Bewegungspfeile angedeutet werden können. Mit statischem Bildmaterial sind Veränderungen daher schwierig darzustellen (TVERSKY, MORRISON & BETRANCOURT, 2002). Hinweiszeichen wie z. B. Richtungspfeile bereichern das Lernmaterial zusätzlich mit Informationen an und erhöhen so dessen Komplexität, wodurch insbesondere Lerner mit geringem Vorwissen beim Lernen beeinträchtigt sein können.

MALONE und BRÜNKEN (2013) konnten aufzeigen, dass das Instruktionsverständnis von Fahranfängern durch Animationen unterstützt werden kann; Animationen sollten daher in der Fahrausbildung genutzt werden, um komplexe Verkehrssituationen angemessen zu veranschaulichen, so die Autoren.

Um das Instruktionsverständnis beim Lernen mit Animationen zu unterstützen, empfiehlt MAYER (2008) die Berücksichtigung der im Folgenden dargestellten Gestaltungsmerkmale.

Gestaltungsprinzipien zur Bewältigung extrinsischer kognitiver Belastung

Extrinsische kognitive Belastung entsteht, wenn das Lernmaterial durch seine Gestaltung schwer zu verstehen ist. Eines der Gestaltungsmerkmale, das auf die Reduktion extrinsischer kognitiver Belastung abzielt, ist das Kohärenzprinzip. Dieses Gestaltungsprinzip verweist darauf, dass bei der Gestaltung von Lernmaterial auf Informationen, die nicht unmittelbar zum Verstehen des zu vermittelnden Lerngegenstands beitragen, verzichtet werden sollte (MAYER, 2008). Solche Seductive Details (anregenden Zusätze) können z. B. Anekdoten oder Hintergrundmusik sein, die für den Lerner zwar interessant, aber fürs Verständnis des Lehrstoffs unnötig sind. Ein Erklärungsansatz nimmt an, dass interessante Details das Lernen erschweren, indem sie die Aufmerksamkeit des Lerners binden und diese deshalb nicht mehr dem eigentlichen Lerngegenstand gewidmet wird.

Ein weiteres Gestaltungsprinzip, das zur Reduktion extrinsischer Belastung bei der Entwicklung dynamischer Lernmaterialien Verwendung finden kann, ist das Signalisierungsprinzip (MAYER, 2008); von BETRANCOURT (2005) auch als Aufmerksamkeitslenkungsprinzip (Attention Guiding Principle) bezeichnet, oder von VAN GOG (2014) auch unter

dem Begriff Cueing beschrieben. Das Signalisierungsprinzip besagt, dass multimediales Material besser verstanden werden kann, wenn Hinweise die Aufmerksamkeit des Lerners auf Kerninhalte lenken oder die Gliederung des Inhaltes unterstützen. Solche Hinweise können neben Audiokommentaren auch bildbasiert sein (z. B. Hinweis Pfeile; BOUCHEIX & LOWE, 2010).

Dynamische Visualisierungen sind konstruierte Bilderabfolgen, bei denen jedes Einzelbild eine Veränderung des vorangegangenen darstellt. Aufgrund der Flüchtigkeit von Informationen in dynamischen Lernmaterialien müssen Wahrnehmungs- und Verstehensprozesse innerhalb einer durch dieses Medium vorgegebenen Zeit erfolgen. Lernrelevante Informationen können dabei leicht übersehen werden. Vor allem bei der Beschäftigung mit neuen Lerninhalten erfolgt die Wahrnehmung und Verarbeitung meist bottom-up (datengesteuert). Das heißt, die Aufmerksamkeitszuteilung basiert auf den Eigenschaften des Lernmaterials. Saliente Eigenschaften werden dabei häufig stärker beachtet (LOWE, 2003). Bei der top-down- oder konzeptgesteuerten Verarbeitung wird vom Vorwissen beeinflusst, welchen Informationen Aufmerksamkeit zugeteilt wird. UNDERWOOD, CHAPMAN, BROCKLEHURST, UNDERWOOD und CRUNDALL (2003) konnten in ihrer Studie zeigen, dass sich erfahrene Fahrer und Fahranfänger in ihrem visuellen Suchverhalten deutlich unterscheiden. Je mehr domänenspezifisches Vorwissen vorhanden war, desto häufiger wurde die Aufmerksamkeit auf aufgabenrelevante Informationen in der Verkehrsumwelt gerichtet. Novizen neigten eher dazu, auf saliente Merkmale zu achten, weil ihnen das Vorwissen für eine konzept- oder schemabasierte Verarbeitung noch überwiegend fehlte. Die salienten Merkmale dynamischer Visualisierungen sind aber nicht notwendigerweise auch die lernrelevanten. Eine Möglichkeit, die Aufmerksamkeit des Lerners auf aufgabenrelevante Informationen zu lenken, besteht darin, diese hervorzuheben. Hierfür können z. B. Audiokommentare (z. B. „Achtung, Fußgänger überquert die Fahrbahn!“) oder bildbasierte Hinweiszeichen (z. B. Ausrufezeichen, das auf einen Fußgänger hinweist) eingesetzt werden.

Dem Prinzip räumlicher Nähe (Spatial Contiguity Principle; MAYER, 2008) folgend sollten relevante Informationen (räumlich) unmittelbar beieinander präsentiert werden, um deren mentale Integration zu unterstützen und somit die Lernleistung zu erhöhen. Soll also beispielsweise auf die unvermittelte

Querung eines Fußgängers in der Animation hingewiesen werden, so sollte ein bildbasiertes Hinweiszeichen in die Animation integriert und z. B. unmittelbar über dem Fußgänger platziert werden, um diesen als Gefahrenreiz sichtbar zu machen. Ähnlich dem Prinzip der räumlichen Nähe verweist das Prinzip der zeitlichen Nähe auf den lernförderlichen Effekt zeitgleich dargebotener korrespondierender Informationen. Auditiv dargebotene Informationen sollten demnach zeitgleich zum bildlich dargestellten Sachverhalt präsentiert werden, nicht zeitlich versetzt.

Gemäß des Redundanzprinzips (MAYER, 2008) sollte auf die Präsentation redundanter Informationen verzichtet werden. Herauszufinden, ob die Informationen beider Quellen (z. B. auditiv und visuell) übereinstimmen, erfordert zusätzliche kognitive Ressourcen. Gesprochener Text, der als Begleitkommentar zur Animation dargeboten wird, sollte daher nicht noch visuell auf dem PC-Bildschirm präsentiert werden.

Gestaltungsprinzipien zur Bewältigung intrinsischer kognitiver Belastung

Die intrinsische kognitive Belastung ist von der Komplexität des zu erlernenden Sachverhalts abhängig und ist daher nicht durch die Gestaltung beeinflussbar. Eine günstige Gestaltung des Instruktionsmaterials kann sich jedoch darauf auswirken, wie gut mit der intrinsischen Belastung umgegangen werden kann.

Das Modalitätsprinzip besagt, dass beim Einsatz von Animationen Lerntext eher auditiv statt visuell präsentiert werden sollte, weil hierdurch eine Überlastung des visuellen Informationsverarbeitungskanals vermieden werden könne (MAYER, 2008). Ähnlich wie es der Fahrlehrer bei Übungsfahrten praktiziert, können in einer elektronischen Lernumgebung begleitend zur Animation Hinweise in gesprochener Sprache vermittelt werden.

Mit dem Segmentierungsprinzip als einer weiteren Möglichkeit zur Bewältigung intrinsischer Belastung wird die lernförderliche Wirkung beschrieben, die entsteht, wenn Animationen, anstatt sie im Ganzen zu präsentieren, in lernergerechte Abschnitte aufgeteilt werden. Begründet wird das Segmentierungsprinzip mit einer kognitiven Überlastung, die bei zu schneller Darbietung dynamischen Lernmaterials entsteht, weil die Kapazität beider Subsysteme (auditives und visuelles) des AG überbean-

spricht werden. MAYER (2005) zufolge sollte dieses Gestaltungsprinzip z. B. dann berücksichtigt werden, wenn Animationen sehr schnell und mit Audiokommentaren dargeboten werden.

Das Vorübungsprinzip (Pre-Training Principle; MAYER & PILEGARD, 2014) geht von einem besseren Verstehen des multimedialen Lerninhalts aus, wenn dem Lerner Bezeichnungen und Eigenschaften der wesentlichen Konzepte bekannt sind. Vor der Darbietung eines animierten Verkehrsszenarios könnten z. B. wichtige Verkehrsregeln oder -schilder zunächst einmal gezeigt und erläutert werden. Mit diesem Vorwissen ausgestattet, kann sich der Lerner ganz auf die in der Animation dargestellten Sachverhalte konzentrieren, wodurch die Möglichkeit einer kognitiven Überlastung vermindert und bedeutungsvolles Lernen wahrscheinlicher wird.

Gestaltungsprinzipien zur Förderung generierender Verarbeitungsprozesse (germane cognitive load)

Wissensstrukturen generierende Informationsverarbeitung meint: Der Lerner entnimmt präsentiertem Bildmaterial und Begleittexten die relevanten Aspekte und organisiert diese Informationen zu einem verbalen und einem piktoralen mentalen Modell. Beide Modelle (verbales und piktorales) werden zu einem mentalen Modell sowie mit dem Vorwissen integriert. Diese generierenden Prozesse führen zu tiefem Verstehen von Lerninhalten und spiegeln sich in Transferleistungen wider (MAYER, 2008).

MAYER, FENNELL, FARMER und CAMPBELL (2004) zufolge haben sich vor allem zwei Vorgehensweisen herauskristallisiert, bedeutungsvolles Lernen in computerbasierten Lernumgebungen zu fördern: Zum einen kann der Fokus auf kognitiven Prozessen liegen und darauf, multimediale Instruktion so zu gestalten, dass eine kognitive Überlastung des Lerners vermieden wird und damit ausreichend kognitive Ressourcen zur Verfügung stehen, die für generierende Prozesse aufgewendet werden können. Zum anderen kann der Fokus aber auch daraufgelegt werden, multimediales Lernmaterial so zu gestalten, dass es Interesse weckt und Lernende motiviert sind, sich mit den dargebotenen Inhalten zu beschäftigen. Für die Einflussnahme auf motivationale Prozesse beim Lerner nennt MAYER (2014b) vier verschiedene Prinzipien, die bei der Gestaltung von Animationen Berücksichtigung finden sollten. Das Personalisierungsprinzip besagt, dass mit umgangssprachlichen Formulie-

rungen in der Instruktion besser gelernt werden kann als mit einer formalen Ausdrucksweise. Auf unpersönliche Formulierungen in der dritten Person sollte verzichtet werden, denn die direkte Ansprache wirke motivationsfördernd.

Gesprochener Text, der begleitend zur Animation dargeboten wird, sollte dabei nicht mit maschinell erzeugter Stimme, dialektfrei und ohne fremdsprachlichen Akzent vermittelt werden. Diese zweite Gestaltungsempfehlung wird als Voice Principle bezeichnet.

Das Image Principle als eine weitere Gestaltungsempfehlung, um die soziale Präsenz des Lerners zu erhöhen, bezieht sich darauf, dass nicht notwendigerweise ein besseres Verständnis vom Lerninhalt resultiert, wenn ein Abbild des Sprechers (Computerfigur – Pädagogischer Agent) Teil der multimedialen Botschaft ist. Werden jedoch Computerfiguren in elektronischen Lernumgebungen eingesetzt, so wird das Verstehen von Lerninhalten eher gefördert, wenn pädagogische Agenten menschliche Gestik sowie menschliche Bewegungen und Gesichtsausdrücke aufweisen und Augenkontakt zum Lerner haben. Diese Gestaltungsempfehlung wird als Personifizierungsprinzip (Embodiment Principle) bezeichnet.

3.1.2 Makroebene

Im Gegensatz zu den in den vorherigen Kapiteln genannten Gestaltungsprinzipien für Lehr-Lernmaterial lassen sich Theorien und Modelle, die sich der Gestaltung von Lehrplänen oder Trainingsprogrammen widmen, auf einer Makroebene einordnen. Ein Vertreter hierfür ist das 4C/ID-Modell (VAN MERRIËNBOER, 1997; VAN MERRIËNBOER & KIRSCHNER, 2007, 2018).

3.1.2.1 Four-Component Instructional Design-Modell

Das 4C/ID-Modell ist eine kognitionspsychologische Instruktionsdesigntheorie, die vornehmlich für den Erwerb prozeduralen Wissens entwickelt (NIEGEMANN, DOMAGK, HESSEL & HEIN, 2008) und in verschiedensten Anwendungsfeldern empirisch geprüft wurde; z. B. im Bereich der medizinischen Ausbildung (z. B. PITTENGER & OLSON-KELLOGG; STEINBAUER, DEBUS, TORSSELLO, STEINBAUER & Adili, 2016). Es wurde nicht explizit für die Gestaltung multimedialer Lernumgebungen

entwickelt, lässt sich aber unter anderem dafür nutzen, weil es z. B. Hinweise für die Einbindung verschiedener Medien bzw. für die Informationspräsentation sowie für das Zur-Verfügung-Stellen von Übungsmöglichkeiten und Feedback durch diese Medien enthält (VAN MERRIËNBOER & KESTER, 2014).

Die grundlegende Annahme des 4C/ID-Modells (siehe Bild 1) ist, dass gut gestaltete Lernumgebungen stets durch vier essenzielle Komponenten beschrieben werden können. Hierbei handelt es sich um Lernaufgaben, Unterstützende und Prozedurale Informationen sowie um Teilübungsaufgaben.

Zentral ist die Vermittlung von Fähigkeiten durch das Bearbeiten komplexer, authentischer Lernaufgaben; z. B. das Auffahren auf eine Autobahn. Komplexe Aufgaben erfordern in der Regel die Ausführung verschiedener Teilprozesse, die entweder als wiederkehrende (rekurrierende) Routinen oder als situationsspezifische (non-rekurrierende) Anforderungen eingeordnet werden können. Die Bewältigung dieser verschiedenen Teilfähigkeiten (rekurrierend vs. non-rekurrierend) setzt die Anwendung unterschiedlicher kognitiver Strategien und mentaler Modelle voraus. Unterstützende Informationen adressieren situationsspezifische Aufgabenanforderungen (z. B. Abschätzen des Gefahrenpotenzials einer bestimmten Verkehrskonstellation) und fördern den Schemaaufbau. Sie knüpfen an das Vorwissen des Lerners an und vermitteln zudem neue Inhalte, wodurch das Lösen der jeweiligen Aufgabe ermöglicht wird. Unterstützende Informationen werden vor der eigentlichen Aufgabenbearbeitung dargeboten und helfen dem Lerner beim Problemlösen. Diese Art von Informationen enthält Angaben darüber, wie ein Wissensbereich organi-

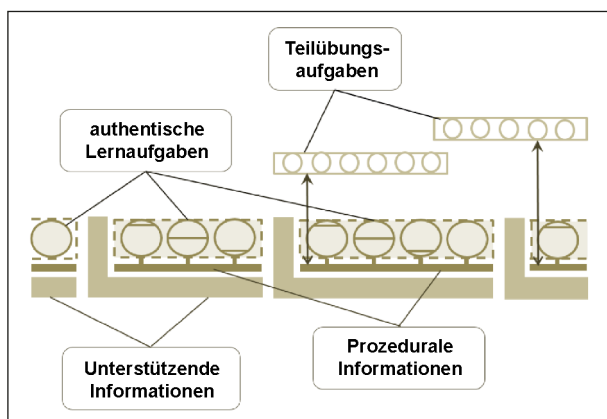


Bild 1: Die vier Komponenten des 4C/ID-Modells (nach VAN MERRIËNBOER & KIRSCHNER, 2007)

siert ist und wie Problemsituationen typischerweise von Experten bewältigt werden. Im Gegensatz dazu sind Prozedurale Informationen für die Vermittlung von Routineaspekten einer Aufgabe gedacht; also jenen Teilfähigkeiten, die bei Experten hochgradig automatisiert sind (z. B. Absichern nach hinten beim Fahrspurwechsel durch Blick in Rück- und Seitenspiegel). Anders als Unterstützende Informationen, die vor der Aufgabenbearbeitung präsentiert werden, werden Prozedurale Informationen in kleineren Informationseinheiten direkt während der Bearbeitung der Lernaufgaben zur Verfügung gestellt. Prozedurale Informationen verdeutlichen z. B. anhand von Faustregeln, wie Routineaspekte auszuführen sind (z. B. Prüfe über Rück- und Seitenspiegel und ggf. über den Schulterblick, ob ein Fahrspurwechsel sicher erfolgen kann).

Mit Teilübungsaufgaben als der vierten Komponente des 4C/ID-Modells werden dem Lerner zusätzliche Übungsgelegenheiten für Routineaspekte geboten. Der Einsatz von Teilübungsaufgaben wird nur für jene Handlungsroutinen empfohlen, für die bereits beim Lernen ein bestimmtes Maß an Automatisierung sinnvoll für die Ausführung nachfolgender Aufgaben ist.

Neben der Gestaltung entsprechender Aufgaben sind auch deren Sequenzierung sowie das Definieren von Lernzielen notwendig. Lernaufgaben werden von einfachen hin zu zunehmend komplexeren in Aufgabenklassen organisiert. Äquivalente Aufgaben werden dabei derselben Aufgabenklasse zugeordnet. Sie sind äquivalent insofern, als dass für deren Lösung dasselbe Wissen die Voraussetzung ist, unterscheiden sich aber hinsichtlich sämtlicher Dimensionen, in denen sie auch in der Realität voneinander abweichen; z. B. in Bezug auf den Kontext, in dem sie ausgeführt werden. Eine Aufgabe aus dem Bereich Gefahrenlehre, bei der ein Schulbus als Indikator für eine potenzielle Gefährdung erkannt werden muss, könnte sich z. B. zunächst im ländlichen Bereich mit sehr wenig Bebauung abspielen. Die nächstschwierigere Aufgabe könnte den gleichen sicherheitsrelevanten Reiz in einer Großstadt mit deutlich mehr Bebauung und größerer Anzahl an Verkehrsteilnehmern darbieten.

Unterstützende Informationen beziehen sich stets auf die gesamte Aufgabenklasse und stellen immer eine Erweiterung vorangegangener Informationen dar. Sie enthalten Informationen über Konzepte, über das Organisationsgefüge verschiedener Elemente und über Ursache-Wirkungsbeziehungen

des jeweiligen Wissensbereichs, geben aber auch Hinweise, wie beim Lösen von Problemen vorgegangen werden kann.

Prozedurale Informationen werden während der Aufgabenbearbeitung dargeboten und beziehen sich deshalb immer auf einzelne Aufgaben. Für deren Gestaltung muss zunächst ermittelt werden, welche Information an welcher Stelle vom Lernenden benötigt wird. Prozedurale Handlungsschritte und kognitive Regeln müssen aufgezeigt werden. Dadurch, dass prozedurale Informationen genau dann präsentiert werden, wenn sie von Lerner für die Bearbeitung der Aufgabe benötigt werden, müssen diese nicht im Vorhinein gelernt und behalten werden, wodurch das Arbeitsgedächtnis entlastet wird. Bei prozeduralen Informationen handelt es sich um Anleitungen, wie Routineaspekte von Aufgaben zu bewältigen sind. In Aufgaben zum Rechtsabbiegen könnte der Lerner bspw. darauf hingewiesen werden, schon lange vor der Möglichkeit zum Abbiegen auf Radfahrer oder Fußgänger zu achten, die seinen Weg queren könnten und ihn deshalb zum Halten veranlassen werden (Regel: Beobachte weiträumig den Bereich um die Einmündung, um Querverkehr rechtzeitig identifizieren zu können). Prozedurale Informationen können sich aber auch auf Wissen beziehen, das der Lerner haben muss, um diese „Schritt-für-Schritt-Anleitungen“ ausführen zu können. Im genannten Beispiel muss der Lerner zunächst wissen, dass er beim Rechtsabbiegen einem querenden Radfahrer auf dem Radweg Vorrang gewähren muss. Dieses Wissen muss dem Lerner bereits vorab vermittelt werden. Bei der Ausführung der Aufgaben erhält der Lerner von Beginn an Unterstützung. Diese wird mit zunehmender Expertise schrittweise reduziert (Scaffolding).

3.1.2.2 Adaptive Lernumgebungen

Zentrales Element von Lernumgebungen, die nach dem 4C/ID-Modell gestaltet sind, ist der Einsatz ganzheitlicher authentischer Probleme als Lernaufgaben. Bei dieser Art von Lernaufgaben wird die Koordination und Integration konstituierender Teilfähigkeiten von Beginn an trainiert. Das Lösen dieser Aufgaben ist daher in der Regel sehr anspruchsvoll, weshalb bei der Gestaltung und Sequenzierung von Lernaufgaben zum einen darauf geachtet wird, dass Aufgaben nach ihrem Schwierigkeitsgrad geordnet bearbeitet werden. Um eine zu hohe kognitive Beanspruchung des Lerners zu vermeiden, wird mit einfachen Aufgaben begonnen und das schwie-

rigste Problem als letztes Item in einer Aufgabenklasse präsentiert. Zum anderen wird die instruktionale Unterstützung und Anleitung innerhalb einer Aufgabenklasse sukzessive reduziert, bis das letzte Item schließlich ohne jede Hilfestellung vom Lerner selbstständig gelöst werden kann. Die sukzessive Verringerung von Hilfestellungen ist notwendig, weil die Expertise des Lerners zunimmt. Studien haben gezeigt, dass Instruktionsmaterial, das für Novizen lernförderlich ist, zu Beeinträchtigungen im Wissenserwerb bei Lernern mit mehr domänenspezifischem Vorwissen führen kann. In der Instruktionsforschung wird dieses Phänomen als Expertise-Reversal-Effekt bezeichnet (z. B. KALYUGA, 2006; KALYUGA & RENKL, 2010).

Ein lernwirksamer Ansatz zur Reduktion der instruktionalen Unterstützung und damit zur Verhinderung des Auftretens des Expertise-Reversal-Effektes ist die Vervollständigungsstrategie (RENKL & ATKINSON, 2003; VAN MERRIËNBOER & PAAS, 1990). Hierbei beginnen Lerner zunächst mit vollständig ausgearbeiteten Lösungsbeispielen, die neben dem Ausgangsproblem und der Lösung auch die einzelnen Lösungsschritte zur Problembewältigung aufzeigen. Bei diesem Aufgabentyp kann die Aufmerksamkeit ganz auf das Problem und die einzelnen Lösungsschritte gerichtet werden, was dabei hilft, allgemeine Lösungsmuster zu erkennen bzw. angemessene Schemata zu konstruieren. Diese Schemata ermöglichen es, das Gelernte in neuen Situationen anzuwenden. Danach arbeitet der Lerner an Vervollständigungsaufgaben, bei denen nur noch ein Teil der Lösung dargeboten wird. Den anderen Teil der Lösung erarbeitet sich der Lerner selbst (vervollständigt). Schließlich können konventionelle Problemlöseaufgaben ohne Hilfestellung vorgegeben werden. Konventionelle Problemlöseaufgaben enthalten nur noch das Ausgangsproblem. Die komplette Lösung muss vom Lerner eigenständig erarbeitet werden.

Computergestützte Anpassung der instruktionalen Unterstützung

SALDEN, ALEVEN, SCHWONKE und RENKL (2010) untersuchten in ihrer Studie, ob sich auf der Basis des individuellen Kompetenzniveaus, das anhand von Selbsterklärungen der Schüler beim Lernen von Sachverhalten aus dem Bereich Geometrie bestimmt wurde, die instruktionale Unterstützung in einem computerbasierten Lernprogramm anpassen auf die Bedürfnisse der Lerner zuschnei-

den lässt. Die Autoren verglichen drei Bedingungen miteinander: Ein computerbasiertes Trainingsprogramm mit konventionellen Problemlöseaufgaben, bei denen die Lösung vom Lerner eigenständig erarbeitet werden musste, wurde mit zwei Lernprogrammen verglichen, bei denen das Ausblenden von Lösungsschritten in ausgearbeiteten Lösungsbeispielen entweder adaptiv (an individuelles Kompetenzniveau des Lerners angepasst) oder non-adaptiv (in fest vorgegebener Reihenfolge) erfolgte. Das adaptive Ausblenden der instruktionalen Unterstützung führte unter Laborbedingungen zu höheren Testleistungen. Auch eine Woche nach dem Training konnte dieser Effekt noch nachgewiesen werden. In einer Folgestudie, die an einer Schule im Unterricht durchgeführt wurde, konnten diese Ergebnisse für die Follow-up-Erhebung repliziert werden. Für den Leistungstest direkt im Anschluss ans Training zeigte sich kein deutlicher Vorteil der adaptiven Bedingung. Beide Untersuchungen belegen die positive Wirkung adaptiver instruktionaler Unterstützung auf die Lernleistung.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie die dynamische Anpassung von Lernaufgaben an unterschiedliche Kompetenzniveaus erreicht werden kann. Eine geeignete Strategie zur Reduktion der instruktionalen Unterstützung erfordert eine adäquate Erfassung des individuellen Kompetenzniveaus. Für die Entwicklung von computerbasierten Lernanwendungen, in denen Inhalte individualisiert vermittelt werden können, sind diagnostische Instrumente erforderlich, die es erlauben, Kompetenzniveaus möglichst präzise und in Echtzeit einzuschätzen.

KALYUGA und SWELLER (2004) schlugen eine Testmethode vor, bei der Lerner gefordert sind, möglichst schnell den ersten Lösungsschritt von verschiedenen Aufgaben anzugeben. Sie nahmen an, dass unterschiedlich erfahrene Lerner verschiedene Ergebnisse als ersten Lösungsschritt angeben. Erfahrenere Lerner sollten dabei nicht nur schneller ihre Lösung präsentieren, sondern auch aufgrund besser entwickelter Schemata Teilschritte überspringen und so einen anderen ersten Lösungsschritt angeben als die weniger erfahrenen Lerner. Die Ergebnisse eines klassischen Tests, bei dem Gleichungssysteme vollständig nach x aufgelöst werden mussten, korrelierten hoch mit den Ergebnissen aus dem Schnelltest (First-step Assessment Method), bei dem nur der erste Lösungsschritt anzugeben war (Experiment 1). Die Schnelltest-Methode erwies sich damit als valides Messinstrument.

KALYUGA (2008) wählte ein ähnliches Vorgehen, mit dem Unterschied, dass nicht der Lerner den ersten Lösungsschritt angibt, sondern mehrere Lösungsmöglichkeiten dargeboten werden, die vom Lerner auf ihre Richtigkeit geprüft werden müssen. Die Testteilnehmer hatten in dieser Studie nur begrenzt Zeit, die Aufgaben zu verifizieren. Hierfür mussten sie auf einen Button auf dem Bildschirm klicken. Für jede Aufgabe konnten sie zwischen den verschiedenen Antwortalternativen „richtig“, „falsch“, oder „weiß ich nicht“ wählen. Die Ergebnisse des Schnelltests korrelierten hoch mit Werten aus einem Paper-Pencil-Test, in dem Textaufgaben zu lösen waren, die denen im Schnelltest ähnelten.

Die Ergebnisse dieser beiden Studien zu unterschiedlichen Lerngegenständen sprechen für den Einsatz dieser kurzen Testverfahren zur Beurteilung der Kompetenzniveaus von Lernern. Auch für die Domäne Gefahrenwahrnehmung hat sich gezeigt, dass erfahrene Fahrer potenzielle Gefahren zuverlässiger erkennen und auch frühzeitiger auf diese reagieren als unerfahrene Fahrer. In videobasierten Hazard Perception-Testaufgaben müssen Testteilnehmer in einer bestimmten Zeit auf potenzielle Gefahrenereignisse durch das Drücken einer Taste reagieren. Diese Aufgaben ähneln damit den beiden oben genannten Beurteilungsverfahren. Zudem konnte vielfach bestätigt werden, dass sich die klassische Hazard Perception-Testaufgabe eignet, um Kompetenzunterschiede zwischen Fahrern abzubilden. Auch die klassische Hazard Perception-Testaufgabe dürfte sich damit als Diagnoseinstrument zur Anpassung der instruktionalen Unterstützung an unterschiedliche Kompetenzniveaus von Lernern eignen.

4 Schlussfolgerungen für das Projekt

Da Hinweise vorliegen, dass technologiebasiertes Lehr-Lernmaterial den Erwerb von Fahr- und Verkehrskompetenz unterstützen kann, bestand das Projektziel darin, ein adaptives computerbasiertes Hazard Perception-Trainingsprogramm zu entwickeln und hinsichtlich dessen Lernwirksamkeit empirisch zu überprüfen. Die Erstellung des Trainings erfolgte auf der Basis allgemeiner Richtlinien zur Gestaltung und Strukturierung von technologiebasiertem Lehr-Lernmaterial sowie auf der Grundlage bisheriger Erkenntnisse zur computerbasierten Fahranfängervorbereitung.

4.1 Kurze Beschreibung der drei Studien

Die Konzeption und Entwicklung der Trainingsumgebung umfasste drei Studien. Studie 1 widmete sich zunächst der Frage nach den inhaltlichen Themen für das zu entwickelnde Training zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung. Gemäß des Expert Performance Approach (ERICSSON & SMITH, 1991) sowie in Anlehnung an Aufgaben, wie sie typischerweise bei der Gefahrenwahrnehmungsmessung eingesetzt werden, wurden für Studie 1 animierte Verkehrsszenarien entwickelt, die in einem Experten-Novizen-Vergleich Aufschluss über mögliche Inhaltsbereiche geben sollten, in denen Fahranfänger Defizite aufweisen, die auf eine gering ausgeprägte Gefahrenwahrnehmung hinweisen. Entwickelt wurden Aufgaben in zwei unterschiedlichen Formaten: Reaktionszeit- und Lokalisierungsaufgaben. Aufgaben, in denen Fahranfänger durchgängig deutlich schlechter abschnitten als fahrfahrene Fahrer, wurden für die Entwicklung einer Trainingsumgebung weiterverwendet und für Studie 2 nach Maßgabe des 4C/ID-Modells zu Lernaufgaben weiterentwickelt.

Im Rahmen des 4C/ID-Modells gelingt der aufgabenbasierte Erwerb komplexer Problemlösekompetenzen nur dann, wenn in einer Lernumgebung sowohl Unterstützende als auch Prozedurale Zusatzinformationen zum Lernen zur Verfügung stehen. Diese Annahme wurde in der zweiten Studie überprüft.

Zudem ist im Rahmen des 4C/ID-Modells eine Anpassung der Instruktion an die jeweiligen Bedürfnis-

se der Lerner vorgesehen. In einer dritten Studie wurde deshalb überprüft, ob Fahranfänger stärker von einer Lernumgebung profitieren, in der Unterstützende und Prozedurale Zusatzinformationen mithilfe einer Vervollständigungsstrategie adaptiv an den jeweiligen Kenntnisstand angepasst werden oder ob eine vollumfängliche Darbietung beider Arten an Zusatzinformationen für alle Lernaufgaben im Training für die Zielgruppe vorteilhafter ist.

5 Studie 1: Identifikation von Lerninhalten

In Studie 1 ging es zunächst um die Identifikation von Lerninhalten. Ermittelt werden sollten Verkehrsszenarien, die Defizite in der Gefahrenwahrnehmungsleistung von Fahranfängern verlässlich abbilden.

5.1 Fragestellung und Hypothesen

Die Entwicklung eines Trainingsprogramms erfordert zunächst die Bestimmung von Inhalten, die in der Lernanwendung thematisiert werden sollen. Das Festlegen von Trainingsinhalten setzt voraus, Fähigkeiten zu identifizieren, die bei unerfahrenen Fahrern im Vergleich zu erfahrenen weniger gut entwickelt, aber notwendig für sicheres Fahren sind und deshalb trainiert werden sollten. Die Ziele von Studie 1 bestanden deshalb darin, in einem ersten Schritt dynamische Aufgaben zu erstellen und diese in einem zweiten Schritt auf ihre Differenzierungsfähigkeit zwischen Fahrern mit unterschiedlicher Fahrexpertise hin zu überprüfen.

Ausgehend von Befunden aus Experten-Novizen-Vergleichen (vgl. McKNIGHT & McKNIGHT, 2003) sowie Unfallstatistiken wurden verschiedene Verkehrsszenarien in zwei unterschiedlichen Aufgabenformaten erstellt: Reaktionszeit- sowie Lokalisierungsaufgaben.

Die Reaktionszeitaufgaben in der vorliegenden Untersuchung entsprechen den Aufgaben wie sie im klassischen Hazard Perception-Test eingesetzt werden. Testteilnehmern werden Verkehrsszenarien dargeboten und Aufgabe ist es, einmal so schnell wie möglich eine Taste zu drücken, sobald eine Gefahr erkannt wird. Ein Nachteil dieser klassischen Hazard Perception-Testaufgaben ist, dass sie eine unspezifische Reaktion bei der Bearbeitung erfor-

dem (CRUNDALL, 2016; JACKSON et al., 2009; WETTON, HILL & HORSWILL, 2011). Aus der Reaktion (Tastendruck) des Testteilnehmers geht nicht eindeutig hervor, worauf sich diese bezieht. Das heißt, es kann nicht eindeutig bestimmt werden, ob sich die Reaktion des Testteilnehmers auf den Gefahrenreiz oder auf einen anderen Aspekt im Video bezieht, oder ob die Reaktion zufällig und unbeabsichtigt erfolgte.

Eine Möglichkeit, dieses Problem zu umgehen, besteht darin, Testteilnehmer laut benennen zu lassen, worauf sich deren Reaktion bezieht. Nachteil dieser Methode des Kommentierten Fahrens (z. B. ISLER et al., 2009) ist, dass sie sich nicht für Gruppentestungen eignet. Alternativ können hierfür Mehrfachwahlaufgaben eingesetzt werden, um eine Reaktion begründen zu lassen (MALONE & BRÜNKEN, 2015).

Eine weitere Möglichkeit, das oben geschilderte Ambiguitätsproblem bei Reaktionszeitaufgaben zu umgehen, stellt die Verwendung von Lokalisierungsaufgaben dar, bei denen vom Testteilnehmenden Gefahrenreize entweder per Mausclick (MARRINGTON, HORSWILL & WOOD, 2008; McGOWAN & BANBURY, 2004; SMITH et al., 2009a) oder durch Berührung mit dem Finger auf einem Touchscreen (SCIALFA et al., 2011; WETTON et al., 2010) identifiziert werden müssen. McGOWAN und BANBURY (2004) entwickelten dieses Aufgabenformat, um neben zeitlichen auch räumliche Informationen zur Reaktion auf Gefahrenreize erfassen zu können. Die Kombination aus zeitlichen und räumlichen Informationen lässt eindeutiger Schlussfolgerungen zu, auf welchen Gefahrenreiz sich die Reaktion der Testteilnehmenden bezieht. Ähnliche Aufgaben wurden daher auch für die vorliegende Untersuchung erstellt und auf deren Eignung getestet.

In Übereinstimmung mit anderen Forschungsbefunden (z. B. SMITH et al., 2009a; WALLIS & HORSWILL, 2007) wurde für beide Aufgabenformate angenommen, dass erfahrene Fahrer in den entwickelten Aufgaben deutlich bessere Leistungen erzielen werden als unerfahrene Fahrer. Experten sollten demnach mehr Gefahrenhinweise identifizieren und auch deutlich schneller auf diese reagieren. Zudem wurde für die Reaktionszeitaufgaben, die mit einer Mehrfachwahlaufgabe kombiniert wurden, um die Gründe für eine Reaktion seitens der Testteilnehmer zu erfragen, angenommen, dass die Experten öfter die richtige Antwortalternative auswählen als die noch unerfahrenen Fahrer.

Lokalisierungsaufgaben liefern neben Reaktionszeiten auch räumliche Informationen zur Reaktion des Testteilnehmers in Form von Klick- oder Berührungsdaten. Aufgrund besser entwickelter mentaler Modelle (UNDERWOOD, CHAPMAN, BOWDEN & CRUNDALL, 2002) für verschiedene Gefahrensituationen sollten die Experten in der Lage sein, potenzielle Gefahren frühzeitiger zu antizipieren. Für die Lokalisierungsaufgaben wurde daher nicht nur angenommen, dass Experten deutlich mehr und sehr viel schneller Gefahrenhinweise im Test per Mausclick identifizieren werden, sondern auch, dass sie durch den zeitlichen Vorteil Gefahrenhinweise sehr viel präziser markieren können. Zudem wurde erwartet, dass Experten häufiger den korrekten Gefahrenreiz markieren, während Novizen mehr Probleme mit der Priorisierung von Gefahrenreizen haben.

Von der Annahme ausgehend, dass mit beiden Aufgabenformaten Gefahrenwahrnehmungsfähigkeiten erfasst werden können, wurde zudem angenommen, dass die Leistungsmaße beider Tests positiv korrelieren.

5.2 Methode

5.2.1 Design und Stichprobe

Für die Identifikation von Gefahrenszenarien, die sich für die Einbindung in ein Trainingsprogramm eignen, wurden zunächst die Testleistungen von erfahrenen und unerfahrenen Fahrern in Hazard Perception-Aufgaben im Querschnitt miteinander verglichen. Als zentrale abhängige Variablen wurden die Anzahl an Treffern und die Latenzzeiten sowie für die Lokalisierungsaufgaben zusätzlich auch die Präzision, mit der Gefahren markiert wurden, erfasst.

Insgesamt nahmen 124 Personen an der Untersuchung teil (66 Fahranfänger, 58 erfahrene Fahrer); 55 % davon waren Frauen. Während in der Teilstichprobe der Novizen die Verteilung der Geschlechter annähernd ausgeglichen war (54,5 % weiblich), überwog der Anteil der Frauen in der Expertengruppe mit 74 % deutlich. Die Testpersonen waren zwischen 16 und 53 Jahren alt. Das Durchschnittsalter lag bei 24,65 Jahren ($SD = 7,48$).

Fahranfänger sollten als Teilnahmevoraussetzung bereits den Großteil des Theorieunterrichts absolviert und mit der praktischen Ausbildung begonnen haben. Als Experten kamen nur Personen in Frage,

die bereits seit mindestens zwei Jahren im Besitz einer Fahrerlaubnis Klasse B waren.

Zum Zeitpunkt der Erhebung besuchten 63 der getesteten Fahranfänger eine Fahrschule. Drei Novizen besaßen bereits seit Kurzem den Führerschein Klasse B. Mit 65 % hatte der Großteil der Fahrschüler zum Erhebungszeitpunkt noch keinerlei praktische Fahrerfahrung. Im Durchschnitt hatten die Fahranfänger bereits an 8,25 Theoriestunden ($SD = 5.0$) teilgenommen. Zwölf Theoriestunden sind in Deutschland verpflichtend.

Die Experten waren zum Testzeitpunkt zwischen 3 und 28 Jahren ($M = 10.1$; $Md = 8.0$; $SD = 6.11$) im Besitz einer Fahrerlaubnis Klasse B und hatten bis zum Testzeitpunkt nach eigenen Angaben zwischen 2.000 und 750.000 km ($M = 112.345$, $SD = 147.155$) selbst mit dem Pkw zurückgelegt.

5.2.2 Testmaterial und technische Ausstattung

Analog zu den in der Gefahrenwahrnehmungsmessung üblicherweise eingesetzten Verfahren wurden zwei verschiedene Aufgabenformate umgesetzt: Reaktionszeit- und Lokalisierungsaufgaben. In beiden Aufgabenformaten wurden ähnliche Verkehrsszenarien präsentiert. Im Wesentlichen unterscheiden sich beide Aufgabenarten hinsichtlich des Antwortformats. Während Reaktionszeitaufgaben eine unspezifische Antwort (einfacher Tastendruck) auf Gefahrenhinweise im Test verlangen, erfordern Lokalisierungsaufgaben mit dem Markieren von potenziellen Gefahrenquellen per Mausclick eine eindeutigere und elaboriertere Reaktion auf den Stimulus. Alle Aufgaben enthielten dynamisches Bildmaterial. Bei der Erstellung der Aufgaben wurde auf die Einhaltung geltender Gestaltungsprinzipien zum Multimedialernen geachtet.

Insgesamt wurden 23 verschiedene animierte Verkehrsszenarien anhand der Autorensoftware VICOM-Editor (Arge Tp 21) erstellt. Die Szenarien wurden aus der Sicht des Fahrers dargeboten. Hinweise auf geeignete Inhalte wurden Unfallanalysen und der einschlägigen Literatur entnommen. Die animierten Verkehrsszenarien variierten in ihrer Länge zwischen 13 und 69 Sekunden ($M = 36.66$; $SD = 14.16$). Beschreibungen der einzelnen Verkehrsszenarien finden sich in den Tabellen 1 und 2 (siehe Kapitel 5.2.2.1 und 5.2.2.2).

Die Testszenarien wurden jeweils als Aufgabenblock vorgegeben. Sowohl die Vorgabe der Aufga-

benblöcke als auch die der Aufgaben innerhalb eines Aufgabenblocks erfolgte randomisiert.

5.2.2.1 Reaktionszeitaufgaben

Erstellt wurden zunächst 15 Verkehrsszenarien (inkl. eines Übungsitens) für Reaktionszeitaufgaben, wie sie im klassischen Hazard Perception-Test eingesetzt werden. Diese Aufgaben erfordern einen Tastendruck, sobald eine Gefahr erkannt wird. Die Testteilnehmer hatten die Aufgabe, sich vorzustellen, sie seien der Fahrer. Ein Video enthielt maximal eine Gefahrensituation. Die Verkehrssituationen bestanden jedoch teilweise aus mehreren das Gefahrenmoment konstituierenden Elementen (z. B. hinter einer scharfen, schwer einsehbaren Rechtskurve fährt ein langsames Fahrzeug). Als Gefahren wurden Ereignisse definiert, die den Fahrer dazu veranlassen würden, die Geschwindigkeit zu reduzieren oder auszuweichen (z. B. andere Verkehrsteilnehmer, Verkehrsregelung). Für jede Gefahrensituation wurde im Vorhinein ein kritisches Zeitfenster definiert, das mit dem Sichtbarwerden der Gefahr begann und zu dem Zeitpunkt endete, an dem ein Unfall durch eine Reaktion (z. B. Bremsung) noch hätte verhindert werden können. Ein kurzes Aufleuchten des Bildschirmrandes informierte darüber, dass die Reaktion vom System registriert wurde. Das war notwendig, um zu verhindern, dass die Testteilnehmer mehrmals die Leertaste drücken und dadurch die Ergebnisse verfälschen.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Reaktionszeitaufgaben um Mehrfachwahlaufgaben ergänzt, die denen in der Theorieprüfung in Deutschland ähneln. Erfolgte eine Reaktion innerhalb des kritischen Zeitfensters, musste in einer nachfolgenden Mehrfachwahlaufgabe mit vier Antwortalternativen der Gefahrenreiz vom Probanden bestimmt werden. Zwei Reaktionszeitaufgaben dienten als Distraktoren und enthielten deshalb keinen Hinweis auf eine Gefährdung. Diese Aufgaben gelten als richtig gelöst, wenn keine Reaktion seitens des Testteilnehmenden erfolgte. Distraktoren wurden eingesetzt, um das Kriterium für einen Tastendruck herabzusenken und somit eine mögliche Tendenz, auch auf Ereignisse zu reagieren, die keiner Geschwindigkeitsreduktion bedürfen, zu verringern. Tabelle 1 enthält die Beschreibung der 15 Reaktionszeitaufgaben.

Item	Beschreibung	Gefahrenquelle (Umgebung)
A1	Egofahrzeug im Überholvorgang und Vorausfahrer setzt Blinker links	Vorausfahrer (Landstraße)
A2	Übungsitem: Vorausfahrer bremst, um einen die Fahrspur wegen eines Sonderfahrzeugs von rechts nach links wechselnden Pkw sicher einscheren zu lassen.	Fahrspurwechsel Pkw (Stadt)
A3	Fußgänger quert plötzlich die Fahrbahn, um die Bahn noch zu bekommen; Vorausfahrer bremst.	Fußgänger (Stadt)
A4	Vorausfahrer bremst, um nicht auf einen in gleicher Fahrtrichtung fahrenden Radfahrer aufzufahren; für Testfahrer ist Radfahrer noch nicht sichtbar.	Radfahrer (Stadt)
A5	Lkw fährt auf der Autobahn von linker auf mittlere Fahrspur, um langsames Fahrzeug vor ihm zu überholen; Testfahrer kann nicht auf Spur links außen ausweichen und muss deshalb bremsen.	Fahrspurwechsel Lkw (Autobahn)
A6	Testfahrer wird durch erst sehr spät sichtbaren Traktor am Weiterfahren gehindert; Überholen aufgrund einer scharfen Rechtskurve und Gegenverkehr nicht angezeigt.	Straßenführung (Landstraße)
A7	Testfahrer nähert sich Ampel, die bei Abstand von ca. 50 m zur Ampel von Grün auf Gelb umschaltet; Vorausfahrer könnte noch durchfahren, bremst aber und bleibt vor Ampel stehen.	Umschaltende Ampel (Stadt)
A8	Um einer Baustelle auf Geh- und Radweg auszuweichen, befährt vorausfahrender Radfahrer, ohne Signal zu geben die Fahrspur des Testfahrers; Testfahrer kann zunächst wegen Gegenverkehrs nicht überholen.	Radfahrer (Stadtgebiet)
A9	Lkw blinkt für Testfahrer durch Vorausfahrer nicht sichtbar, um anzuzeigen, dass er in Tankstelleneinfahrt rechts abbiegen wird; Testfahrer kann nicht überholen.	Lkw (Stadtgebiet)
A10	Beim Ausfahren aus Kreisverkehr halten zwei vorausfahrende Pkw, weil Fußgänger Zebrastreifen überqueren; Testfahrer muss ebenfalls Geschwindigkeit reduzieren und anhalten.	Fußgänger (Stadtgebiet)
A11	Vorausfahrer bremst, weil er nach links abbiegen möchte und dem Gegenverkehr Vorfahrt gewähren muss.	Vorausfahrer (Stadtgebiet)
A12	Distraktor	Testfahrer fährt durch Stadtgebiet
A13	Distraktor	Testfahrer befährt Landstraße
A14	Testfahrer befährt Kreuzungsbereich, für den die Regel rechts vor links gilt; ein Fahrzeug von rechts ist zum Zeitpunkt des Überquerens nicht sichtbar, aber es sollte die Geschwindigkeit reduziert und in den rechten Kreuzungsbereich Einsicht genommen werden.	Missachtung rechts vor links (Wohngebiet)
A15	Testfahrer nähert sich einem Lkw und muss Geschwindigkeit verringern; Nachfolger setzt zum Überholen an, muss Überholvorgang aber wegen Gegenverkehrs abbrechen und vor Testfahrer einscheren.	Fahrfehler anderer (Landstraße)

Tab. 1: Beschreibung der Testszenarien in den Reaktionszeitaufgaben

5.2.2.2 Lokalisierungsaufgaben

Zusätzlich zu den 15 Reaktionszeitaufgaben wurden 8 Lokalisierungsaufgaben (inkl. eines Übungsitems) entwickelt, in denen die Teilnehmenden gefordert waren, sicherheitsgefährdende Verkehrsteilnehmer oder Gefahrenbereiche so schnell und so präzise wie möglich per Mausclick im laufenden Video (in Echtzeit) zu markieren.

Eine Beschreibung der einzelnen Verkehrsszenarien findet sich in Tabelle 2. Aufgezeichnet wurden die Klickkoordinaten und -zeiten. Die Aufgaben enthalten sowohl implizite bzw. indirekte (z. B. warnblinkender Schulbus an Haltestelle) als auch explizite oder unmittelbare (z. B. Kind überquert plötzlich

vorn Bus die Fahrbahn) Gefahrenhinweisreize. Mit insgesamt 36 möglichen Hinweisreizen (auch Verkehrsschilder und Fahrbahnmarkierungen, z. B. beim Zebrastreifen) wurden im Vorhinein sämtliche Verkehrsteilnehmer oder kritische Bereiche in den 7 Testszenarien definiert, auf die die Testteilnehmenden reagieren könnten. Als Distraktoren wurden gefahrenirrelevante Objekte oder Bereiche definiert, deren Markierung als False Alarm gewertet wurde.

Für die Datenerhebungen wurden Laptops (Fujitsu Lifebook E756) mit 15,6 Zoll Bildschirmdiagonale und einer Bildauflösung von 1.366 x 768 Pixel eingesetzt. Die Teilnehmenden wurden in einer Entfernung von 60 cm vor dem Bildschirm platziert.

Item	Beschreibung	Gefahrenquelle (Umgebung)
C1	<p>Testfahrer fährt in Ortschaft hinein, während sich Motorradfahrer mit hoher Geschwindigkeit nähert, dicht auffährt und mit zu geringem Sicherheitsabstand folgt; innerorts nähert sich Kfz von rechts relativ schnell dem Kreuzungsbereich; Testfahrer beabsichtigt Vorfahrtsstraße zu verlassen und rechts abzubiegen.</p> <p>Zielverhalten: Testteilnehmer identifiziert Motorradfahrer im Rückspiegel, Kfz von rechts sowie beim Abbiegen Fahrbahn in Gegenrichtung als potenzielle Gefahrenquellen.</p>	Motorradfahrer, Kfz, möglicher Gegenverkehr (Landstraße, Dorf)
C2	<p>Testfahrer durchfährt eine 30er Zone in einem Wohnviertel und nähert sich einem Haltestellenbereich für Busse, in dem sich Personen aufhalten; danach nähert er sich einem Zebrastreifen, dem sich ein Fußgänger auf der linken Seite nähert und hält.</p> <p>Zielverhalten: Testteilnehmer erkennt Personen an Bushaltestelle (insbes. Kinder) sowie Fußgänger links vom Zebrastreifen als potenzielle Gefahrenquellen.</p>	Wartende Personen (Kind), Fußgänger am Zebrastreifen (Stadt)
C3	<p>Übungsitem (Demovideo): aus entgegenkommender Richtung nähert sich Motorradfahrer, der Kurve schneidet.</p> <p>Zielverhalten: Motorradfahrer wird als potenzielle Gefahrenquelle erkannt.</p>	Motorrad (Landstraße)
C4	<p>Testfahrer passiert einen Zebrastreifen vor einem Schulgebäude und nähert sich einer ampelgeregelten Kreuzung (grüne Ampel), an der er links abbiegt; im weiteren Streckenverlauf parken rechts und links vom Fahrbahnrand Pkw, zwischen denen plötzlich links ein Fußgänger auftaucht; im weiteren Streckenverlauf nähert sich der Testfahrer einem Kreuzungsbereich, in dem ein Paketdienst (Lieferwagen) von rechts plötzlich in dessen Fahrspur mit unzureichendem Sicherheitsabstand wechselt.</p> <p>Zielverhalten: Testfahrer erkennt Fußgänger an der Ampel sowie Fußgänger zwischen parkenden Fahrzeugen und Paketdienst als potenzielle Gefahrenquellen</p>	Fußgänger an Ampel, Fußgänger zwischen parkenden Pkw, Paketdienst von rechts (Stadt)
C5	<p>Testfahrer beabsichtigt rechts abzubiegen auf Vorfahrtsstraße; im weiteren Streckenverlauf hält in Fahrtrichtung ein warnblinkender Schulbus, vor dem plötzlich ein Kind die Fahrbahn überquert.</p> <p>Zielverhalten: Testfahrer erkennt Radfahrer und Pkw in Abbiegesituation und im weiteren Verlauf den warnblinkenden Schulbus sowie das Kind vorm Bus (Kind links vom Zebrastreifen) als potenzielle Gefahrenquellen.</p>	Radfahrer und Pkw, Schulbus, Fußgänger (Stadt)
C6	<p>Testfahrer biegt zunächst rechts ab und passiert eine grüne Ampel; danach nähert er sich einem am Straßenrand haltenden, warnblinkenden Lieferwagen; im weiteren Streckenverlauf passiert er einen Zebrastreifen bevor er in einen Kreisverkehr einfährt; nach der Ausfahrt aus dem Kreisverkehr sind links auf Gehsteig Kinder mit Rädern (in Richtung Straße) zu sehen.</p> <p>Zielverhalten: Testfahrer identifiziert Lieferwagen, Fußgänger am Zebrastreifen, Radfahrer im Kreisverkehr sowie auf dem Gehsteig stehende Kinder als potenzielle Gefahrenquellen.</p>	Lieferwagen, Fußgänger am Zebrastreifen, Radfahrer im Kreisverkehr, Kinder auf Gehsteig (Stadt)
C7	<p>Testfahrer fährt auf Landstraße und nähert sich einer Bushaltestelle am Ortsrand; Bus blinkt links und fährt plötzlich aus der Haltebucht, sodass Vorausfahrer bremsen muss, um nicht aufzufahren.</p> <p>Zielverhalten: Testfahrer erkennt Vorausfahrer bzw. Bus als potenzielle Gefahrenquellen.</p>	Vorausfahrer und Bus unmittelbar hintereinander (Landstraße)
C8	<p>Motorradfahrer nähert sich dem Testfahrer mit hoher Geschwindigkeit und überholt sowohl Testfahrer als auch Vorausfahrer riskant; im weiteren Streckenverlauf staut sich der Verkehr hinter einer einsehbaren Kurve.</p> <p>Zielverhalten: Testfahrer identifiziert Motorradfahrer (im Rückspiegel sowie als Vorausfahrer) und Stauende als potenzielle Gefahrenquellen.</p>	Motorradfahrer, Stauende (Landstraße)

Tab. 2: Beschreibung der Testszenarien in den Lokalisierungsaufgaben

5.2.3 Fragebogen und Allgemeiner Reaktionszeittest

Neben demografischen Daten wie dem Alter, dem Geschlecht oder Angaben zum Führerscheinbesitz oder den PC-Nutzungsgewohnheiten wurden auch Informationen zur allgemeinen Reaktionsfähigkeit erhoben, um etwaige Unterschiede zwischen den

Expertisegruppen, die nicht auf die Testleistungen zurückgehen, ausschließen zu können.

Im Reaktionszeittest musste in 10 Durchgängen schnellstmöglich auf ein in unregelmäßigen Zeitintervallen auf dem Bildschirm auftauchendes schwarzes Kreuz durch Drücken der Leertaste reagiert werden. Die Zeit, die vom Erscheinen des

Kreuzes bis zum Tastendruck des Teilnehmenden benötigt wurde, wurde vom System aufgezeichnet und über alle Durchgänge hinweg für jeden Testteilnehmer gemittelt.

5.2.4 Vorgehen

Die Datenerhebungen fanden sowohl in saarländischen Fahrschulen als auch im Experimentallabor der Universität des Saarlandes statt. Die gesamte Erhebung erfolgte am PC. Bevor mit der Bearbeitung des Testmaterials begonnen werden konnte, mussten die Testteilnehmer zunächst einige Angaben zur Person und Fahrerfahrung machen. Danach absolvierten sie zunächst den einfachen Reaktionszeittest und fuhren dann mit den Hazard Perception-Testaufgaben fort. Jeder Aufgabenteil begann mit einem Übungsitem, sodass sich die Testteilnehmer zunächst mit der Aufgabe vertraut machen konnten. Zeitliche Vorgaben für die Aufgabenbearbeitung gab es nicht. Die Erhebung erstreckte sich über einen Zeitraum von etwa 30 Minuten. Jeder Proband erhielt 5 € als Aufwandsentschädigung. Statt einer finanziellen Entlohnung erhielten Psychologiestudierende die Bescheinigung einer halben Versuchspersonenstunde; eine Leistung, die sie im Rahmen ihres Studiums erbringen müssen.

5.3 Ergebnisse

Die entwickelten Aufgaben sollten hinsichtlich ihrer Güte, insbesondere zwischen unerfahrenen und erfahrenen Fahrern zu differenzieren, bewertet und damit ihre Eignung für das zu entwickelnde computerbasierte Trainingsprogramm überprüft werden. Ausgehend von Forschungsbefunden zur Gefahrenwahrnehmung wurde angenommen, dass Fahrerfahrene insgesamt bessere Leistungen erbringen als Fahranfänger. Es wurde davon ausgegangen, dass die Experten die Testaufgaben zum einen fehlerfreier lösen als die Novizen und zum anderen, dass sie schneller auf Gefahrenhinweise reagieren. Zudem wurde erwartet, dass Gefahrenhinweise von erfahrenen Fahrern deutlich präziser per Mausclick identifiziert werden. Die Bestätigung dieser Hypothesen würde für die Kriteriumsvalidität der Aufgaben sprechen.

5.3.1 Stichprobe

Hinsichtlich der Geschlechterverteilung unterschieden sich beide Expertisegruppen deutlich voneinander ($\chi^2(1) = 5.13$; $p = .024$). Außerdem gab es einen statistisch bedeutsamen Unterschied hinsichtlich des Durchschnittsalters beider Gruppen ($t(122) = 4.83$; $p < .001$; $d = .87$). Erwartungsgemäß war das mittlere Alter der Experten ($M = 27.83$; $SD = 4.48$) höher als das der Novizen ($M = 21.85$; $SD = 7.22$). Es zeigten sich zudem Unterschiede zwischen Experten und Novizen in Bezug auf die Häufigkeit mit der PC im Alltag genutzt werden ($\chi^2(2) = 16.44$; $p \leq .01$). Fast alle (90 %) erfahrenen Fahrer berichteten von einer täglichen Nutzung, nur knapp über die Hälfte der Novizen (58 %) hingegen gab eine tägliche Nutzung an. Etwa ein Drittel (27 %) der unerfahrenen Fahrer nutzte den Computer nur ca. einmal pro Woche oder noch seltener.

Unterschiede in den allgemeinen Reaktionszeiten zwischen beiden Probandengruppen konnten nicht beobachtet werden ($t(83) = 1.2$; $p \geq .05$).

5.3.2 Verwendete Leistungsmaße

In den Reaktionszeitaufgaben waren die Probanden zunächst gefordert, durch einen Tastendruck anzuzeigen, wann sie in der Videosequenz einen Hinweis auf eine Gefahr erkannten. Für die Anzahl an identifizierten Gefahrenreizen (Treffer) wurde ein Gesamtsummenwert gebildet. Höhere Werte sind mit einer besseren Testleistung assoziiert.

Erfolgte der Tastendruck innerhalb des kritischen Zeitfensters wurde die Zeit gemessen, die der Testteilnehmer vom Sichtbarwerden des Gefahrenreizes bis zur Reaktion darauf benötigte. Die daraus resultierenden Rohwerte der Latenzzeiten wurden z-standardisiert. Negative z-Werte sind im Vergleich zum Mittel aller Probanden mit einer schnellen Reaktion auf den Gefahrenreiz assoziiert, positive mit einer langsameren.

Reagierte der Teilnehmer innerhalb des kritischen Zeitfensters auf den Gefahrenreiz, wurde zusätzlich eine Mehrfachwahlaufgabe mit vier Antwortalternativen dargeboten, in der die Gefahrenquelle ausgewählt werden musste. Für jede Person wurde für die Anzahl korrekter Nennungen ein Gesamtsummenwert ermittelt.

In den Lokalisierungsaufgaben wurde neben der Anzahl der Treffer und der Latenzzeit auch die Präzision gemessen, mit der die Testteilnehmer auf einen Gefahrenreiz per Mausklick reagierten. Da Experten aufgrund im LZG gespeicherter Schemata für unterschiedlichste Verkehrssituationen Gefahren eher antizipieren können als Novizen, wurde angenommen, dass sie aufgrund des zeitlichen Vorteils den Gefahrenreiz präziser markieren können. Für die Variable Präzision, mit der die Mausklicks erfolgten, wurden deshalb die Abweichungen der Klicks vom Mittelpunkt des pro Einzelbild definierten Gefahrenbereichs in Millimetern erfasst und daraus für jeden Testteilnehmer eine mittlere Abweichung berechnet.

5.3.3 Zusammenhänge zwischen den Leistungsmaßen beider Aufgabenformate

Um zu bestimmen, inwieweit die Leistungen der Testteilnehmer in den unterschiedlichen Aufgabenformaten zusammenhängen, wurden bivariate Korrelationen zwischen den Testergebnissen bestimmt.

Zwischen der Anzahl an Treffern in den Reaktionszeitaufgaben und in den Lokalisierungsaufgaben besteht ein moderater positiver Zusammenhang ($r = .293$; $p \leq .001$). Eine höhere Anzahl an Treffern in den Reaktionszeitaufgaben geht einher mit einer höheren Trefferquote in den Lokalisierungsaufgaben.

Zwischen den Latenzzeiten in den Reaktionszeit- und Lokalisierungsaufgaben besteht kein signifikanter Zusammenhang ($r = .18$; $p = .055$). Kürzere Latenzzeiten im Reaktionszeitaufgabenformat gehen nur tendenziell einher mit einer schnelleren Reaktion auf Gefahrenreize, die per Mausklick identifiziert werden mussten.

5.3.4 Ergebnisse Reaktionszeitaufgaben

Um zu bestimmen, inwieweit die Leistungen der Testteilnehmer in den Reaktionszeitaufgaben zusammenhängen, wurden entsprechende Kontingenzkoeffizienten berechnet. Zwischen den drei Leistungsmaßen (Trefferquote, Latenzzeit, Ergebnis Mehrfachwahlaufgabe), die für die Reaktionszeitaufgaben erhoben wurden, zeigten sich folgende Zusammenhänge: Die Anzahl richtig gelöster Mehrfachwahlaufgaben korrelierte mit der Reaktionszeit ($r = -.39$; $p \leq .01$). Je schneller im Test auf Gefahrenhinweisreize reagiert wurde, desto höhere

Leistungen wurden in den Mehrfachwahlaufgaben erbracht. Ebenso zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Anzahl an Treffern und der Latenzzeit ($r = -.50$; $p \leq .01$). Je häufiger richtigerweise innerhalb der kritischen Zeitintervalle reagiert wurde, desto kürzer waren die Latenzzeiten auf Gefahrenhinweisreize im Test.

Um zu überprüfen, ob die Testleistungen in den Reaktionszeitaufgaben von der Expertise der Fahrer beeinflusst werden, wurden für die drei abhängigen Variablen (Anzahl Treffer, Latenzzeit, Ergebnis Mehrfachwahlaufgabe) t-Tests bzw. univariate Varianzanalysen berechnet. Da das Merkmal PC-Nutzungshäufigkeit in beiden Teilstichproben ungleich verteilt war ($\chi^2(2) = 16.44$; $p \leq .001$) und sich ein Zusammenhang zwischen der PC-Nutzung und der Trefferquote ergab (*Cramer V* = .41; $p = .004$), wurde dieser Faktor als Kovariate berücksichtigt.

Für die Anzahl an Treffern zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Expertise ($F_{1,121} = 19.47$; $p \leq .001$; $\eta_p^2 = .14$). Die Experten reagierten häufiger innerhalb des kritischen Zeitintervalls ($M = 10.69$; $SD = 1.43$) als die Novizen ($M = 8.98$; $SD = 2.06$). Es zeigte sich zudem ein deutlicher Effekt der Expertise für die Leistung in den Mehrfachwahlaufgaben ($F_{1,121} = 9.61$; $p = .002$; $\eta_p^2 = .074$). Experten lösten mehr Mehrfachwahlaufgaben richtig ($M = 4.57$; $SD = 1.89$) als Novizen ($M = 3.36$; $SD = 1.78$). Die Kovariate hatte weder einen Einfluss auf die Anzahl an Treffern ($F_{1,121} = 2.36$; $p \geq .05$) noch auf die Leistung in den Mehrfachwahlaufgaben ($F_{1,121} = .78$; $p \geq .05$). Für die Latenzzeiten zeigte sich ebenfalls ein deutlicher Unterschied zwischen den Mittelwerten beider Expertisegruppen ($t(114) = 4.54$; $p \leq .001$; $d = .81$). Die Experten ($M = -.15$; $SD = .39$) reagierten im Mittel sehr viel früher auf Gefahren in den Testaufgaben als die Novizen ($M = .24$; $SD = .57$). Diese Ergebnisse sind ein Hinweis auf die Validität der entwickelten Reaktionszeitaufgaben.

5.3.5 Itemanalyse und -auswahl (Reaktionszeitaufgaben)

Für die Auswahl geeigneter Übungsszenarien für das zu entwickelnde Trainingsprogramm wurden zunächst die Fremdtrennschärfen der einzelnen Aufgaben für die Anzahl an Treffern, die Reaktionszeiten und die Mehrfachwahlaufgaben bestimmt. Als Fremdtrennschärfe wird die Korrelation jedes Items mit den Messwerten des Kriteriums (Expertise) bezeichnet. Fremdtrennschärfen und Aufgaben-

			Anzahl Treffer	Reaktionszeit z-standardisiert	MC-Aufgabe	
Item	Gefahrenreiz	gesamt n = 124 M (SD)	ϕ (p)	r_{it} (p)	gesamt n = 124 M (SD)	ϕ (p)
A1	Linksabbieger	.39 (.49)	.05 (.567)	.10 (.507)	.77 (.43)	-.25 (.086)
A2	Übungsitem					
A3	Fußgänger	.94 (.25)	.25* (.006)	-.19* (.047)	.60 (.49)	.00 (1.00)
A4	Vorausfahrer	.85 (.36)	.26* (.003)	-.34** (<.001)	.69 (.47)	-.07 (.471)
A5	Lkw	.97 (.18)	.17 (.057)	-.26* (.004)	.32 (.47)	.11 (.219)
A6	Traktor in Kurve	.95 (.22)	.21* (.019)	-.46** (<.001)	.46 (.50)	.08 (.364)
A7	Vorausfahrer	.90 (.30)	.25* (.005)	-.15 (.113)	.27 (.44)	.24* (.008)
A8	Radfahrer	.88 (.33)	.05 (.575)	-.10 (.324)	.52 (.50)	.03 (.757)
A9	Vorausfahrer	.89 (.32)	.28* (.002)	-.20* (.038)	.23 (.42)	.05 (.634)
A10	Vorausfahrer	.91 (.29)	.18* (.046)	-.10 (.311)	.22 (.42)	.07 (.465)
A11	Fußgänger	.81 (.40)	.26* (.005)	-.18 (.067)	.51 (.50)	.16 (.112)
A12	Distraktor	.17 (.38)	.09 (.296)			
A13	Distraktor	.48 (.50)	.14 (.113)			
A14	Rechts vor links	.31 (.47)	.10 (.285)	.25 (.132)	.44 (.50)	.50* (.002)
A15	Überholender	.35 (.48)	.23* (.009)	.26 (.095)	.16 (.37)	-.05 (.735)

* die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.
** die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.

Tab. 3: Fremdtrennschärfen und Aufgabenschwierigkeiten der einzelnen Items

schwierigkeiten der Einzelaufgaben sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die Experten wiesen in allen Aufgaben mehr Treffer auf als die Novizen. Mit einer mittleren Aufgabenschwierigkeit von .70 ($SD = .28$) sind die Items überwiegend als sehr leicht zu beurteilen. Im Gegensatz zu den Novizen reagierten in den Aufgaben A3, A5 und A6 alle Experten innerhalb des kritischen Zeitfensters auf den Gefahrenreiz. Innerhalb des kritischen Zeitfensters zu reagieren, war für alle Testteilnehmer in den Aufgaben A14, A15 und A1 am schwierigsten und am leichtesten für die Aufgaben A5, A6, A3 und A10. Die Distraktoren wurden nicht von allen Probanden als Verkehrsszenen beurteilt, in denen kein Gefahrenreiz vorhanden ist. Es zeigten sich schwache bis mittlere ($r = .17$ bis $.28$) signifikante Zusammenhänge mit der Expertise für die Anzahl an Treffern in den Aufgaben A3, A4, A6, A7, A9, A10, A11 und A15 sowie tendenziell auch für Aufgabe A5.

In Aufgabe A6 (siehe Bild 2) beispielsweise durchfährt der Testfahrer eine scharfe Rechtskurve, hinter der ein langsames Fahrzeug auftaucht. Wäh-

rend alle erfahrenen Fahrer diese Verkehrsszene als Gefahrensituation erkannten und rechtzeitig die Leertaste drückten, um die Notwendigkeit einer Geschwindigkeitsreduktion anzuzeigen, sahen fast 10 % der Novizen in dieser Situation keinen Handlungsbedarf oder erkannten den Gefahrenreiz zu spät.

Aus Tabelle 3 geht auch hervor, wie schnell auf Gefahrenhinweise in den Reaktionszeitaufgaben reagiert wurde. Distraktoren blieben in den Analysen unberücksichtigt. In 9 von 12 Aufgaben reagierten die Experten erwartungsgemäß schneller auf den Gefahrenreiz als die Novizen. Aber nur in den Aufgaben A3, A4, A5, A6, A9 sowie tendenziell in A11 waren sie dabei auch signifikant schneller. Das negative Vorzeichen der Fremdtrennschärfekoeffizienten für die z standardisierten Reaktionszeiten verweist auf kürzere Latenzzeiten. Die Effektstärken dieser Aufgaben liegen im Bereich zwischen $r = -.19$ bis $-.46$, womit es sich hierbei um schwache bis mittlere Effekte handelt (COHEN, 1988). In den Aufgaben A1, A14 und A15 reagierten die Novizen wider Erwarten schneller auf Gefahren als die Exper-

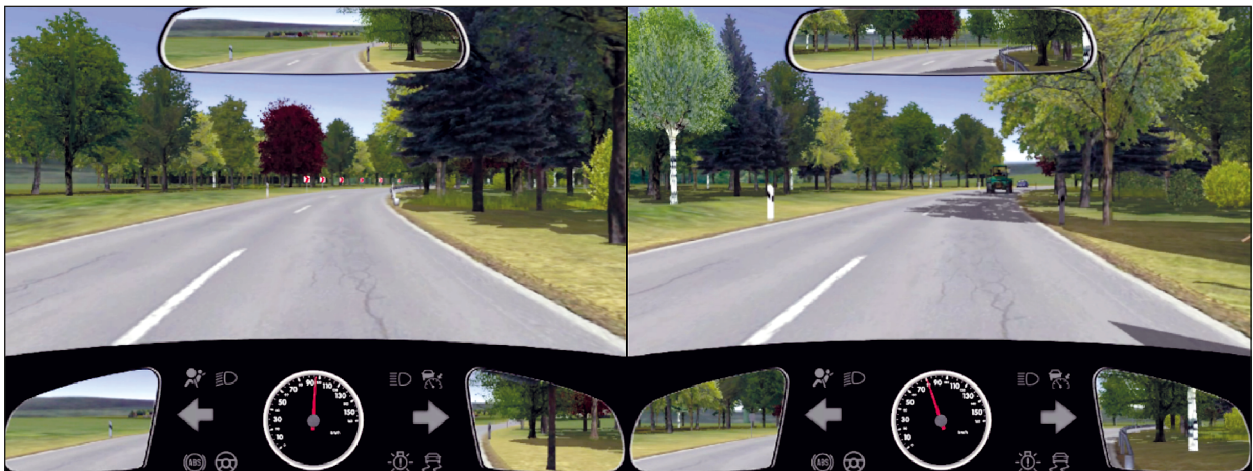


Bild 2: Zwei Screenshots aus der Aufgabe A6

ten. Die Unterschiede in diesen Aufgaben sind jedoch statistisch nicht bedeutsam.

Reagierten die Testteilnehmer innerhalb des kritischen Zeitintervalls auf den Gefahrenreiz, wurden nachfolgend die Gründe für deren Reaktion in einer Mehrfachwahlaufgabe mit 4 Antwortalternativen erfragt. Aus Tabelle 3 geht hervor, dass die Experten in 8 von 12 Aufgaben bessere Leistungen aufwiesen als die Novizen. Die Aufgaben A1, A4 und A15 lösten wider Erwarten die Novizen häufiger richtig. Besonders geringe Leistungen wurden von Experten in den Aufgaben A15, A9 und A10 erbracht; von den Novizen in den Aufgaben A14, A10, A15 und A7. In den Mehrfachwahlaufgaben A7 und A14 unterschieden sich die Leistungen von Experten und Novizen in die erwartete Richtung signifikant voneinander.

Für Trainingszwecke sind Aufgaben mit hoher Fremdtrennschärfe geeignet, denn diese bilden expertiseabhängige Unterschiede in der Gefahrenwahrnehmung ab. Aufgaben, die in Bezug auf die Anzahl an Treffern und die Reaktionszeiten hoch mit dem Kriterium korrelierten, wurden daher für die Entwicklung eines Trainings ausgewählt und die restlichen verworfen.

Insgesamt haben sich 9 Reaktionszeitaufgaben als kriteriumsvalid erwiesen. Mit einem Cronbachs α -Wert von .76 für die Anzahl an Treffern können die Items in einer Skala zusammengefasst werden, die als akzeptabel hinsichtlich ihrer internen Konsistenz bezeichnet werden kann (vgl. DEVELLIS, 2017). Für die Latenzzeiten ergibt sich mit einem Wert von .62 eine Skala, deren interne Konsistenz nach DEVELLIS als gering, aber dennoch ausreichend gelten werden kann.

5.3.6 Ergebnisse Lokalisierungsaufgaben

Mit insgesamt 36 möglichen Gefahrenreizen (nachfolgend als Einzelitems bezeichnet) wurden im Vorhinein sämtliche Verkehrsteilnehmer oder kritische Bereiche in den Videosequenzen definiert, auf die die Testteilnehmer reagieren könnten. Einige dieser vordefinierten Gefahrenreize (C4.5, C6.3) wurden jedoch auch von erfahrenen Fahrern nicht identifiziert. Diese wurden daher verworfen; ebenso wie 17 weitere, für die sich negative Trennschärfen ergaben. Übrig blieben 17 Einzelitems (Gefahrenreize), die positiv mit dem Außenkriterium korrelierten. Von diesen 17 mussten für zwei Videos weitere 3 Einzelitems aus der Auswertung ausgeschlossen werden, da deren Interpretation aufgrund von Überschneidungen der kritischen Zeitfenster nur eingeschränkt möglich gewesen wäre. Die nachfolgenden Analysen beziehen sich deshalb auf die verbleibenden 14 Items.

Zwischen den drei Leistungsmaßen (Anzahl Treffer, Latenzzeit und Präzision), die für die Lokalisierungsaufgaben erhoben wurden, zeigten sich folgende Zusammenhänge: Die Anzahl identifizierter Gefahrenreize (Treffer) korrelierte negativ mit der Latenzzeit ($r = -.256$; $p \leq .001$). Je mehr Gefahrenreize identifiziert wurden, desto kürzer waren die Latenzzeiten auf Gefahren im Test. Für die Anzahl an Treffern und die Präzision, mit der Gefahrenreize im Test markiert wurden, zeigte sich kein Zusammenhang ($r = .071$; $p \geq .05$). Ebenso konnte zwischen der Präzision, mit der Gefahrenreize im Test per Mausklick markiert wurde und der Schnelligkeit, mit der auf potenzielle Gefahren reagiert wurde (Latenzzeit), kein Zusammenhang gefunden werden ($r = -.09$; $p \geq .05$).

Um zu prüfen, ob die Testleistungen in den Lokalisierungsaufgaben von der Expertise beeinflusst werden, wurden für die drei AV (Anzahl Treffer, Latenzzeit, Präzision) *t*-Tests bzw. univariate Kovarianzanalysen durchgeführt.

Die Berechnung einer ANCOVA zeigte einen signifikanten Einfluss ($F_{1,121} = 17.53$; $p \leq .001$; $\eta_p^2 = .13$) der Fahrerfahrung auf die Anzahl identifizierter Gefahrenhinweise. Mit 7.22 Treffern ($SD = 1.51$) erkannten die erfahrenen Fahrer im Mittel anderthalb Gefahrenhinweise mehr als die noch unerfahrenen Fahrer ($M = 5.61$; $SD = 1.95$). Die Kovariante PC-Nutzung hatte keinen Einfluss auf die Anzahl an Treffern ($F_{1,121} = 3.15$; $p \geq .05$).

Auch für die Latenzzeit ließ sich ein signifikanter Einfluss der Expertise ($t(114) = 2.37$; $p = .019$; $d = .43$) nachweisen. Im Mittel reagierten die Experten ($M = -.05$, $SD = .34$) deutlich schneller auf Gefahrenreize im Test als die Novizen ($M = .13$, $SD = .48$).

Ein Unterschied zwischen beiden Expertisegruppen in Bezug auf die Präzision, mit der Gefahrenhinweisreize per Mausklick identifiziert wurden, ließ sich nicht beobachten ($t(107) = .063$; $p \geq .05$). In der Gruppe der Novizen ($M = .0016$; $SD = .49$) wurden nur unwesentlich geringere Abweichungswerte vom Mittelpunkt des Gefahrenreizes beobachtet als bei den Experten ($M = -.0045$; $SD = .50$).

5.3.7 Itemanalyse und -auswahl (Lokalisierungsaufgaben)

Um zu überprüfen, welche Lokalisierungsaufgaben sich als Übungsszenarien für ein Training eignen, wurden zunächst die Fremdtrennschärfen der einzelnen Gefahrenreize für die Anzahl an Treffern, die Reaktionszeiten und die Präzision der Markierungen bestimmt. Die Fremdtrennschärfen und Aufgabenschwierigkeiten der Einzelitems können Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4 zeigt die deskriptiven Daten der 14 Einzelitems, für die ein positiver Zusammenhang mit dem Außenkriterium gefunden werden konnte. Die mittlere Aufgabenschwierigkeit liegt für die Variable Anzahl Treffer bei .45 ($SD = .14$).

Es zeigten sich schwache bis mittlere ($r = .23$ bis $.29$; $p < .05$) positive Zusammenhänge mit der Fahrerfahrung für die Anzahl an Treffern für die Einzelitems C2.2, C4.6, C6.1 und C7.2.

Für Szenario C2 zeigte sich für einen potenziellen Gefahrenreiz (C2.2) in der Animation ein signifikanter Zusammenhang mit der Fahrexpertise. Ein Lkw, der sich im Kreuzungsbereich von rechts näherte, wurde von Fahrerfahrenen deutlich häufiger als eine mögliche Gefahrenquelle gesehen als von den noch unerfahrenen Fahrern. Erkannten die Novizen den Gefahrenreiz, wurde dieser jedoch deutlich präziser per Mausklick von ihnen im laufenden Video identifiziert als von den Experten.

Hinsichtlich der Anzahl an Treffern unterschieden sich die Reaktionen beider Testgruppen auf den Gefahrenreiz C2.5 nicht voneinander. Die Experten markierten die potenzielle Gefahrenquelle aber mit deutlich höherer Präzision.

Im Verkehrsszenario C4 zeigte sich für Item C4.6 ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Expertisegruppen in die erwartete Richtung. Die erfahrenen Fahrer bewerteten den Lieferwagen, der in die Fahrspur des Testfahrers wechselt und dabei einen zu geringen Abstand zum nachfolgenden Verkehr in Kauf nimmt, deutlich häufiger als gefährlich als die Novizen. Deutlich zügiger oder präziser als die Novizen markierten sie den Gefahrenreiz dabei aber nicht.

Auf den in Aufgabe C6 haltenden, warnblinkenden Lieferwagen reagierten die erfahrenen Fahrer nicht nur deutlich häufiger per Mausklick in der Animation, sondern auch signifikant frühzeitiger als die noch unerfahrenen Fahrer. Präziser wurde der Gefahrenreiz C6.1 dabei aber nicht von ihnen markiert.

In Item C7 fährt ein Bus aus einer Haltebucht. Die Experten reagierten nicht nur deutlich häufiger und signifikant frühzeitiger auf den Gefahrenreiz, sie markierten diesen auch tendenziell deutlich präziser per Mausklick.

Mit insgesamt 4 haben sich nur sehr wenige Einzelitems der Lokalisierungsaufgaben als kriteriumsvalide erwiesen. Von einer Weiterverwendung dieses Aufgabenformates für die Entwicklung eines Trainings wurde daher im vorliegenden Projekt abgesehen.

Item	Gefahrenhinweisreiz	Anzahl Treffer		Latenzzeit	Präzision
		<i>M</i> (<i>SD</i>) <i>n</i> = 124	ϕ (<i>p</i>)	<i>r</i> _{it} (<i>p</i>)	<i>r</i> _{it} (<i>p</i>)
C1					
C1.3	Lieferwagen von rechts	.72 (.45)	.12 (.178)	-.09 (.400)	.21 (.067)
C1.4	Motorrad im Rückspiegel	.22 (.41)	.13 (.142)	-.02 (.906)	.11 (.609)
C1.5	Bereich Gegenverkehr beim Linksabbiegen	.15 (.35)	.03 (.767)	.38 (.115)	.45 (.103)
C2					
C2.2	Lkw von rechts	.33 (.47)	.23* (.009)	.13 (.428)	.34* (.048)
C2.4	Kind rechts auf Bürgersteig (Bushaltestelle)	.34 (.48)	.01 (.893)	-.22 (.167)	-.13 (.44)
C2.5	Mann links am Zebrastreifen	.10 (.31)	.10 (.259)	.39 (.194)	-.81** (.001)
C3	Übungssitem				
C4					
C4.6	Lieferwagen von rechts	.63 (.49)	.29* (.002)	.15 (.202)	-.13 (.292)
C5					
C5.1	Radfahrer	.29 (.46)	.04 (.645)	.03 (.850)	.07 (.711)
C5.4	Haltender Schulbus	.81 (.40)	.09 (.311)	-.18 (.069)	-.02 (.872)
C5.5	Kind links am Zebrastreifen	.34 (.48)	.15 (.098)	.11 (.486)	-.17 (.291)
C5.7	Kind von rechts vor Schulbus	.16 (.37)	.07 (.421)	-.26 (.268)	.23 (.352)
C6					
C6.1	Am Straßenrand haltender Lieferwagen	.87 (.34)	.26* (.003)	-.24* (.014)	.03 (.742)
C7					
C7.2	Bus fährt aus Haltebucht, Vorfahrer bremst	.49 (.50)	.24* (.007)	-.25* (.049)	-.26 (.071)
C8					
C8.1	Motorradfahrer im Rückspiegel überholt riskant	.92 (.27)	.16 (.077)	-.11 (.251)	.08 (.410)

* die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.
** die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant

Tab. 4: Fremdtrennschärfen und Aufgabenschwierigkeiten der einzelnen Items

5.4 Diskussion

Ziel von Studie 1 war es, Aufgaben zu entwickeln, die sich für Trainingszwecke und damit für eine Einbindung in ein Lernprogramm eignen. Verschiedene Reaktionszeit- und Lokalisierungsaufgaben wurden hierfür einem Experten-Novizen-Vergleich unterzogen und hinsichtlich ihrer Kriteriumsvalidität überprüft. Der Fokus lag nicht auf der Entwicklung möglichst homogener Testitems, sondern vielmehr darauf, Inhaltsbereiche empirisch zu ermitteln, die in einer Lernanwendung thematisiert werden sollten. Entscheidender war daher, inwiefern das Außenkriterium durch die entwickelten Aufgaben vorhergesagt werden kann. Insbesondere einige der

Reaktionszeitaufgaben haben sich als kriteriumsvalid erwiesen. Trotz ihrer überwiegend sehr geringen Schwierigkeit weist ein Großteil dieser Aufgaben ein gutes Differenzierungsvermögen auf.

Reaktionszeitaufgaben verlangten zunächst vom Testteilnehmer, auf das Erkennen auftauchender Gefahren im Test durch Tastendruck zu reagieren. Reagierte der Testteilnehmer rechtzeitig auf den Gefahrenhinweis, wurden in einer nachfolgenden Mehrfachwahlaufgabe die Gründe für die Reaktion erfragt. Angenommen wurde, dass die erfahrenen Fahrer deutlich mehr Aufgaben richtig lösen und auch schneller auf Gefahren im Test reagieren als die unerfahrenen Fahrer.

In Übereinstimmung mit anderen Forschungsbefunden (z. B. POLLATSEK et al., 2006, SCIALFA et al., 2011; WETTON et al., 2011), aus denen hervorgeht, dass Novizen mehr Gefahren übersehen als Experten, konnte auch in der vorliegenden Untersuchung mit animierten Verkehrsszenarien gezeigt werden, dass unerfahrene Fahrer im Vergleich zu erfahreneren weniger gut darin sind, potenzielle Gefahren zu identifizieren. Entsprechend der Ergebnisse in anderen Studien (SCIALFA et al., 2011; SMITH et al., 2009a; WETTON et al., 2011) benötigten die Fahranfänger zudem viel mehr Zeit, um auf Gefahren im Test zu reagieren. Auch bei der Lösung der Mehrfachwahlaufgaben erbrachten die Experten deutlich bessere Leistungen als die Novizen. Alle drei eingangs formulierten Hypothesen gelten damit für dieses Aufgabenformat als bestätigt. Die Befunde sind somit ein Hinweis auf die Validität der entwickelten Aufgaben.

Insgesamt erwiesen sich 9 Reaktionszeitaufgaben als trennscharfe Items. Diese Aufgaben bilden expertiseabhängige Fertigkeiten ab und eignen sich damit für die Einbindung in ein Trainingsprogramm.

Bei der Betrachtung der Itemkennwerte fällt deren überwiegend geringe Schwierigkeit auf. Ein optimales Differenzierungsvermögen haben Items, deren arithmetischer Mittelwert im Bereich einer Lösungswahrscheinlichkeit zwischen 20 % und 80 % liegt (MOOSBRUGGER & KALEVA, 2012). In der vorliegenden Untersuchung war auch für die Novizen der Großteil der Aufgaben sehr leicht zu lösen. In weiterführenden Studien sollten daher auch schwieriger zu lösende Problemsachverhalte identifiziert werden.

Ein didaktisches Prinzip bei der Sequenzierung von Lernaufgaben bezieht sich darauf, Aufgaben beginnend mit der leichtesten hin zu zunehmend schwierigeren in einer Lernumgebung zu ordnen, um Lerner optimal zu unterstützen (z. B. MERRILL, 2002). Bei der Entwicklung einer Lernumgebung können die Reaktionszeitaufgaben daher vor allem als Einstiegsaufgaben für ein Thema berücksichtigt werden.

Ziel des Projektes war die beispielhafte Entwicklung einer Lernumgebung, weshalb der Fokus nicht darauf lag, möglichst viele Problemstellungen zu identifizieren. Um ein breiteres Spektrum an potenziellen Gefahren abbilden und den theoretischen Ausbildungsteil hierdurch sinnvoll ergänzen zu können, müssten in künftigen Studien nicht nur schwieriger

zu lösende, sondern auch weitere Problemsachverhalte identifiziert werden.

Eine mögliche Erklärung für die geringe Schwierigkeit der Aufgaben könnte in der Länge der kritischen Reaktionszeitfenster liegen, die absichtlich großzügig gewählt wurden. Das heißt, sie beginnen ab einem sehr frühen Zeitpunkt und enden relativ spät. Dieses Vorgehen wurde gewählt, weil es sich um neu entwickelte Items handelte und damit noch keine empirischen Vergleichswerte für eine Festlegung angemessener Zeitfenster verfügbar waren. Werden kritische Zeitfenster eng um das Gefahrenmoment herum definiert, besteht die Gefahr, besonders fähige Testteilnehmer, die Gefahren frühzeitig antizipieren, zu benachteiligen (JACKSON et al., 2009). Andernfalls kann ein zu spätes Enden der Zeitfenster dazu führen, dass weniger fähige Testteilnehmer in ihren Leistungen überschätzt werden. CATCHPOLE, CONGDON und LEADBEATTER (2001) lösen dieses Problem, in dem sie die kritischen Zeitfenster an die Reaktionen der erfahrenen Fahrer anpassen. Für einen erneuten Einsatz der Reaktionszeitaufgaben könnten so auch die kritischen Zeitfenster modifiziert werden. Der Beginn könnte z. B. auf zwei Standardabweichungen unterhalb und das Ende auf zwei Standardabweichungen oberhalb des Gruppenmittelwerts festgelegt werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Aufgabenschwierigkeit und die Differenzierungsfähigkeit zu erhöhen, bestünde im Einsatz realitätsnäheren Bildmaterials. Bildmaterial aus dem Realverkehr beispielsweise ist in der Regel detailreicher und komplexer als Animationen; und je höher die Domänenspezifität der Aufgaben, desto eher zeigt sich die Überlegenheit von Experten (GLASER & CHI, 1988). Andernfalls ließen sich auch Animationen durch zusätzliche Details anreichern und so die Aufgabenschwierigkeit erhöhen.

Neben Reaktionszeitaufgaben waren auch Lokalisierungsaufgaben Teil der Studie. Diese verlangten die Identifikation relevanter Gefahrenhinweise per Mausclick in Echtzeit. Im Vergleich zum Reaktionszeitaufgabenformat haben Lokalisierungsaufgaben den Vorteil, dass deutlich wird, auf welchen (HORSWILL et al., 2013) Reiz sich die Reaktion des Testteilnehmers bezieht. Für diesen Aufgabentyp wurde einerseits angenommen, dass erfahrene Fahrer deutlich mehr Gefahrenhinweise erkennen und auch schneller auf diese reagieren als unerfahrene Fahrer; aber auch, dass Experten Gefahrenhinwei-

se deutlich präziser per Mausklick identifizieren als die Novizen.

Insgesamt wurden bei diesem Aufgabenformat nur wenige der vordefinierten Gefahrenhinweisreize erkannt, auch von den erfahrenen Fahrern. Daraus lässt sich ableiten, dass viele irrelevante und sehr schwierig zu erkennende Gefahrenhinweisreize in den Szenarien enthalten waren.

Für 14 Einzelitems zeigte sich ein positiver Zusammenhang mit der Fahrerfahrung, aber nur vier Gefahren wurden durchgängig häufiger von erfahrenen Fahrern erkannt. Während die Items C4.6 und C6.1 mit einer hohen Lösungswahrscheinlichkeit von 78 % bzw. 97 % als Inhaltsbereiche (Vorfahrt in Kreuzungsbereichen; Hindernisse in eigene Fahrtrichtung) für ein Trainingsprogramm geeignet sind, wurden die Items C2.2 und C7.2 nur von 45 % bzw. 62 % der erfahrenen Fahrer als Gefahr erkannt und erscheinen daher weniger geeignet für die Einbindung in eine Lernumgebung. Andererseits hat sich aber schon in anderen Studien gezeigt, dass auch erfahrene Fahrer Gefahren oft übersehen (PRADHAN, HAMMEL et al., 2005b) und sie somit durchaus auch von Hazard Perception-Tests profitieren können (HORSWILL et al., 2013).

In Übereinstimmung mit anderen Studien (SMITH, HORSWILL, CHAMBERS & WETTON, 2009b) konnte auch in der vorliegenden Untersuchung für die Testendversion mit 14 Items gezeigt werden, dass sich Fahrerfahrung sowohl auf die Identifikation von Gefahren per Mausklick als auch auf die Reaktionsgeschwindigkeit günstig auswirkt. Anders als ursprünglich angenommen, konnte dieser expertiseabhängige Vorteil für die Genauigkeit, mit der Gefahren im Test markiert wurden, nicht aufgezeigt werden. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte eine Konfundierung von Aufgaben- und Reaktionsformat sein (CRUNDALL, 2016). Die Gefahrenhinweise mussten in der laufenden Videosequenz identifiziert werden. Sowohl das Erkennen von Gefahren als auch die Bewegung des Mauszeigers benötigen Zeit. Möglicherweise war es aufgrund der Flüchtigkeit der Informationen zu schwierig, Gefahren präzise zu markieren. Alternativ könnten weiterführende Untersuchungen Teilnehmern sowohl eine unspezifische (z. B. Maustaste drücken) als auch eine spezifische Reaktion (Mausklick auf Gefahrenreize) abverlangen. Der Testteilnehmer erhielt die Instruktion, schnellstmöglich die Maustaste zu drücken, sobald er eine Gefahr in der animierten Verkehrssituation erkennt. Daraufhin stoppt das Video

und der Lerner erhält die Möglichkeit, Gefahren per Mausklick zu markieren. PETZOLDT, WEISS, FRANKE, KREMS und BANNERT (2013) ließen Untersuchungsteilnehmer in Standbildern gestoppter Videosequenzen kritische Elemente per Mausklick markieren und konnten zeigen, dass Trainees ein adäquateres Blickverhalten zeigten als Probanden, die kein Training erhielten.

Eine Einschränkung der vorliegenden Untersuchung bezieht sich auf den eingesetzten Test zur Messung und Kontrolle der allgemeinen Reaktionszeiten, bei dem auf ein in der Bildschirmmitte in verschiedenen Zeitintervallen auftauchendes Kreuz die Leertaste gedrückt werden musste. Um auch die räumlichen Reaktionszeiten der Testteilnehmer erfassen und kontrollieren zu können, wäre ein Reaktionszeittest notwendig gewesen, bei dem auf unterschiedlich große Objekte, die sich an unterschiedlichen Bildschirmpositionen befinden können, per Mausklick reagiert werden muss. In Probedurchgängen dafür hätten die Testteilnehmer so auch die Gelegenheit gehabt, sich mit der Sensitivität der PC-Maus vertraut zu machen.

5.5 Fazit und Ausblick

Insgesamt wurden 15 Reaktionszeitaufgaben und 8 Lokalisierungsaufgaben mit inhaltlich zum Teil sehr unterschiedlichen Gefahrenszenarien erstellt und deren Eignung für eine Einbindung in eine zu entwickelnde Lernumgebung geprüft. Die Analyse der Lokalisierungsaufgaben hat gezeigt, dass sich mit 4 Items nur ein sehr geringer Teil an Einzelaufgaben als kriteriumsvalide erwiesen hat. Von einer weiteren Verwendung dieser Aufgaben bzw. dieses Aufgabenformats wird im Rahmen des vorliegenden Projektes daher abgesehen.

Die Analyse der Reaktionszeitaufgaben hat ergeben, dass einige dieser Aufgaben für die Entwicklung eines Trainingsprogramms geeignet sind, weil sie gut zwischen Experten und Novizen zu differenzieren vermögen. Die Aufgaben A3, A4, A5, A6, A7, A9, A10, A11 und A15 werden daher in einer weiterführenden Untersuchung, die auf der Verwendung des 4C/ID-Modells als didaktischer Grundlage basiert, um entsprechende Unterstützende und Prozedurale Lerninformationen ergänzt, um davon ausgehend zu prüfen, welche Form der Bereitstellung dieser Zusatzinformationen sich als am lernförderlichsten erweist.

6 Studie 2: Prüfung spezifischer Modellannahmen

In Studie 2 ging es darum, das 4C/ID-Modell auf den Bereich Gefahrenwahrnehmung zu übertragen und spezifische Annahmen des Modells zu überprüfen.

6.1 Fragestellung und Hypothesen

Ziel von Studie 2 war es, den 4C/ID-Ansatz auf die Hazard Perception-Domäne anzuwenden und zwei Komponenten des Modells (Unterstützende und Prozedurale Informationen) auf deren Eignung zum Erlernen fahrspezifischer Fähigkeiten zu überprüfen.

Als Lernaufgaben wurden die Reaktionszeitaufgaben, die in Studie 1 verlässlich zwischen Experten und Novizen trennten, verwendet. Ergänzt wurden diese animierten Verkehrsszenarien um Unterstützende und Prozedurale Zusatzinformationen. Erläuterungen zu den abgebildeten Gefahrensituationen in Textform bildeten die Unterstützenden Informationen. Farbige Hervorhebungen von Gefahrenhinweisreizen sowie korrespondierende auditiv präsentierte Kommentare wurden als Teil der Animation dargeboten und bildeten die Prozeduralen Informationen. Während Unterstützende Informationen dem 4C/ID-Modell nach den Schemaerwerb fördern sollen, unterstützen Prozedurale Zusatzinformationen die Automatisierung von Fertigkeiten.

In Übereinstimmung mit dem 4C/ID-Modell wurde angenommen, dass die Verfügbarkeit von Unterstützenden und Prozeduralen Informationen zu besseren Lernleistungen führt als die Bereitstellung von nur einer der beiden Formen an Zusatzinformationen oder aber keinerlei Information. Es wurde erwartet, dass Probanden, die mit Unterstützenden Informationen lernen, mehr Gefahrenhinweise erkennen und auch schneller auf diese reagieren als Testteilnehmer, denen diese Informationen nicht zum Lernen zur Verfügung stehen. Zudem wurde angenommen, dass Testteilnehmer, die zum Lernen Prozedurale Informationen zur Verfügung haben, mehr Gefahrenhinweise im Test erkennen und auch schneller auf diese reagieren als jene Probanden, denen diese Zusatzinformationen nicht präsentiert werden.

6.2 Methode

6.2.1 Design und Stichprobe

Die Überprüfung der Hypothesen erfolgte anhand eines 2 x 2 faktoriellen Zwischensubjekt-Designs mit den Faktoren Unterstützende Informationen (mit vs. ohne) und Prozedurale Informationen (mit vs. ohne).

Die zentralen abhängigen Variablen für Lerneffekte waren die Anzahl richtig identifizierter Gefahren (Treffer) sowie die z-standardisierten Reaktionszeiten auf Gefahrenhinweise in den dargebotenen animierten Verkehrsszenarien.

Das Durchschnittsalter der 91 Testteilnehmer lag bei 17 Jahren ($M = 16.9$, $SD = 2.58$). Männliche Personen ($n = 55$) waren insgesamt häufiger vertreten als weibliche ($n = 36$). Keiner der Testteilnehmer besaß zum Testzeitpunkt eine Fahrerlaubnis Klasse B.

Mit 82 % nahmen überwiegend Schüler an den Testungen teil. Der Großteil von ihnen (43 %) ging zum Testzeitpunkt auf ein Gymnasium, 4 % auf eine Haupt- oder Werkrealschule, 30 % besuchten eine Real- und 7 % eine Gemeinschaftsschule. Die restlichen Testteilnehmer studierten oder standen in einem Ausbildungsverhältnis. Drei Probanden gingen keiner Berufs- oder Ausbildungstätigkeit nach.

6.2.2 Testmaterial und technische Ausstattung

6.2.2.1 Vortests

Zur Erfassung des fahrbezogenen Vorwissens waren die Testteilnehmer zunächst gefordert, einen Vortest bestehend aus 5 Mehrfachwahlaufgaben mit vier Antwortalternativen, die dem amtlichen Prüffragenkatalog entnommen worden waren, zu bearbeiten.

Um die einfachen Reaktionszeiten der Teilnehmergruppen vergleichen zu können, wurde der allgemeine Reaktionszeittest bearbeitet, der bereits in Studie eingesetzt und in Kapitel 5.2.3 erläutert wurde. Auf eine erneute Beschreibung des Tests wird deshalb an dieser Stelle verzichtet.

6.2.2.2 Training

Die 9 animierten Verkehrsszenarien, die sich in Studie 1 als valide und reliable erwiesen hatten, wur-

den für Studie 2 durch Unterstützende und Prozedurale Informationen angereichert und ergänzt. Ein Standbild zur Gefahrenszene, textbasierte Erläuterungen sowie eine Animation zur Gefahrensituation wurden als Unterstützende Informationen präsentiert. Als Prozedurale Informationen wurden farbige Symbole mit den entsprechenden auditiven Begleitkommentaren (z. B. gelb aufleuchtendes Ausrufezeichen und der Hinweis „Achtung Gegenverkehr. Du kannst nicht überholen.“) als Teil der Animation dargeboten, durch die potenzielle Gefahren ankündigende Hinweisreize hervorgehoben wurden.

Die Lernaufgaben waren alle gleich aufgebaut. Über ein Standbild aus der Animation und die Nennung des Themas erhielten die Lerner einen ersten Eindruck zum Verkehrsszenario. Danach folgten Erläuterungen zum in der jeweiligen Lerneinheit behandelten Gefahrenszenario in Textform. Erklärt wurde, welche Verkehrsteilnehmer oder Objekte Gefahrensituationen konstituieren können und wie sich Fahrer in diesen Situationen konkret verhalten sollten. Beschrieben wurde auch, worin sich angemessenes Fahrverhalten in diesen Situationen äußert. Probanden, die keine Unterstützenden Informationen erhielten, bekamen alternative Lerntexte. Diese bezogen sich zwar nicht auf das konkrete Gefahrenszenario der jeweiligen Lernaufgabe, enthielten aber dennoch für Fahrer wichtige Informationen (z. B. Vorgehen beim Sichern einer Unfallstelle). Für die Unterstützenden Informationen war vom System eine Mindestlernzeit vorgegeben. Nach 90 Sekunden erschien eine Weiter-Taste auf dem Bildschirm und der Proband konnte selbst entscheiden, ob er im Programm fortfahren oder am Text weiterarbeiten möchte.

Im Anschluss an den Lerntext wurde die in der Lerneinheit thematisierte Gefahrensituation in einer Animation veranschaulicht. Für die Lerner, die mit Prozeduralen Informationen lernten, wurden Gefahrenhinweise farblich sowie auditiv durch einen Begleitkommentar in der Animation hervorgehoben. Probanden, denen keine Prozeduralen Informationen zum Lernen zur Verfügung standen, bekamen weder visuelle noch auditive Hinweise während der Rezeption. Die Animationen konnten in jeder Lernbedingung nur ein einziges Mal angeschaut werden.

Im Anschluss an die Lernvideos hatten die Teilnehmer die Aufgabe, ihr neu erworbenes Wissen in einem Testvideo anzuwenden. Sie wurden instruiert, in der laufenden Animation auf Gefahrenhinweisreize, die eine Geschwindigkeitsreduktion erfordern,

durch Drücken der Leertaste zu reagieren. Das Testvideo unterschied sich vom Lernvideo dadurch, dass die Fahrscene, die zu Übungszwecken gezeigt wurde, einerseits in ein umfangreicheres (längeres) Verkehrsszenario eingebettet war. Zum anderen war im Testvideo zwar nicht die Anzahl an Elementen verändert, dafür aber die Erscheinung von Objekten oder Verkehrsteilnehmern.

Für die Datenerhebungen wurden neben 22-Zoll-Bildschirmen mit einer Auflösung von 1.680 x 1.050 Pixel, die mit einem Pentium 4 PC verbunden waren, auch Fujitsu-Laptops (Lifebook E756) mit 15,6-Zoll-Bildschirmdiagonale und einer Bildauflösung von 1.366 x 768 Pixel eingesetzt, um außerhalb des Labors testen zu können. Unabhängig vom eingesetzten Gerät wurde die Bildgröße konstant gehalten. Die Testteilnehmer wurden jeweils in einer Entfernung von ca. 60 cm vor dem Bildschirm platziert. Instruktionen und Audiokommentare wurden den Testteilnehmern über Sony-Kopfhörer mit der Typenbezeichnung MDR-ZX100 vermittelt.

6.2.3 Vorgehen

Die Untersuchungen fanden als Gruppentestung von bis zu 10 Personen überwiegend im Computelabor der Empirischen Bildungswissenschaften der Universität des Saarlandes sowie an umliegenden bzw. auch an baden-württembergischen Schulen oder in Sportvereinen statt. Nach einer kurzen Begrüßung wurden die Teilnehmer zufällig einer der vier Lernbedingungen zugeteilt. Die gesamte Erhebung erfolgte am PC.

Zu Beginn bearbeiteten die Probanden einen Fragebogen, in dem demografische Daten (z. B. Alter, Geschlecht, Bildungsniveau, Fahrerfahrung usw.) erfasst wurden. Danach folgten die Vortests; um einerseits das fahrbezogene Vorwissen der Probanden zu Beginn der Untersuchung zu bestimmen und andererseits Aufschluss über die allgemeinen Reaktionszeiten der Testteilnehmer zu erhalten.

Im Anschluss daran folgte die Lernphase, in der 9 verschiedene Lernaufgaben bearbeitet werden mussten. Zu Beginn der Lernphase wurden die Testteilnehmer anhand eines Demovideos über den Aufbau der Lernaufgaben informiert und sie erhielten Hinweise, wie das Instruktionsmaterial optimal zum Lernen genutzt werden kann. Für einen Testtermin wurden etwa 60 Minuten Zeit benötigt. Die Probanden erhielten 5 Euro für ihre Teilnahme.

6.3 Ergebnisse

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = .05$ gewählt. Als Effektstärkemaß wird das partielle η^2 berichtet.

6.3.1 Stichprobe

In keiner der im Fragebogen erfassten Variablen unterschieden sich die vier Teilnehmergruppen signifikant voneinander. Sowohl in Bezug auf das Alter ($F_{3;87} = .41$; $p \geq .05$), das Geschlecht ($\chi^2(3) = .51$; $p \geq .05$), die PC-Nutzungshäufigkeit ($\chi^2(12) = 3.98$; $p \geq .05$), aber auch die Erfahrung mit Fahrsimulationsspielen ($\chi^2(9) = 6.74$; $p \geq .05$) beispielsweise waren bei den vier untersuchten Gruppen vergleichbar.

6.3.2 Vortests

Zur Überprüfung der Vergleichbarkeit des verkehrsspezifischen Vorwissens waren die Teilnehmer angehalten, 5 Items aus dem amtlichen Prüffragenkatalog zu bearbeiten. Die Berechnung einer ANOVA zeigte keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Vorwissens der Teilnehmer zwischen den vier Bedingungen auf ($F_{3;87} = 1.12$; $p \geq .05$). Zudem zeigten sich geringe mittlere Gesamtpunktwerte, was auf ein eher geringes fahrspezifisches Vorwissen ($M = 1.29$; $SD = .89$) der Teilnehmer hindeutet.

Auch hinsichtlich der allgemeinen Reaktionsfähigkeit konnten keine signifikanten Unterschiede ($F_{3;87} = .72$; $p \geq .05$) zwischen den vier Gruppen beobachtet werden.

6.3.3 Lernerfolg

Nach jeder Lernaufgabe folgte ein animiertes Testzenario, in dem die Probanden ihr neu erworbenes Wissen anwenden und per Tastendruck aufzeigen mussten, wann sie eine Gefahr erkannten. Wurde die Leertaste richtigerweise innerhalb eines vordefinierten Zeitfensters gedrückt, erhielten die Probanden einen Punkt für die Lösung der Aufgabe (Treffer). Die kritischen Zeitfenster begannen ab dem Zeitpunkt, an dem die Gefahr sichtbar wurde, und endeten dann, wenn eine Kollision durch Geschwindigkeitsreduktion gerade noch hätte verhindert werden können. Als eine weitere abhängige Variable wurde die Reaktionszeit, die innerhalb des kriti-

schen Zeitfensters zum Reagieren auf den Gefahrenreiz benötigt wurde, erfasst.

Die Berechnung einer ANOVA für die Anzahl identifizierter Gefahren (Treffer) in den Testvideos am Ende der Lernaufgaben zeigte einen Haupteffekt für die Prozeduralen Informationen ($F_{1;87} = 5.53$; $p = .02$; $\eta_p^2 = .06$). Standen den Lernern Prozedurale Informationen zur Verfügung, identifizierten sie mehr Gefahren im Test. Ein Haupteffekt für die Unterstützenden Informationen ($F_{1;87} = .01$; $p \geq .05$) konnte ebenso wenig bestätigt werden wie ein Interaktionseffekt ($F_{1;87} = .001$; $p \geq .05$).

Für die mittleren z-standardisierten Reaktionszeiten in den Testvideos am Ende der Lernaufgaben konnten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Ein Trendtest zeigte, dass sich der Verlauf der Mittelwerte durch einen linearen Trend beschreiben lässt ($F_{1;87} = 14.67$; $p \leq .001$; $\eta_p^2 = .14$). Je umfangreicher die Zusatzinformationen, desto zügiger reagierten die Lerner auf Gefahren im Test. Dabei zeigte sich für die Reaktionszeiten ein Haupteffekt für die Unterstützenden Informationen ($F_{1;87} = 12.2$; $p = .001$; $\eta_p^2 = .12$), nicht aber für die Prozeduralen Informationen ($F_{1;87} = 2.28$; $p \geq .05$). Auch ein Interaktionseffekt ($F_{1;87} = .57$; $p \geq .05$) ließ sich nicht bestätigen. Mit den Unterstützenden Informationen wurde demnach die Schnelligkeit gefördert, mit der auf Gefahren im Test reagiert wurde.

6.4 Diskussion

Der 4C/ID-Ansatz postuliert vier Komponenten als unverzichtbare Bestandteile von Lernumgebungen, die den Erwerb komplexer Fähigkeiten fördern. Ziel der vorliegenden Studie war es, das 4C/ID-Modell auf den Wissensbereich Gefahrenwahrnehmung anzuwenden und zu überprüfen, ob Unterstützende und Prozedurale Informationen notwendig sind, um Gefahrenwahrnehmungsfähigkeiten zu vermitteln.

In Übereinstimmung mit dem 4C/ID-Modell wurde angenommen, dass Lerner von Unterstützenden Informationen profitieren und deren Verfügbarkeit zu besseren Lernleistungen führt. Diese Hypothese konnte in Teilen bestätigt werden. Testteilnehmer, die mit Unterstützenden Informationen lernten, reagierten schneller auf auftauchende Gefahren im Test, erkannten aber nicht mehr Gefahrenhinweise als jene Teilnehmer, die diese Zusatzinformationen nicht zum Lernen nutzen konnten.

Es wurde zudem angenommen, dass Probanden, die Prozedurale Informationen beim Lernen nutzen können, bessere Leistungen erbringen würden als Testteilnehmer, denen diese Zusatzinformationen nicht dargeboten werden. Auch diese Hypothese konnte in Teilen bestätigt werden. Wurden Prozedurale Informationen präsentiert, identifizierten die Probanden mehr Gefahrenhinweise im Test, reagierten aber nicht schneller auf diese als Teilnehmer, für die diese Zusatzinformationen nicht Teil des Lernmaterials waren.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass beide Arten an Zusatzinformationen verschiedene Teilkompetenzen der Gefahrenwahrnehmung fördern: entweder das Erkennen von Gefahrenhinweisen oder die Schnelligkeit, mit der auf diese reagiert wird. Da Unterstützende Informationen viele Fakten über Aspekte enthielten, die in bestimmten Verkehrssituationen schnell zur Gefahr werden können, haben sie Lerner wahrscheinlich darauf vorbereitet, Risiken rasch zu antizipieren, sobald sie eine solche Situation in einer Testaufgabe erlebten. Und weil sie bereits eine Gefahr erwarteten, konnten sie auch schneller reagieren, als diese sich entwickelte.

Prozedurale Informationen als Teil des Lernmaterials wiederum könnten die Aufmerksamkeit des Lerner genau auf die Bereiche gelenkt haben, in denen sich Gefahren in den Testaufgaben entwickeln werden, woraus wahrscheinlich die höhere Anzahl insgesamt identifizierter Gefahren resultiert.

6.4.1 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stützen die Annahme, dass das 4C/ID-Modell auf den Wissensbereich Gefahrenwahrnehmung anwendbar ist. Darüber hinaus stützen sie auch die Annahme, dass computerbasierte Lernumgebungen, die mit dem Ziel der Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung konzipiert worden sind, sowohl Unterstützende als auch Prozedurale Lerninformationen bereitstellen sollten. Das gilt vor allem dann, wenn es sich bei der Zielgruppe für die Trainingsintervention um Fahranfänger handelt. In einem nächsten Schritt können die entwickelten Lernaufgaben für die Gestaltung einer adaptiven Lernumgebung verwendet werden. Adaptiv meint, dass mit zunehmender Expertise die instruktionale Unterstützung bzw. die Zusatzinformationen sukzessive reduziert werden; wobei zunächst die Unterstützenden Informationen und danach die Prozeduralen Informationen entfallen.

7 Studie 3: Adaptive instruktionale Unterstützung

In der dritten Studie sollte geklärt werden, ob Gefahrenwahrnehmung mit einer adaptiven computerbasierten Lernumgebung effektiver und effizienter vermittelt werden kann als mittels eines non-adaptiven CBTs. Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob sich das Gelernte auch in einem angemesseneren Fahrverhalten widerspiegelt.

7.1 Fragestellung und Hypothesen

CBTs können eine sinnvolle Ergänzung zur Fahrausbildung sein (PETZOLDT et al., 2013). Eine Vielzahl an computerbasierten Trainingsinterventionen wurde bereits entwickelt und evaluiert. Diese Evaluationsstudien haben gezeigt, dass Probanden, die an einem Training teilgenommen hatten, im Fahrsimulator aber auch auf Teststrecken im Realverkehr bessere Leistungen z. B. in Bezug auf ein angemesseneres Blick- und Fahrverhalten erzielen als Testpersonen, denen kein Training zuteilwurde.

Effizientes Üben setzt eine optimale Lernumgebung voraus, in der relevante Fertigkeiten angemessen und zügig erworben werden können. Eine Möglichkeit, Lernumgebungen optimal zu gestalten, besteht darin, Lerninhalte an den domänenspezifischen Kenntnisstand der Lerner anzupassen und Lernaufgaben bereitzustellen, die weder unter noch überfordern. Hierfür eignen sich computerbasierte, adaptive Lernsysteme.

Für die vorliegende Studie wurden ein adaptives und ein non-adaptives Lernprogramm zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung erstellt. Grundlage hierfür war das 4C/ID-Modell. Adaptiv bezieht sich dabei auf den Informationsgehalt der Lernaufgabe und meint, dass mit zunehmender Expertise die Unterstützung durch Prozedurale und Unterstützende Lerninformationen sukzessive reduziert wird. Sobald vom Lerner zwei Aufgaben eines Schwierigkeitsgrades richtig gelöst wurden, wurde die Aufgabenkomplexität durch die Reduktion der instruktionalen Unterstützung erhöht und damit an ein höheres Fertigkeitenniveau des Lerner angepasst. Non-adaptiv meint, dass die Bereitstellung der Zusatzinformationen nicht an den individuellen Kenntnisstand der Lerner angepasst wurde, sondern über das gesamte Training hinweg in vollem Umfang erfolgte. Bei dieser Variante des CBTs wurden für alle Lernaufgaben sowohl Unterstützende als auch Pro-

zedurale Zusatzinformationen zum Lernen bereitgestellt.

Die Ziele, die zur Überprüfung der Lernwirksamkeit der entwickelten CBTs verfolgt wurden, waren folgende: Ein Ziel bestand zunächst darin zu überprüfen, ob Gefahrenwahrnehmung mit adaptiver instruktionaler Unterstützung effektiver und effizienter vermittelt werden kann als mit für alle Lernaufgaben vollumfänglich dargebotener instruktionaler Unterstützung. Zudem galt es zu überprüfen, ob das im Training Gelernte auf realitätsnähere Kontexte übertragen und angewendet werden kann und ob etwaige Trainingseffekte auch nach einer Woche noch beobachtbar sind.

Dass in computerbasierten Lernumgebungen mit adaptiver instruktionaler Unterstützung, die sich am individuellen Kompetenzniveau der Lerner orientiert, sowohl effektiver als auch effizienter gelernt werden kann als mit instruktionaler Unterstützung, die für alle Lerner gleich gestaltet ist bzw. über die gesamte Trainingsdauer hinweg vollumfänglich dargeboten wird, ist aus Studien in anderen Wissensbereichen bekannt (z. B. SCHWONKE, WITTEWERT, ALEVEN, SALDEN, KRIEG & RENKL, 2007; NÜCKLES, HÜBNER, DÜMER & RENKL, 2010). Dementsprechend wurde davon ausgegangen, dass die Trainingsteilnehmer, die das adaptive CBT erhielten, nicht nur vergleichbar gute oder bessere Lernleistungen erzielen werden, sondern auch, dass sie für diese Leistungen deutlich weniger Lernzeit aufwenden müssen als die Trainees, die das non-adaptive CBT zum Lernen nutzten.

Trainings für die Fahranfängervorbereitung werden mit dem Ziel entwickelt, die Erfahrungsbildung zu unterstützen und damit die Unfallneigung junger Fahrer zu verringern. Entscheidend war daher die Klärung der Frage, ob es den Trainees gelingt, das Gelernte auf handlungsnähere Kontexte in der Fahrsimulation zu übertragen. Teil des Designs war eine Kontrollgruppe, die der Baseline-Messung diente und über Unterschiede zwischen trainierten und untrainierten Teilnehmern Aufschluss geben sollte.

In Studien konnte gezeigt werden, dass bereits mit kurzen Trainingsinterventionen beobachtbare Verhaltensänderungen erreicht werden können (z. B. FISHER et al., 2002). Im Vergleich zu den untrainierten Probanden, wiesen die Trainees bei Testfahrten im Fahr Simulator ein angemesseneres und sicherheitszuträglicheres Fahrverhalten auf. (z. B.

REGAN, TRIGGS & GODLEY, 2000). Von diesen Befunden ausgehend wurde angenommen, dass trainierte Testteilnehmer Gefahrenereignisse zuverlässiger identifizieren und benennen können sowie ein angemesseneres Fahrverhalten mit weniger Verkehrsverstößen (z. B. Geschwindigkeitsüberschreitungen) aufweisen werden als untrainierte Probanden.

Da vergleichbare Untersuchungen zeigen, dass Lerneffekte von zeitlicher Dauer sein können (FISHER et al., 2002; REGAN et al., 2000), wurde für die vorliegende Studie angenommen, dass Trainingseffekte nach einer Woche repliziert werden können und die Trainees im Vergleich zu den Probanden der Kontrollgruppe im Wissenstest und im Fahr Simulator bessere Leistungen aufweisen.

7.2 Methode

7.2.1 Design und Stichprobe

Für die Überprüfung der Hypothesen wurde ein gemischtes Design mit dem dreifach gestuften Zwischensubjektfaktor Testbedingung (kein vs. non-adaptives vs. adaptives Training) und dem dreifach gestuften Innersubjektfaktor Testzeitpunkt (vor vs. unmittelbar nach vs. eine Woche nach dem Training) verwendet.

Zur Bestimmung der Trainingseffektivität und -effizienz wurden die Gesamtlernzeit, und die Anzahl richtig gelöster Items im Wissenstest sowie die Durchschnittsgeschwindigkeit, die Anzahl korrekt benannter Gefahren und die Anzahl an Verkehrsverstößen im Fahr Simulator erfasst.

Insgesamt gingen die Datensätze von 43 Testteilnehmern im Alter von 16 bis 29 Jahren ($M = 23.0$; $Md = 23.0$; $SD = 3.72$), 26 % davon männlichen Geschlechts, in die Analysen ein.

Zum Testzeitpunkt besaß keiner der Teilnehmer einen Führerschein, weder für Pkw noch für eine andere Klasse. Ein Teilnehmer der Kontrollgruppe gab an, am BF17 teilgenommen zu haben. Zehn Teilnehmer hatten bereits mit dem Fahr Schulunterricht begonnen. Diese hatten im Mittel bereits 10.5 Stunden ($SD = 5.10$) Theorieunterricht absolviert. Von diesen 10 Teilnehmern hatten 5 zudem zwischen 4 und 35 Stunden ($M = 17.8$; $SD = 13.68$) fahrpraktischen Unterricht erhalten. Diese 5 Personen waren Teil der adaptiven oder der non-adaptiven Trainingsbedingung.

Alle Testteilnehmer gaben an, frei von einer Sehschwäche zu sein bzw. dass diese durch das Tragen einer Sehhilfe korrigiert sei. Mit 79 % gab der überwiegende Teil der Probanden an, täglich einen PC zu nutzen. Auf 9 Testteilnehmer traf dies nicht zu. Diese Personen gaben an, den PC mindestens einmal bzw. mehrmals pro Woche zu nutzen.

Der Großteil der Testteilnehmer (74 %) berichtete, über keinerlei Erfahrung mit Fahrsimulationsspielen zu verfügen. Nach eigenen Angaben nutzten 10 Probanden (23 %) solche Spiele nur manchmal, einer der Testteilnehmer (2 %) jedoch öfter.

Während 95 % der Testteilnehmer noch nie in Berührung mit einem Fahrsimulator gekommen sind, haben 5 % (zwei Personen) bereits Erfahrung mit diesem Medium sammeln können.

7.2.2 Testmaterial und technische Ausstattung

7.2.2.1 Wissenstest

Der zur Erfassung von Unterschieden im fahrspezifischen Wissen eingesetzte Wissenstest bestand aus 11 Mehrfachwahlaufgaben aus dem amtlichen Prüffragenkatalog. Inklusiv der Wahlmöglichkeit „Ich weiß es nicht“ konnte aus 4 Antwortalternativen gewählt werden. Über die Richtigkeit ihrer Lösung wurden die Testteilnehmer nicht informiert.

7.2.2.2 Allgemeiner Reaktionszeittest

Um Unterschiede in den einfachen Reaktionszeiten zwischen den Testteilnehmergruppen ausschließen zu können, musste ein allgemeiner Reaktionszeittest absolviert werden. Dieser wurde bereits für die ersten zwei Studien eingesetzt. In Kapitel 5.2.3 findet sich eine Beschreibung des Tests.

7.2.2.3 Trainingsumgebung

Für die Entwicklung der Trainingsumgebungen wurde das Instruktionsmaterial aus Studie 2 weiterverwendet (vgl. Kapitel 6.2.2.2). Beibehalten wurde auch die Reihenfolge, in der die 9 Lernaufgaben in Studie 2 dargeboten wurden. Die Aufgaben waren nach ihrer Schwierigkeit geordnet; wobei mit der leichtesten Aufgabe begonnen wurde und die schwierigste den Abschluss der Trainingseinheit bildete. Anders als in der zweiten Studie waren in der Trainingsumgebung von Studie 3 Unterstützende

und Prozedurale Informationen entweder Teil aller Aufgaben (non-adaptive Lernbedingung) oder diese Zusatzinformationen wurden in einer Fading-out-Prozedur in Abhängigkeit der Performanz des Lernalters schrittweise reduziert (adaptive Lernbedingung).

Jede Lernaufgabe begann damit, dass ein Standbild aus der Fahrerperspektive gezeigt und das jeweilige Thema der Lerneinheit (z. B. Haltestellen) genannt wurde. Auf der nächsten Seite im Trainingsprogramm folgte ein visuell dargebotener Lerntext, der für jedes Thema gleich strukturiert war. Den Lerntext einleitend fand der Lerner zunächst eine kurze Beschreibung zur Fahrszene sowie eine Abbildung zu dieser aus der Vogelperspektive. Letztere ließ sich durch einen Doppelklick vergrößern, wodurch die Testteilnehmer die Möglichkeit hatten, sich weitere Informationen einzuholen, z. B. zur Fahrtroute oder zur Anwesenheit anderer Verkehrsteilnehmer. Der Lerntext beinhaltete Erklärungen zu den das Gefahrenereignis konstituierenden Elementen sowie Erläuterungen, wie sich eine Gefahr für die beteiligten Verkehrsteilnehmer entwickeln kann (Unterstützende Informationen). Enthalten waren auch Informationen, wie sich Fahrer idealerweise verhalten sollten.

Im Anschluss an die Bearbeitung des Lerntextes sahen die Lerner ein animiertes Verkehrsszenario, das sich inhaltlich auf die Erläuterungen im Text bezog. Um die Aufmerksamkeit des Lernalters auf die wesentlichen, die Gefahrensituation konstituierenden Aspekte zu lenken, wurden diese in der laufenden Animation farblich hervorgehoben und mit dem korrespondierenden auditiven Kommentar präsentiert (Prozedurale Informationen). Dem Lerntext und der Animation hierzu folgte ein Testvideo, in dem die Probanden ihr neu erworbenes Wissen überprüfen sollten. Das Testvideo war eine Animation, die der in der Lernphase gezeigten ähnelte. Allerdings war das Gefahrenmoment in ein umfassenderes Verkehrsszenario eingebettet und Erscheinungsmerkmale (z. B. Farben von Gebäuden, Fahrzeugtypen, Geschlecht der Verkehrsteilnehmer) von Verkehrsteilnehmern und Objekten waren andere. Die Anzahl an Elementen blieb aber konstant.

Damit sich die Lerner nicht zu schnell durch das Lernprogramm durcharbeiten und genügend Lernzeit auf die Inhalte verwenden konnten, war durch das System für die Lerntexte eine Bearbeitungszeit von 40 Sekunden vorgesehen. Erst danach erschien eine Weiter-Taste, über die die Lerner zum

nächsten Teil der Aufgabe gelangen konnten. Auch das Lernvideo war systemgesteuert. Die Lerner konnten sich das Video zwar wiederholt anschauen, hatten aber nicht die Möglichkeit, vor- und zurückzuspulen oder die Animation anzuhalten. Abgesehen von diesen zwei Einschränkungen durften die Lerner frei entscheiden, ob sie in der jeweiligen Lernaufgabe zurück- oder vorwärtsgehen mochten. Einmal das Testvideo angefordert, bestand jedoch nicht mehr die Möglichkeit, zur Lernaufgabe zurückzugelangen. Entsprechende Hinweise waren in der Instruktion enthalten.

Die dynamische Anpassung der instruktionalen Unterstützung in der adaptiven Lernbedingung basierte auf der Performanz des Lerners in der vorangegangenen Aufgabe und konnte sowohl mit einer Reduktion als auch der Zunahme von Zusatzinformationen einhergehen (vgl. Bild 3). Variiert wurde der Informationsgehalt der Lerninformationen.

In der Fading-out-Prozedur entfielen mit zunehmendem Kompetenzerwerb zunächst die Prozeduralen Informationen (farbige Hervorhebungen und

auditiv dargebotene Hinweise), sodass nur noch Unterstützende Informationen zum Lernen genutzt werden konnten (Schwierigkeitsniveau 2). Bei einer weiteren Reduktion der instruktionalen Unterstützung und damit dem Erreichen des Schwierigkeitsniveaus 3 standen neben der Animation nur noch Prozedurale Informationen zum Lernen zur Verfügung und die Unterstützenden Informationen entfielen. Beim maximal erreichbaren Schwierigkeitsniveau 4 musste sowohl auf Unterstützende als auch auf Prozedurale Informationen beim Lernen verzichtet werden. Das heißt, die Lerner bekamen nun nur noch das Thema genannt und konnten sich das Lernvideo beliebig oft anschauen. Auf Lerntexte sowie farbige Hervorhebungen und Audiokommentare mussten sie verzichten.

Die instruktionale Unterstützung wurde reduziert, wenn 2 Lernaufgaben vom selben Schwierigkeitsgrad in Folge richtig gelöst worden waren. Richtig gelöst meint, dass im Testvideo am Ende der Lernaufgabe innerhalb des kritischen Reaktionszeitfensters per Tastendruck auf die Gefahr reagiert wurde.

		Instruktionale Unterstützung			
		1	2	3	4
		Unterstützende und Prozedurale Informationen	ausschließlich Unterstützende Informationen	ausschließlich Prozedurale Informationen	weder Unterstützende I. noch Prozedurale
Aufgabenschwierigkeit	Item 1	richtig			
	Item 2	richtig			
	Item 3		richtig		
	Item 4		richtig		
	Item 5			richtig	
	Item 6			richtig	
	Item 7		richtig	falsch	falsch
	Item 8				richtig
	Item 9			richtig	falsch

Bild 3: Algorithmus Aufgabenselektion

Wurde außerhalb des kritischen Reaktionszeitfensters auf eine Gefahr reagiert oder blieb eine Reaktion seitens des Testteilnehmers aus, wurde die Aufgabe erneut zur Bearbeitung vorgegeben – dann aber mit dem nächsthöheren Maß an instruktionaler Unterstützung. Jede Aufgabe konnte bis zu dreimal bearbeitet werden. Schlug auch der dritte Lösungsversuch fehl, ging es im Programm automatisch mit dem nächsten Thema weiter. Wurde einmal ein höheres Schwierigkeitsniveau vom Lerner erreicht, wurden neue Lernaufgaben stets ab diesem Schwierigkeitsniveau dargeboten.

Auch die Teilnehmer der non-adaptiven Trainingsgruppe mussten bei inkorrekt gelöster Aufgabe die Aufgabe erneut bearbeiten. Nach drei fehlgeschlagenen Lösungsversuchen wurde auch für diese Gruppe vom System zum nächsten Lernthema übergegangen. Zu ihrer Leistung erhielten die Lerner eine Rückmeldung. Bei korrekter Lösung bekam der Lerner die Rückmeldung „Gut gemacht! Weiter geht es mit der nächsten Aufgabe.“. War die Lösung falsch, wurde folgendes Feedback gegeben: „Du hast leider nicht richtig reagiert. Schau dir die Aufgabe bitte noch einmal an!“.

Die verschiedenen Testteile sowie das Training wurden von den Testteilnehmern im Experimentallabor an Pentium 4-PC mit 22-Zoll-Bildschirmen und einer Auflösung von 1680 x 1050 Pixel absolviert. Dabei wurden sie mit einer Entfernung von ca. 60 cm vor dem Bildschirm platziert. Instruktionen und Audiokommentare erhielten sie über Kopfhörer (MDR-ZX100 von Sony).

7.2.2.4 Fahrsimulation

Um die Anwendung des Gelernten unter ökologisch valideren Bedingungen zu prüfen, erfolgte eine Fahrt im OpenDS-Simulator (vgl. MATH, MAHR, MONIRI & MÜLLER, 2012). Zur Übung und um sich mit der Apparatur vertraut zu machen, absolvierten die Teilnehmer vor der eigentlichen Testfahrt die Continuous Tracking and Reaction (ConTRe) Task (vgl. DEMBERG, SAYEED, MAHR & MÜLLER, 2013). Bei dieser Aufgabe müssen durch Lenkradbewegungen zwei Balken in Übereinstimmung gebracht sowie das Gas- oder Bremspedal beim Aufleuchten von Lichtzeichen betätigt werden. Nach dieser Aufgabe folgte die ca. 10-minütige Fahrt durch 6 virtuelle Fahrszenarien, bei der die Teilnehmer gefilmt wurden.

Der Fahrsimulator bestand aus drei Monitoren mit jeweils einer Bildschirmdiagonale von 22 Zoll und einer Bildauflösung von 5040 x 1050 Pixeln. Neben den drei Monitoren, die zusammen ein Sichtfeld von nahezu 180° ergaben, gehörten auch ein Logitech G27-Lenkrad mit Krafrückkopplung sowie Pedalerie, bestehend aus Gas- und Bremspedal zum Aufbau. Fahrgeräusche und Richtungsanweisungen waren für die Teilnehmer über Kopfhörer zu hören. Die Sitzposition konnte individuell angepasst werden.

In welcher Reihenfolge die Verkehrsszenarien im Fahrsimulator durchfahren wurden, wurde per Zufall vom System entschieden. Inhaltlich entsprach ein Teil der virtuellen Verkehrsszenarien einigen der videobasierten Aufgaben, die in Studie 1 als valide Items ermittelt wurden. Das heißt, die Items A3, A4, A6 und A15 aus Studie 1 und 2 entsprechen inhaltlich den virtuellen Fahrszenarien A3, A4, A6 und A15 in Studie 3. Eine Kurzbeschreibung dieser Szenarien findet sich in Kapitel 5.2.2.1 in Tabelle 1, weshalb auf eine erneute Darstellung an dieser Stelle verzichtet wird. Die Verkehrsszenarien B1 und B3 wurden ebenfalls in einer Vorstudie auf ihr Vermögen, zwischen erfahrenen und unerfahrenen Fahrern zu trennen, überprüft. Auch diese zwei Items erwiesen sich als valide Testszenarien und wurden deshalb genutzt, um entsprechende virtuelle Fahrszenarien zu gestalten. Beide Szenarien erfordern fernen Transfer. In Verkehrsszenario B1 nähert sich der Testfahrer auf einer einspurigen Fahrbahn in einer Kleinstadt einer Kreuzung, an der er rechts abzubiegen beabsichtigt, aber einem geradeaus weiterfahrenden Radfahrer rechts von ihm zunächst Vorrang gewähren muss. Dieses Szenario erfordert fernen Transfer, da sich Lernaufgabe und virtuelles Testszenario erheblich unterscheiden. In Lernaufgabe A11 wird der Bereich Vorrang gewähren thematisiert. Hier beabsichtigt der vorausfahrende Pkw links abzubiegen, muss aber zunächst anhalten, um den Gegenverkehr passieren zu lassen. Lern- und Testszenario ähneln sich nur darin, dass einem Fahrzeug Vorrang gegeben werden muss. Ansonsten sind beide Verkehrssituationen sehr verschieden.

In Verkehrsszenario B3 nähert sich der Testfahrer in einem Wohngebiet, in dem rechts und links vom Fahrbahnrand Fahrzeuge parken, einem Pkw, der abrupt vor ihm aus einer Parklücke auf die Fahrbahn auffährt. Diese Situation war so nicht Teil des Trainings. In den Lernszenarien A4 und A5 wurde

aber thematisiert, dass Verkehrsteilnehmer durch andere Fahrzeuge und Objekte verdeckt sein können und dass es vorkommen kann, dass Fahrzeuge unvermittelt ausscheren und in die eigene Fahrspur wechseln.

7.2.3 Vorgehen

Die Erhebungen fanden im Experimentallabor der empirischen Bildungswissenschaften der Universität des Saarlandes statt. Die Testteilnehmer wurden per Zufallsentscheidung einer von drei Untersuchungsbedingungen zugeteilt. Jeder Proband nahm an zwei Testterminen teil.

Zu Beginn erhielten die Teilnehmer zunächst einen Überblick über den Ablauf der Untersuchung. Danach musste ein computerbasierter Fragebogen, in dem Angaben zu demografischen Daten, zur Fahrerfahrung, zur PC-Spieleerfahrung etc. erfragt wurden, bearbeitet werden. Hiernach folgten ein Wissenstest sowie ein Test zur Erfassung der allgemeinen Reaktionsfähigkeit. Diese zwei Tests wurden, wie die Trainingsinterventionen auch, am PC absolviert. Während es für die Teilnehmer der Kontrollgruppe danach mit der Fahrt im Fahrsimulator weiterging, folgte für die zwei Experimentalgruppen zunächst das Training. Das Trainingsprogramm begann mit der Präsentation eines Demovideos. In diesem kurzen Video, das beliebig oft angeschaut werden konnte, wurden Hinweise zum Umgang mit den Lern- und Testmaterialien gegeben. Nach dem Training folgte ein Wissenstest, bevor die Trainees mit der Fahrt im Simulator fortfuhren. Abschließend wurde ein zweiter Testtermin vereinbart.

Am zweiten Testtermin wiederholten die Teilnehmer der drei Bedingungen die Fahrt im Simulator. Danach wurden sie verabschiedet und erhielten 15 Euro für ihre Teilnahme. Für den ersten Testtermin musste etwa eine Stunde, für den zweiten eine halbe Stunde Zeit aufgewendet werden.

7.3 Ergebnisse

Für die Überprüfung der Hypothesen wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = .05$ gewählt. Als Effektstärkemaße werden COHEN'S d oder das partielle η^2 berichtet.

7.3.1 Verwendete Leistungsmaße

Mithilfe des Wissenstests, der sich aus Mehrfachwahlaufgaben aus dem amtlichen Fragenkatalog zusammensetzte, sollten mögliche Unterschiede im Vorwissen aufgedeckt, aber auch Trainingseffekte identifiziert werden. Für richtig gelöste Aufgaben gab es jeweils einen Punkt. Erreicht werden konnten insgesamt 11 Punkte. Für die Testaufgabe am Ende einer Lernaufgabe wurde ein Punkt vergeben, wenn ein Tastendruck richtigerweise innerhalb des kritischen Reaktionszeitfensters erfolgte. Nicht rechtzeitiges Reagieren wurde als Nichttreffer gewertet und die Aufgabe musste erneut bearbeitet werden. Die Anzahl an Treffern wurde addiert und ein Gesamtwert gebildet. Registriert und summiert wurde zudem die Anzahl an Lösungsversuchen, sowohl pro Aufgabe als auch für das Training insgesamt.

Als Gesamtlernzeit wurde die Zeit in Minuten erfasst, die die Teilnehmer zur Bewältigung des Trainings angefangen mit dem Standbild der ersten Aufgabe bis zur erfolgreichen Lösung der Testaufgabe am Ende von Item 9 benötigten. Über alle Teilnehmer hinweg wurde für jede der zwei Teilstichproben der Mittelwert für die Gesamtlernzeit gebildet.

Während der Fahrt im Simulator hatten die Teilnehmer die Aufgabe, Gründe für eine Geschwindigkeitsreduktionen anzugeben bzw. potenzielle Gefahren klar und eindeutig zu benennen. Insgesamt konnten 6 potenzielle Gefahren in der virtuellen Verkehrsumgebung erkannt werden. Wurde eine Gefahr richtig benannt, wurde ein Punkt vom System für diese Aufgabe registriert. Unerkannte Gefahrenereignisse wurden als Nichttreffer und damit mit null Punkten bewertet. Aus der Anzahl an Treffern wurde ein Gesamtpunktwert gebildet.

Ab einer Distanz von 100 m vor der Gefahrensituation wurden im Abstand von jeweils 10 m die Fahrtgeschwindigkeiten in km/h gemessen. Die Geschwindigkeiten für die 10 Distanzpunkte wurden über die Teilnehmer der Gruppen hinweg gemittelt.

Zudem wurden Verkehrsverstöße erfasst und zu einem Gesamtwert addiert. Ein Verstoß wurde z. B. dann registriert, wenn die zulässige Höchstgeschwindigkeit überschritten wurde.

7.3.2 Stichprobe

Die Analysen beziehen sich auf eine Stichprobe von 43 Personen. Dabei entfielen auf die adaptive Lernbedingung 17, auf die non-adaptive 12 und auf die Kontrollgruppe 14 Teilnehmer. Anzeichen einer Simulatorkrankheit wurden weder beobachtet noch von den Teilnehmenden selbst berichtet.

In keiner der im Fragebogen erfassten Variablen unterschieden sich die drei untersuchten Bedingungen signifikant voneinander. Alle drei Gruppen waren hinsichtlich des Durchschnittsalters ($F_{2,40} = .54$; $p \geq .05$) und des Geschlechterverhältnisses ($\chi^2(2) = .11$; $p \geq .05$) vergleichbar. Auch in Bezug auf die einfachen Reaktionszeiten ($F_{2,40} = 1.43$; $p \geq .05$), das Vorwissen der Teilnehmer ($F_{2,40} = 1.93$; $p \geq .05$) sowie die Anzahl an absolvierten Theorie- ($F_{2,7} = .31$; $p \geq .05$) und Praxisunterrichtsstunden ($F_{1,3} = .11$; $p \geq .05$) konnten keine Unterschiede zwischen den Teilnehmergruppen beobachtet werden. Vergleichbar waren die drei Bedingungen ebenso in der PC-Nutzungshäufigkeit ($\chi^2(2) = 2.82$; $p \geq .05$), der Erfahrung mit Fahrsimulationsspielen ($\chi^2(4) = 3.24$; $p \geq .05$), aber auch hinsichtlich ihrer Erfahrungen mit Fahrsimulatoren ($\chi^2(2) = 5.36$; $p \geq .05$) als Teil der Fahrausbildung.

7.3.3 Lernzeit und Anzahl Lösungsversuche

Bei der Berechnung eines t-Tests zeigten sich Unterschiede in der Gesamtlernzeit zwischen den zwei Trainingsbedingungen. Mit durchschnittlich 22.12 Minuten ($SD = 5.82$; $SE = 1.41$) benötigte die Gruppe, die das adaptive Training erhielt, deutlich weniger Lernzeit als die Bedingung, die das non-adaptive Training ($M = 27.09$; $SD = 5.0$; $SE = 1.44$) durchlief. Die statistische Signifikanzprüfung zeigt, dass es sich bei diesem Mittelwertunterschied ($t(27) = -2.4$; $p = .024$; $d = .904$) um einen starken Effekt handelt.

Die 9 Lernaufgaben wurden in beiden Trainingsbedingungen von jeweils einem Teilnehmer mit insgesamt 10 Lösungsversuchen bewältigt. In der adaptiven Trainingsbedingung lag die maximale Anzahl an Lösungsversuchen bei 18, in der non-adaptiven Trainingsbedingung bei 19 Versuchen.

Die Gesamtanzahl an Lösungsversuchen im Training betrachtend, ließ sich beobachten, dass die

adaptive Trainingsbedingung mit 12.94 Versuchen ($SD = 2.44$; $SE = .59$) im Mittel knapp andert-halb Lösungsversuche weniger benötigte als die Probanden der non-adaptiven Trainingsbedingung ($M = 14.42$; $SD = 2.50$; $SE = .72$). Dieser Unterschied erwies sich jedoch als statistisch nicht signifikant ($t(27) = -1.59$; $p \geq .05$).

Der Großteil der Lerner der adaptiven Lernbedingung, nämlich 58.5 %, erreichte das höchste Schwierigkeitsniveau und erhielt damit für einen Teil der Aufgaben weder Unterstützende noch Prozedurale Informationen. Maximal Schwierigkeitsniveau 3 (Lernen ausschließlich mit Prozeduralen Informationen) erreichten 29.4 % der Lerner. Zwei Lerner (11.8 %) gelangten nicht über Schwierigkeitsniveau 2 (Lernen ausschließlich mit Unterstützenden Informationen) hinaus.

Am Ende jeder Lernaufgabe musste die Identifikation potenzieller Gefahren in der videobasierten Testaufgabe durch einen Tastendruck angezeigt werden. Jeweils den letzten Lösungsversuch betrachtend, zeigte sich, dass die Teilnehmer der adaptiven Trainingsbedingung im Mittel ($M = -.14$; $SD = .55$; $SE = .13$) frühzeitiger auf Gefahren im Test reagierten als die Probanden der non-adaptiven Trainingsbedingung ($M = .21$; $SD = .52$; $SE = .15$). Statistisch bedeutsam war dieser Unterschied jedoch nicht ($t(27) = -1.74$; $p \geq .05$).

7.3.4 Leistungen Wissenstest und Fahrverhalten

7.3.4.1 Performanz im Wissenstest

Die vorliegende Untersuchung hatte u. a. die Klärung der Frage zum Ziel, ob sich das entwickelte Training in einer verbesserten Performanz im Wissenstest niederschlägt und ob etwaige Lerneffekte auch nach einer Woche noch nachweisbar sein würden. Die deskriptiven Daten der drei Untersuchungsbedingungen für die Ergebnisse im Wissenstest zu den verschiedenen Testzeitpunkten lassen sich Tabelle 5 entnehmen.

	Pretest		Posttest		Follow-up	
	M	SD	M	SD	M	SD
adaptives Training	6,59	2,53	7,65	1,70	7,76	1,48
non-adaptives Training	5,08	3,70	7,17	2,12	6,92	2,35
kein Training (KG)	4,64	2,53	-	-	5,71	2,58
max. 11 erreichbare Punkte						

Tab. 5: Deskriptive Daten Wissenstest

Für die Kontrollgruppe entfiel der Posttest, weil für diese Testteilnehmer keine Lernphase vorgesehen war. Die Follow-up-Erhebung fand im Mittel 8.56 Tage ($SD = 3.91$) nach dem ersten Testtermin statt.

Die Berechnung einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung und Greenhouse-Geisser-Korrektur zeigt einen Haupteffekt des Testzeitpunktes auf die Performanz im Wissenstest ($F_{2;54} = 12.76$; $p \leq .001$; $\eta_p^2 = .32$; $1-\beta = .995$). Ein Haupteffekt der Testbedingung ($F_{1;27} = 1.45$; $p \geq .05$) auf die Performanz ließ sich ebenso wenig beobachten wie ein Interaktionseffekt zwischen Testzeitpunkt und Testbedingung ($F_{2;54} = 1.09$; $p \geq .05$).

Einzelvergleiche zeigen, dass das adaptive Training einen signifikanten Einfluss auf die Leistung im Wissenstest hatte ($t(16) = -2.67$; $p = .017$; $d = .65$). Verglichen mit den Ergebnissen im Pretest schnitten die Probanden der adaptiven Lernbedingung unmittelbar nach dem Training deutlich besser im Wissenstest ab. Ein statistisch bedeutsamer Unterschied zeigte sich auch für die Leistungen dieser Lernergruppe zwischen Pretest und Follow-up-Erhebung ($t(16) = -3.05$; $p = .008$; $d = .74$). Zwischen Posttest und Follow-up-Erhebung hingegen konnten keine Unterschiede in den Ergebnissen für die adaptive Lernbedingung beobachtet werden ($t(16) = .33$; $p \geq .05$). In der Follow-up-Erhebung schnitten die Testteilnehmer nur unwesentlich besser im Wissenstest ab als direkt nach dem Training.

Auch das non-adaptive Training hatte einen signifikanten Effekt auf die Leistungen im Wissenstest ($t(11) = -3.65$; $p = .004$; $d = -1.06$). Unmittelbar nach dem Training erzielten die Lerner bessere Leistungen als im Pretest. Während sich auch für diese Trainingsbedingung keine Unterschiede in den Leistungen zwischen Posttest und Follow-up-Erhebung auffinden ließen ($t(11) = .477$; $p \geq .05$), zeigte sich ein deutlicher Unterschied in den Leistungen

dieser Gruppe zwischen Pretest und Follow-up-Erhebung ($t(11) = 2.28$; $p = .044$; $d = -.66$).

Die Testteilnehmer der Kontrollgruppe erzielten ebenfalls in der Follow-up-Erhebung deutlich bessere Ergebnisse im Wissenstest als im Pretest ($t(13) = 3.51$; $p = .004$; $d = -.94$).

Beim Vergleich der Testleistungen der drei Probandengruppen in der Follow-up-Erhebung ließ sich mittels Berechnung einer einfaktoriellen ANCOVA mit dem Testwert aus dem Pretest als Kovariate kein signifikanter Unterschied in den Mittelwerten beobachten ($F_{2;39} = 2.06$; $p \geq .05$).

7.3.4.2 Anzahl identifizierter Gefahren im Fahrsimulator

Die Berechnung einer ANOVA zeigte auf, dass sich die drei Untersuchungsbedingungen weder zu Testzeitpunkt 1 ($F_{2;39} = 1.64$; $p \geq .05$) noch zu Testzeitpunkt 2 ($F_{2;39} = .31$; $p \geq .05$) darin unterschieden, wie viele potenzielle Gefahren während der Fahrt im Fahrsimulator von den Probanden identifiziert wurden.

Numerisch ließ sich aber für Erhebungszeitpunkt 1 zwischen trainierten und untrainierten Probanden ein Unterschied ($t(40) = -1.80$; $p = .079$; $d = -.60$) beim Identifizieren von Gefahren in der virtuellen Testumgebung beobachten. Dabei erkannten die trainierten Untersuchungsteilnehmer ($M = 3.61$; $SD = 1.52$; $SE = .29$) im Durchschnitt fast eine Gefahrensituation mehr als die Testteilnehmer, die kein Training erhalten hatten ($M = 2.71$; $SD = 1.49$; $SE = .40$). Für Testzeitpunkt 2 konnte bezüglich dieser Variable kein Unterschied ($t(40) = p .61$; $\geq .05$) zwischen trainierten ($M = 3.68$; $SD = 1.59$; $SE = .30$) und untrainierten Testteilnehmern ($M = 3.36$; $SD = 1.65$; $SE = .44$) festgestellt werden.

7.3.4.3 Durchschnittsgeschwindigkeiten im Fahrsimulator

Ob sich Veränderungen in den Durchschnittsgeschwindigkeiten über die 10 Distanzpunkte hinweg zeigen, wurde mittels ANOVA mit Messwiederholung und Greenhouse Geisser-Korrektur analysiert. Verglichen wurden zum einen die Durchschnittsgeschwindigkeiten der drei Untersuchungsbedingungen über alle virtuellen Verkehrsszenarien hinweg, zum anderen für jedes dieser 6 Szenarien einzeln; sowohl für Testzeitpunkt 1 als auch Testzeitpunkt 2. Berichtet werden ausschließlich signifikante Ergebnisse. Eine Interaktion zwischen Distanz und Bedingung konnte lediglich für die Durchschnittsgeschwindigkeiten über alle Szenarien hinweg sowie für das Szenario A15 für den ersten Testzeitpunkt beobachtet werden.

Die mittleren Geschwindigkeiten aller 6 virtuellen Fahrszenarien zusammen betrachtet (vgl. Bild 4), zeigte sich für den ersten Erhebungszeitpunkt ein Haupteffekt des Messwiederholungsfaktors Distanz zum Gefahrenmoment auf die abhängige Variable Fahrtgeschwindigkeit ($F_{2,21;88,46} = 98.30; p \leq .001; \eta_p^2 = .71$). Ein Haupteffekt des Faktors Bedingung ließ sich nicht aufzeigen ($F_{2,40} = 1.20; p \geq .05$), dafür aber ein Interaktionseffekt zwischen Distanz und Untersuchungsbedingung ($F_{4,42;88,46} = 2.72; p = .030; \eta_p^2 = .12$). Einzelvergleiche mit Bonferroni-Holm-Korrektur ließen keine signifikanten Unterschiede in den mittleren Geschwindigkeiten zwischen den drei Teilnehmergruppen (alle $F > 1$), aber

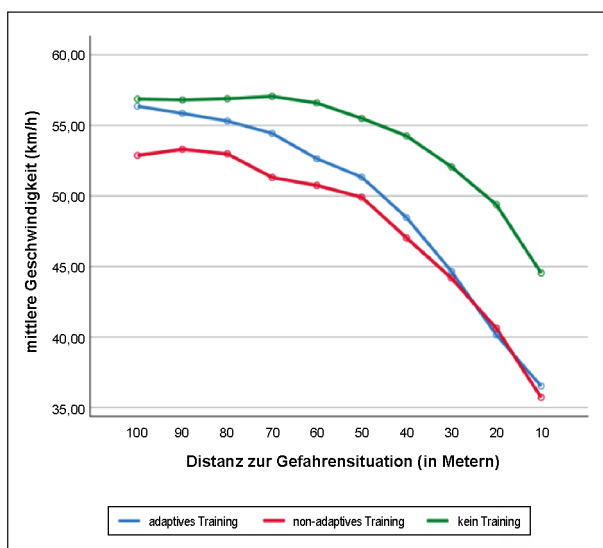


Bild 4: Mittlere Fahrgeschwindigkeiten Testzeitpunkt 1

auch nicht zwischen trainierten und untrainierten Probanden erkennen (alle $F > 1$).

Für die Durchschnittsgeschwindigkeiten des Fahrszenarios A15 (vgl. Bild 5) ließ sich sowohl ein Haupteffekt der Distanz auf die Fahrtgeschwindigkeit ($F_{1,80;71,81} = 22.73; p \leq .001; \eta_p^2 = .36$) als auch ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Distanz und Untersuchungsbedingung ($F_{3,59;71,81} = 2.67; p = .045; \eta_p^2 = .12$) nachweisen. Ein Haupteffekt der Untersuchungsbedingung hingegen konnte nicht aufgezeigt werden ($F_{2,40} = .33; p \geq .05$). Bei Einzelvergleichen mit Anpassung des α -Niveaus nach Bonferroni-Holm konnten in den für die 10 Distanzpunkte gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeiten keine signifikanten Mittelwertunterschiede zwischen den drei Untersuchungsbedingungen (alle $F > 1$), aber auch nicht zwischen trainierten und untrainierten Testteilnehmern beobachtet werden (alle $F > 1$).

Die Daten von Testzeitpunkt 2 betrachtend, zeigte sich für die Durchschnittsgeschwindigkeiten über alle 6 virtuellen Fahrszenarien (vgl. Bild 6) hinweg ein Haupteffekt des Messwiederholungsfaktors ($F_{2,35;98,45} = 87.96; p \leq .001; \eta_p^2 = .68$). Ein Haupteffekt der Bedingung ($F_{2,42} = 1.49; p \geq .05$) ließ sich ebenso wenig nachweisen wie ein Interaktionseffekt zwischen Distanz und Untersuchungsbedingung ($F_{4,67;98,45} = .07; p \geq .05$).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich weder für Testzeitpunkt 1 noch für Testzeitpunkt 2

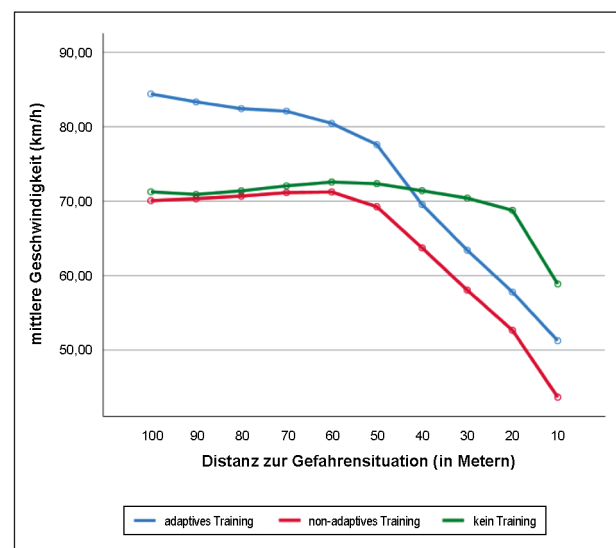


Bild 5: Mittlere Fahrgeschwindigkeiten Fahrszenario A15 Testzeitpunkt 1

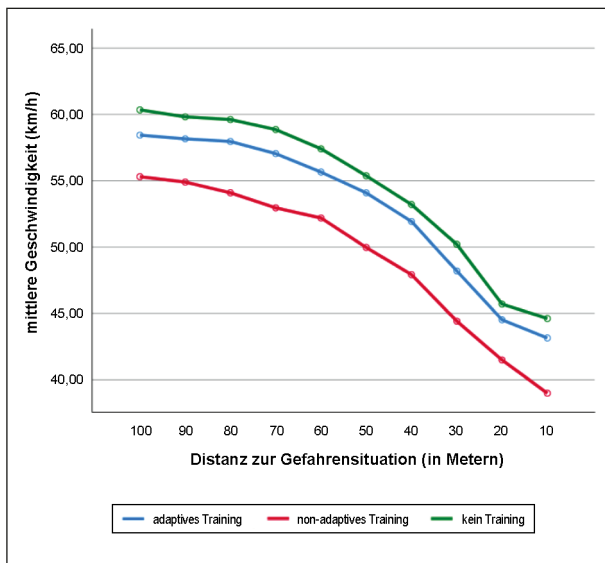


Bild 6: Mittlere Fahrgeschwindigkeiten Testzeitpunkt 2

im Fahrsimulator statistisch bedeutsame Unterschiede in den mittleren Geschwindigkeiten der drei Teilnehmergruppen bei der Annäherung an das potenzielle Gefahrenereignis gezeigt haben; das gilt sowohl für die Verkehrsszenarien, die nahen (A3, A4, A6, A15) als auch die, die fernen Transfer (B1, B3) erforderten.

7.3.4.4 Anzahl Verkehrsverstöße im Fahrsimulator

Hinsichtlich der Anzahl an Verkehrsverstößen konnten keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den drei Untersuchungsbedingungen beobachtet werden; weder zu Testzeitpunkt 1 ($F_{2,41} = .84$; $p \geq .05$) noch zu Testzeitpunkt 2 ($F_{2,41} = .41$; $p \geq .05$).

7.4 Diskussion

In Studie 3 sollte zum einen überprüft werden, ob sich die entwickelten Trainingsinterventionen eignen, Gefahrenwahrnehmung effektiv zu vermitteln. Zum anderen galt es zu prüfen, ob mittels dynamisch auf die Bedürfnisse der Lerner angepasster instruktionaler Unterstützung, bei der Unterstützende und Prozedurale Informationen mit zunehmendem Kompetenzerwerb schrittweise reduziert und letztlich ausgeblendet werden, effektiver und effizienter gelernt werden kann als mit instruktionaler Unterstützung, die für alle Lernaufgaben vollumfänglich dargeboten wird. Geklärt werden sollte in Studie 3 aber vor allem auch, ob das im Training vermittelte Wissen unter ökologisch valideren Be-

dingungen im Fahrsimulator angewendet werden kann und ob Lerneffekte auch noch eine Woche nach dem Training nachgewiesen werden können.

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass mit adaptiver instruktionaler Unterstützung effizienter gelernt wurde. Die Lerner, die das adaptive Training erhielten, benötigten insgesamt 5 Minuten und damit deutlich weniger Lernzeit, um das Training zu absolvieren als die Vergleichsgruppe, die mit der non-adaptiven Trainingsintervention lernte. In der Trainingsbedingung mit adaptiver instruktionaler Unterstützung wurde demnach die zum Lernen aufgewendete Zeit produktiver genutzt. Dieses Ergebnis stimmt mit Befunden anderer Untersuchungen überein, in denen aufgezeigt werden konnte, dass in Lernumgebungen mit Vervollständigungsstrategie weniger Lernzeit benötigt wird (z. B. SCHWONKE, RENKL, KRIEG, WITTEW, ALEVEN & SALDEN, 2009; SCHWONKE et al., 2007).

Dass mit adaptiver instruktionaler Unterstützung effektiver gelernt werden kann als mit non-adaptiver instruktionaler Unterstützung, ließ sich nicht bestätigen. Die Leistungen beider Trainingsbedingungen waren vergleichbar. Anders als in der Studie von SCHWONKE et al. (2009) war die Vergleichsbedingung nicht mit konventionellen Problemlöseaufgaben, sondern mit ausgearbeiteten Lösungsbeispielen konfrontiert und erhielt damit ein Höchstmaß an instruktionaler Unterstützung. Mit beiden Trainingsumgebungen wurden offensichtlich ähnliche kognitive Aktivitäten gefördert, die zum Erwerb vergleichbar effektiver Schemata führten.

Die Leistungen der Teilnehmer beider Trainingsbedingungen unterschieden sich zwar nicht signifikant voneinander, dennoch ließ sich beobachten, dass die Trainees der adaptiven Lernbedingung frühzeitig auf Gefahren in den Testitems der Lernaufgaben reagierten. Gefahrenhinweise frühzeitig zu identifizieren und als handlungsrelevant einzuschätzen, ist ein Ziel in der Fahrausbildung; aber auch in Hazard Perception-Trainings, denn kompetente Fahrer – das zeigen Studien – erkennen Gefahren schneller als weniger kompetente Fahrer (z. B. McKENNA & CRICK, 1994; SCIALFA et al., 2012; WALLIS & HORSWILL, 2007; WETTON et al., 2011). Werden potenzielle Gefahren rasch erkannt, verbleibt mehr Zeit für das Umsetzen von Vermeidungs- und Abwehrstrategien.

Während es mit knapp 60 % dem Großteil der Lerner der adaptiven Trainingsbedingung gelang, das höchstmögliche Schwierigkeitsniveau 4 zu errei-

chen, kamen zwei Teilnehmer nicht über Schwierigkeitsniveau 2 hinaus. Lernaufgaben vom Schwierigkeitsniveau 4 enthielten weder Unterstützende noch Prozedurale Informationen und waren damit vergleichbar mit klassischen Hazard Perception-Testaufgaben. Die Ergebnisse sind ein Beleg für große interindividuelle Unterschiede in Bezug auf den Bedarf an instruktionaler Unterstützung. Während ein Großteil der Lerner zunehmend weniger umfangreiche Zusatzinformationen zum Lernen benötigte, waren einige Trainees bei der Bearbeitung der Lernaufgaben auf umfangreichere instruktionale Hilfen angewiesen. Wie vom 4C/ID-Modell postuliert, lässt sich hieraus ableiten, dass die Umsetzung einer Vervollständigungsstrategie vorteilhaft ist, um den individuellen Bedürfnissen der Lerner gerecht werden zu können.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die entwickelten Trainings zur Vermittlung gefahrenspezifischen Wissens eignen. Unmittelbar nach dem Training lösten die Testteilnehmer nämlich deutlich mehr Aufgaben aus dem amtlichen Fragenkatalog richtig als vor dem Training. Darüber hinaus lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass sich die Aufgaben aus dem Prüffragenkatalog eignen, gefahrenspezifisches Wissen abzufragen, obwohl die Items nur Teile aus den entwickelten Lernaufgaben abdecken.

Aus Bild 3 zu den Daten im Fahrsimulator geht außerdem hervor, dass für die Teilnehmer der Kontrollbedingung über alle Szenarien der ersten Testfahrt hinweg und zu allen 10 Messzeitpunkten im Durchschnitt die höchsten Fahrtgeschwindigkeiten gemessen wurden. Allerdings unterschieden sie sich in ihren Durchschnittsgeschwindigkeiten nicht signifikant von den Probanden, die an einem Training teilgenommen hatten.

Anhand der Graphen in Bild 3 ist auch zu erkennen, dass die Teilnehmer aller Bedingungen ihre Geschwindigkeit bei der Annäherung an die Gefahrensituation verringerten. Da die Mehrheit der Teilnehmer noch keinerlei Fahrerfahrung vorzuweisen hatte, ist dieser Befund positiv zu bewerten. Zudem zeigte sich bei den Auswertungen, dass die trainierten Testteilnehmer ihre Geschwindigkeit bei der Annäherung an die Gefahrensituation frühzeitiger und auch etwas stärker reduzierten als die Probanden der Kontrollgruppe.

Auch hinsichtlich der Anzahl an Verkehrsverstößen während der Fahrt im Fahrsimulator ließen sich kei-

ne signifikanten Unterschiede zwischen trainierten und untrainierten Testteilnehmern aufzeigen. Allerdings identifizierten die Teilnehmer, die zuvor ein Training erhalten hatten, während der ersten Testfahrt tendenziell mehr potenzielle Gefahren.

Der Befund, dass die trainierten Probanden gegenüber den untrainierten im Fahrsimulator kein deutlich angemesseneres Fahrverhalten aufwiesen, steht im Widerspruch zu den Ergebnissen anderer Evaluationsstudien, in denen gezeigt werden konnte, dass sich CBTs positiv auf das Fahrverhalten von Fahranfängern auswirken. So konnten z. B. REGAN et al. (2000) aufzeigen, dass sich Fahranfänger, die das DriveSmart-Training durchlaufen hatten, im Fahrsimulator deutlich vorsichtiger verhielten; wobei die vorsichtiger Fahrweise unter anderem in der Wahl geringerer Fahrgeschwindigkeiten zum Ausdruck kam.

Ähnlich wie REGAN et al. (2000) resümieren auch FISHER et al. (2002), dass sich trainierte Testteilnehmer nach Absolvieren des computerbasierten DriverZED-Trainings in kritischen Situationen in der Fahrsimulation messbar vorsichtiger verhielten als untrainierte. Sie berichten, dass im Gegensatz zur Vergleichsgruppe eine höhere Anzahl trainierter Probanden die Fahrtgeschwindigkeit in Erwartung potenzieller Gefahrenereignisse angemessener verringerte. Die Trainees fuhren dabei nicht nur langsamer, sondern reduzierten ihre Geschwindigkeit auch frühzeitiger.

Eine mögliche Erklärung dafür, dass keine signifikanten Unterschiede in den Durchschnittsgeschwindigkeiten zwischen trainierten und untrainierten Probanden aufgefunden werden konnten, könnte in der hohen Varianz im Verhalten der Testteilnehmer liegen. Beobachtungen während der Testdurchführung sowie die Analyse der Protokolldateien lassen auf Schwierigkeiten der Testteilnehmer bei der Ausführung der Aufgabe schließen. Oft konnten sich Gefahrenereignisse in den simulierten Verkehrsszenarien nicht wie von den Testentwicklern beabsichtigt entwickeln, weil z. B. Geschwindigkeitsvorgaben bzw. -begrenzungen von den Probanden missachtet wurden. Wurde in der Fahrsimulation einmal ein Triggerpunkt erreicht, konnte z. B. eine zu geringe Fahrtgeschwindigkeit (z. B. 30 km/h statt der erlaubten bzw. in der Instruktion geforderten 50 km/h) dazu führen, dass sich die Gefahrensituation bereits ereignet hatte, als sich der Proband der entsprechenden Stelle in der Verkehrsumgebung näherte. Der Fußgänger in Gefahrenszenario A3 (vgl.

Tabelle 1) hatte in diesem Fall die Straße bereits überquert und der Vorausfahrende setzte die Fahrt längst fort, als sich der Proband dem Haltestellenbereich näherte. Einige Testteilnehmer fuhren zwar nicht zu langsam, kamen aber unterwegs von der Fahrbahn ab und verpassten deshalb das Gefahrenereignis. Wieder andere bogen ungeachtet der Instruktion falsch ab oder kollidierten z. B. mit dem Gegenverkehr.

Die hohe Varianz in den Daten lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass den Testteilnehmern nicht genügend Zeit zugestanden wurde, um sich angemessen mit der Fahrsimulation vertraut zu machen. Um ein Gefühl für die Aufgabe im Fahrsimulator zu bekommen, musste die ca. dreiminütige CONTRA-Task von den Teilnehmern bewältigt werden. Durch Lenkradbewegungen müssen bei dieser Aufgabe zwei Balken in Übereinstimmung gebracht sowie als Reaktion auf Lichtzeichen Gas- und Bremspedal betätigt werden. Nicht geübt werden dabei z. B. Abbiegesituationen oder das Befahren von Kurvenbereichen; Aufgaben, die in der Fahrsimulation in der vorliegenden Studie erforderlich waren. Neben mehr Übungszeit wäre hierfür möglicherweise der Einsatz eines Fahrscenarios im Simulator mit einer festgelegten Fahrtroute vorteilhafter gewesen, anhand welcher sämtliche Anforderungen aus der späteren Testsituation im Vorhinein hätten geübt werden können. WANG et al. (2010) bspw. ließen ihre Teilnehmer zunächst eine Aufwärmübung im Fahrsimulator absolvieren, die nur durch Bestehen eines Tests abgeschlossen werden konnte. In diesem Test musste das Beherrschen der nötigen Fähigkeiten im Umgang mit dem Fahrsimulator nachgewiesen werden. Demonstriert werden musste z. B., dass das Fahrzeug auf kurviger Strecke mittig in der Fahrbahn gehalten werden kann. Nach diesem Vorbild hätte auch in der vorliegenden Studie sichergestellt werden können, dass die Teilnehmenden ausreichend vertraut mit dem Medium sind.

Die Festlegung strikterer Auswahlkriterien kann eine weitere Möglichkeit sein, dieser Art von Problemen entgegenzuwirken. In weiterführenden Studien könnte darauf geachtet werden, nur Teilnehmer einzubeziehen, die bereits über ein bestimmtes Maß an praktischer Fahrerfahrung verfügen und mit Aufgaben der Fahrzeugführung hinreichend vertraut sind.

Neben Parametern wie Bremsverhalten oder Geschwindigkeitsregulierung hätten auch Blickbewe-

gungsmessungen aufschlussreich sein können, um zu prüfen, ob messbare Verhaltensänderungen als Folge des Trainings beobachtbar sind. In Studien konnte gezeigt werden, dass Probanden nach dem Training ein verändertes Blickverhalten im Fahrsimulator aufweisen (z. B. FISHER, NARAYANAAN, PRADHAN & POLLATSEK, 2004; POLLATSEK et al., 2006). So konnten FISHER et al. (2004) zeigen, dass Teilnehmer, die zuvor das RAPT absolviert hatten, deutlich häufiger sicherheitsrelevante Bereiche in der Simulation fixierten als untrainierte Testteilnehmer. Und PETZOLDT et al. (2013) berichten, dass die trainierten Testteilnehmer den Gefahrenreiz in der Fahrsimulation frühzeitiger fixierten und kritische Blicksequenzen rascher beendeten als die Probanden aus den Vergleichsgruppen, die entweder Teil der Kontrollgruppe waren oder das Training als Paper-Pencil-Variante erhalten hatten.

Die dritte Hypothese bezog sich auf die zeitliche Stabilität von Trainingseffekten. Für die Leistungen im Wissenstest konnte die Annahme bestätigt werden, dass Trainingseffekte auch nach etwa einer Woche noch nachweisbar sind. Die Leistungen beider Trainingsbedingungen blieben über diesen Zeitraum hinweg stabil.

Wider Erwarten konnten in der Follow up-Erhebung keine deutlichen Unterschiede in der Performanz im Wissenstest zwischen den drei Gruppen festgestellt werden. Obwohl die Testteilnehmer der Kontrollgruppe zuvor kein Training erhalten hatten, erzielten sie vergleichbar gute Ergebnisse im Wissenstest, wie die Trainees. Ein Grund hierfür könnte inzidentelles Lernen sein. Die Fahrt im Fahrsimulator könnte zum Wissenszuwachs beigetragen haben, denn die virtuellen Verkehrsszenarien deckten sich inhaltlich in Teilen mit den Aufgaben im Wissenstest.

Eine weitere Erklärung, die gleichzeitig auch eine Einschränkung dieser Studie darstellt, betrifft das mehrmalige Einsetzen desselben Wissenstests. Dieser wurde einerseits verwendet, um Vorkenntnisse zu vergleichen. Andererseits wurde dieser aber auch zur Überprüfung von Trainingseffekten sowie zur Prüfung derer zeitlichen Stabilität eingesetzt. Zur Vermeidung von Erinnerungs- und Übungseffekten hätte eine parallele Testform entwickelt werden können. McKENNA und CRICK (1994) beispielsweise setzten in ihrer Untersuchung einen Paralleltest ein, um die Gefahrenwahrnehmungsleistungen der Testteilnehmer vor und nach dem Training miteinander zu vergleichen. Auch wenn

Gedächtniseffekte hierdurch nicht unwahrscheinlicher werden, eine Rückmeldung über die Richtigkeit zu den im Wissenstest gemachten Angaben erhielten die Testteilnehmer nicht. Für künftige Studien mit größeren Stichproben würde aber von der wiederholten Verwendung desselben Tests abgesehen und die Erarbeitung von Paralleltests angestrebt werden.

8 Allgemeine Diskussion

Mit dem Ziel der Ableitung von Hinweisen für eine qualitätsgesicherte Gestaltung von CBTs zur kompetenzorientierten Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung erfolgte im vorliegenden Projekt unter Berücksichtigung allgemein geltender Richtlinien zum Aufbau und zur Gestaltung computerbasierter Instruktion sowie unter Einbezug bisheriger Erkenntnisse aus der computerbasierten Fahranfängervorbereitung die exemplarische Entwicklung eines CBT sowie dessen empirische Lernwirksamkeitsüberprüfung.

Das Projekt umfasste drei aufeinander aufbauende Studien. Ziel der ersten Studie war die Identifikation von sicherheitsrelevanten Lerninhalten, die für die zweite Studie aufbereitet und zu Lernaufgaben weiterentwickelt wurden. Studie 2 diente der Überprüfung der Gültigkeit spezifischer Modellannahmen des der Trainingsintervention zugrunde gelegten Instruktionsdesigns für den Wissensbereich Gefahrenwahrnehmung. Die dritte Studie hatte die Evaluation der entwickelten Lernanwendungen im Anwendungskontext im Fahrsimulator zum Ziel.

8.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Unter Berücksichtigung gegenwärtig geltender Gestaltungsprinzipien wurden für Hazard Perception-Testaufgaben, die in Studie 1 eingesetzt wurden, Verkehrsszenarien entwickelt und auf ihre Eignung geprüft, Expertise im Wissensbereich Gefahrenwahrnehmung verlässlich abbilden zu können. Um sicherheitsrelevante Inhalte für die zu entwickelnde Trainingsumgebung zu bestimmen, wurden anhand von Extremgruppenvergleichen kritische Situationen ermittelt, in denen sich das Reaktionsverhalten erfahrener Fahrer von dem der unerfahrenen unterscheidet. Expertise im Wissensbereich Gefahrenwahrnehmung äußert sich darin, dass po-

tenzielle Gefahrenereignisse frühzeitig erkannt und das Fahrverhalten angemessen hiernach durch entsprechende Vermeidungs- und Abwendungsstrategien ausgerichtet wird. Für die Gruppe der erfahrenen Fahrer traf dies für die im Reaktionszeitaufgabenformat erstellten Hazard Perception-Testaufgaben überwiegend zu. In der Regel übertrafen die erfahrenen Fahrer die unerfahrenen in ihren Leistungen deutlich. Dabei identifizierten sie potenzielle Gefahren nicht nur verlässlicher, sie reagierten auch frühzeitiger auf diese Ereignisse. Bis auf wenige Ausnahmen eigneten sich demnach die Verkehrsszenarien der Items im Reaktionszeitformat, um domänenspezifisches Wissen und Können abzubilden. Aufgaben, in denen Defizite in den Leistungen unerfahrener Fahrer deutlich wurden, gaben Hinweise, für welche Aspekte Trainingsbedarf besteht. Insgesamt konnten 9 valide Items in Studie 1 ermittelt werden.

Studie 2 hatte zum Ziel, die Anwendbarkeit und Gültigkeit des 4C/ID-Modells für den Wissensbereich Gefahrenwahrnehmung zu überprüfen. Instruktionsdesignansätze wie das 4C/ID-Modell werden vor dem Hintergrund bestimmter Anwendungskontexte entwickelt. Die Übertragung auf neue Anwendungskontexte ist nicht unproblematisch (EDMONDS, BRANCH & MUKHERJEE, 1994) und macht in der Regel Anpassungen erforderlich (BOSHUIZEN et al., 2008). Das 4C/ID-Modell wurde ursprünglich für die Konzeption von Lernumgebungen in technischen Wissensbereichen wie der Computer- und CNC-Programmierung oder der Flugverkehrsüberwachung entwickelt (vgl. VAN MERRIËNBOER, 1997). Um einer unzureichenden Lösung von Instruktionsproblemen vorzubeugen, erschien es daher zunächst notwendig, die Geeignetheit des 4C/ID-Modells zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung zu überprüfen. Neben authentischen Problemstellungen werden im Rahmen des 4C/ID-Modells Unterstützende und Prozedurale Informationen ebenfalls als obligatorische Elemente gut gestalteter Lernumgebungen zum Erwerben komplexer Problemlösekompetenzen postuliert. Die Ergebnisse von Studie 2 stützen diese Modellannahme. Während Unterstützende Informationen dabei halfen, zügiger auf Gefahrenhinweise zu reagieren, konnte durch die Darbietung Prozeduraler Informationen die Identifikation potenzieller Gefahren gefördert werden. Trainingsinterventionen zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung sollten deshalb beide Arten von Zusatzinformationen für Fahranfänger zum Lernen bereitstellen.

Studie 3 befasste sich mit der Überprüfung der Fragestellung, ob Fahranfänger stärker von einer Trainingsintervention profitieren, in der beide Arten von Zusatzinformationen mittels Vervollständigungsstrategie adaptiv an den jeweiligen Kenntnisstand des Lerners angepasst sind, oder ob es zielführender ist, diese Lerner durch eine für alle Lernszenarien vollumfängliche Darbietung beider Zusatzinformationen zu unterstützen. Zudem wurde überprüft, ob das im CBT Gelernte während der Fahrt im Simulator angewendet und umgesetzt werden kann. Die Ergebnisse von Studie 3 zeigen, dass die Lerner mit zunehmender Kompetenz von einer kontinuierlichen Reduktion der Zusatzinformationen profitieren. Verglichen mit der non-adaptiven Trainingsumgebung, in der ausschließlich mit ausgearbeiteten Lösungsbeispielen gelernt wurde, konnten in der adaptiven Lernumgebung vergleichbare Lernleistungen auf effizientere Weise erzielt werden. Mit den Ergebnissen von Studie 3 konnte damit bestätigt werden, dass die Vervollständigungsstrategie eine geeignete Adaptationsmethode zur Individualisierung von Instruktion und für die Sequenzierung von Lernaufgaben zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung ist.

Wider Erwarten ließ sich mit den Ergebnissen von Studie 3 kein positiver Effekt computerbasierter Trainings auf das Fahrverhalten bestätigen. Untrainierte und trainierte Testteilnehmer unterschieden sich nur unwesentlich in ihrem Fahrverhalten im Fahrsimulator.

8.2 Implikationen für Praxis und weitere Forschung

Ähnlich wie andere Untersuchungen bestätigt auch das vorliegende Projekt, dass es möglich ist, Gefahrenwahrnehmung mittels kurzer CBTs zu vermitteln.

Mit dem in Studie 1 gewählten Vorgehen gelang es, Problemstellungen aus dem Wissensbereich Gefahrenwahrnehmung zu identifizieren, die expertiseabhängige Unterschiede abzubilden vermögen und daher prinzipiell für die Gestaltung von Trainings geeignet sind. Solange empirisch gesicherte Konzepte zu Inhalten und zur didaktischen Gestaltung von Trainings zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung weitgehend fehlen, kann daher nach diesem Vorgehen die Identifikation weiterer fahraufgabenbezogener Inhaltsbereiche für zu entwickelnde Lerninterventionen erfolgen.

Eine zentrale Frage des vorliegenden Projektes, die in Studie 2 adressiert wurde, bezog sich auf die Anwend- und Übertragbarkeit des 4C/ID-Modells, das ursprünglich für technische Wissensbereiche entwickelt wurde, auf den Bereich der straßenverkehrsbezogenen Gefahrenwahrnehmung. Ziel war damit die Validierung des Modells für diesen Wissensbereich. Mit Studie 2 konnte insbesondere für den Bereich Gefahrenwahrnehmung empirisch bestätigt werden, dass – wie vom 4C/ID-Modell postuliert – sowohl Unterstützende als auch Prozedurale Informationen unverzichtbare Bestandteile adäquat gestalteter Lernumgebungen zur Vermittlung komplexer Problemlösekompetenzen sind. Vor allem für die Konzeption und Entwicklung von Trainings zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass Fahranfänger von diesen zwei Arten an Zusatzinformationen beim Fahrfertigkeitserwerb profitieren. Demnach sollte Instruktion, die für Fahranfänger entwickelt wird, sowohl Unterstützende als auch Prozedurale Informationen vorhalten, um Lerner dieser Zielgruppe optimal beim Erwerb von Fertigkeiten zur Gefahrenwahrnehmung zu unterstützen.

Teilübungsaufgaben blieben in dem für dieses Projekt entwickelten Lernangebot unberücksichtigt. Die Umsetzung dieser vierten Modellkomponente ist erforderlich, wenn für bestimmte rekurrende Aufgabenaspekte ein hohes Maß an Übung notwendig ist, um diese im Rahmen der Gesamtaufgabe angemessen ausführen zu können; dann also, wenn einzelne Aufgabenaspekte bereits automatisiert ausgeführt werden sollten, aber die Anzahl an Lernaufgaben nicht ausreichend ist, um die zu trainierende Teilfertigkeit genügend oft zu wiederholen. Andernfalls genügen dem Modell nach Prozedurale Informationen zur Ausbildung erforderlichen Prozedurenwissens. Da die eingesetzten Verkehrsszenarien nur wenige Sekunden lang sind und damit im Training problemlos ohne hohen Zeitaufwand beliebig oft wiederholt geübt werden könnten, war der Einsatz von Teilübungsaufgaben im vorliegenden Projekt nicht notwendig. Ob und in welchem Umfang Teilübungsaufgaben für zu entwickelnde Problemstellungen für Trainings zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung bereitgestellt werden sollten, muss in weiterführenden Studien geklärt werden. Für eine Weiterentwicklung des in diesem Projekt eingesetzten Lernangebotes könnten Teilübungsaufgaben für Aufgabe A3 (vgl. Tabelle 1, Kapitel 5.2.2.1) den Lerner z. B. dazu anhalten, in verschiedenen Standbildern Personen in Haltestellenbereichen, von denen eine Gefährdung ausgehen könn-

te, per Mausklick zu identifizieren. Somit könnte vor der Bearbeitung des animierten Verkehrsszenarios das Absuchen der Verkehrsumgebung wiederholt geübt werden.

Mit den Ergebnissen von Studie 2 konnte darüber hinaus für eine weitere komplexe Domäne außerhalb technischer oder medizinischer Wissensbereiche die Gültigkeit des 4C/ID-Modells bestätigt werden. Die Ergebnisse geben auch Anlass anzunehmen, dass dieser Instruktionsansatz ebenso für die Konzeption und Gestaltung von Trainings zur Vermittlung weiterer fahrbezogener Teilkompetenzen wie dem Situationsbewusstsein bspw. geeignet ist. Die Prüfung dieser Annahme kann Gegenstand weiterführender Studien sein.

Im Zuge der zunehmenden Automatisierung von Fahraufgaben wird die Fahrausbildung umfangreicher und komplexer und der Zeitaufwand fürs Lernen damit höher werden, denn es müssen Kenntnisse fürs Fahren mit und ohne Assistenz- und automatisierte Systeme erworben werden (LEMMER, 2016; STURZBECHER et al., 2014; WEISSGERBER et al., 2019). Lernzeit ist kostbar und im Rahmen der Fahrausbildung knapp bemessen. Verglichen zum Lernen mit ausgearbeiteten Lösungsbeispielen konnte mit Vervollständigungsstrategie effizienter gelernt werden. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Umsetzung einer Vervollständigungsstrategie eine Möglichkeit bietet, Lernzeit in der Fahrausbildung effektiv und effizient zu nutzen.

Die Frage, ob die für das vorliegende Projekt entwickelten Trainingsinterventionen einen positiven Effekt auf das Fahrverhalten haben, lässt sich mit den Ergebnissen der dritten Studie nicht abschließend beantworten. Zwar konnte aufgezeigt werden, dass sich das Training eignet, gefahrenspezifisches Wissen zu vermitteln, deutliche Unterschiede im Fahrverhalten zwischen trainierten und untrainierten Testteilnehmern konnten jedoch nicht nachgewiesen werden. Auch wäre diesbezüglich noch der Nachweis zu führen, ob das Gelernte im Realverkehr angewendet werden kann. In weiterführenden Studien sollte daher nicht nur das Fahrverhalten im Fahrsimulator, sondern auch im Realverkehr nach der Trainingsteilnahme erfasst werden, um verlässliche Aussagen hinsichtlich der Lernwirksamkeit der entwickelten Trainings treffen zu können. Dass das Fahrverhalten im Realverkehr durch vergleichbare Interventionen positiv beeinflusst werden kann, zeigen z. B. Untersuchungsergebnisse zum RAPT (vgl. UNVERRICHT et al., 2018).

8.3 Fazit

Neue Medien sind aus der Fahranfängervorbereitung nicht mehr wegzudenken. Bislang dienen computerbasierte Programme hierzulande vor allem der Vorbereitung auf die theoretische Fahrerlaubnisprüfung. Dabei zeigen Forschungsarbeiten im Bereich Gefahrenwahrnehmung, dass nicht nur theoretisches Faktenwissen mithilfe computerbasierter Lernangebote vermittelt, sondern auch der Erwerb von Handlungswissen und perzeptuell-motorischer Fähigkeiten gefördert werden kann. Hinweise auf Prinzipien zur didaktischen Gestaltung solcher Lernanwendungen werden in der Literatur häufig nicht oder nur bedingt näher spezifiziert und wissenschaftliche Instruktionsdesignmodelle spielen bei deren Entwicklung eine eher untergeordnete Rolle. Das vorliegende Projekt zeigt unter Einsatz des 4C/ID-Modells, wie computerbasierte Lernprogramme zum Erwerb komplexer Problemlösekompetenzen für die Fahranfängervorbereitung konzipiert und gestaltet werden können. Die Ergebnisse sind ein Beleg für das Potenzial des 4C/ID-Modells und sprechen für den Einsatz dieses Instruktionsdesignansatzes im Rahmen der Fahrausbildung.

Literatur

- ALEVEN, V., STAHL, E., SCHWORM, S., FISCHER, F. & WALLACE, R. (2003). Help seeking and help design in interactive learning environments. *Review of Educational Research*, 73(3), 277-320.
- AYRES, P. & PAAS, F. (2009). Interdisciplinary Perspectives Inspiring a New Generation of Cognitive Load Research. *Educational Psychology Review*, 21(1), 1-9. doi: 10.1007/s10648-008-9090-7
- BADDELEY, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- BALLSTAEDT, S. P. (1997). Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- BETRANCOURT, M. (2005). The animation and interactivity principles in multimedia learning. In: R. E. MAYER (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 287-296). NY: Cambridge University Press.
- BOROWSKY, A., HORREY, W.J., LIANG, Y., GARABET, A., SIMMONS, L. & FISHER, D.L. (2016). The effects of brief visual interruption tasks on drivers' ability to resume their visual search for a pre-cued hazard. *Accident Analysis & Prevention*, 93, 207-216. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2016.04.028>
- BOROWSKY, A., SHINAR, D. & ORON-GILAD, T. (2010). Age, skill, and hazard perception in driving. *Accident Analysis and Prevention*, 42(4), 1240-1249.
- BOSHUIZEN, H. P. A., PHYTHIAN-SENCE, C., WAGNER, R. K., GRAVEMEIJER, K., VAN DER AALSVOORT, G. M., NIEVELSTEIN, F., ... SCHERPBIER, A. (2008). Instructional Models in Domains and Professions. In: J. M. SPECTOR, M. D. MERRILL, J. J. G. VAN MERRIËNBOER & M. P. DRISCOLL (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (3rd ed., pp. 537-566). New York: Routledge.
- BOUCHEIX, J.-M. & LOWE, R. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and instruction*, 20(2), 123-135.
- BRÜNKEN, R., PLASS, J. L. & LEUTNER, D. (2004). Assessment of cognitive load in multimedia learning with dual-task methodology: auditory load and modality effects. *Instructional Science*, 32, 115-132.
- BRÜNKEN, R., SEUFERT, T. & LEUTNER, D. (2008). Lernen und Lehren mit neuen Medien. In: A. RENKL (Ed.), *Lehrbuch Pädagogische Psychologie* (pp. 299-337). Bern: Huber.
- CASTRO, C., VENTISLAVOVA, P., PEÑA-SUAREZ, E., GUGLIOTTA, A., GARCIA-FERNANDEZ, P., EISMAN, E & CRUNDALL, D. (2016). Proactive listening to a training commentary improves hazard prediction. *Safety science*, 82, 144-154.
- CATCHPOLE, J., CONGDON, P. & LEAD-BEATTER, C. (2001). Implementation of Victoria's new Hazard Perception Test. In: *Proceedings of the Road Safety Research: Policing and Education Conference 2001*. Melbourne, Victoria.
- CHAPMAN, P., UNDERWOOD, G. & ROBERTS, K. (2002). Visual search patterns in trained and untrained novice drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(2), 157-167.
- COHEN, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- CRUNDALL, D. (2016). Hazard prediction discriminates between novice and experienced drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 86, 47-58. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2015.10.006>
- CRUNDALL, D., ANDREWS, B., VAN LOON, E. & CHAPMAN, P. (2010). Commentary training improves responsiveness to hazards in a driving simulator. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 2117-2124. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.07.001>
- CRUNDALL, D., CHAPMAN, P., TRAWLEY, S., COLLINS, L., VAN LOON, E., ANDREWS, B. & UNDERWOOD, G. (2012). Some hazards are more attractive than others: Drivers of varying experience respond differently to different types of hazard. *Accident Analysis and Prevention*, 45(0), 600-609.

- DARBY, P., MURRAY, W. & RAESIDE, R. (2009). Applying online fleet driver assessment to help identify, target and reduce occupational road safety risks. *Safety Science*, 47(3), 436-442.
- DEERY, H. A. (1999). Hazard and risk perception among young novice drivers. *Journal of Safety Research*, 30(4), 225-236.
- DEMBERG, V., SAYEED, A., MAHR, A. & MÜLLER, C. (2013). Measuring linguistically-induced cognitive load during driving using the ConTRe task. Paper presented at the Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, Eindhoven, Netherlands.
- DEVELLIS, R. F. (2017). *Scale Development: Theory and Applications*. (4th ed.). Los Angeles: Sage.
- EDMONDS, G. S., BRANCH, R. C. & MUKHERJEE, P. (1994). A conceptual framework for comparing instructional design models. *Educational Technology Research and Development*, 42(4), 55-72.
- ERICSSON, K. A. & SMITH, J. (1991). Prospects and limits of the empirical study of expertise: An introduction. In: K. A. ERICSSON & J. SMITH (Eds.), *Toward a general theory of expertise: Prospects and limits* (pp. 1-38). New York: Cambridge University Press.
- ENDSLEY, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors* 37(1), 32-64.
- FISHER, D. L. (2008). Evaluation of pc-based novice driver risk awareness. Final Report. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- FISHER, D. L., LAURIE, N. E., GLASER, R., CONNERNEY, K., POLLATSEK, A., DUFFY, S. A. & BROCK, J. (2002). Use of a fixed-base driving simulator to evaluate the effects of experience and pc-based risk awareness training on drivers' decisions. *Human Factors*, 44(2), 287-302.
- FISHER, D. L., NARAYANAAN, V., PRADHAN, A. & POLLATSEK, A. (2004). Using eye movements in driving simulators to evaluate effects of PC-based risk awareness training. Paper presented at the Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.
- FISHER, D. L., POLLATSEK, A. & PRADHAN, A. K. (2006). Can novice drivers be trained to scan for information that will reduce their likelihood of a crash? *Injury Prevention*, 12(suppl 1), i25-i29.
- GINNS, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and instruction*, 15(4), 313-331.
- GLASER, R. & CHI, M. T. H. (1988). Overview. In: M. T. H. CHI, R. GLASER & M. J. FARR (Eds.), *The Nature of Expertise* (pp. xv-xxviii). Hillsdale: NJ: Erlbaum.
- GRAYSON, G. B., MAYCOCK, G., GROEGER, J. A., HAMMOND, S. M. & FIELD, D. T. (2003). *Risk, hazard perception and perceived control*. Crowthorne, Berkshire: TRL Limited.
- GREGERSEN, N. P. (1996). *Young car drivers. Why are they overrepresented in traffic accidents? How can driver training improve their situation?* Linköping: Swedish National Road and Transport Research Institute.
- HELMAN, S., GRAYSON, G. B. & PARKES, A. M. (2010). *How can we produce safer new drivers? A review of the effects of experience, training and limiting exposure on the collision risk of new drivers* TRL Insight Report IN005. UK: Berkshire: Transportation Research Laboratory.
- HILZ, J. (2021). *Erwerb komplexer fahraufgabenbezogener Problemlösekompetenzen: von der Theorie zur Praxis. Über die Eignung des 4C/ID-Modells zur didaktischen Gestaltung von Lernumgebungen zur Vermittlung von Gefahrenwahrnehmung*. Dissertation, Universität des Saarlandes. Saarbrücken.
- HORSWILL, M. S. & MCKENNA, F. P. (2004). Drivers' hazard perception ability: Situation awareness on the road. In: S. BANBURY & S. TREMBLAY (Eds.), *A cognitive approach to situation awareness: Theory and application* (pp. 155-175). Aldershot: Ashgate.
- HORSWILL, M. S., TAYLOR, K., NEWNAM, S., WETTON, M. A. & HILL, A. (2013). Even highly experienced drivers benefit from a brief hazard perception training intervention. *Accident Analysis & Prevention*, 52(0), 100-110.

- HORSWILL, M. S., HILL, A. & WETTON, M. A. (2015). Can a video-based hazard perception test used for driver licensing predict crash involvement? *Accident Analysis & Prevention*, 82, 213-219.
- HUESTEGGE, L., SKOTTKE, E.-M., ANDERS, S., MUESSELER, J. & DEBUS, G. (2010). The development of hazard perception: Dissociation of visual orientation and hazard perception. *Transportation Research*, 13F, 1-8.
- HULL, M. A. & CHRISTIE, R. J. (1993). The hazard perception test: The Geelong trial and future developments.
- ISLER, R. B., STARKEY, N. J. & WILLIAMSON, A. R. (2009). Video-based road commentary training improves hazard perception of young drivers in a dual task. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 445-452. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2008.12.016>
- JACKSON, L., CHAPMAN, P. & CRUNDALL, D. (2009). What happens next? Predicting other road users' behaviour as a function of driving experience and processing time. *Ergonomics*, 52(2), 154-164. doi: 10.1080/00140130802030714
- KALYUGA, S. (2006). *Instructing and testing advanced learners: A cognitive load approach*: Nova Science Publishers.
- KALYUGA, S. (2008). When less is more in cognitive diagnosis: A rapid online method for diagnosing learner task-specific expertise. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 603-612. doi: 10.1037/0022-0663.100.3.603
- KALYUGA, S. & RENKL, A. (2010). Expertise reversal effect and its instructional implications: introduction to the special issue. *Instructional Science*, 38(3), 209-215.
- KALYUGA, S. & SWELLER, J. (2004). Measuring Knowledge to Optimize Cognitive Load Factors During Instruction. *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 558-568. doi: 10.1037/0022-0663.96.3.558
- KALYUGA, S. & SWELLER, J. (2014). The redundancy principle in multimedia learning *The Cambridge handbook of multimedia learning* (second ed.). NY: Cambridge University Press.
- LANGER, I., SCHULZ VON THUN, F. & TAUSCH, R. (2011). *Sich verständlich ausdrücken* (Vol. 8. Auflage). München: Reinhardt.
- LEMMER, K. (2016). *Neue autoMobilität: Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft*: Herbert Utz Verlag.
- MALONE, S. & BRÜNKEN, R. (2014). Detection or appraisal – Do their eye movements reveal what causes novices' poor performance in a dynamic hazard perception test? In: N. A. STANTON, S. LANDRY, G. DI BUCCHIANICO & A. VALLICELLI (Eds.), *Advances in Human Aspects of Transportation: Part III* (pp. 173 – 181).
- MALONE, S. & BRÜNKEN, R. (2015). Hazard Perception Assessment – How Much Ecological Validity is Necessary? *Procedia Manufacturing*, 3, 2769-2776. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.713>
- MALONE, S. & BRÜNKEN, R. (2016). The role of ecological validity in hazard perception assessment. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 40, 91-103. doi: 10.1016/j.trf.2016.04.008
- MALONE, S., HILZ, J. & BRÜNKEN, R. (2016). Ergebnisse aus der Gefahrenwahrnehmungsforschung und deren Implikation für Training und Praxis. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 62(1), 7-12.
- MARRINGTON, S. A., HORSWILL, M. S. & WOOD, J. M. (2008). The effect of simulated cataracts on drivers' hazard perception ability. *Optometry and vision science*, 85(12), 1121-1127.
- MATH, R., MAHR, A., MONIRI, M. M. & MÜLLER, C. (2012). OpenDS: A new open-source driving simulator for research. Paper presented at the AmE 2013, Dortmund.
- MAUTONE, P. D. & MAYER, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of educational Psychology*, 93(2), 377.
- MAYER, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In: R. E. MAYER (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia*

- Learning. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- MAYER, R. E. (2008). Research-based principles for learning with animation. In: R. LOWE & W. SCHNOTZ (Eds.), *Learning with animation. Research implications for design* (pp. 30-48). Cambridge: Cambridge University Press.
- MAYER, R. E. (2014a). Introduction to multimedia learning. In: R. E. MAYER (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 1-24). NY: Cambridge University Press.
- MAYER, R. E. (2014b). Principles based on social cues in multimedia learning: Personalization voice image and embodiment principles. In: R. E. MAYER (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. NY: Cambridge University Press.
- MAYER, R. E. & CHANDLER, P. (2001). When learning is just a click away. Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 390-397.
- MAYER, R. E., FENNELL, S., FARMER, L. & CAMPBELL, J. (2004). A personalization effect in multimedia learning: Students learn better when words are in conversational style rather than formal style. *Journal of Educational Psychology*, 96(2), 389.
- MAYER, R. E. & FIORELLA, L. (2014). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. NY: Cambridge University Press.
- MAYER, R. E. & PILEGARD, C. (2014). Principles for Managing Essential Processing in Multimedia Learning: Segmenting, Pre-training, and Modality Principles. In: R. E. MAYER (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. NY: Cambridge University Press.
- McDONALD, C. C., GOODWIN, A. H., PRADHAN, A. K., ROMOSER, M. & WILLIAMS, A. F. (2015). A review of hazard anticipation training programs for young drivers. *Journal of Adolescent Health*, 57(1), S15-S23.
- McGOWAN, A. M. & BANBURY, S. P. (2004). Evaluating Interruption-Based Techniques using Embedded Measures of Driver Anticipation. In: S. BANBURY & S. TREMBLAY (Eds.), *A Cognitive Approach to Situation Awareness: Theory and Application* (pp. 176-192). Aldershot, UK: Ashgate.
- McKENNA, F. P. & CRICK, J. L. (1994). Hazard perception in drivers: a methodology for testing and training. Berkshire: Transport Research Foundation Group of Companies.
- McKENNA, F. P. & HORSWILL, M. S. (1999). Hazard perception and its relevance for driver licensing. *IATSS Research*, 23(1), 36-41.
- McKENNA, F. P., HORSWILL, M. S. & ALEXANDER, J. L. (2006). Does Anticipation Training Affect Drivers' Risk Taking? *Journal of Experimental Psychology*, 12(1), 1-10.
- McKNIGHT, A. J. & McKNIGHT, A. S. (2003). Young novice drivers: careless or clueless? *Accident Analysis & Prevention*, 35(6), 921-925.
- MEIR, A., BOROWSKY, A. & ORON-GILAD, T. (2014). Formation and evaluation of Act and Anticipate Hazard Perception Training (AAHPT) intervention for young novice drivers. *Traffic injury prevention*, 15(2), 172-180.
- MERRILL, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational technology research and development*, 50(3), 43-59.
- MOOSBRUGGER, H. & KELAVA, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (Vol. 2). Heidelberg: Springer-Verlag.
- NIEGEMANN, H. M., DOMAGK, S., HESSEL, S. & HEIN, A. (2008). *Kompodium multimediales Lernen*. Berlin: Springer.
- NÜCKLES, M., HÜBNER, S., DÜMER, S. & RENKL, A. (2010). Expertise reversal effects in writing-to-learn. *Instructional Science*, 38, 237-258.
- PAIVIO, A. (1986). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.
- PELZ, D. C. & KRUPAT, E. (1974). Caution profile and driving record of undergraduate males. *Accident Analysis & Prevention*, 6(1), 45-58.

- PETZOLDT, T., WEISS, T., FRANKE, T., KREMS, J. F. & BANNERT, M. (2013). Can driver education be improved by computer based training of cognitive skills? *Accident Analysis & Prevention*, 50, 1185-1192. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.09.016>
- PITTENGER, A. L. & OLSON-KELLOGG, B. (2012). Leveraging learning technologies for collaborative writing in an online pharmacotherapy course. *Distance Education*, 33(1), 61-80.
- POLLATSEK, A., NARAYANAAN, V., PRADHAN, A. K. & FISHER, D. L. (2006). Using eye movements to evaluate a pc-based risk awareness and perception training program on a driving simulator. *Human Factors*, 48, 447-464.
- PRADHAN, A. K., HAMMEL, K. R., DERAMUS, R., POLLATSEK, A., NOYCE, D. A. & FISHER, D. L. (2005a). The use of eye movements to evaluate the effects of driver age on risk perception in an advanced driving simulator. *Human Factors*, 47, 840-852.
- PRADHAN, A. K., HAMMEL, K. R., DERAMUS, R., POLLATSEK, A., NOYCE, D. A. & FISHER, D. L. (2005b). Using eye movements to evaluate effects of driver age on risk perception in a driving simulator. *Human factors*, 47(4), 840-852.
- PRADHAN, A. K., POLLATSEK, A., KNODLER, M. A. & FISHER, D. L. (2009). Can younger drivers be trained to scan for information that will reduce their risk in roadway traffic scenarios that are hard to identify as hazardous? *Ergonomics*, 52(6), 657-673.
- QUIMBY, A. R., MAYCOCK, G., CARTER, I. D., DIXON, R. & WALL, J. G. (1986). *Perceptual abilities of accident involved drivers*. Crowthorne, Berkshire TRL Limited.
- QUIMBY, A. R. & WATTS, G. R. (1981). *Human factors and driving performance*. Crowthorne, Berkshire: Transport and Road Research Laboratory.
- REGAN, M. A., TRIGGS, T. J. & GODLEY, S. T. (2000). Simulator-based evaluation of the DriveSmart novice driver CD-ROM training product. Paper presented at the Road Safety Research, Policing and Education Conference (26.-28. November, 2000), Brisbane, Queensland
- RENKL, A. & ATKINSON, R. K. (2003). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective. *Educational psychologist*, 38(1), 15-22.
- REY, G. D. (2012). A review of research and a meta-analysis of the seductive detail effect. *Educational Research Review*, 7(3), 216-237.
- SAGBERG, F. & BJØRNSKAU, T. (2006). Hazard perception and driving experience among novice drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 407-414.
- SALDEN, R., ALEVEN, V., SCHWONKE, R. & RENKL, A. (2010). The expertise reversal effect and worked examples in tutored problem solving. *Instructional Science* 38, 289-307.
- 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, Heft M71)*. Flensburg: Kraftfahrtbundesamt.
- SCHNOTZ, W. (2014). *Integrated model of text and picture comprehension* *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. NY: Cambridge University Press.
- SCHWONKE, R., RENKL, A., KRIEG, C., WITTWER, J., ALEVEN, V. & SALDEN, R. (2009). The worked-example effect: Not an artefact of lousy control conditions. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 258-266.
- SCHWONKE, R., WITTWER, J., ALEVEN, V., SALDEN, R. J. C. M., KRIEG, C. & RENKL, A. (2007). Can tutored problem solving benefit from faded worked-out examples. Paper presented at the European Cognitive Science Conference.
- SCIALFA, C. T., BORKENHAGEN, D., LYON, J., DESCHÊNES, M. C., HORSWILL, M. S. & WETTON, M. A. (2012). The effects of driving experience on responses to a static hazard perception test. *Accident Analysis and Prevention*, 45(0), 547-553.

- SCIALFA, C. T., DESCHÊNES, M. C., FERENEC, J., BOONE, J., HORSWILL, M. S. & WETTON, M. A. (2011). A hazard perception test for novice drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 43(1), 204-208.
- SHAHAR, A., POULTER, D., CLARKE, D. & CRUNDALL, D. (2010). Motorcyclists' and car drivers' responses to hazards. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 13(4), 243-254. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2010.04.008>
- SMITH, S. S., HORSWILL, M. S., CHAMBERS, B. & WETTON, M. A. (2009a). Hazard perception in novice and experienced drivers: The effects of sleepiness. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 729-733.
- SMITH, S. S., HORSWILL, M. S., CHAMBERS, B. & WETTON, M. A. (2009b). Sleepiness and hazard perception while driving. Canberra, Australia: Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Local Government.
- STEINBAUER, C., DEBUS, S., TORSSELLO, G., STEINBAUER, M. & ADILI, F. (2016). Instructional Design Modelle in der EVA-Weiterbildung. *Gefäßchirurgie*, 21(6), 433-436.
- STURZBECHER, D., MÖRL, S. & KALTENBAEK, J. (2014). Optimierung der praktischen Fahrerlaubnisprüfung Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 243. Bremen: Fachverlag NW.
- SÜMER, N., BERFU, Ü. A. & BIRDAL, A. (2007). Assessment of Hazard Perception latencies using real life and animated traffic hazards: comparison of novice and experienced drivers. Paper presented at the Fourth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, Stevenson, Washington.
- SWELLER, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction*, 4(4), 295-312.
- SWELLER, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In: R. E. MAYER (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 19-30). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- UNDERWOOD, G., CHAPMAN, P., BOWDEN, K. & CRUNDALL, D. (2002). Visual search while driving: skill and awareness during inspection of the scene. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(2), 87-97.
- UNDERWOOD, G., CHAPMAN, P., BROCKLEHURST, N., UNDERWOOD, J. & CRUNDALL, D. (2003). Visual attention while driving: sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers. *Ergonomics*, 46(6), 629-646. doi: 10.1080/001401303100090116
- UNDERWOOD, G., CRUNDALL, D. & CHAPMAN, P. (2002). Selective searching while driving: the role of experience in hazard detection and general surveillance. *Ergonomics*, 45(1), 1-15.
- UNDERWOOD, G., CRUNDALL, D. & CHAPMAN, P. (2011). Driving simulator validation with hazard perception. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, In: Press, Corrected Proof.
- UNVERRICHT, J., SAMUEL, S. & YAMANI, Y. (2018). Latent hazard anticipation in young drivers: Review and meta-analysis of training studies. *Transportation Research Record*, 1-9.
- VAN GOG, T. (2014). The Signaling (or Cueing) Principle in Multimedia Learning. In: R. E. MAYER (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 263). NY: Cambridge University Press.
- VAN MERRIËNBOER, J. J. G. (1997). Training complex cognitive skills: A four-component instructional design model for technical training: *Educational Technology*.
- VAN MERRIËNBOER, J. J. G. & KESTER, L. (2014). The Four-Component Instructional Design Model: Multimedia Principles in Environments for Complex Learning. In: R. E. MAYER (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. NY: Cambridge University Press.
- VAN MERRIËNBOER, J. J. G. & KIRSCHNER, P. A. (2007). Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design (Vol. 1). New York and London: Routledge: Taylor & Francis Group.

- VAN MERRIËNBOER, J. J. G. & KIRSCHNER, P. A. (2018). Ten steps to complex learning. A systematic approach to four-component instructional design (Vol. 3rd). New York: Routledge: Taylor & Francis Group.
- VAN MERRIËNBOER, J. J. G. & PAAS, F. (1990). Automation and schema acquisition in learning elementary computer programming: Implications for the design of practice. *Computers in Human Behavior*, 6(3), 273-289.
- VAN MERRIËNBOER, J. J. G. & SWELLER, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147-177. doi: 10.1007/s10648-005-3951-0
- WALLIS, T. S. A. & HORSWILL, M. S. (2007). Using fuzzy signal detection theory to determine why experienced and trained drivers respond faster than novices in a hazard perception test. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1177-1185. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.003>
- WANG, Y., ZHANG, W. & SALVENDY, G. (2010). Effects of a simulation-based training intervention on novice drivers' hazard handling performance. *Traffic injury prevention*, 11(1), 16-24.
- WEISSGERBER, T., GRATTENTHALER, H. & HOFFMANN, H. (2019). Einfluss zunehmender Fahrzeugautomatisierung auf Fahrkompetenz und Fahrkompetenzerwerb Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Fahrzeugtechnik, Heft F 126. Bremen: Fachverlag NW
- WELLS, P., TONG, S., SEXTON, B., GRAYSON, G. B. & JONES, E. (2008). Cohort II: A study of learner and new drivers. Vol. 1 – Main Report. Road Safety Research Report. London: Department for Transport.
- WETTON, M. A., HILL, A. & HORSWILL, M. S. (2011). The development and validation of a hazard perception test for use in driver licensing. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1759-1770. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.007>
- WETTON, M. A., HORSWILL, M. S., HATHERLY, C., WOOD, J. M., PACHANA, N. A. & ANSTEY, K. J. (2010). The development and validation of two complementary measures of drivers' hazard perception ability. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1232-1239.
- WETTON, M. A., HILL, A. & HORSWILL, M. S. (2011). The development and validation of hazard perception test for use in driver licensing. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), 1759-1770.
- WILLMES-LENZ, G. (2010). Unfallrisiko“ Junge Fahrer“. Neue Lösungsansätze. Tagungsband zum 48. deutschen Verkehrsgerichtstag.
- ZAFIAN, T., SAMUEL, S., BOROWSKY, A. & FISHER, D. L. (2014). Can young drivers be trained to better anticipate hazards in complex driving scenarios? A driving simulator study.

Bilder

- Bild 1: Die vier Komponenten des 4C/ID-Modells (nach VAN MERRIËNBOER & KIRSCHNER, 2007)
- Bild 2: Zwei Screenshots aus der Aufgabe A6
- Bild 3: Algorithmus Aufgabenselektion
- Bild 4: Mittlere Fahrgeschwindigkeiten Testzeitpunkt 1
- Bild 5: Mittlere Fahrgeschwindigkeiten Fahr-szenario A15 Testzeitpunkt 1
- Bild 6: Mittlere Fahrgeschwindigkeiten Testzeitpunkt 2

Tabellen

- Tab. 1: Beschreibung der Testszenerien in den Reaktionszeitaufgaben
- Tab. 2: Beschreibung der Testszenerien in den Lokalisierungsaufgaben
- Tab. 3: Fremdtrennschärfen und Aufgabenschwierigkeiten der einzelnen Items
- Tab. 4: Fremdtrennschärfen und Aufgabenschwierigkeiten der einzelnen Items
- Tab. 5: Deskriptive Daten Wissenstest

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

2019

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

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

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

Schmiedel, Behrendt € 18,50

M 291: Versorgung psychischer Unfallfolgen

Auerbach, Surges € 15,50

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

Baumann, Geber, Klimmt, Czerwinski € 18,00

M 293: Fahranfänger – Weiterführende Maßnahmen nach dem Fahrerlaubniswerb – Abschlussbericht

Projektgruppe „Hochrisikophase Fahranfänger“ € 17,50

2020

M 294: Förderung eigenständiger Mobilität von Erwachsenen mit geistiger Behinderung

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

M 295: Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitsystemen in Pkw 2017

Gruschwitz, Hölscher, Raudszus, Schulz € 14,50

M 296: Leichte Sprache in der theoretischen Fahrerlaubnisprüfung

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

M 297: Häufigkeit von Ablenkung beim Autofahren

Kreußlein, Schleinitz, Krems € 17,50

M 298: Zahlungsbereitschaft für Verkehrssicherheit

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

M 299: Systematische Untersuchung sicherheitsrelevanter Fußgängerverhaltens

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

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

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

M 301: Motorräder – Mobilitätsstrukturen und Expositionsgrößen

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer € 16,00

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

Duckwitz, Funk, Schliebs, Hermanns € 22,00

M 303: Kognitive Störungen und Verkehrssicherheit

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

M 305: Re-Evaluation des Alkoholverbots für Fahranfängerinnen und Fahranfänger

Evers, Straßgüt € 15,50

AKTUALISIERTE NEUAUFLAGE VON:

M 115: Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung – gültig ab 31.12.2019

Gräcmann, Albrecht € 17,50

2021

M 304: Zum Unfallgeschehen von Motorrädern

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

M 306: Stand der Wissenschaft: Kinder im Straßenverkehr

Schmidt, Funk, Duderstadt, Schreiter, Sinner, Bahlmann
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 307: Evaluation des Zielgruppenprogramms „Aktion junge Fahrer“ (DVW) – Phase II

Funk, Rossnagel, Bender, Barth, Bochert, Detert, Erhardt, Hellwagner, Hummel, Karg, Kondrasch, Schubert, Zens
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 308: Evaluation der Zielgruppenprogramme „Kind und Verkehr“ (DVR, DVW) und „Kinder im Straßenverkehr“ (DVW) – Phase II

Funk, Bender, Rossnagel, Barth, Bochert, Detert, Erhardt, Hellwagner, Hummel, Karg, Kondrasch, Schubert, Zens
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 309: Entwicklung und Evaluation effizienter Trainingsmaßnahmen für ältere Verkehrsteilnehmer zur Förderung ihrer Fahrkompetenz

Schoch, Julier, Kenntner-Mabiala, Kaussner € 16,00

M 310: Erfassung der subjektiven Wahrnehmung und Bewertung verkehrssicherheitsrelevanter Leistungsmerkmale und Verhaltensweisen älterer Autofahrer – Entwicklung und Prüfung eines Selbsttests

Horn € 18,50

M 311: Safety Performance Indicators im Straßenverkehr – Überblick und Erfahrungen aus der internationalen Praxis

Funk, Orłowski, Braun, Rücker € 20,50

M 312: Konzept für eine regelmäßige Erhebung der Nutzungshäufigkeit von Smartphones bei Radfahrern und Fußgängern

Funk, Roßnagel, Maier, Crvelin, Kurz, Mohamed, Ott, Stamer, Stößel, Tomaselli
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 313: Analyse der Merkmale und des Unfallgeschehens von Pedelec Fahrern

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

M 314: SENIORWALK

Holte € 19,00

M 315: Untersuchungen zur wissenschaftlichen Begleitung des reformierten Fahrlehrerrechts

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

M 316: **VERKEHRSKLIMA 2020**
Holte € 16,50

M 317: **Alternative Antriebstechnologien – Marktdurchdringung und Konsequenzen für die Straßenverkehrssicherheit**
Pöppel-Decker, Bierbach, Piasecki, Schönebeck
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 318: **Verkehrssicherheitsberatung älterer Kraftfahrerinnen und -fahrer in der hausärztlichen Praxis – Bestandsaufnahme**
Schoch, Kenntner-Mabiala
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 319: **Protanopie und Protanomalie bei Berufskraftfahrern und Berufskraftfahrerinnen – Prävalenz und Unfallrisiko**
Friedrichs, Schmidt, Schmidt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 320: **Eignung von Fahrsimulatoren für die Untersuchung der Fahrkompetenz älterer Autofahrer**
Maag, Kenntner-Mabiala, Kaussner, Hoffmann, Ebert
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 321: **Entwicklung einer Methodik zur Untersuchung der Determinanten der Routenwahl von Radfahrern**
Lux, Schleinitz
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 323: **Anwendungsmöglichkeiten von Motorradsimulatoren**
Hammer, Pleß, Will, Neukum, Merkel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2022

M 322: **Influencer in der Verkehrssicherheitskommunikation: Konzeptentwicklung und pilothafte Anwendung**
Duckwitz, Funk, Hielscher, Schröder, Schrauth, Seegers, Kraft, Geib, Fischer, Schnabel, Veigl € 19,50

M 324: **Interdisziplinärer Ansatz zur Analyse und Bewertung von Radverkehrsunfällen**
Baier, Cekic, Engelen, Baier, Jürgensohn, Platho, Hamacher
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 325: **Eignung der Fahrsimulation zur Beurteilung der Fahr-sicherheit bei Tagesschläfrigkeit**
Kenntner-Mabiala, Ebert, Wörle, Pearson, Metz, Kaussner, Hargutt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 326: **Kinderunfallatlas 2015–2019**
Suing, Auerbach, Färber, Treichel € 22,50

M 327: **Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen 2019**
Gruschwitz, Pirsig, Hölcher, Hoß, Wopen, Schulte € 17,50

M 328: **Evaluation des Carsharinggesetzes**
Kurte, Esser, Wittowsky, Groth, Garde, Helmrich
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 329: **Nutzung von Mobiltelefonen beim Radfahren – Prävalenz, Nutzermerkmale und Gefahrenpotenziale**
Evers, Gaster, Holte, Suing, Surges € 17,50

M 330: **Ausbildungs- und Evaluationskonzept zur Optimierung der Fahrausbildung in Deutschland**
Sturzbecher, Brünken, Bredow, Genschow, Ewald, Klüver, Thüs, Malone
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 331: **E-Learning Unterrichtskonzepte für die Fahranfänger-vorbereitung**
Sturzbecher, Brünken, Bredow, Genschow, Ewald, Klüver, Thüs, Malone
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

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

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

www.schuenemann-verlag.de

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